



Universidad
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**Uso de Enzimas Orgánicas como Estabilizador de
Subrasante en Suelos Arcillosos de Carreteras no
Pavimentadas, Distrito de Huambos – Cajamarca**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA CIVIL

Autor

Bach. Terrones Tello Lucy Del Rosario
<https://orcid.org/0000-0001-5954-0990>

Asesor

Mg. Medrano Lizarzaburu Eithel Yván
[https:// orcid.org/0000-0001-6154-4392](https://orcid.org/0000-0001-6154-4392)

Línea De Investigación

Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente

Pimentel – Perú

2023

**USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN
SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE
HUAMBOS – CAJAMARCA**

Aprobación del Jurado

Mg. Villegas Granados Luis Mariano
Presidente del Jurado de Tesis

Mg. Céspedes Deza José Alfredo Rolando
Secretario de Jurado de Tesis

Mg. Medrano Lizarzaburu Eithel Yván
Vocal de Jurado de Tesis



DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy egresado del Programa de Estudios de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS – CAJAMARCA

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

En virtud de lo antes mencionado, firma:

Terrones Tello Lucy del Rosario	7488514	
---------------------------------	---------	--

Pimentel, 04 de mayo del 2023.

Dedicatoria

A DIOS

Por haberme dado la vida, la salud y bendecir en todo momento mi camino.

A MI HIJA

Camila Alessa Pajares Terrones, por ser mi gran motivación y a tu corta edad impulsarme cada día a superarme como madre, persona y como profesional, buscando lo mejor para ti. Fuiste mis ganas para concluir con éxito esta tesis.

A MIS PADRES

Jaime Adalberto Terrones Samamé y Natividad Juana Tello Chupillón, por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional para cumplir con mis objetivos y superar los momentos difíciles, haciendo de mí una mejor persona.

Lucy del Rosario Terrones Tello

Agradecimiento

Agradecer a Dios por mi salud y la de mi familia, por otorgarme tantas bendiciones en mi vida y acompañarme siempre en mi camino.

A mi hija Camila Alessa Pajares Terrones, mis padres Jaime Adalberto Terrones Samamé y Natividad Juana Tello Chupillón y hermanos Roxana, Ivan y Juan Carlos Terrones Tello por brindarme su apoyo incondicional para culminar esta meta en mi vida, los amo y agradezco infinitamente.

A los docentes de la Universidad Señor de Sipán que me brindaron sus conocimientos y me ayudaron a terminar esta etapa, pero sobre todo me dieron las bases para defenderme en una nueva etapa.

Lucy del Rosario Terrones Tello

Índice

Dedicatoria	IV
Agradecimiento.....	V
Índice.....	VI
Resumen	XI
Abstract	XII
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Realidad Problemática.....	13
1.2. Formulación del Problema	19
1.3. Hipótesis.....	20
1.4. Objetivos	20
1.5. Teorías relacionadas al tema.....	20
II. MATERIALES Y MÉTODO	51
2.1. Tipo y Diseño de Investigación	51
2.2. Variable, Operacionalización	51
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección	54
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	54
2.5. Procedimiento de análisis de datos	55
2.6. Criterios éticos.....	61
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	62
3.1. Resultados	62
3.2. Discusión.....	70
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
4.1. Conclusiones.....	75
4.2. Recomendaciones.....	76
REFERENCIAS	77
ANEXOS.....	83
ANEXO I: ENSAYO DE LAS MUESTRAS DE SUELOS	84
ANEXO II: CERTIFICADO DE CALIBRACION DE EQUIPOS	151
ANEXO III: PANEL FOTOGRAFICO.....	164

Índice De Tablas

Tabla I Categorías de Sub rasanteCategorías de Sub rasante	21
Tabla II Rango de cemento requerido en estabilización suelo cemento	23
Tabla III Características típicas de sal (Cloruro de sodio)	25
Tabla IV Familia de materiales alternativos.....	28
Tabla V Número de calicatas para exploración de suelos	29
Tabla VI Número de ensayos Mr y CBR	31
Tabla VII Tamaño de mallas Standart.....	33
Tabla VIII Clasificación de suelos según tamaño de partículas.....	34
Tabla IX Clasificación de suelos según índice de plasticidad.....	36
Tabla X Clasificación de suelos según equivalente de arena.....	36
Tabla XI Clasificación de suelos según índice de grupo	38
Tabla XII Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras	39
Tabla XIII Clasificación de los suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D3282	40
Tabla XIV Sistema Unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S)	42
Tabla XV Especificaciones para la prueba Proctor Modificado	44
Tabla XVI Especificaciones técnicas de las enzimas orgánicas.....	49
Tabla XVII Operacionalización de la variable dependiente	52
Tabla XVIII Operacionalización de la variable independiente.....	53
Tabla XIX Puntos de estudio.....	54
Tabla XX Contenido de humedad natural de las muestras de las 3 calicatas	63
Tabla XXI Límites de Atterberg para las muestras de suelos de las 3 calicatas.....	63
Tabla XXII Clasificación de suelos según S.U.C.S y según AASHTO.....	64
Tabla XXIII Resumen de resultados del ensayo de compactación de investigaciones de diversos autores	72
Tabla XXIV Resumen de resultados del CBR	73
Tabla XXV Resumen de resultados del ensayo de CBR de investigaciones de diversos autores	74

Índice De Gráficos

Gráfico 1. Curva granulométrica para la muestra de suelo de las 3 calicatas estudiadas.	62
Gráfico 2. Compactación de la muestra de suelos de la calicata 01 + adición de enzimas orgánicas en porcentajes.....	65
Gráfico 3. Compactación de la muestra de suelos de la calicata 02 + adición de enzimas orgánicas en porcentajes.....	66
Gráfico 4. Compactación de la muestra de suelos de la calicata 03 + adición de enzimas orgánicas en porcentajes.....	67
Gráfico 5. CBR de las muestras de suelos de la calicata 01 + adición de enzimas orgánicas en porcentajes.	68
Gráfico 6. CBR de las muestras de suelos de la calicata 02 + adición de enzimas orgánicas en porcentajes.	69
Gráfico 7. CBR de las muestras de suelos de la calicata 03 + adición de enzimas orgánicas en porcentajes.	70

Índice De Figuras

Fig. 1. Tamaño de las partículas, D (mm).....	34
Fig. 2. Límites de consistencia.....	35
Fig. 3. Aplicación de Terrazyme en carreteras de 1° y 2° categoría.....	47
Fig. 4. Aplicación de Terrazyme en pavimentos con losas de concreto.....	47
Fig. 5. Aplicación de Terrazyme en caminos rurales, trochas.	47
Fig. 6. Aplicación de Terrazyme para caminos a mejorar sin acarreo, trochas carrozables... 48	
Fig. 7. Sistema representativo de arcilla con agua.....	48
Fig. 8. Reducción de los dos estratos alrededor de la lámina de arcilla.	48
Fig. 9. Lámina de arcilla cubierta con cationes orgánicos..	49
Fig. 10. Diagrama de flujo de procesos.....	55
Fig. 11. Evaluación del estado situacional del camino vecinal	56
Fig. 12. Ubicación de puntos para la obtención de muestras.....	56
Fig. 13. Obtención de las muestras de suelo - Calicata 01.....	57
Fig. 14. Obtención de las muestras de suelo - Calicata 02.....	57
Fig. 15. Obtención de las muestras de suelo - Calicata 03.....	58
Fig. 16. Dosificación de las enzimas orgánicas.....	58
Fig. 17. Material usado como estabilizador del suelo - Enzimas orgánicas.....	58
Fig. 18. Análisis granulométrico por tamizado.....	59
Fig. 19. Determinación del contenido de humedad natural	59
Fig. 20. Determinación de los límites de ATTERBERG.....	60
Fig. 21. Determinación de la compactación mediante proctor modificado.....	60
Fig. 22. Ensayo para determinar el CBR (California Bearing Ratio)	61

Índice De Ecuaciones

Ecuación 1 Determinación del porcentaje que pasa por cada malla	34
Ecuación 2 Índice de grupo.....	37
Ecuación 3 Cálculo del contenido de humedad de las muestras de suelos.....	38
Ecuación 4 Determinación del porcentaje de CBR.....	45

Resumen

Esta investigación se estableció mediante la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos del camino vecinal hacia Penca Puquio (CA-851), distrito de Huambos, provincia de Chota y departamento de Cajamarca, realizando ensayos a las muestras de suelos naturales y muestras con enzimas orgánicas. Teniendo como objetivo, evaluar el uso de enzimas orgánicas como estabilizador de subrasante en suelos arcillosos de carreteras no pavimentadas en el distrito de Huambos -Cajamarca.

De acuerdo a los resultados obtenidos se alcanzó un contenido de humedad de 33.33%, un índice de plasticidad promedio de 19.66%, clasificándose según SUCS como un suelo arcilloso de mediana plasticidad (CL) y según la clasificación AASHTO como suelo A-6 (9). Mientras que, alcanzo una máxima densidad seca de 1.67 gr/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 15.74%, obteniendo un CBR promedio de 9.20% al 100% de su MDS.

Se adiciono enzimas orgánicas en dosificaciones de 2%, 4%, 6% y 8%, alcanzando una máxima densidad seca de 1.69 gr/cm³, 1.73 gr/cm³, 1.78 gr/cm³, 1.81 gr/cm³, siendo estos sus valores más altos de cada calicata estudiada, por otro lado, el CBR alcanzado al 100% de su MDS es de 13.60%, 21.80%, 26.10% y 30.00%, mejorando notoriamente sus propiedades mecánicas de las muestras de suelos.

Demostrándose que el porcentaje óptimo para alcanzar una subrasante excelente es con 8% de enzimas orgánicas, además presenta un incremento en el CBR considerable en 69.33% en comparación del CBR de la muestra natural.

Palabras clave: Suelos, enzimas orgánicas, Compactación, California Bearing Ratio (CBR), máxima densidad seca.

Abstract

This research was established by evaluating the physical and mechanical properties of the soils of the local road to Penca Puquio (CA – 851), district of Huambos, province of Chota and department of Cajamarca, carrying out tests on samples of natural soils and samples with organic enzymes. With the objective of evaluating the use of organic enzymes as a subgrade stabilizer in clayey soils of unpaved roads in the district of Huambos -Cajamarca.

According to the results obtained, a moisture content of 33.33% was reached, an average plasticity index of 19.66%, classified according to SUCS as a clayey soil of medium plasticity (CL) and according to the AASHTO classification as A-6 soil (9). While, it reached a maximum dry density of 1.67 gr/cm³ with an optimal moisture content of 15.74%, obtaining an average CBR of 9.20% at 100% of its MDS.

Organic enzymes were added in dosages of 2%, 4%, 6% and 8%, reaching a maximum dry density of 1.69 gr/cm³, 1.73 gr/cm³, 1.78 gr/cm³, 1.81 gr/cm³, these being their highest values. On the other hand, the CBR reached at 100% of its MDS is 13.60%, 21.80%, 26.10% and 30.00%, significantly improving its mechanical properties of the soil samples.

Demonstrating that the optimal percentage to achieve an excellent subgrade is with 8% organic enzymes, it also presents a considerable increase in the CBR in 69.33% compared to the CBR of the natural sample.

Keywords: Soils, organic enzymes, compaction, California Bearing Ratio (CBR), maximum dry density.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

El principal problema de las carreteras sin pavimentar es la pérdida de partículas en forma de polvo, desperdicio de recursos naturales y lo que es más importante, causan daños vehiculares y problemas de seguridad, como lo demuestra Renjith et al [1]. Según Nadeemet al [2], la problemática parte de los suelos expansivos conocidos comúnmente como suelos de algodón negro, que cubren un buen porcentaje de la masa total de tierra y exhiben características y propiedades degradables que hacen que estos suelos no sean aptos para cualquier actividad de construcción. De acuerdo a Sravan et al [3] los suelos arcillosos generan una situación desfavorable en las carreteras, requiriendo suelo ex situ o suelo in situ modificado para satisfacer los criterios de resistencia puesto que los suelos existentes son problemáticos debido a su baja resistencia, baja capacidad de carga, baja permeabilidad y alta compresibilidad según Kumar et al [4].

Khan et al [5], centran su problemática en los caminos y la vitalidad para el crecimiento económico de un país. Cumplir con las regulaciones ambientales y conservar el equilibrio entre el valor en costo y rendimiento que presenta la carretera, lo que se ha convertido en un desafío para el sector público y privado. Li et al [6], menciona que los estabilizadores de suelos tradicionales (cal, cemento y betún) están aumentando considerablemente sus costos. La grava y la arena, que se introducen para alterar las propiedades del suelo, se están agotando y son cada vez más expansivas. Gul et al [7], plantea un escenario de identificación e introducción de nuevos materiales que mejoran el rendimiento y los costos de las carreteras. A respecto, se han probado diferentes tipos de estabilizadores que van desde inorgánicos a orgánicos en el laboratorio y en el campo para evaluar su idoneidad como estabilizadores del suelo según Mir [8].

Para Sani et al [9], mencionan que la estabilización es una de las técnicas más efectivas y económicas para mejorar el suelo, introducida hace varios años con el único propósito de transformar los suelos débiles, en suelos que cumplan con ciertos requisitos específicos de los proyectos de ingeniería. Lo cual implica la

alteración de sus características físicas y mecánicas de una masa de suelo para ajustarse a las propiedades deseadas, como la disminución de la consolidación, el aumento de la resistencia y la durabilidad según [10] y [11], por otro lado las enzimas orgánicas son una alternativa efectiva en costo, amigables con el medio ambiente, rentables y no tóxico, para procesar los materiales locales de acuerdo a [12] y [13].

Mir et al [14] también proponen el uso de enzimas como estabilizadores del suelo, los cuales se ha comercializado más en los últimos años debido al bajo costo y aplicabilidad en comparación con otros estabilizadores estándar. Aunque, no está claro cómo y bajo qué condiciones funcionan estas enzimas. Por otro lado Sahoo y Sridevi [15], mencionan que antes de decidir el tipo de estabilización enzimática a utilizar, es imprescindible evaluar las diferentes propiedades del suelo, identificar las deficiencias y elegir el método más efectivo a utilizar.

En Perú, Fernández [16], menciona que en la ciudad de Huacariz, Provincia y Región de Cajamarca su problemática se centra en la zona sur este de expansión de la ciudad debido a los suelos arcillosos de la subrasante y las limitaciones que tienen los ingenieros civiles en sus trabajos de campo encontrando suelos problemáticos que no cumplen con las especificaciones que se requiere para establecer sobre estas estructuras de pavimento. Por lo que se ven obligados a extraer el material natural reemplazarlo por algún otro que tengan características excelentes, generando así un costo adicional para el proyecto.

Se sabe que el progreso de una localidad o país en sí, son sus vías de comunicación, puesto que, por medio de estas, se perfeccionan todo tipo de relaciones, entre la más importantes las económicas, así mismo las sociales y sobre todo las culturales entre distintos pueblos. El principal problema en Huambos está vinculado directamente a las vías de comunicación terciarias no pavimentadas, en como conservar su transitabilidad a bajos costos, puesto que el mantenimiento, construcción y reparación de estas carreteras generan cada año inversiones elevadas, afectando no solo económicamente, sino también en tiempo y sobre todo en seguridad, debido al deterioro de las mismas, por agentes que incurren directamente como indirectamente. Durante mucho tiempo en todo el mundo se ha

buscado soluciones basándose en experimentos, con el único propósito de tener o presentar una mejora en cuanto a sus propiedades del suelo, incorporando diversos productos, teniendo resultados positivos y en los que encontramos a los estabilizadores orgánicos.

La utilización de estas enzimas ha sido tema de investigación internacional y nacional como Abou et al [17], en su investigación "Experimental evaluation of strength characteristics of different Egyptian soils using enzymatic stabilizers", tuvieron como objetivo evaluar la estabilización de suelos usando productos enzimáticos en dosis de 1% al 10% en peso de la MS. Determinaron que el uso de enzimas produce mejoras en la MDS y el CBR del suelo hasta en 2.75 y 4.5 veces los valores del suelo no tratado. Concluyeron que a mayor porcentaje de productos enzimáticos las propiedades mecánicas del suelo como compactación y CBR se incrementan significativamente en comparación de la muestra natural.

Thomas y Rangaswamy [18] en su investigación "Strength behavior of enzymatic cement treated clay". Tuvieron como objetivo principal estabilizar suelos arcillosos usando cemento en dosis de 0.5%, 1%, 1.5%, 2% y 4% y terrazyme de 0.04, 0.06, 0.08 y 0.11 ml/kg. Con los resultados que arrojó, se obtiene que el CBR se incrementa en 35.4% y 30.9% con 1% de cemento y 0.06 ml/kg de terrazyme, en relación a los resultados de la muestra no tratada. Concluyeron que las propiedades mecánicas se mejoran considerablemente con la adición de cemento y terrazyme.

Yusoff et al [19] en su investigación "Laboratory investigation of TerraZyme as a soil stabilizer". Cuyo objetivo principal fue evaluar las propiedades físico - mecánicas de un suelo adicionando Terrazyme en porcentajes de 2% y 5% en función al peso de la MS. Se puede observar que la compactación se incrementa de 1.60 gr/cm³ a 1.70 gr/cm³ con 5% de aditivo y el CBR tiende a incrementarse de 12.70% a 16.30%. Concluyeron que a mayor porcentaje de Terrazyme las propiedades mecánicas se incrementan significativamente alcanzando un mejor comportamiento con 5%.

Kushwaha et al [20], en su investigación "Stabilization of Expansive Soil Using Eko Soil Enzyme For Highway Embankment". Tuvieron como objetivo

principal estabilizar un suelo expansivo usando enzimas orgánicas en dosis de 1%, 2%, 3%, 4%, 5% y 6% en función al peso de la MS. Determinaron que, a mayor dosis de Enzimas, aumenta el OCH, la MDS se mejora hasta con 4% con enzimas alcanzando un valor máximo de 1.68 gr/cm³ en relación de la muestra natural con un valor de 1.55 gr/cm³ y la dosis óptima para mejorar el CBR es de 6% que alcanzó un valor de 11.0% en relación del suelo natural que obtuvo un CBR de 4.92%. Concluyeron que la dosificación óptima para mejorar las propiedades mecánicas es del 6% de enzimas orgánicas.

Vasiya y Solnki [21], en su investigación “An experimental investigation on black cotton soil using terrazyme”. Tuvieron como objetivo evaluar la estabilización de un suelo tipo algodón negro o suelo arcilloso comúnmente llamado usando terrazyme en dosis de 1%, 2%, 3% y 4%. Arrojando así resultandos donde se observa que, la compactación se desempeña mejor con 2% alcanzando una máxima densidad seca de 16.47 kn/m³ siendo la más alta en relación del suelo natural que alcanzó un valor máximo de 15.58 kn/m³, el OCH se incrementa a medida que se aumenta la dosis alcanzando valores altos con 4%. Concluyeron que la dosificación óptima para alterar positivamente las propiedades físicas y mecánicas de un suelo arcilloso es de 2% de terrazyme.

Renjith et al [22] en su investigación “Enzyme based soil stabilization for unpaved road construction”. Tuvieron como objetivo principal estabilizar un suelo arcilloso usando enzimas orgánicas en porcentajes de 2.5%, 4.5%, 6.5% y 8.5%. determinaron que la compactación y el CBR se incrementan significativamente. alcanzando un valor de 103.50% siendo significativamente alto en relación de la muestra natural que alcanzó un valor de 2.4%. concluyeron que a mayor porcentaje las propiedades mecánicas se mejoran considerablemente.

Cataldo y Cabezas [23], en su investigación “Influence of chemical stabilization method and its effective additive concentration (EAC) in non-pavement roads. A study in andesite-based soils”. Cuyo objetivo principal fue estabilizar un suelo arcilloso utilizando enzimas orgánicas en dosis de 0.03, 0.05 y 0.07 l/m³, determinaron que el CBR aumenta de acuerdo a la dosis de EO alcanzando su valor

más alto de 150% con 0.05 l/m³ siendo el valor más alto en relación de la muestra natural que alcanzó un valor de 120%. Concluyeron que la dosificación óptima para estabilizar un suelo arcilloso es de 0.05 l/m³.

Ganapathy et al [24], en su investigación “Bio-Enzymatic Stabilization of a Soil Having Poor Engineering Properties”. Presentado como principal objetivo la evaluación de las propiedades mecánicas del suelo estabilizado con enzimas orgánicas en dosis de tratamiento de 100, 200, 300 y 400 ml/m³ en peso de la muestra. Concluyeron que los límites de Atterberg se incrementan al aumentar la dosis, El CBR presenta mejoras a medida que se aumenta la dosis de EO alcanzando un valor máximo de 10.20% con 400 ml/m³ siendo el valor más alto en relación del CBR de la muestra sin tratar que alcanzó un valor de 2.83%.

Quiran [25], en su investigación “Estabilización de suelos con productos enzimáticos, como alternativa a la carencia de bancos de préstamo de material en el departamento de Guatemala”. Tuvieron como objetivo evaluar las nuevas técnicas de estabilización de suelos usando productos enzimáticos. Según los resultados alcanzados se puede visualizar que, la estabilización con aditivo Terrazyme mejora el CBR alcanzando un valor de 47.1% siendo el valor más alto y la compactación se mejora alcanzando una máxima densidad seca de 102.4 lb/pe³. Concluyeron que a mayor dosificación de EO las propiedades mecánicas del suelo se mejoran en comparación de la muestra natural.

Panchal et al [26], en su investigación “Stabilization of Soil Using Bio-Enzyme”. Tuvieron como objetivo evaluar la estabilización del suelo utilizando enzimas orgánicas Terrazyme en dosificaciones de 500 ml/m³, 700ml/m³, 900ml/m³ y 1000ml/m³ en peso del suelo. Según los resultados alcanzados, la MDS se incrementa en 15% y el CBR se mejora en 22% con 700 ml/m³. Concluyeron que el mejor porcentaje para mejorar las características del suelo es de 700 ml/m³.

Poonia et al [27], en su investigación “Durability of enzyme stabilized expansive soil in road pavements subjected to moisture degradation”. Donde el objetivo principal es la determinación de las propiedades mecánicas del suelo estabilizado con enzimas orgánicas en dosificaciones de 4%, 7%, 10% y 13% en

peso de la muestra seca. Finalmente obteniendo como resultado que el CBR se incrementa en 10% en comparación con la muestra natural y la MDS se mejora en 8% con 13% de enzimas orgánicas. Concluyeron que las propiedades mecánicas se mejoran a mayor cantidad de enzimas orgánicas.

Rafique et al [28], en su investigación "Application of bioenzymatic soil stabilization in comparison to macadam in the construction of transport infrastructure". Cuyo objetivo principal es estabilizar un suelo arenoso usando enzimas orgánicas. Según los resultados alcanzados se puede ver que la MDS se mejora en 2.20% en relación de la muestra natural con 20% de enzimas y el CBR se incrementa alcanzando un valor de 16.28% con 20% y la muestra natural alcanzó un valor de 10.47%. Concluyeron que a mayor porcentaje las propiedades mecánicas se mejoran considerablemente presentando una mejor compactación y mejor CBR.

Sahoo y Sridevi [15], en su investigación "Soil Stabilization Using Bio-Enzyme". Cuyo objetivo fue la evaluación de las propiedades del suelo estabilizado con el Terrazyme en dosificaciones de 0.05%, 0.10%, 0.15% y 0.20% en peso de la muestra del suelo. Así indicando que se puede observar en resultados que, el CBR con la adición de Terrazyme en 0.20% se incrementó significativamente en 25% respecto al CBR de la muestra natural. Concluyeron que a mayor porcentaje de adición el CBR se incrementa gradualmente.

Ortega [29], en su investigación "Reducción de costos y operación en la estabilización de carreteras no pavimentadas con enzimas terrazyme en el distrito de Amarilis -2016". Tuvieron como objetivo principal estabilizar suelos usando enzimas orgánicas en dosis de 2%, 3%, 4% y 5% en peso de la MS. Los valores obtenidos evidencian que la MDS de la muestra natural es de 1.75 gr/cm³, en cambio, para la muestra tratada se alcanzó valores de 1.83 gr/cm³, 1.88 gr/cm³, 1.95 gr/cm³ y 2.10 gr/cm³ y el CBR se incrementa en 15% con 5% de enzimas. Concluyeron que a mayor porcentaje de adición las propiedades mecánicas se mejoran considerablemente.

Fernández [16], en su investigación “Efecto del aditivo Terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes en la zona de expansión de la ciudad de Cajamarca”, cuyo objetivo es determinar el efecto del aditivo terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de la subrasante en dosificaciones de 1.5%, 3%, 4% y 5%. Concluyendo que, el aditivo terrazyme incrementa la capacidad de soporte en un 19% de la subrasante, y su resistencia hasta en un 7.19%, mejorando los resultados del CBR , LL, LP, IP, así también como un OCH.

La importancia de este estudio se basó en el desarrollo del país, primordialmente en sus vías de comunicación. Las carreteras necesitan de nuevas alternativas eficientes que mejoren la transitabilidad y durabilidad, pero al mismo tiempo cumplan con parámetros ambientales. El uso de enzimas orgánicas como método de estabilización, nos proporciona mejoras en cuanto a sus propiedades físicas y químicas, pero al mismo tiempo su formulación enzimática, no tóxica y biodegradable es amigable con el medio ambiente. Su función es catalizar la degradación de los materiales del suelo alterando positivamente sus atributos físicos y químicos. Dando como resultado una mejor unión química de partículas cohesivas de suelo y una estructura más estable y duradera. Los suelos tratados con enzimas orgánicas alcanzan alto porcentaje de compactación con menos esfuerzo mecánico. El incremento de la densidad mejora la unión entre las partículas otorgándole mayor resistencia frente a la deformación de caminos, a la migración ascendente de las partículas finas y a la penetración de agua.

El uso de enzimas orgánicas en la construcción y reparación mejora notablemente los caminos de tierra.

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo influyen las enzimas orgánicas como estabilizador de subrasante en suelos arcillosos de carreteras no pavimentadas en el distrito de Huambos - Cajamarca?

1.3. Hipótesis

El uso de enzimas orgánicas influye significativamente en la estabilización de subrasantes en suelos arcillosos de carreteras no pavimentadas en el distrito de Huambos - Cajamarca.

1.4. Objetivos

Objetivo General

Evaluar el uso de enzimas orgánicas como estabilizador de subrasante en suelos arcillosos de carreteras no pavimentadas en el distrito de Huambos - Cajamarca.

Objetivos específicos

- Determinar las características físicas y mecánicas de los suelos arcillosos en carreteras no pavimentadas en el distrito de Huambos-Cajamarca.
- Comparar las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos y de la incorporación de las enzimas orgánicas al suelo arcilloso de carreteras no pavimentadas en el distrito de Huambos-Cajamarca.
- Determinar la dosificación óptima de enzimas orgánicas para la estabilización de la subrasante en los suelos arcillosos de carreteras no pavimentadas en el distrito de Huambos-Cajamarca.

1.5. Teorías relacionadas al tema

Suelos

Los suelos generalmente son una capa de la corteza terrestre, fundamental en la ejecución de distintos tipos de estructuras ya sea edificaciones o infraestructuras viales, debido a que estas soportan las cargas. Los suelos arcillosos tienden a expandirse y así causar daños a las estructuras, principalmente a las infraestructuras viales mayormente [30].

- a) Estabilización de subrasante en suelos arcillosos de carreteras no pavimentadas.**

Sub rasante

Se acuerdo al MTC [31], para describir un poco la subrasante, decimos que es la capa a nivel de movimiento de tierras, donde se apoyará la estructura de un pavimento o afirmado.

En la Tabla I, se las categorías de la sub rasante según el MTC.

Tabla I
Categorías de Sub rasante

Categoría De La Subrasante	CBR
S0: Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2: Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S3: Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4: Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5: Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Nota. Tomado de MTC, [32].

Según el MTC [31], se aceptan materiales adecuados para la sub rasante, aquellos suelos que puedan presentar un CBR ≥ 6%. Si este suelo presenta menor porcentaje en CBR, se procede a realizar la estabilización, donde se analizará las diferentes alternativas para llegar a una alternativa de solución basándonos en su naturaleza del propio suelo (mecánica, química, geosintéticos, elevación de rasante).

Estabilización de suelos

De acuerdo a la definición del MTC [31], viene a hacer la mejora de un suelo en términos de sus propiedades físicas del mismo y la intervención de productos químicos, naturales. Todas las diferentes formas de estabilización de un suelo se aplicarán en aquellos donde presenten una sub rasante inadecuada o insuficiente.

a. Estabilización mecánica de suelos

Los materiales que puede presentar cualquier suelo, se mejorarán, no alterando ni cambiando la estructura que ya presenta. Para que esta estabilización se pueda lograr, se utilizará la compactación como único fin de reducir el volumen de los espacios vacíos que presente el mismo.

b. Estabilización por combinación de suelos

Según Juárez [33], aquí se combina el material de un suelo ya existente con otro aporte de material de préstamo. Se escarifica a unos 15cm y se coloca el material de préstamo, estos dos materiales se deben humedecer, se airean para un correcto mezclado, para finalmente su conformación y compactación.

c. Estabilización por sustitución de suelos

Dhanesh et al [34], establece que, si se pretende trabajar con sub rasante, y utilizar solo material seleccionado, se evidencia dos escenarios. Una de ellas es cuando se pretenda construir sobre el suelo existente (el suelo se escarifica, luego se procede a la conformación y a la compactación, pero a la densidad que se especifica en los manuales, teniendo un escarificado de 15cm). Una vez considerado que el terreno a trabajar, esté listo, se autoriza la incorporación de materiales en capas que puedan así garantizar el nivel correcto de sub rasante. Para el segundo escenario, en algunas ocasiones se procede a una excavación y reemplazarlo por el nuevo material, esto quiere decir la remoción total del material existente. Finalmente, terminado la excavación para la remoción, se compactará, y se autorizará la conformación y compactación en espesores para alcanzar las cotas que se exigen.

d. Suelos estabilizados con cal.

Según Naagesh et al [35], se adquiere de la combinación de suelo, cal y agua. La cual a emplear es óxido de calcio. Al momento de mezclar la cal con el suelo, se genera un intercambio iónico. Gracias a esta combinación el suelo puede cambiar su plasticidad, para suelos con un $IP < 15$, su LL y LP presentan un aumento significativo, caso contrario para un suelo con $IP > 15$, disminuye su IP. Resaltando además que aumenta su humedad óptima de compactación. Para esta

estabilización, los suelos permitidos son aquellos que presenten una granulometría fina de cierta plasticidad. Cabe mencionar que cuando se realiza la combinación de suelo y cal, la vuelve más granular, queriendo decir que, al aumentar su LP y Humedad óptima, permite su puesta en obra de manera mucho más fácil. Esta estabilización se aplica más en sub rasantes y en suelos arcillosos como capa de rodadura.

e. Suelos estabilizados con cemento

Yang et al [36], menciona que, se origina por la combinación de un suelo disgregado con adición de cemento, agua y otros componentes. Inmediatamente procediendo a la compactación y al curado necesario. Todo este material de suelo, para transformarse en un suelo endurecido, sus partículas presentes se entrelazan y unen entre sí. Es por ello que el suelo – cemento, presenta una resistencia inferior a comparación del concreto. Por tal motivo esta estabilización solo se aplicará para suelos granulares (A-1, A-2, A-3), teniendo como $LL < 40$ e $IP < 18$.

Mencionar también que cuando se añade cemento al suelo, se conoce que antes de su iniciación de fraguado, su IP disminuye, su LL presenta una variación significativa, pero su densidad máxima y humedad óptima puede aumentar o disminuir, pero esto depende a las características del suelo.

Tabla II
Rango de cemento requerido en estabilización suelo cemento

Clasificación de suelos ASSHTO	Rango usual de cemento requerido Porcentaje del peso de los suelos
A - 1 - a	3 - 5
A - 1 - b	5 - 8
A - 2	5 - 9
A - 3	7 - 11
A - 4	7 - 12
A - 5	8 - 13
A - 6	9 - 15

Nota. Tomado de Federal Highway Administration (FHWA), [37].

La compactación debe iniciar cuando la humedad en campo sea la prescrita, si no es así, en todo caso en menos de una hora desde el inicio de mezclado y debe de culminar entre 2 y 4 horas después. Por otro lado, si dicha estabilización se aplica para sub rasante, el grado de compactación mínimo será de 95% según AASHTO T180 y para materiales como afirmado un mínimo de 100%.

f. Suelos estabilizados con scoria

Según Botia [38], la escoria se utiliza en todas partes del mundo, principalmente en la realización de cemento, como material de subbase y base para pavimentos. Para los suelos que presenten un porcentaje demasiado bajo en finos, se procede a realizar una combinación de arena fina, cal y escoria, teniendo como criterio que el uso de la cal, se regirá bajo parámetros establecidos en la Sección 301.B del EG – Especificaciones Técnicas.

Para suelos estabilizados con escoria y cal, el porcentaje estimado en peso de la cal está entre 1.5% y 3% y de escoria entre un intervalo de 35% a 45% en volumen.

g. Estabilización con cloruro de sodio

Kushwaha et al [39], mencionan que la sal se usa principalmente como material de control, esto quiere decir que su finalidad es controlar el polvo que en algunas ocasiones se encuentra adherente en la superficies y bases de rodadura diseñadas para tráfico ligero.

Se usa para zonas secas, con el único fin de restringir la evaporación del agua presente en la compactación, así mismo absorbe la humedad ambiental, brindando una mejoría en la cohesión del suelo. Dicha estabilización solo es aplicable para suelos que no presenten < 3% de su peso de materia orgánica, el IP < 8%, pero para la fracción de suelo que pasa por el colador N°200 el mínimo es 12%.

El tamaño máximo que presenta el suelo, no deberá ser mayor a 1/3 del espesor de la capa que se compactará el suelo tratado, teniendo como espesores de 15 o 20cm, según las especificaciones del proyecto.

Tabla III
Características típicas de sal (Cloruro de sodio)

Características	Límites
Cloruro de sodio, %	98.00 - 99.70
Humedad, %	2.00 - 3.60
Materia insoluble, %	0.007 - 0.175
Ion calcio, %	0.035 - 0.910
Ion magnesio, %	0.002 - 0.074
Ion sulfato, %	0.125 - 0.355
Tamiz 4.75mm (N°4)	20 -55%
Tamiz 1.18mm (N°16)	50 - 70%
% Pasa tamiz 1.18mm (N°16)	13% máx

Nota. Tomado del Manual de Carreteras, Suelos, Geotecnia y Pavimentos [32]

Por lo general la cantidad de sal varían en un intervalo de 50 a 80 Kg/m³ de suelo que se pretende estabilizar.

h. Estabilización con cloruro de calcio

Mirzababaei et al [40], presenta la misma forma de trabajo que la sal común, quedando como evidencia que es más factible el cloruro de sodio porque presenta un efecto oxidante. Para fines de compactación el cloruro de calcio interviene directamente en la resistencia del suelo, previniendo el degrado de la superficie y funciona a la vez como un paliativo de polvo, mantiene también la humedad en la superficie del terreno gracias a sus características higroscópicas.

Esta estabilización se aplicará para suelos que presenten agregado grueso (1" -N°4) de 10 a 60%, AF menor que la malla N°200, entre 10 y 30%, y un IP entre 4 y 15%.

i. Estabilización con cloruro de magnesio

Según Eyo et al [41], esta estabilización es más efectiva para incrementos de tensiones superficiales de un suelo que el cloruro de calcio, es decir, produce una superficie de rodado más dura. Dentro de sus principales características que presenta el cloruro de magnesio, está la resistencia a la evaporación e impide la pérdida de humedad absorbida, funciona como ligante, cohesiona partículas finas y permite la consolidación de la carpeta de rodado, presenta temperatura de congelamiento baja (-32.8°C), es altamente soluble al agua, y finalmente es higroscópica, quiere decir que absorbe humedad del ambiente, incluso en zonas completamente áridas.

Para pavimentos, el cloruro de magnesio se utiliza con el fin de prevenir la formación de hielo o derretir dicho hielo cuando ya se encuentre presente en la calzada.

Para caminos no pavimentados se puede utilizar de dos formas.

- Como tratamiento supresor de polvo: En carreteras no pavimentadas, en términos de afirmado, debe estar humedecido, compactado y libre de deterioros la superficie a trabajar. Con respecto al material fino, debe presentar será del 10 al 20% para asegurar una cohesión y mínimo un 20% de material granular superior a 10mm, para así brindar una estabilidad en la superficie. Sobre esta capa, se realizará un riego de salmuera con cloruro de magnesio, con una dosificación homogénea y en proporción de 1 a 1.5 con el agua, con la finalidad de que la salmuera presente una densidad de 1.25Ton/m^3 . Así mismo se recomienda usar 4lbs/m^2 de riego sobre el camino, dependiendo de la geometría del camino.
- Como estabilizador superficial: se mezcla la superficie de afirmado con el producto disuelto en agua, en espesores que oscilan entre los 7 y 15 cm dependiendo al diseño. La dosificación de la aplicación del cloruro de magnesio será de 3 a 5% del peso del suelo seco, todo esto dependerá de la plasticidad que presente el

material, quiere decir, que mientras mayor IP, se requerirá menor cantidad de MgCl.

La mezcla del material será con maquinaria y de forma homogénea, para posteriormente ser distribuido y compactado.

j. Estabilización con productos asfálticos.

Puede tener dos finalidades, entre ellas tenemos:

- Cuando el aglomerante del ligante a usar, se envuelve con las partículas de suelo se produce un aumento en la estabilidad.
- Tiene menos sensibilidad a los cambios de humedad, haciendo que el suelo sea impermeabilizante.

La correcta dosificación de ligante está directamente relacionada con la granulometría, contenido de humedad y condiciones climáticas. El suelo adecuado para esta estabilización es el suelo granular, con poco porcentaje de finos, de plasticidad reducida y cuyos suelos que presenten >20% de material que pasa el colador N°200, un LL < 30 y un IP < 10.

Con respecto a la granulometría del suelo, nos menciona que puede ser cerrada con finos o sin finos o abierta, pero teniendo en cuenta que, a mayor superficie específica, exigirá un ligante de curado y rotura lenta. Si el suelo a tratar se encuentra en zonas cuya temperatura es elevada, se deberá usar productos de curado y rotura más lentos, es decir productos más viscosos.

Existen emulsiones de fraguado rápido, medio y lento. Estos tipos de aglutinantes se recomienda usar con suelos granulares que no presenten un IP alto, así mismo se puede utilizar con material arcilloso de mediana plasticidad.

Cabe resaltar que es de importancia que el material a mejorar, presente rugosidad para que pueda existir un anclaje correcto con la película asfáltica.

k. Estabilización con geosintéticos

De acuerdo a Cabezas y Cataldo [42], mencionan que la estabilización brinda resistencia a la tracción y una mejora mínima en la construcción de pavimentos. El papel principal de los geosintéticos es la de drenante y anticontaminante.

Los suelos que se pueden estabilizar con geosintéticos son las siguientes clasificaciones: SUCS: SC, CL, CH, ML, MH, OL, OH y PT, para ASSHTO: A-5, A-6, A-7-5 y A-7-6.

I. Estabilización con productos químicos

Lotfalian et al [43], mencionan que son estabilizadores que están compuestos por elementos químicos u orgánicos, que se aplican a materiales provenientes de la escarificación de la estructura del pavimento, o también son aplicados en un suelo natural, un suelo proveniente de canteras o las combinaciones de ambos.

Para la utilización de este estabilizador se debe tener en cuenta la ubicación, clima y tipo de material que predomina en la zona, para poder seleccionar con precisión que producto se empleara.

En la **Tabla 4**, definiremos solo 5 tipos de estabilizadores químicos.

Tabla IV

Familia de materiales alternativos

Tipo de materia	Familia de estabilizantes químicos	Descripción
Tipo 1	Emulsiones enzimáticas	Compuestos diversos de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas con el fin de reducir la plasticidad y permeabilidad del suelo.
Tipo 2	Materiales cementicios puzolánicos	Familia de materiales diseñados para aumentar considerablemente la resistencia mecánica y disminuir la plasticidad del suelo a través de reacciones cementantes.

Tipo 3	Polímeros de silicatos - Organosilanos	Sustancias derivadas de compuestos orgánicos con cadenas moleculares extensas, empleadas en la estabilización de suelos con el fin de reducir la permeabilidad y aglomerar las partículas; en algunos casos alteran el comportamiento hidrofílico del suelo mediante mecanismos electroquímicos y de encapsulamiento en la fracción fina.
Tipo 4	Sales inorgánicas	Compuestos químicos de naturaleza iónica empleados para el control de emisiones de polvo en carreteras.
Tipo 5	Aceites sulfonados – Sales Orgánicas	Agentes químicos de naturaleza surfactante, derivados de compuestos orgánicos, empleados en la estabilización de suelos para disminuir la plasticidad y la expansividad de los suelos modificando los fenómenos electroquímicos de la fracción fina.

Caracterización de la Sub rasante

Se procederán a llevar investigaciones mediante pozos exploradores de 1.50m como profundidad mínima. En la tabla adjunta se puede evidenciar el número de investigaciones por Km, tomando en cuenta que esto solo es factible aplicarse para la construcción de pavimentos nuevos, reconstrucción y mejoramiento.

Para estudios de factibilidad o prefactibilidad, se realizará el número de calicatas que brinda la tabla, espaciadas cada 2km en vez de cada km, MTC [32].

Tabla V

Número de calicatas para exploración de suelos

Tipo de carretera	Profundidad (m)	Número de calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de	1.50 m respecto al nivel de sub	*Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido	Las calicatas se ubicarán

6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	rasante del proyecto	*Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido *Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	*Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido *Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido *Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	*4 calicatas x km	
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	*3 calicatas x km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada

Carreteras de Tercera Clase:	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	*2 calicatas x km
carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.		
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito:	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	*1 calicatas x km
carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.		

Nota. Tomado del Manual de Carreteras, Suelos, Geotecnia y Pavimentos [32].

Registro de excavación

Para los estratos hallados en cada calicata, se extraerán muestras representativas, las cuales serán identificadas y descritas, con su respectiva ubicación y el número de calicata (coordenadas UTM – WGS84), No obstante, se extraerá muestras de la sub rasante para proceder a realizar el ensayo de Módulo de Resiliencia (Mr) o ensayos de CBR para su correlación con ecuaciones de Mr, MTC [32].

La cantidad de ensayos será de acuerdo al tipo de carretera.

Tabla VI

Número de ensayos Mr y CBR

Tipo de carreteras	N° Mr y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas	<ul style="list-style-type: none"> ● Calzada 2 carriles por sentido: 1 MR cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido ● Calzada 3 carriles por sentido: 1 MR cada 2 km x

separadas, cada una con dos o más carriles.	sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido ●Calzada 4 carriles por sentido: 1 MR cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	●Calzada 2 carriles por sentido: 1 MR cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido ●Calzada 3 carriles por sentido: 1 MR cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido ●Calzada 4 carriles por sentido: 1 MR cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	●1 MR cada 3 km y 1 CBR cada 1 km
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	●Cada 1.5 km se realizará un CBR ●(*)
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	●Cada 2 km se realizará un CBR ●(*)
Carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada	●Cada 3 km se realizará un CBR

Nota. Tomado del Manual de Carreteras, Suelos, Geotecnia y Pavimentos [32].

() La necesidad de efectuar los ensayos de módulo de resiliencia, será determinado en los respectivos términos de referencia, previa evaluación de la zona de estudio y la importancia de la obra.*

Propiedades físicas del suelo

a) Análisis granulométrico

Según el MTC [31], es la representación de distribución de los tamaños de un agregado mediante el proceso de tamizado según especificaciones técnicas (Ensayo MTC E107), cuya finalidad, a partir de la cual se puede estimar con aproximaciones mayores o menores las demás propiedades que pudieran interesar. La finalidad del ensayo en mención es calcular en términos de proporción, los distintos elementos que lo conforman y realizando una clasificación en función de su tamaño.

Tabla VII

Tamaño de mallas Standart.

Criba N°	Abertura (mm)
4	4.7
6	3.3
8	2.3
1	2.
1	1.
2	0.
3	0.6
4	0.4
5	0.3
6	0.2
8	0.1
1	0.1
1	0.1
1	0.0
2	0.0
2	0.0

Nota: Tomado de Braja Das, [30].

Tabla VIII

Clasificación de suelos según tamaño de partículas

Tipo de material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm - 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm Arena media: 2.00 mm – 0.425mm Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Nota. Manual de Carreteras, Suelos, Geotecnia y Pavimentos, [32].

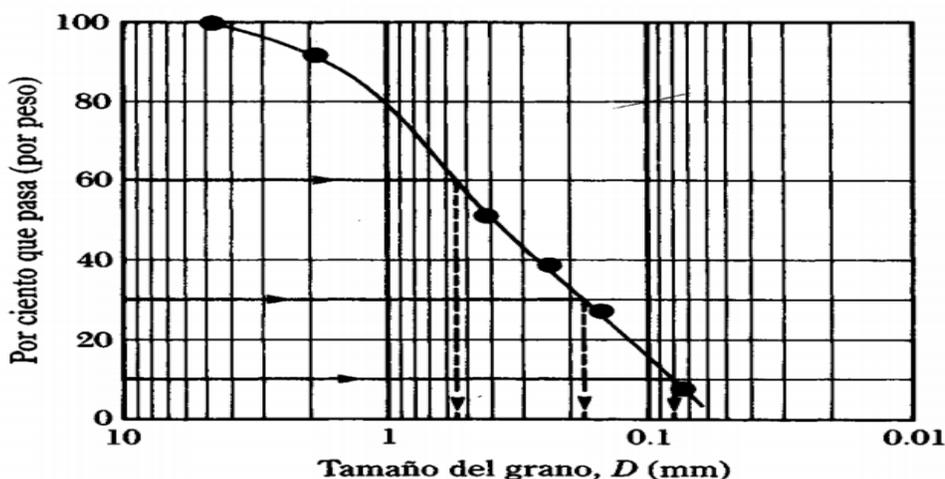


Fig. 1. Tamaño de las partículas, D (mm). [30].

Ecuación 1

Determinación del porcentaje que pasa por cada malla

$$\% \text{ Pasa } N.^\circ 200 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz } N.^\circ 200}{\text{Peso Total}} \times 100$$

Para determinar el porcentaje retenido en cada malla se halla de la siguiente forma:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

Para determinar el porcentaje más fino se halla de la siguiente forma

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

Nota. Fórmulas para determinar el porcentaje de material que pasa por cada malla.
Elaboración propia.

b) La plasticidad

Es lo que representa al suelo en términos de estabilidad hasta cierto punto de humedad sin la disgregación de este, esto quiere decir que la plasticidad que presenta un suelo, no está relacionada directamente con las partículas gruesas, sino con los finos. Los límites nos permiten visualizar como es el comportamiento de un suelo en relación a su contenido de humedad, dichos límites se clasifican en: límite líquido (MTC E110), límite plástico (MTC E111) y límite de contracción (MTC E112).

AbouKhadra et al [44], mencionan que el índice de plasticidad es la diferencia entre el LL y LP, dicho IP, nos indica el rango de humedad de los suelos determinando si tienen propiedades de un material plástico.

Si un suelo a ensayar posee un IP grande, podemos concluir que es un suelo muy arcilloso, si el IP es bajo, podemos decir que es un suelo poco arcilloso. Por ende, se puede presentar la siguiente clasificación de acuerdo al MTC [32].

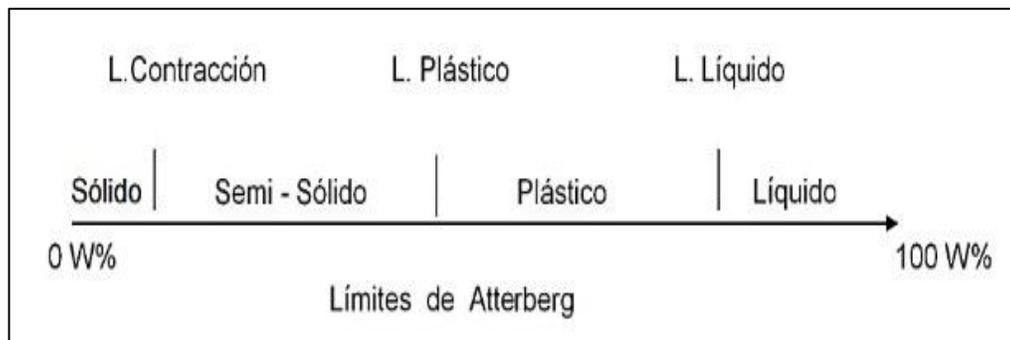


Fig. 2. Límites de consistencia. [45].

Tabla IX

Clasificación de suelos según índice de plasticidad

Índice de plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alto	Suelos muy arcillosos
IP ≤ 20	Media	Suelos arcillosos
IP > 7		
IP < 7	Baja	Suelos poco arcillosos
IP =0	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Nota. Manual de Carreteras, Suelos, Geotecnia y Pavimentos, [32].

c) Equivalente de arena

Según el MTC [31], es la proporción referente a la cantidad de polvo fino nocivo o material arcilloso que puede presentar un suelo (ensayo MTC E114). El valor de este ensayo indica la plasticidad que posee dicho suelo.

Tabla X

Clasificación de suelos según equivalente de arena

Equivalente de arena	Característica
Si EA > 40	El suelo no es plástico, es arena
Si 40 > EA > 20	Suelo poco plástico y no heladizo
Si EA < 20	Suelo plástico y arcilloso

Nota. Tomado del Manual de Carreteras, Suelos, Geotecnia y Pavimentos, [32].

d) Índice de grupo

Este índice se encuentra normado y lo brinda el ASSHTO para clasificar el suelo, basado principalmente por los límites de Atterberg, y se define mediante la fórmula:

Ecuación 2

Índice de grupo

$$GI = (F-35) [0.2 + 0.005(LL-40)] + 0.01 (F-15) (PI-10)$$

Nota. La ecuación sirve para calcular el índice de grupo de los suelos según los índices de consistencia. Elaboración propia

Donde:

F: es el porcentaje que pasa el colador N°.200

LL: límite líquido

PI: índice de plasticidad.

La ecuación, $(F-35) [0.2 + 0.005(LL-40)]$, se determina a partir del límite líquido. La segunda ecuación $0.01 (F-15) (PI-10)$, se determina a partir del índice de plasticidad.

Reglas para determinar el índice de grupo:

1. Si el valor de GI, es negativo, se elegirá como valor igual a 0.
2. El GI calculado se redondea a un número entero más cercano.
3. El GI no tiene límite superior.
4. Si GI tiene un valor de 0, pertenece al listado A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5, y A-3.
5. Al calcular el GI para suelos del listado A-2-6 y A-2-7, se usará el índice de grupo parcial para PI.

$$IG = 0.01 (F-15) (PI-10)$$

Cuando se obtiene un IG negativo, se reporta como CERO. Si obtenemos un IG igual a CERO, concluimos que es un suelo muy bueno, y si obtenemos un $IG \geq 9$, concluimos que es un suelo no utilizable para caminos [32].

Tabla XI

Clasificación de suelos según índice de grupo

Índice de grupo	Suelo de Sub rasante
IG > 9	Inadecuada
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 a 2	Bueno
IG está entre 0 a 1	Muy bueno

Nota. Tomado del Manual de Carreteras, Suelos, Geotecnia y Pavimentos, [32].

e) Humedad natural

El ensayo MTC [31] E108, permite la comparación de humedad natural con la humedad óptima, que se halla mediante el ensayo de Proctor, y así obtener el CBR del suelo (MTC E132). Si obtenemos que la HN mayor o igual a cero, se procede a realizar la compactación en términos normales del suelo. Sin embargo, si la HN > HO, y según la saturación que el suelo presente, se propondrá, aumentar la energía de compactación.

Para calcular el contenido de humedad de la muestra del suelo, se utilizará la siguiente fórmula:

Ecuación 3

Cálculo del contenido de humedad de las muestras de suelos

$$w = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$
$$w = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo seco al horno}} \times 100$$

Nota. La formula permite calcular el conctenido de humedad que se encfuentraa en una muestra de suelo. Elaboracion propia

Donde:

W: es el contenido de humedad, en %

M_{cws} : es el peso del recipiente más la muestra de suelo húmedo, en gr.

M_{cs} : es el peso del recipiente más la muestra de suelo secado en horno, en gr.

M_c : es el peso del recipiente, en gr.

M_w : es el peso del gua, en gr.

M_s : es el peso de las partículas sólidas, en gr.

f) Clasificación del suelo

Según Braja [30], las propiedades de los suelos se basan en la división del tamaño de las partículas clasificándolas en grupos y subgrupos en conformidad a las características semejantes que tienen entre sí. Este método proporciona una clasificación general de las características de los suelos. Hoy en día se cuenta con dos sistemas de clasificación AASHTO y SUCS, ambos métodos se basan en el diámetro de sus partículas y plasticidad. Actualmente clasifica los materiales para subrasantes y Caminos Tipo Granulares.

Tabla XII

Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras

Clasificación de suelos método AASHTO	Clasificación de suelos método SUCS
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Nota. Tomado de MTC, [32].

g) Clasificación AASHTO

Tabla XIII

Clasificación de los suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D3282

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N°200)						Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.075mm (N°200)					
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7	
Clasificación de grupo	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A - 7 - 5	A - 7 - 6
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de:												
2mm (N°10)	máx.											
	50											
0.425mm (N°40)	máx.	máx.	mín.									
	30	50	51									
F:0.075mm (N°200)	máx.	máx.	máx.	máx.	máx.	máx.	máx.	mín.	mín.	mín.	mín.	mín.
	15	25	10	35	35	35	35	36	36	36	36	36
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N°40)												
Características de la fracción que pasa del tamiz (N°40)												
LL: Límite de líquido				máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	mín.
				40	41	40	41	40	41	40	41	41

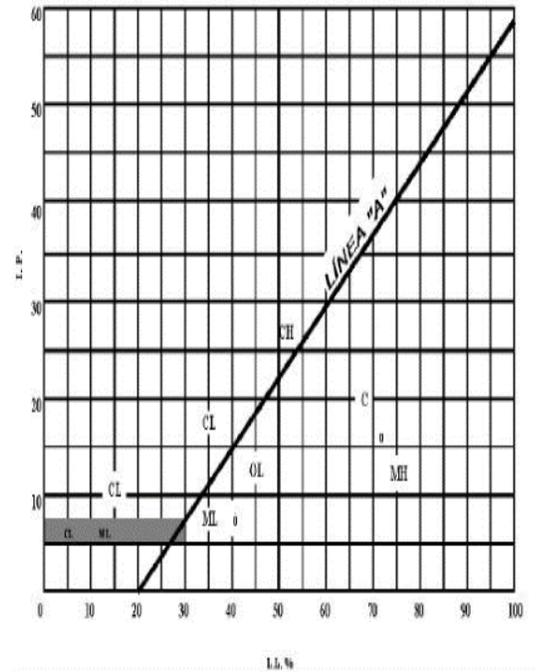
IP: Índice de plasticidad	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11	mín. 11
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arenas finas	Gravas y arenas arcillosas			limosas o		Suelos limosos	Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como sub rasante	Excelente a bueno						Regular a insuficiente					

Nota. Tomado del Manual de Carreteras, Suelos, Geotecnia y Pavimentos, [32]

**SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS
MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA POR LA MALLA N°200**

LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido mayor de 50	<p>ML Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.</p> <p>CL Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.</p> <p>OL Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.</p> <p>MH Limos inorgánicos, limos mecáceos o diatomáceos, más elásticos.</p> <p>CH Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.</p> <p>OH Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.</p> <p>P Turbas y otros suelos altamente orgánicos.</p>	<p>G - Grava, S - Arena, O - Suelo Orgánico, P - Turba, M - Limo, C - Arcilla, W - Bien Graduada, P - Mal Graduada, L - Baja Compresibilidad, H - Alta Compresibilidad</p>
--	--	--	--

CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)



Nota. Tomado del Manual de Carreteras, Suelos, Geotecnia y Pavimentos, [32].

** Clasificación de frontera. Los suelos que posean las características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos: Por ejemplo, GW, GC, mezcla de arena y grava bien graduadas con cementante arcilloso.

* La división de los grupos GM y SM en subdivisiones “d” y “u” son para caminos y aeropuertos únicamente, la sub división está basada en los límites de Atterberg, el suelo “d” se usa cuando el LL es de 28 o menos, y el I.P. es de 6 o menos. El sufijo “u” es usado cuando el L.L. es mayor que 28.

Propiedades mecánicas del suelo

a) Proctor Modificado

Según Santos et al [46], mencionan que la finalidad del Proctor es determinar la cantidad óptima del agua de un suelo que permita la mejor compactación para una energía dada. Existiendo dos pruebas con parámetros y procedimiento diferente.

- a. Prueba Proctor estándar (ASTM D-698)
- b. Prueba Proctor modificada (ASTM D-1557)

La norma ASTM D-1557 [30], MTC E 116; este ensayo determina la relación entre el contenido de humedad y peso unitario seco de los suelos, compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas de diámetro con un pistón de 44.5 N de una altura de 457.2 mm, produciendo una energía de compactación de 2696 kN-m/m³. Este ensayo solo aplica para suelos que pasa el 30% o menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de ¾" pulgadas.

Tabla XV

Especificaciones para la prueba Proctor Modificado

CONCEPTO	MÉTODO A	MÉTODO B	MÉTODO C
Diámetro del molde	4pulg (101.6mm)	4pulg (101.6mm)	6pulg (152.4mm)
Volumen del molde	0.0333pie ³ (943.3cm ³)	0.0333pie ³ (943.3cm ³)	0.075pie ³ (2124cm ³)
Peso del pisón	10lbs (4.54 kg)	10lbs (4.54 kg)	10lbs (4.54 kg)
Altura de caída del pisón	18 pulg (457.2mm)	18 pulg (457.2mm)	18 pulg (457.2mm)
Número de golpes de pisón por capa	25	25	56
Número de golpes de pisón por capa de suelo	5	5	5
Energía de compactación	56000 pie-lb/pie ³ (2700KN-m/m ³)	56000 pie-lb/pie ³ (2700KN-m/m ³)	56000 pie-lb/pie ³ (2700KN-m/m ³)
Suelo por usarse	Porción que pasa la malla N°4 (4.57mm). Puede usarse si 20% o	Porción que pasa la malla 3/8" (9.5mm). Puede usarse si el suelo retenido	Porción que pasa la malla 3/4" (19.0mm). Puede usarse si más del

menos por peso de material es retenido en la malla N°4	sobre la malla N°4 es más del 20% y 20% o menos por peso retenido en la malla 3/8" (9.5mm)	20% por peso del material es retenido por la malla de 3/8" (9.5mm) y menos del 30% es retenido en la malla de 3/4" (19.0mm)
--	--	---

Nota. Tomado de ASTM D-1577, [30].

b) Capacidad de soporte de suelo (CBR)

La finalidad de este ensayo es determinar la resistencia al corte para obtener la capacidad de soporte (CBR, California Bearing Ratio) de suelos y agregados compactados; es decir que las partículas lleguen a estar a un grado de unión entre sí, anulando vacíos y convirtiéndose en un suelo más denso. Esta resistencia depende de solo un porcentaje de contenido de agua, la cual humedece las partículas de suelo y permite el deslizamiento de los unos sobre los otros, MTC [47].

El % de CBR está conceptualizado como aquella fuerza que se requiere para que un pistón estandarizado y normado, logre penetrar a una profundidad determinada, una muestra que está compactada de suelo con contenido de humedad y densidad ya dada, con respecto a la fuerza que necesita para que este pistón penetre a esa misma profundidad con una misma velocidad, una probeta con una muestra estándar de material triturado, [48].

Ecuación 4

Determinación del porcentaje de CBR

$$\%CBR = \frac{\text{CARGA UNITARIA DEL ENSAYO} * 100}{\text{CARGA UNITARIA PATRÓN}}$$

Nota. El número CBR, es un porcentaje de la carga unitaria patrón.

Enzimas Orgánicas

De acuerdo a [49], son descritas como moléculas cuya naturaleza proteica se encarga de catalizar las reacciones químicas hasta transformarlas en instantáneas, en pocas palabras son catalizadores altamente específicos. Debido a

que son moléculas proteicas, estas enzimas sufren una desnaturalización, a su vez no presentan diálisis, es decir, sufren de saturación en algunos casos.

Terrazyme

Según el MTC [50], el Terrazyme es un aditivo para suelos, cuya elaboración está basada en una tecnología de extractos de plantas naturales fermentadas. Las moléculas de este aditivo en mención, realizan una interacción con las partículas cohesivas de suelo con la finalidad de obtener un límite de solidez en el transcurso del tiempo. Este aditivo, produce en suelos arcillosos una reducción en la permeabilidad y plasticidad, y a la vez, tienden a eliminar el agua. No obstante, incrementan los límites de solidez entre las partículas del suelo. Cabe mencionar también que el Terrazyme es un catalizador cuya función principal es la de acelerar y fortalecer la unión del material del suelo, en pocas palabras, las hace más densas, cohesivas y estables

a) Características del Terrazyme

Según Velásquez et al [51]. Se aplica a aquellos suelos que presenten baja calidad en sus propiedades, es un producto netamente natural, su manejo es seguro, no es inflamable. Aumenta el % de CBR del suelo y a su vez produce una disminución en la permeabilidad al agua.

b) Aplicación de Terrazyme

Cardoso et al [52], el uso aplicativo de este aditivo por lo general se encuentra en la rehabilitación y construcción de carreteras a nivel de terreno natural, tratamientos de subbase, etc.

Se aplica en los siguientes estratos del pavimento.

1. Carreteras de 1° y 2° categoría con carpeta asfáltica, losa de concreto y tratamientos bicapa.

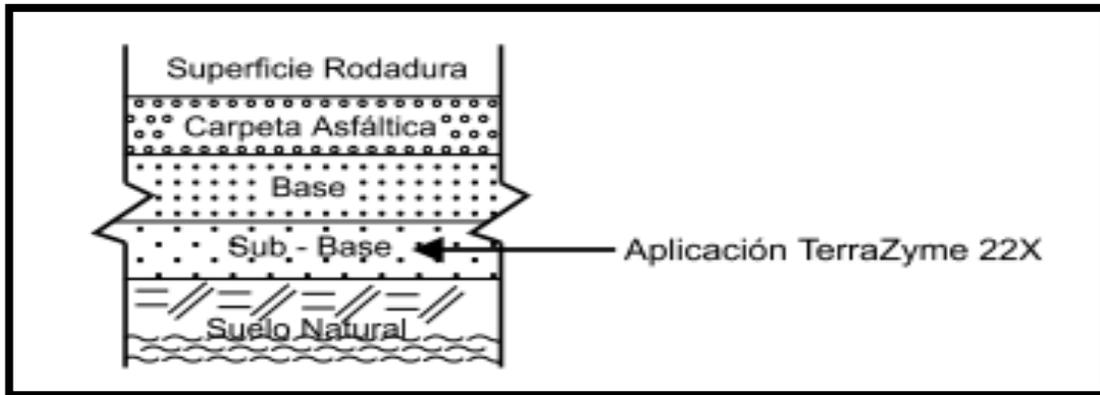


Fig. 3. Aplicación de TerraZyme en carreteras de 1° y 2° categoría. [53].

2. Pavimentos con losas de concreto

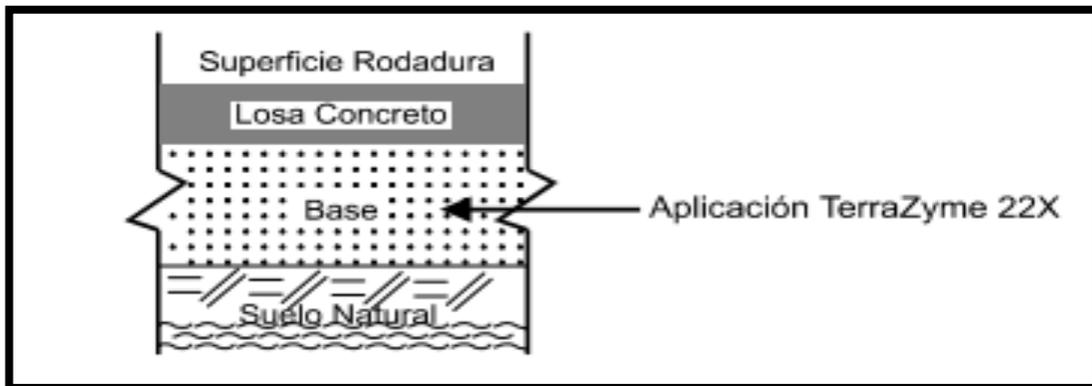


Fig. 4. Aplicación de TerraZyme en pavimentos con losas de concreto. [53].

3. Caminos rurales, trochas, etc.

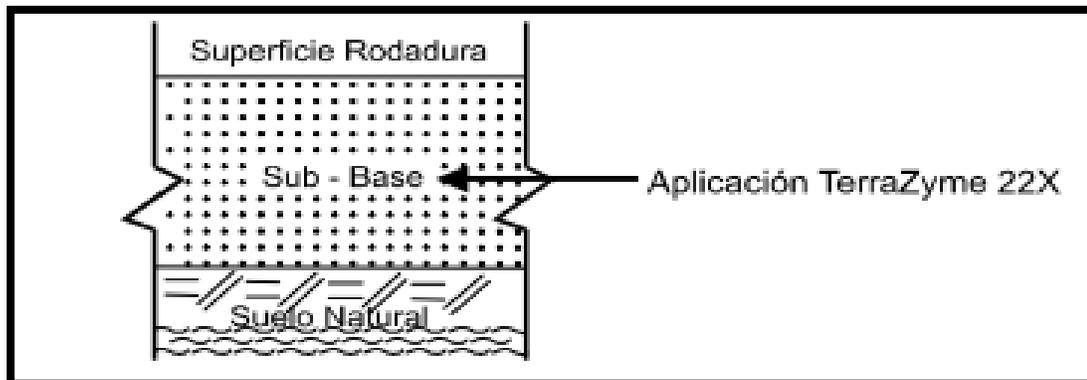


Fig. 5. Aplicación de TerraZyme en caminos rurales, trochas. [53].

4. Camino a mejorar sin acarreo, trochas carrozables

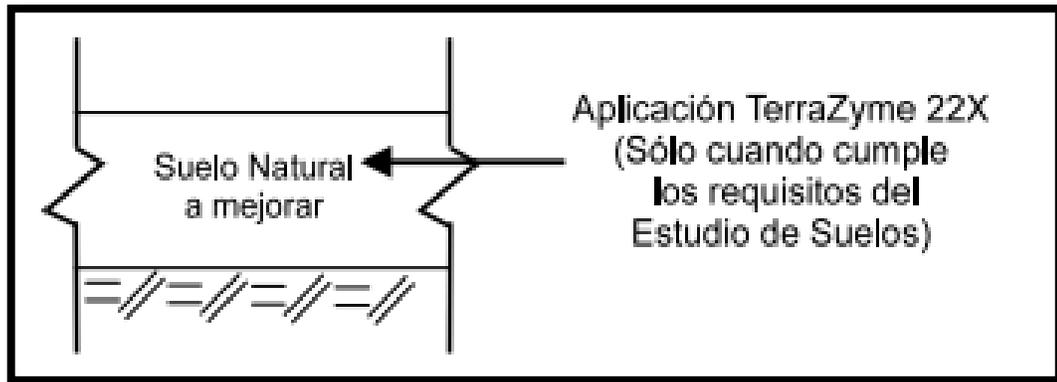


Fig. 6. Aplicación de Terrazyme para caminos a mejorar sin acarreo, trochas carrozables. [53].

c) Proceso químico de la arcilla con el estabilizador

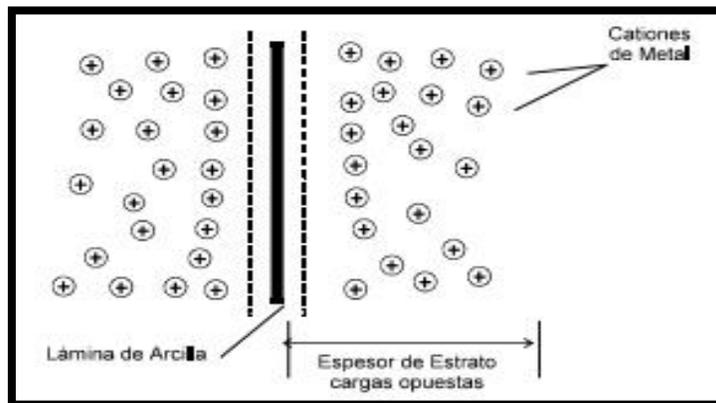


Fig. 7. Sistema representativo de arcilla con agua. [54].

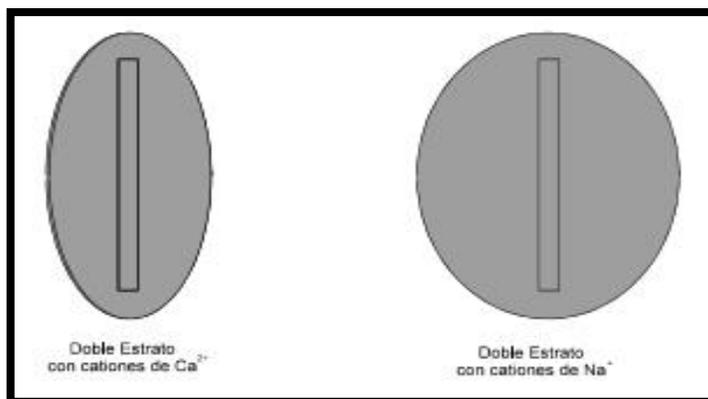


Fig. 8. Reducción de los dos estratos alrededor de la lámina de arcilla. [54].

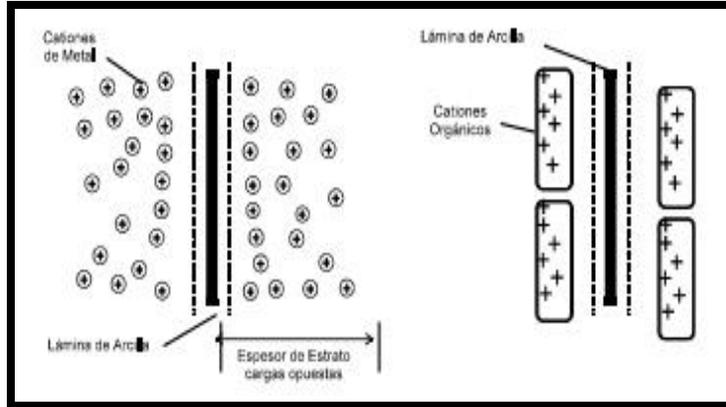


Fig. 9. Lámina de arcilla cubierta con cationes orgánicos. [54].

d) Especificaciones técnicas del Terrazyme

Tabla XVI

Especificaciones técnicas de las enzimas orgánicas

Aspecto	Terrazyme ®
Tecnología	Presenta un sistema enzimático
Efecto en la estructura de la arcilla	Menora la plasticidad y permeabilidad, a su vez incrementa la densidad y CBR
Características y comportamiento	Presenta reacciones iónicas y electroquímicas con las partículas de arcilla, reduce la tensión superficial
Naturaleza	Fermentación de vegetales, líquido
Rango	Materiales con alto contenido arcilloso cohesivo
Aplicación	Mezcla de suelo, disolución en agua del producto y una excelente compactación. Moderado PI (<20)
Rendimiento	Bidón de 20lts. Rinde para 660 m ³ / 1ltr para 220m ²
Fabricante	NaturePlus, Inc (Usa) / Bidones 20lts
Vencimiento	48 meses, contados desde su fecha de fabricación
Medio ambiente	Ecológico. No tóxico
Propiedades a 25°C	PH= 4 - 9, Gravedad específica = 1 - 1.10, color: marrón, Olor: inodoro

Nota. Tomado del Catálogo técnico Terrazyme [54].

e) Dosificación

Rendimiento: La dosificación es de 1Lt. de enzima orgánica por 33m³ de material y el rango de dilución depende del tipo del suelo y lo seco que éste se encuentre, Rollins [55].

Suelos Secos	1/2000
Suelos Húmedos	1/500

Rollins [55]. Se debe escoger una sección de 100m aproximadamente como mínimo para definir la dosificación adecuada con mayor precisión, calculando con antelación el contenido de humedad del suelo. Las aplicaciones con más éxito se dan en suelos con partículas similares, desde partículas gruesas hasta finos cohesivos capaces de soportar las cargas del tráfico.

f) Análisis Granulométrico por tamizado

Rollins [55]. Método de ensayo: ASTM E-11, D-422. La enzima orgánica sirve como catalizador frente a las reacciones de los finos cohesivos (plásticos) que pasan el colador N°200. El material deberá tener como mínimo un 6% de arcilla cohesiva.

g) Límites de Atterberg

Rollins [55]. ASTM D-4318. Los suelos idóneos que son tratados con enzimas orgánicas deberán tener un LL > 30% y un IP en un rango de 5% a 18%.

h) Contenido de Agua

Rollins [55]. Determina el porcentaje y diluido del aditivo con agua incluyendo el riego para alcanzar el óptimo contenido de humedad.

Estas enzimas incrementan la densidad del suelo y reducen el OCM de 1% a 2%.

i) Proctor Estándar

Rollins [55], nos brinda una dosificación de 0,15; 0,20; 0,25; y 0,30ml/kg. Para obtener buenos resultados en las muestras de ensayo.

j) Capacidad de soporte del suelo (CBR)

Rollins [55], ASTM D-1883. Este ensayo mide la capacidad de resistencia que tiene el suelo frente a las cargas.

Las pruebas de campo deberán ser ensayadas a las 14 semanas para poder determinar el incremento de la resistencia.

II. MATERIALES Y MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

La investigación es de tipo aplicada, porque utilizaremos conocimientos científicos y tecnológicos sobre el uso de estabilizantes como las enzimas orgánicas con el fin de tener mejorías en sus propiedades físico - mecánicas de los suelos arcillosos. Su diseño de investigación será mediante grupos de control y prueba, en el que se obtendrá dos grupos, en el cual uno recibirá tratamiento experimental (muestra de suelo con estabilizante) y el otro no (grupo control), la estabilización de la variable alcanza dos niveles presencia y ausencia de estabilizante.

El esquema de la investigación será el siguiente:

MS1 → X → EO1

MS2 → EO2

Donde:

MS1: Muestra de suelo

MS2: Muestra de suelo

X: Enzimas orgánicas

EO1: Muestra de suelo con enzimas orgánicas

EO2: Muestra de suelo sin enzimas orgánicas

2.2. Variable, Operacionalización

En las Tablas XVII y XVIII se muestra la operacionalización de las variables.

Tabla XVII

Operacionalización de la variable dependiente

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Items	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Estabilización de subrasante en suelos arcillosos de carreteras no pavimentadas	Es el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del suelo adicionando productos químicos o naturales.	Se empleará guías de Registro de Datos y Equipos de Laboratorio de Mecánica de Suelos	Propiedades físicas	Clasificación del suelo	ANEXO I	Formatos de ensayos de materiales	Adim.	Variable dependiente	VD1
				AASTHO			%		VD2
				Análisis granulométrico o por tamizado			%		VD3
			Límites de Atterberg	%			VD4		
			Contenido de Agua	%			VD5		
			Proctor Modificado	%			VD6		
			Propiedades mecánicas	CBR			%		

Tabla XVIII

Operacionalización de la variable independiente

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Items	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Enzimas orgánicas	Son moléculas cuya naturaleza proteica se encarga de catalizar las reacciones químicas hasta transformarlas en instantáneas, en pocas palabras son catalizadores altamente específicos.	Se empleará guías de Registro de Datos y Equipos de Laboratorio de Mecánica de Suelos	Enzimas orgánicas	2%	ANEXO I	Observación – recolección de datos	%	Variable independiente	VI1
				4%			%		VI2
				6%			%		VI3
				8%			%		VI4
				%					

2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

Población

Está constituida por los caminos vecinales del distrito de Huambos, Provincia de Chota y Departamento de Cajamarca.

Muestra

Está constituida por el suelo de fundación del camino vecinal hacia Penca Puquio - Huambos, con una longitud de 1+191 km aproximadamente y los ensayos a realizarse las muestras obtenidas del suelo de fundación, para la cual se realizaron pozos exploradores (calicatas). Una cada 500m aproximadamente, iniciando en la progresiva 0+150 km y terminando en la progresiva 1+100 km a una profundidad de 1.50m, por debajo de la subrasante proyectada. Estas muestras fueron utilizadas en los ensayos de laboratorio.

Tabla XIX

Puntos de estudio

Progresiva	Calicata	Norte	Este	Cota m.s.n.m
0+150m	C-1	9285557	0724885	2225
0+650m	C-2	9285883	0724998	2231
1+100m	C-3	9286291	0725001	2243

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas de gabinete

Recolección de información bibliográfica y virtual.

Técnicas de campo

Recolección de datos por medio experimental y plasmado en hojas de cálculo utilizando el Excel.

Se usarán los formatos otorgados por el técnico del laboratorio.

- Formato de Análisis Granulométrico por tamizado
- Formato de Limites de Atterberg
- Formato de Contenido de Humedad
- Formatos de Proctor Modificado
- Formato de CBR

2.5. Procedimiento de análisis de datos

Diagrama de flujo de procesos

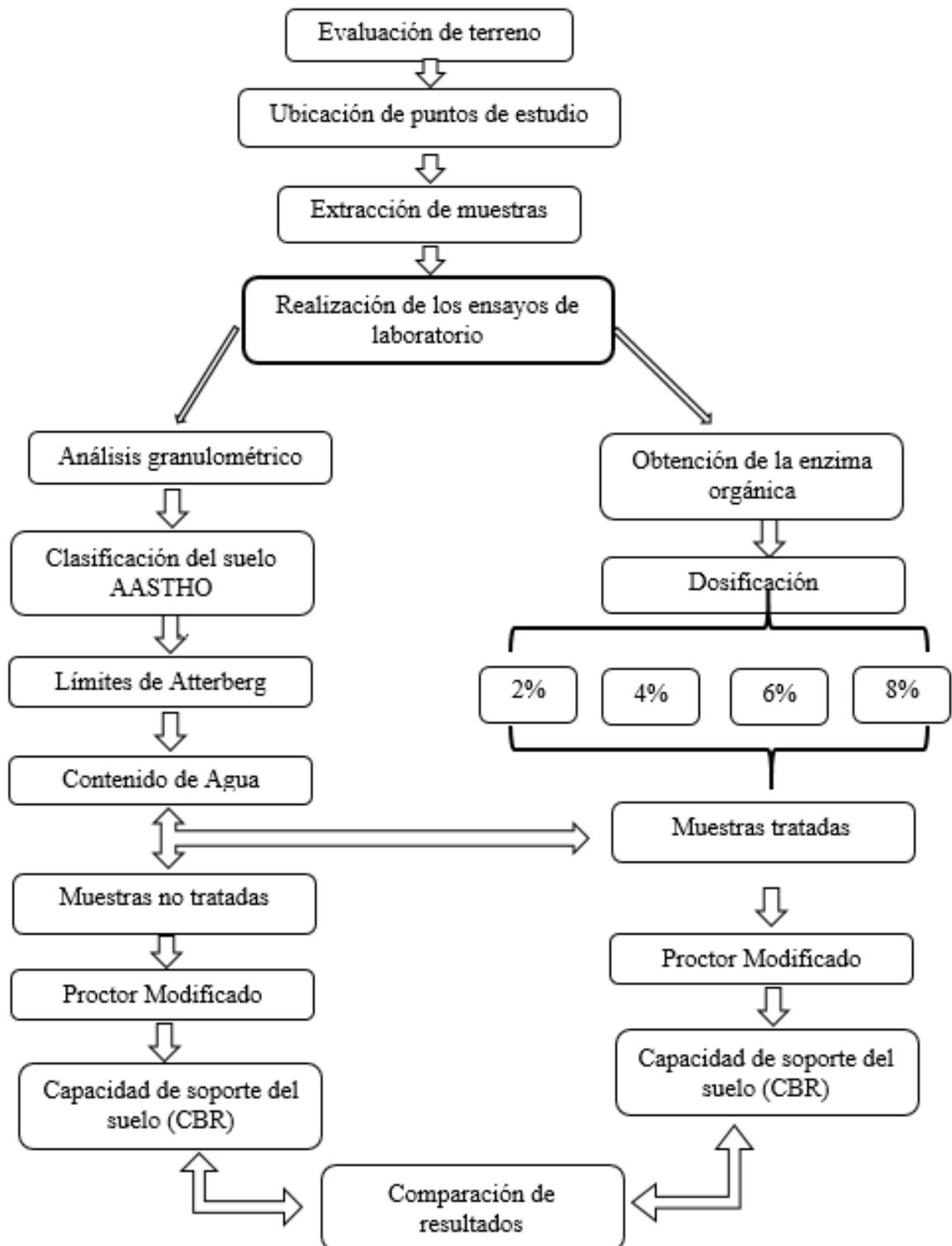


Fig. 10. Diagrama de flujo de procesos.

Descripción de procesos

a) Evaluación de terreno y ubicación de puntos para la obtención de muestras

Se realizó una evaluación del camino del vecinal de Huambos hacia Panca Puquio, teniendo como longitud 1+191 km. El camino se encontró en mal estado, evidenciándose la falta de mantenimiento. Los puntos de estudio se realizaron en las progresivas 0+150km; 0+650km y 1+100km, debido a los permisos otorgados por la Municipalidad de Huambos.



Fig. 11. Evaluación del estado situacional del camino vecinal



Fig. 12. Ubicación de puntos para la obtención de muestras.



Fig. 15. Obtención de las muestras de suelo - Calicata 03.

c) Estabilizador del suelo con enzimas orgánicas.

Las enzimas orgánicas como material estabilizador de subrasante han sido disueltas en la cantidad optima de agua del suelo con dosificaciones de 2%, 4%, 6% y 8%, permitiendo así la mejor compactación para una energía dada.



Fig. 16. Dosificación de las enzimas orgánicas.



Fig. 17. Material usado como estabilizador del suelo - Enzimas orgánicas.

d) Ensayos de las muestras de suelos extraídas de las 03 calicatas.

Propiedades físicas de los suelos

A. Granulometría

Mediante el ensayo de granulometría se determina la curva granulométrica y así mismo la distribución de las partículas de la muestra mediante una serie de tamices, para realizar este ensayo se ha tenido en cuenta la N.T.P 339.128.



Fig. 18. Análisis granulométrico por tamizado.

B. Contenido de humedad

El ensayo normalizado de contenido de humedad se realiza para determinar el contenido de agua que se encuentra retenido de forma natural en las partículas de una muestra de suelo, para realizar este ensayo se siguió los pasos y recomendaciones de la NTP 339.127, donde establece las condiciones y parámetros para su respectivo calculo.



Fig. 19. Determinación del contenido de humedad natural

C. Límites de Atterberg

Este ensayo se realiza para determinar el límite líquido, límite plástico e índices de plasticidad, para una mejor realización del ensayo se siguió los lineamientos, recomendaciones, parámetros y pasos a seguir de las normas N.T.P. 339.129 y la norma técnica americana ASTM – D423.



Fig. 20. Determinación de los límites de ATTERBERG

Propiedades mecánicas de los suelos naturales y muestras de suelo usando enzimas orgánicas como estabilizador.

A. Proctor modificado

Este ensayo se realiza para determinar la compactación y así poder obtener la máxima densidad seca con el óptimo contenido de humedad, para realizar un correcto cálculo se siguió los pasos establecidos en la norma técnica peruana y la norma americana como son; N.T.P. 339.141 y la ASTM D 1557.



Fig. 21. Determinación de la compactación mediante proctor modificado.

B. California Bearing Ratio (CBR)

Este ensayo normalizado se realiza para determinar el CBR del suelo de fundación y verificar si está en óptimas condiciones para ser usado como subrasante y evaluar si se realiza un mejoramiento del suelo de fundación, se tuvo en cuenta las recomendaciones y pasos a seguir en el laboratorio de las normas ruanas y normas americanas como lo son la N.T.P. 339.145, MTC E 132, ASTM D 1883 y AASHTO T 193.



Fig. 22. Ensayo para determinar el CBR (California Bearing Ratio)

Nota. La figura muestra la determinación del el CBR (California Bearing Ratio).

2.6. Criterios éticos

El Código de Ética de investigación de la USS, tiene como fin el velar los derechos y el bienestar de los involucrados en esta investigación Científica, Tecnológica e innovación. Cabe señalar que no se cometerá actos de plagio su desarrollo. Universidad Señor de Sipán [56].

La ética profesional del CIP, promueve el correcto ejercicio, estipula, obliga y contribuye a una conducta profesional adecuada en el marco de los requisitos legales y las normas éticas. Sirviendo así a la sociedad, comprometiéndonos al desarrollo de la felicidad humana a través del buen comportamiento, desempeño de funciones profesionales, guiados por la lealtad, la responsabilidad, la honestidad, el respeto e integración social. Colegio de Ingenieros del Perú [57].

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Para realizar el análisis de las propiedades físico - mecánicas de las muestras de suelo, primeramente, se procedió a realizar las calicatas materia de estudio las cuales fueron 3 excavaciones a una profundidad de 1.50 metros con una distancia de 500 metros aproximadamente entre cada calicata según lo recomendado por el manual de suelos y pavimentos del MTC, seguido se procedió a realizar los ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos.

a) Propiedades físicas de las muestras de suelos para las 3 calicatas

Granulometría

El análisis de granulometría se realizó con una cierta cantidad de mallas, tal como se muestra en el **Gráfico 1**, donde se observa los resultados obtenidos mediante los ensayos realizados a las muestras de las 3 calicatas materia de estudio.

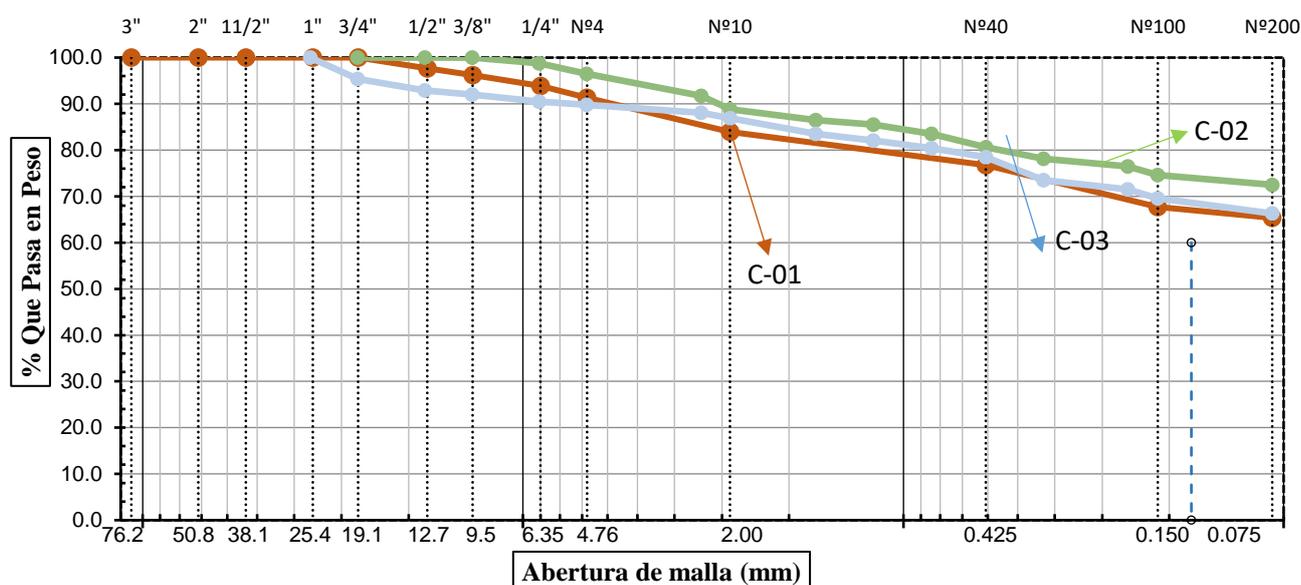


Gráfico 1. Curva granulométrica para la muestra de suelo de las 3 calicatas estudiadas.

Realizando una interpretación de resultados mostrados en el **Gráfico 1**, se puede observar que, en la malla N° 4 se retiene 8.7% para la C-1, 3.5% para la C-2 y 10.2% para la C-3 el cual vendría a ser grava, en la malla N°8 se retiene 5.3% para la C-1, 4.7% en la C-2 y 1.8% de la C-3, dicho porcentaje retenido sería arena gruesa, según el análisis granulométrico el material más predominante con más del

60% para las 3 calicatas son las arcillas y limos, siendo así un suelo arcilloso con presencia de limos.

Contenido de humedad

En la **Tabla 23** se muestra los datos calculados mediante el ensayo de contenido de humedad de las muestras de suelo correspondiente a las 3 calicatas.

Tabla XX

Contenido de humedad natural de las muestras de las 3 calicatas

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			
Descripción	C-01	C-02	C-03
Nº Tarro	27	41	16
Tarro más suelo húmedo	264.50 gr	184.60 gr	255.80 gr
Tarro más suelo seco	213.30 gr	150.70 gr	205.60 gr
Peso del agua	51.20 gr	33.90 gr	50.20 gr
Peso del tarro	39.60 gr	39.30 gr	55.00 gr
Peso del suelo seco	173.70 gr	111.40 gr	150.60 gr
Contenido de humedad (%)	29.48 %	30.43 %	33.33 %

Según los resultados mostrados en la **Tabla 23**, se puede observar que, el contenido de humedad natural es relativamente alto superando los 30%, esto se debe a que la zona donde está ubicado el camino vecinal es región sierra y las muestras extraídas fueron en el mes de mayo, donde las lluvias son intensas haciendo que las muestras estén saturadas, es por esta razón que el contenido de humedad se ha incrementado.

Límites de Atterberg

En la **Tabla 24** se muestra los resultados obtenidos mediante los ensayos de límites de Atterberg realizados a las muestras de suelos de las 3 calicatas.

Tabla XXI

Límites de Atterberg para las muestras de suelos de las 3 calicatas

LIMITES DE ATTERBERG			
Calicata	Limite liquido	Limite plástico	Índice de plasticidad
C-01	38.50 %	20.84%	17.67%
C-02	46.68%	24.79%	21.88%
C-03	42.41%	22.98%	19.43%

Según los resultados obtenidos se interpreta que, el índice de plasticidad de las calicatas C-01 y C-03 oscila en un rango de 17.67% y 19.43% estando por debajo de 20%, de acuerdo al MTC es un suelo arcilloso de mediana plasticidad, puesto que está dentro del rango entre 20% y 7%, que corresponde a un suelo arcilloso de media plasticidad, y para la calicata C-02 se obtiene un índice de plasticidad de 21.88% siendo mayor de 20% el cual corresponde a un suelo arcilloso con alta plasticidad según la clasificación de suelos según índice de plasticidad del MTC.

Clasificación de suelos

La **Tabla 25**, presenta los resultados de la clasificación de suelos según S.U.C.S y según AASHTO para las muestras de suelo de las 3 calicatas.

Tabla XXII

Clasificación de suelos según S.U.C.S y según AASHTO

Clasificación de suelos				
Calicata	S.U.C.S	Descripción	AASHTO	Descripción
C-01	CL		A-6 (9)	Suelo arcilloso
C-02	CL	Arcilla de mediana plasticidad	A-7-6 (13)	Sub rasante regular a insuficiente
C-03	CL		A-7-6 (11)	

Según los resultados mostrado en la **Tabla 25**, se puede observar que, según la clasificación S.U.C.S es una arcilla de mediana plasticidad y según AASHTO es un suelo arcilloso con una subrasante que puede ser regular o insuficiente, el cual se deberá analizar si requiere de un mejoramiento para ser usada como una sub rasante para la construcción de una carretera, cumpliendo un fin no solo estructural, sino de funcionalidad, en este caso se estabilizará el material de sub rasante con enzimas orgánicas.

b) Propiedades mecánicas de las muestras de suelos para las 3 calicatas + % de enzimas orgánicas

Proctor modificado

A. Calicata 01 + % de enzimas orgánicas

Los resultados obtenidos mediante el ensayo de Proctor modificado realizados a las muestras de suelo de la calicata 01 más adición de enzimas orgánicas en porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8% se muestra en el **Grafico 02**.

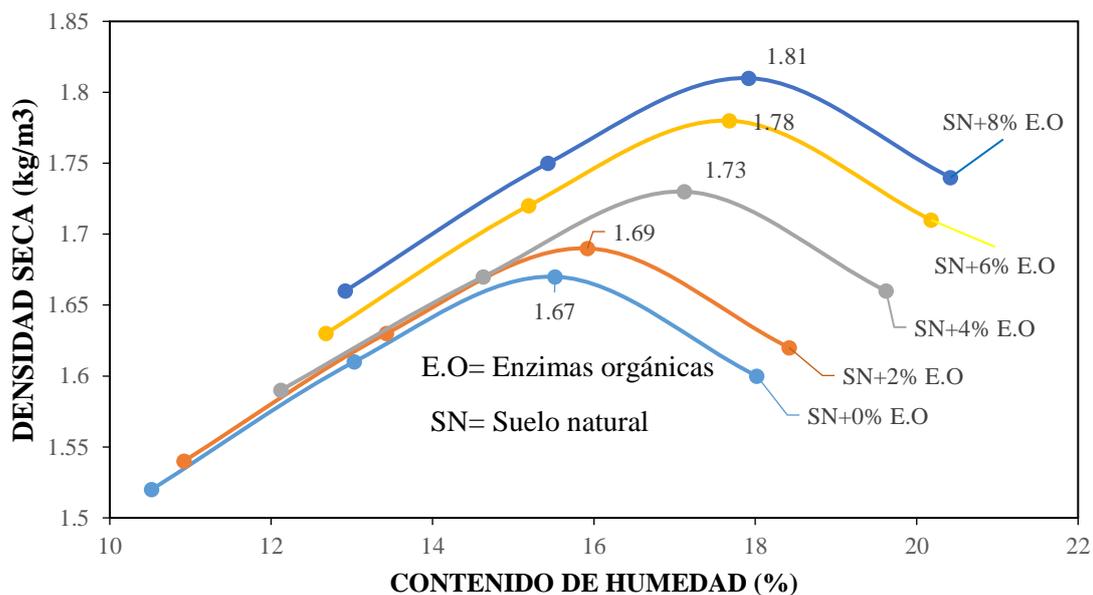


Gráfico 2. Compactación de la muestra de suelos de la calicata 01 + adición de enzimas orgánicas en porcentajes.

Según los resultados obtenidos, se puede apreciar en el gráfico anterior que la máxima densidad seca y el contenido óptimo de humedad se incrementa a medida que se aumenta el porcentaje de adición de enzimas orgánicas hasta el 8%, es aquí donde se llega a una MDS pico de 1.81 kg/m³ y un óptimo contenido de humedad 17.92%, mientras que, la MDS del suelo natural alcanza un valor de 1.67 kg/m³ y un óptimo contenido de humedad 15.52% siendo el valor más bajo de todos los ensayos realizados.

B. Calicata 02 + % de enzimas orgánicas

En el **Grafico 03** se presenta los resultados obtenidos mediante el ensayo de Proctor modificado realizados a las muestras de suelo de la calicata 02 más adición de enzimas orgánicas en porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8%.

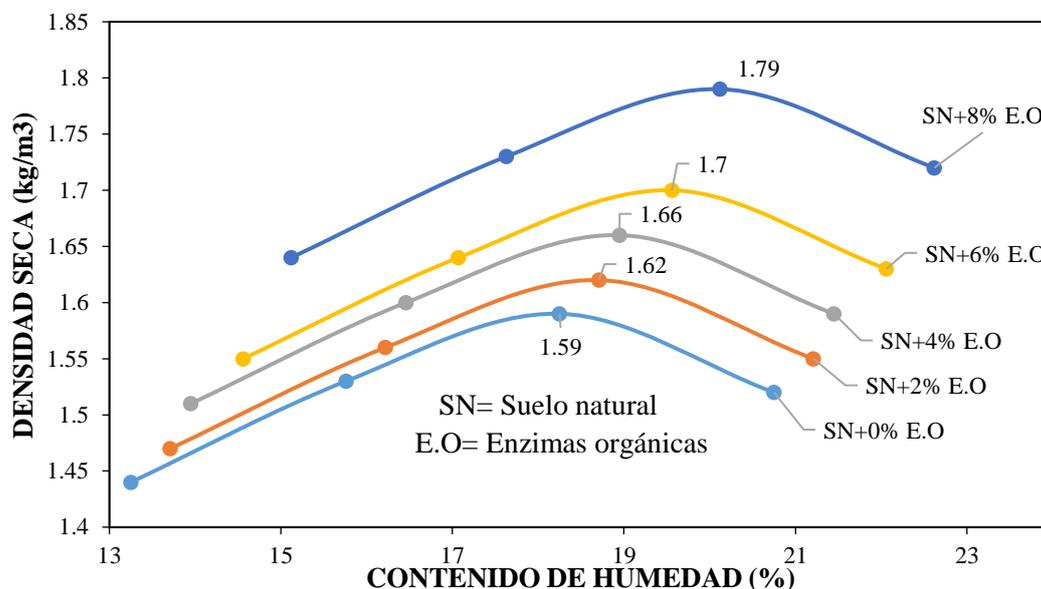


Gráfico 3. Compactación de la muestra de suelos de la calicata 02 + adición de enzimas orgánicas en porcentajes.

En referencia al grafico anterior se puede interpretar que, la máxima densidad seca y el contenido óptimo de humedad del suelo natural son los más bajos con un valor de 1.59 kg/m³ y 18.25%, estos valores se incrementan a medida que se aumenta el porcentaje de adición de enzimas orgánicas hasta llegar a una MDS pico de 1.79 kg/m³ y un óptimo contenido de humedad 20.12% respectivamente con 8% de adición de enzimas orgánicas.

C. Calicata 03 + % de enzimas orgánicas

En el **Grafico 04** se muestra los resultados logrados mediante el ensayo de Proctor modificado obtenidos mediante los ensayos realizados a las muestras de suelo de la calicata 03 más adición de enzimas orgánicas en porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8%.

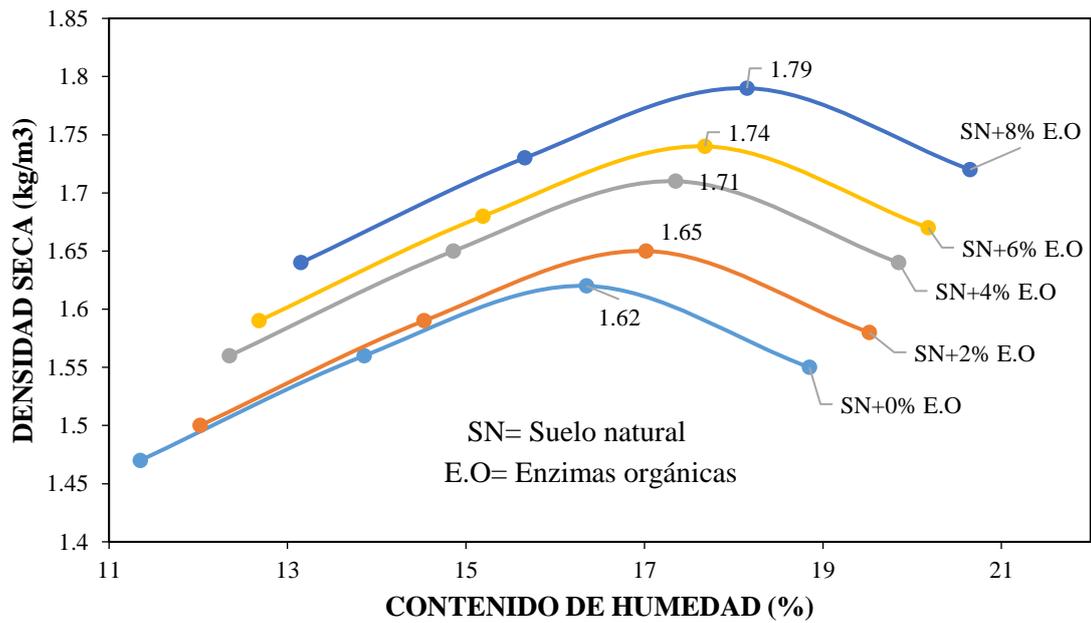


Gráfico 4. Compactación de la muestra de suelos de la calicata 03 + adición de enzimas orgánicas en porcentajes.

De acuerdo al gráfico anterior se puede apreciar que, la máxima densidad seca y el contenido óptimo de humedad del suelo natural alcanza los más bajos con un valor de 1.62 kg/m³ y 16.35%, estos valores se incrementan a medida que se aumenta el porcentaje de adición de enzimas orgánicas hasta llegar a una MDS de 1.79 kg/m³ y un óptimo contenido de humedad 18.15% respectivamente con 8% de adición de enzimas orgánicas.

California Bearing Ratio (CBR)

A. Calicata 01 + 0% de enzimas orgánicas

Se realizó los ensayos de CBR para las muestras de suelos de la calicata 01 más adición de enzimas orgánicas en porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8%, el cual se determinó el CBR al 100% y al 95% de la máxima densidad seca, dichos resultados obtenidos se muestran en el **Gráfico 05** donde refleja los resultados del CBR al 100% de la máxima densidad seca.

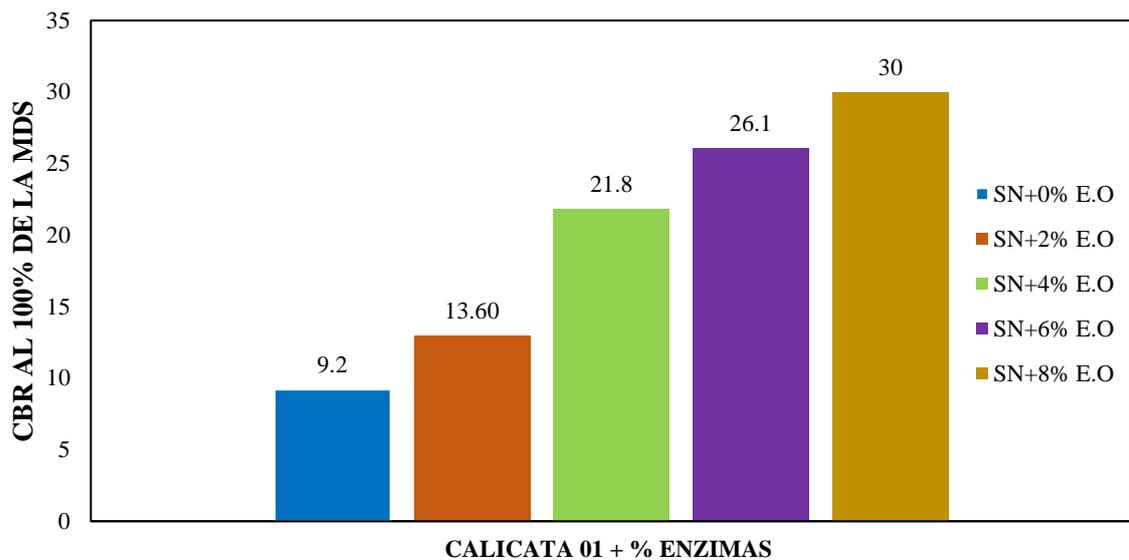


Gráfico 5. CBR de las muestras de suelos de la calicata 01 + adición de enzimas orgánicas en porcentajes.

En referencia al gráfico 05, se puede observar que el CBR se incrementa a medida que se aumenta el porcentaje de adición, la muestra natural alcanza un CBR al 100% de la máxima densidad seca de 9.20% siendo el valor más bajo y el valor obtenido más alto es con 8% de adición de enzimas alcanzando un CBR de 30% al 100% de la máxima densidad seca, según el manual de suelos del MTC clasifica la sub rasante según el CBR, para el suelo natural correspondería una sub rasante regular, para el porcentaje de 2% corresponde una sub rasante buena y para los porcentajes de 4%, 6%, corresponde una sub rasante muy buena y para el porcentaje de 8% corresponde a una sub rasante excelente.

B. Calicata 02 + 0% de enzimas orgánicas

Se realizó los ensayos de CBR para las muestras de suelos de la calicata 02 más adición de enzimas orgánicas en porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8%, el cual se determinó el CBR al 100% y al 95% de la máxima densidad seca, dichos resultados obtenidos se muestran en el **Gráfico 06** donde refleja los resultados del CBR al 100% de la máxima densidad seca.

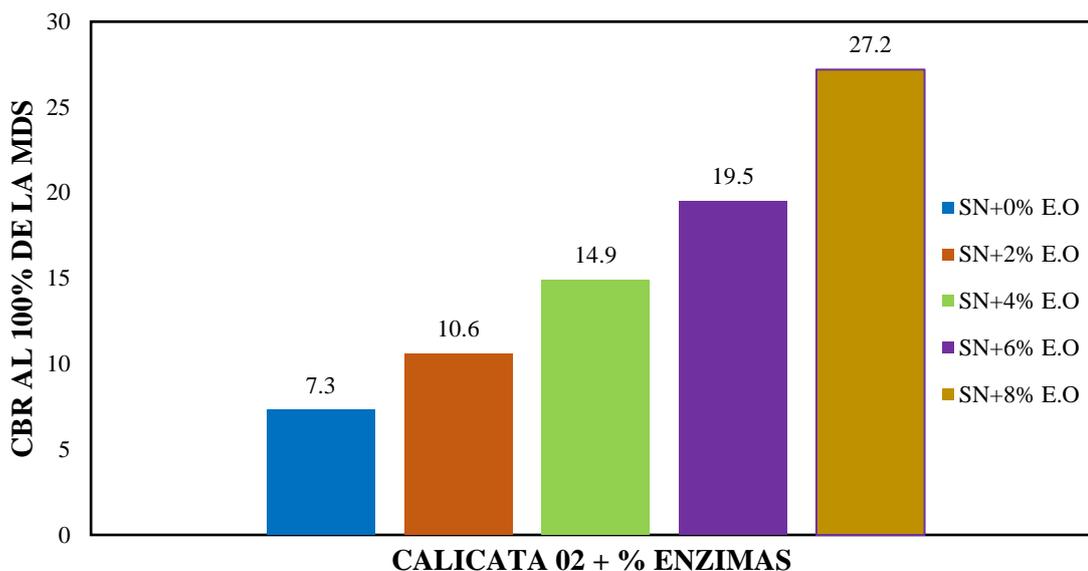


Gráfico 6. CBR de las muestras de suelos de la calicata 02 + adición de enzimas orgánicas en porcentajes.

Según el gráfico 06, se puede verificar que el CBR presenta un incremento a medida que se aumenta el porcentaje de adición, la muestra natural alcanza un CBR al 100% de la máxima densidad seca de 7.30% siendo el valor más bajo y el valor alcanzado más alto es con 8% de adición de enzimas alcanzando un CBR de 27.20% al 100% de la máxima densidad seca, de acuerdo al manual de suelos del MTC clasifica la sub rasante de acuerdo al CBR, para el suelo natural correspondería una sub rasante regular, para el porcentaje de 2%, 4% y 8% corresponde una sub rasante buena y para el porcentajes de 8% corresponde una sub rasante muy buena.

C. Calicata 03 + 0% de enzimas orgánicas

Se determinó los ensayos de CBR para las muestras de suelos de la calicata 03 más adición de enzimas orgánicas en porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8%, el cual se determinó el CBR al 100% y al 95% de la máxima densidad seca, dichos resultados obtenidos se muestran en el **Gráfico 07** donde muestra los resultados del CBR al 100% de la máxima densidad seca.

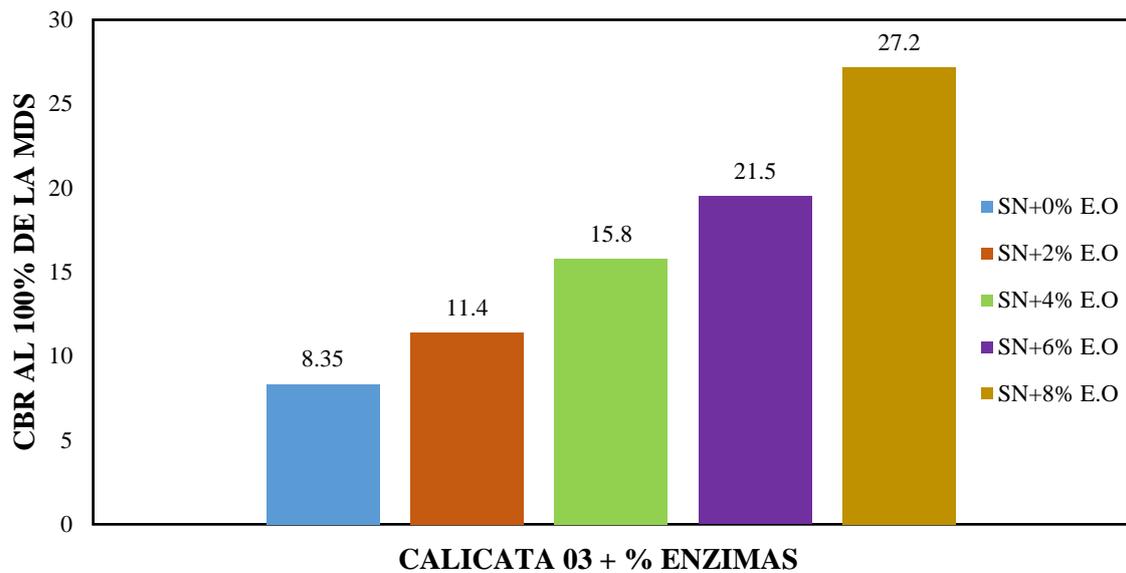


Gráfico 7. CBR de las muestras de suelos de la calicata 03 + adición de enzimas orgánicas en porcentajes.

En referencia al Gráfico 07, se puede interpretar que, el CBR presenta un incremento a medida que se aumenta el porcentaje de adición, la muestra natural alcanza un CBR al 100% de la máxima densidad seca de 8.35% siendo el valor más bajo y el valor alcanzado más alto es con 8% de adición de enzimas alcanzando un CBR de 27.20% al 100% de la máxima densidad seca, de acuerdo al manual de suelos del MTC clasifica la sub rasante de acuerdo al CBR, para el suelo natural correspondería una sub rasante regular, para el porcentaje de 2% y 4% corresponde una sub rasante buena y para los porcentajes de 6% y 8% corresponde una sub rasante muy buena.

3.2. Discusión

a) Propiedades físicas del suelo

Contenido de humedad

El contenido de humedad obtenido en esta investigación oscila en un rango de 29% y 33%, son valores relativamente altos, esto se debe a que las muestras de suelo fueron extraídas en temporadas de lluvia, corroborando lo investigado por Ortega [29], el cual obtuvo un contenido promedio de humedad de 1.20% de todas sus muestras de suelo estudiadas, dichos resultados discrepa con los de esta investigación donde se obtuvo un valor promedio de 31% de contenido de humedad.

Límites de Atterberg

De acuerdo a los ensayos alcanzados mediante los ensayos de límites de Atterberg, se tiene para la calicata 01 un índice de plasticidad de 17.67%, para la calicata 02 con índice plástico de 21.88% y para la calicata 03 un índice plástico de 19.43%, según el Manual del MTC [32], los suelos con índices plásticos menores a 20% son suelos arcillosos con plasticidad media y para suelos con índices plásticos mayores a 20% se considera suelos arcillosos con plasticidad alta, así mismo, corroborando con lo estudiado por García [58], el cual alcanzo índices de plasticidad de 19.20%, dichos resultados concuerdan con los de esta investigación, puesto que, los tipos de suelos estudiados son suelos arcillosos.

Clasificación de suelos

La clasificación de suelos se realizó mediante dos métodos como lo es AASHTO y ASTM (SUCS), obteniendo un suelo A-6 y A-6-7 con índice de grupo 9, 13 y 11 según AASHTO y según SUCS un suelo tipo CL ambos lo clasifican como un suelo arcilloso con mediana plasticidad, siendo así un suelo de subrasante regular a insuficiente según la clasificación del MTC [32], corroborando con lo estudiado por Fernández [16], el cual obtuvo según clasificación SUCS y AASHTO un suelo arcilloso, dicha clasificación concuerdan con los de esta investigación, puesto que, los tipos de suelos estudiados son suelos arcillosos.

b) Propiedades mecánicas del suelo

Ensayo de compactación

Respecto al ensayo de compactación, la **Tabla 26** muestra una comparación de resultados de distintos autores tomados en cuenta en esta investigación, respecto a ellos se visualiza que la compactación mediante la máxima densidad seca se incrementa a medida que se adiciona las enzimas orgánicas en cada investigación, lo cual concuerda con los resultados de esta investigación donde la máxima densidad seca tiende a incrementarse a medida que se aumenta la dosis alcanzando sus valores más altos con porcentajes mayores.

Tabla XXIII

Resumen de resultados del ensayo de compactación de investigaciones de diversos autores

Autores	Porcentajes	Utilización	Resultados	
			Patrón	Porcentajes
Investigación propia	2%, 4%, 6% y 8%.	En peso de la muestra	1.67 gr/cm ³	1.69, 1.73, 1.78 y 1.81 gr/cm ³ .
Abou et al [17]	1% y 10%	En peso de la muestra	1.75 gr/cm ³	2.35 y 2.65 gr/cm ³
Thomas y Rangaswamy [18]	0.5%, 1%, 1.5%, 2% y 4%	En peso de la muestra		No presenta
Yusoff et al [19]	2% y 5%	En peso de la muestra	1.60 gr/cm ³	1.65 y 1.70 gr/cm ³
Kushwaha et al [20]	1%, 2%, 3%, 4%, 5% y 6%	En peso de la muestra	1.55 gr/cm ³	1.58, 1.60, 1.64, 1.68, 1.63 y 1.58 gr/cm ³
Vasiya y Solnki [21]	1%, 2%, 3% y 4%	En peso de la muestra	15.58 kn/m ³	15.83, 16.10, 16.30 y 16.47 kn/m ³
Renjith et al [59]	2.5%, 4.5%, 6.5% y 8.5%.	En peso de la muestra	17.20 kn/m ³	18.3, 18.6, 18.9 y 19.20 kn/m ³
Cataldo [23]	0.03, 0.05 y 0.07 l/m ³	En peso de la muestra		No presenta
Ganapathy et al [60]	100, 200, 300 y 400 ml/m ³	En peso de la muestra		No presenta
Quiran [25]	5%, 10%, 15% y 20%	En peso de la muestra	98.20 lb/pie ³	99.15, 100.2, 101.25 y 102.4 lb/pie ³
Panchal et al [26]	500, 700, 900 y 1000ml/m ³	En peso de la muestra	1.63 gr/cm ³	1.66, 1.74, 1.90 y 2.00 gr/cm ³
Poonia et al [27]	4%, 7%, 10% y 13%	En peso de la muestra	16.10 kn/m ³	17.3, 17.80, 18.4 y 19.30 kn/m ³

Rafique et al [28]	5%, 10%, 15% y 20%	En peso de la muestra	1.43 gr/cm ³	1.48, 1.52, 1.56 y 1.61 gr/cm ³
Sahoo y Sridevi [15]	0.05%, 0.10%, 0.15% y 0.20%	En peso de la muestra		No presenta
Ortega [29]	2%, 3%, 4% y 5%	En peso de la muestra	1.85 gr/cm ³	1.83, 1.88, 1.95 y 2.10 gr/cm ³
Fernández [16]	1.5%, 3%, 4% y 5%.	En peso de la muestra	-	-

California bearing ratio (CBR)

En la **tabla 27** se muestra una recopilación de resultados obtenidos mediante el ensayo de CBR realizado a las muestras de suelo.

Tabla XXIV

Resumen de resultados del CBR

Resultados del CBR					
Muestra	Natural	2% enzimas	4% enzimas	6% enzimas	8% enzimas
MDS	1.67	1.69	1.73	1.78	1.81
CBR	9.20	13.60	21.80	26.10	30.00

Respecto al ensayo de California Bearing Ratio (CBR), la **Tabla 28** muestra una comparación de resultados de distintos autores tomados en cuenta en esta investigación, respecto a ellos se visualiza que el CBR al 100% de la MDS se incrementa a medida que se adiciona las enzimas orgánicas en cada investigación, lo cual concuerda con los resultados de esta investigación donde el CBR tiende a incrementarse a medida que se aumenta la dosis alcanzando sus valores más altos con 8% de enzimas.

Tabla XXV

Resumen de resultados del ensayo de CBR de investigaciones de diversos autores

Autores	Porcentajes	Utilización	Resultados	
			Patrón	Porcentajes
Investigación propia	2%, 4%, 6% y 8%.	En peso de la muestra	9.20%	13.60%, 21.80%, 26.10%, 30.0%.
Abou et al [17]	1% a 10%	En peso de la muestra	14.5%	18.20% y 23%
Thomas y Rangaswamy [18]	0.5%, 1%, 1.5%, 2% y 4%	En peso de la muestra	18.2%	22.15%, 28.25%, 33%, 37.25% y 41%
Yusoff et al [19]	2% y 5%	En peso de la muestra	12.70%	16.30% y 20%
Kushwaha et al [20]	1%, 2%, 3%, 4%, 5% y 6%	En peso de la muestra	4.92%	5.20%, 6.8%, 8.20%, 9.15%, 10% y 11%
Vasiya y Solnki [21]	1%, 2%, 3% y 4%	En peso de la muestra		No presenta
Renjith et al [1]	2.5%, 4.5%, 6.5% y 8.5%.	En peso de la muestra	16%	22%, 26.15%, 31.5% y 36%.
Cataldo [23]	0.03, 0.05 y 0.07 l/m3	En peso de la muestra	8.25%	12.25%, 16.58% y 21.36%
Ganapathy et al [24]	100, 200, 300 y 400 ml/m3	En peso de la muestra	4.25%	5.86%, 6.95%, 8.56% y 10.20%
Quiran [25]	5%, 10%, 15% y 20%	En peso de la muestra	18.20%	26.36%, 33.14%, 38.47% y 47.10%
Panchal et al [26]	500, 700, 900 y 1000ml/m3	En peso de la muestra	14.25%	16.35%, 18.56%, 20.35% y 22.10%
Poonia et al [27]	4%, 7%, 10% y 13%	En peso de la muestra	23%	25%, 27.36%, 29.45% y 22.15%

Rafique et al [28]	5%, 10%, 15% y 20%	En peso de la muestra	10.47%	11.52%, 13.85%, 14.75% y 16.28%
Sahoo y Sridevi [15]	0.05%, 0.10%, 0.15% y 0.20%	En peso de la muestra	13.56%	15.25%, 17.36%, 19.45% y 22.10%
Ortega [29]	2%, 3%, 4% y 5%	En peso de la muestra	8%	9.5%, 11.20%, 13.10% y 14.8%
Fernández [16]	1.5%, 3%, 4% y 5%.	En peso de la muestra	11.45%	13.25%, 15.45%, 17.36% y 19.20%

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Se concluye que, las muestras de suelo extraídas del camino del vecinal Penca Puquio - Huambos presentan un contenido de humedad de 33.3% en relación a los 03 pozos exploradores, un índice de plasticidad de 17.67% para la calicata 01, para la calicata 02 con índice plástico de 21.88% y para la calicata 03 un índice plástico de 19.43%, siendo así, la calicata 01 y 03 un tipo de suelo arcilloso de mediana plasticidad y la calicata 02 un suelo arcilloso con alta plasticidad, según la clasificación de suelos mediante AASHTO es un suelo A-6 con índice de grupo 9, según SUCS lo clasifica como un suelo tipo CL, ambos métodos lo clasifican como un suelo arcilloso de mediana o alta plasticidad según el índice plástico. Según el análisis mecánico de las muestras de suelo natural del camino vecinal hacia Penca Puquio se obtuvo una máxima densidad seca de 1.67 gr/cm³ y un CBR al 100% de la máxima densidad seca de 9.20% siendo así un suelo de subrasante regular.

Las muestras de suelo adicionando enzimas orgánicas en porcentajes de 2, 4, 6 y 8% respectivamente, se evaluaron sus propiedades mecánicas mediante el ensayo de Proctor modificado y el ensayo de CBR, alcanzando una máxima densidad seca de 1.69 gr/cm³, 1.73 gr/cm³, 1.78 gr/cm³ y 1.81 gr/cm³ para cada muestra analizada, finalmente se logró obtener un CBR al 100% de la máxima densidad seca de 13.60% con 2% de enzimas orgánicas, con 4% de enzimas

orgánicas se alcanzó un CBR de 21.80%, con 6% se obtuvo un CBR de 26.10% y finalmente y con 8% se alcanzó un 30.00% siendo así sus valores más alto de los 4 porcentajes de enzimas orgánicas estudiados.

El porcentaje más óptimo para alcanzar una subrasante excelente es con 8% de enzimas orgánicas, puesto que, está dentro del rango de una Subrasante tipo S5 tal como lo especifica el MTC, así mismo, con 8% presenta un incremento en el CBR considerable en 69.33% en comparación del CBR de la muestra natural.

4.2. Recomendaciones

Se recomienda el estudio de las propiedades física y mecánicas de suelos diferentes a la de esta investigación que contengan como mínimo un 6% de arcilla.

Se recomienda realizar la adición de diferentes porcentajes mayores a la de esta investigación, puesto que, las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos se ven mejoradas considerablemente a mayor dosificación de enzimas orgánicas, y así poder determinar el porcentaje más óptimo de adición de enzimas orgánicas a ser usado como base para el mejoramiento los suelos usados como subrasante en la construcción de todo tipo de infraestructuras viales.

Se recomienda realizar una investigación teniendo en cuenta la duración de las carreteras estabilizadas con estas enzimas (Prototipos de estudio realizado por Terrazyme en el Perú) y la dosificación optima que utilizaron, siendo una característica de esta enzima el incremento de sus propiedades frente al tiempo.

Se recomienda realizar una evaluación económica y de impacto ambiental de la utilización de enzimas orgánicas frente a otros métodos de estabilización de suelos convencional.

REFERENCIAS

- [1] R. Renjith, D. Robert, A. Fuller, S. Setunge and B. O. a. R. Nucifora, "Enzyme based soil stabilization for unpaved road construction," *MATEC Web of Conferences*, vol. 138, pp. 01002-, 2017.
- [2] G. Nadeem and M. B. Ahmed, "Influence of glass fiber and cement kiln dust on physicochemical and geomechanical properties of fine-grained soil," *Innovative Infrastructure Solutions*, vol. 7, no. 6, p. 344, 2022.
- [3] M. V. Sravan and H. B. Nagaraj, "Potential use of enzymes in the preparation of compressed stabilized earth blocks," *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 29, no. 9, p. 04017103, 2017.
- [4] A. Kumar and D. Soni, "Effect of calcium and chloride based stabilizer on plastic properties of fine grained soil," *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, vol. 12, no. 5, pp. 537-545, 2019.
- [5] T. Khan, I. Jawad, A. Firoozi and A. A. Firoozi, "Recent Experimental Studies in Soil Stabilization with Bio-Enzymes—A Review," *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, p. 15, 2013.
- [6] Z. Li, S. Wu, Y. Liu, Q. Yi, T. A. Nguyen, Y. Ma, F. You, M. Hall, T.-S. Chan, Y. Huang and L. Huang, "Plant biomass amendment regulates arbuscular mycorrhizal role in organic carbon and nitrogen sequestration in eco-engineered iron ore tailings," *Geoderma*, vol. 428, no. 116178, pp. 78-105, 2022.
- [7] N. Gul and M. B. Ahmed, "Influence of glass fiber and cement kiln dust on physicochemical and geomechanical properties of fine-grained soil," *Innovative Infrastructure Solutions*, vol. 7, no. 344, pp. 1-18, 2022.
- [8] B. Mir, "Some studies on the effect of fly ash and lime on physical and mechanical properties of expansive clay," *International Journal of Civil Engineering*, vol. 13, no. 4, pp. 203-212, 2018.
- [9] W. Sani, M. A., K. N.H.A., N. H.M., H. M.R., G. G.G., H. N.A., K. N.A.S. and M. N., "Improvement of CBR value in soil subgrade using garnet waste," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019.
- [10] S. K. Meena, R. Sahu and R. Ayothiraman, "Utilization of Waste Wheat Straw Fibers for Improving the Strength Characteristics of Clay," *Journal of Natural Fibers*, pp. 1-15, 2019.
- [11] V. Ramdas, P.Mandree, M.Mgangira, S.Mukaratirwa, R.Laloo and S.Ramchuran, "Establishing miniaturised structural testing techniques to

enable high-throughput screening of microorganisms and microbial components for unpaved road stabilisation application," *Journal of Advanced Research*, vol. 21, pp. 151-159, 2020.

- [12] J. Malko, R. Brazetti, M. Casagrande and B. Silva, "Application of Enzymes for Stabilization of Soils in Paving," *Key Engineering Materials*, vol. 668, pp. 150-159, 2016.
- [13] B. Yang, Y. Zhang, H. Ceylan, S. Kim and K. Gopalakrishnan, "Assessment of Soils Stabilized with Lignin-Based Byproducts," *Transportation Geotechnics*, p. S221439121830117X-, 2018.
- [14] B. A. Mir and A. Sridharan, "Mechanical behaviour of fly-ash-treated expansive soil," *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Ground Improvement*, vol. 172, no. 1, pp. 12-24, 2019.
- [15] S. Sahoo and G. Sridevi, "SOIL STABILIZATION USING BIO-ENZYME," *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, p. 10, 2018.
- [16] G. H. W. Fernández, Efecto del aditivo Terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes en la zona de expansión de la ciudad de Cajamarca, Cajamarca: Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, 2017.
- [17] A. Abou Khadra, A. F. Zidan and Y. Gaber, "Experimental evaluation of strength characteristics of different Egyptian soils using enzymatic stabilizers," *Cogent Engineering*, vol. 5, no. 1, pp. 1-11, 2018.
- [18] A. G. Thomas and B. K. Rangaswamy, "Strength behavior of enzymatic cement treated clay," vol. 15, no. 3, pp. 259 - 272, 2021.
- [19] S. A. N. M. Yusoff, M. Azmi, H. Ramli, I. Bakar, W. D.C. and A. Zainorabidin, "Laboratory investigation of TerraZyme as a soil stabilizer," *AIP Conference Proceedings*, vol. 1892, p. 030014, 2017.
- [20] S. Kushwaha, D. Kishan and N. Dindorkar, "Stabilization of Expansive Soil Using Eko Soil Enzyme For Highway Embankment," *Materials Today*, vol. 5, no. 9, pp. 19667-19679, 2018.
- [21] V. Vasiya and C. Solnki, "An experimental investigation on black cotton soil using terrazyme," *International Journal of Engineering, Transactions B: Applications*, vol. 34, no. 8, pp. 1837 - 1844, 2021.
- [22] R. Renjith, D. Robert, A. Fuller, S. Setunge, B. O'Donnell and R. Nucifora, "Enzyme based soil stabilization for unpaved road construction," *MATEC Web of Conferences*, vol. 138, p. 01002, 2017.

- [23] R. C. C. Cataldo, "Influence of chemical stabilization method and its effective additive concentration (EAC) in non-pavement roads. A study in andesite-based soils," *Cogent Engineering*, vol. 6, no. 1, 2019.
- [24] R. G. Ganapathy, P. Gobinath, I. I. Akinwumi, M. T. S. Kovendiran, N. Lokesh, S. M. Anas, R. A. murugan, P. Yogeswaran and S. Hema, "Bio-Enzymatic Stabilization of a Soil Having Poor Engineering Properties," *International Journal of Civil Engineering*, vol. 15, no. 3, pp. 401-409, 2017.
- [25] A. W. Quiran, Estabilización de suelos con productos enzimáticos, como alternativa a la carencia de bancos de préstamo de material en el departamento de Guatemala, Guatemala: Facultad de Ingeniería Civil en la Universidad de San Carlos de Guatemala, 2015.
- [26] S. Panchal, M. Khan and A.Sharma, "Stabilization of Soil Using Bio-Enzyme," *International Journal of Civil Engineering and Technology*, p. 8, 2017.
- [27] J. Poonia, F. Giustozzia, D. Roberta, S. Setungea and B. O'Donnellb, "Durability of enzyme stabilized expansive soil in road pavements subjected to moisture degradation," *Transportation Geotechnics*, p. 21, 2019.
- [28] U. Rafique, S. Nasreen, R. Naveed and M. Ashraf, "Application of bioenzymatic soil stabilization in comparison to macadam in the construction of transport infrastructure," *Journal of Environmental Biology*, p. 7, 2016.
- [29] P. H. M. Ortega, Reducción de costos y operación en la estabilización de carreteras no pavimentadas con enzimas Terrazyme en el distrito de Amarilis -2016, Huánuco: Facultad de Ingeniería de la Universidad de Huánuco, 2017.
- [30] D. Braja M, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, California: THOMSON LEARNING, 2010.
- [31] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2014.
- [32] MTC, Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2014.
- [33] E. Juárez, Mecánica de suelos, Tomo 1, México: LIMUSA S.A. DE C.V. GRUPO NORIEGA EDITORES, 2005.
- [34] I. S. Dhanesh & T. V. Mohandas, "Effect of bio-enzyme on geotechnical properties of Thonnakkal clay," *International Journal of Engineering Trends and Technology*, p. 3, 2016.

- [35] S. Naagesh and S. Gangadhara, "Swelling Behaviour of Bio-Enzyme Treated Expansive Soil," *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, p. 6, 2011.
- [36] B. Yang, Y. Zhang, H. Ceylan, S. Kim and K. Gopalakrishnan, "Assessment of Soils Stabilized with Lignin-Based Byproducts," *Transportation Geotechnics*, p. 31, 2018.
- [37] H. A. Federal, "Federal Highway Administration," 12 09 2022. [Online]. Available: <https://highways.dot.gov/>.
- [38] W. A. Botia, Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo, Bogota: Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Militar Nueva Granada, 2015.
- [39] S.S. Kushwaha, D. Kishan and N. Dindorkar, "Stabilization Of Expansive Soil Using Eko Soil Enzyme For Highway Embankment," *Materialstoday Proceedings*, p. 12, 2018.
- [40] M. Mirzababaei, A. Arulrajah and M. Ouston, "Polymers for stabilization of soft clay soils," *Procedia Engineering*, p. 7, 2017.
- [41] E.U. Eyo, S. Ng'ambi and S.J. Abbey, "Performance of clay stabilized by cementitious materials and inclusion of zeolite/alkaline metals-based additive," *Transportation Geotechnics*, p. 19, 2019.
- [42] R. Cabezas and C. Cataldo, "Influence of chemical stabilization method and its effective additive concentration (EAC) in non-pavement roads. A study in andesite-based soils," *Cogent Engineering*, p. 6, 2019.
- [43] M. Lotfalian, T.Y. Babadi and H. Akbari, "Impacts of soil stabilization treatments on reducing soil loss and runoff in cutslope of forest roads in Hyrcanian forests," *Catena*, p. 5, 2019.
- [44] A. AbouKhadra, A.F. Zidan and Y. Gaber, "Experimental evaluation of strength characteristics of different Egyptian soils using enzymatic stabilizers," *Cogent Engineering*, p. 5, 2018.
- [45] V. C. Crespo, Mecánica de Suelos y Cimentaciones, México: LIMUSA S.A DE C.V GRUPO NORIEGA EDITORES, 2004.
- [46] L. R. Santos, F. A. Crispim and P. R. Del Paulo, "Estabilização de Solos com um Aditivo a Base de Enzimas para fins Rodoviários," *E&S - Engineering and Science*, p. 7, 2018.
- [47] J. Hernandez, Características físicas y propiedades mecánicas de suelos y sus métodos de medición, Guatemala: Tesis no publicadas, 2008.

- [48] E. Juarez and A. Rico, *Mecánica de suelos*, México: Limusa, 1997.
- [49] N. Chandler, J. Palson, and T. Burns, "Capillary rise experiment to assess effectiveness of an enzyme," *Canadian Geotechnical Journal*, p. 9, 2017.
- [50] C. Venkatasu and G. Dhinakaran, "Effect of Bio-Enzymatic Soil Stabilisation on Unconfined Compressive Strength and California Bearing Ratio," *Journal of Engineering and Applied Sciences*, p. 4, 2011.
- [51] R.A. Velasquez , M.O. Marasteanu and R.M. Hozalski, "Investigation of the effectiveness and mechanisms of enzyme products for subgrade stabilization," *International Journal of Pavement Engineering*, p. 9, 2006.
- [52] J.A. Cardoso Malko, M. Toé Casagrande, R. Brazetti and B. Albuquerque e Silva, "Estudo de Solos Estabilizados com Enzimas para Aplicação em Pavimentação," *ResearchGate*, p. 9, 2014.
- [53] G. S. Terra, "UniversidadPerú," 09 25 2016. [Online]. Available: <https://www.universidadperu.com/empresas/terra-gestion.php>.
- [54] T. T. Catálogo, "Catálogo Técnico TerraZyme," 25 05 2018. [Online]. Available: <https://es.scribd.com/document/419657198/Catalogo-Tecnico-TerraZyme-2-018>.
- [55] K. Rollins, "Effect of Soil treatment with Terrazyme on CBR%," *Natural Plus*, pp. 1-9, 1998.
- [56] Universidad Señor de Sipán, Código de ética de investigación de la USS, Pimentel: Universidad Señor de Sipán, 2017.
- [57] D. I. D. P. COLEGIO, "COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU," 27 04 2023. [Online]. Available: <https://www.cip.org.pe/>.
- [58] C. X. A. García, Comparación de los efectos de diferentes métodos de estabilización de subrasantes en arcillas Bogotanas, Bogota D.C.: Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de los Andes, 2015.
- [59] R. Renjith, D. Robert, A. Fuller, S. Setunge, B. O'Donnell and R. Nucifora, "Enzyme based soil stabilization for unpaved road construction," *MATEC*, p. 10, 2017.
- [60] G. P. Ganapathy, R. Gobinath, I. I. Akinwumi, S. Kovendiran, M. Thangaraj, N. Lokesh, S. Muhamed Anas, R. Arul murugan, P. Yogeswaran and S. Hema, "Bio-Enzymatic Stabilization of a Soil Having Poor Engineering Properties," *International Journal of Civil Engineering*, p. 9, 2016.

- [61] Colegio de Ingenieros del Perú, Código de ética del colegio de ingenieros del Perú, Lima: Colegio de Ingenieros del Perú, 2018.
- [62] S. D. S. UNIVERSIDAD, "USS," 27 04 2023. [Online]. Available: <https://www.uss.edu.pe/uss/>.

ANEXOS

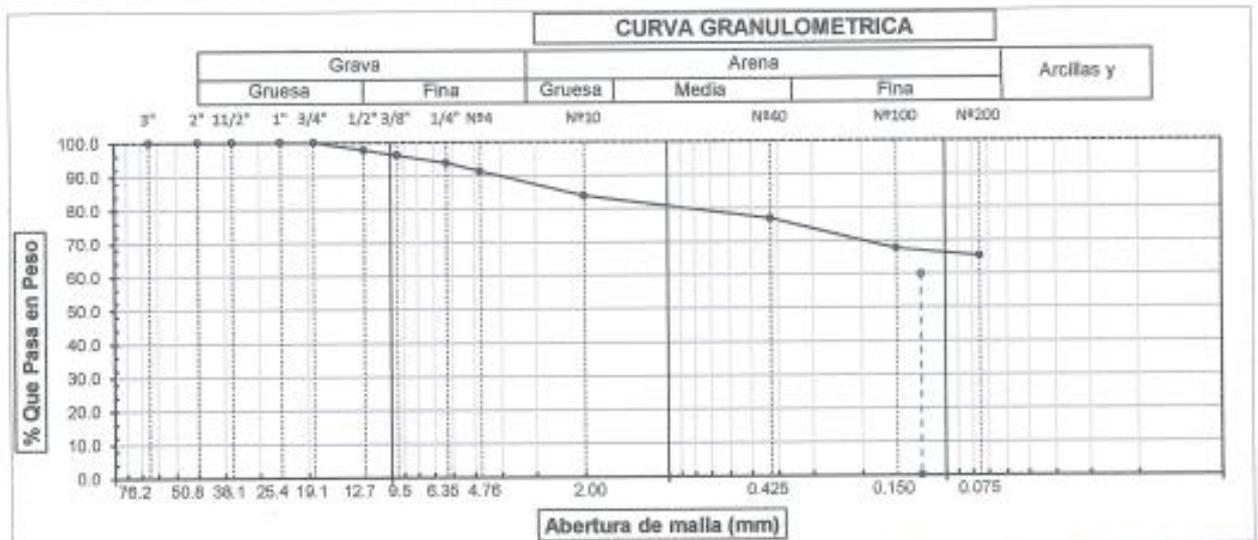
ANEXO I: ENSAYO DE LAS MUESTRAS DE SUELOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(N.T.P. 339.128 / ASTM - D422)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
 PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
 UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
 FECHA : 23/05/2022
 CALICATA : 01 MUESTRA Nº: M - 01 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 mts.

ABERTURA MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)					
3"	76.200					PESO TOTAL : 701.2
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO : 458.3
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					LÍMITE LÍQUIDO : 38.50
1"	25.400					LÍMITE PLÁSTICO : 20.84
3/4"	19.050	0.00	0.0	0.0	100.0	ÍNDICE PLÁSTICIDAD : 17.67
1/2"	12.700	16.10	2.3	2.3	97.7	
3/8"	9.525	10.60	1.5	3.8	96.2	CLASF. AASHTO : A-6 (9)
1/4"	6.350	16.40	2.3	6.2	93.9	CLASF. SUCS : CL
Nº4	4.760	17.90	2.8	8.7	91.3	
Nº6	2.380	37.10	5.3	14.0	86.0	HUMEDAD NATURAL :
Nº10	2.000	14.80	2.1	16.1	83.9	
Nº16	1.190	19.60	2.8	18.9	81.1	DESCRIPCIÓN DEL SUELO : Arcilla de mediana plasticidad
Nº20	0.840	6.10	0.9	19.8	80.2	
Nº30	0.590	11.80	1.7	21.5	78.6	
Nº40	0.425	12.40	1.8	23.2	76.8	
Nº50	0.300	27.60	3.9	27.2	72.8	
Nº60	0.180	16.60	2.4	29.5	70.5	
Nº100	0.150	19.50	2.8	32.3	67.7	MÓDULO DE FINEZA
Nº200	0.075	16.40	2.3	34.7	65.4	Coef. Uniformidad
< Nº 200	FONDO	458.30	65.4	100.0	0	Coef. Curvatura



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Tante Miguel Arranzegui Brown
 LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Janson Esau Cardenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 211803

EGEL - I.G - 381-2022



EGED Estudios Geotecnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.

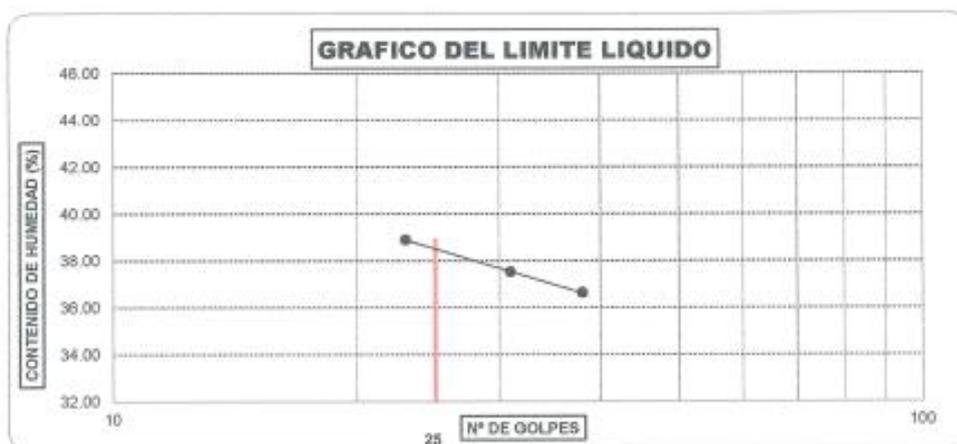
Dirección Av. Augusto B. Leguía Nro 1001 - Ferreñafe y/o Ca. Los Eucaliptos Mz. H - Lte. 6 -
La Molina - Sector II - Zona A - Piura - Teléfono 074-583735 - Cel. 978175500 - Rpm * 789102



LIMITES DE ATTERBERG
(N.T.P. 339.129 / ASTM - D423)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 23/05/2022
CALICATA : 01 **MUESTRA N°:** M - 01 **PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 mts.

DATOS DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	5	13	2	11	---	---
N° de tarro	5	13	2	11	---	---
N° de golpes	23	31	38	---	---	---
Tarro + suelo húmedo	52.36	56.36	59.56	22.35	---	---
Tarro + suelo seco	40.85	44.4	47.02	20.11	---	---
Agua	11.51	11.96	12.54	2.24	---	---
Peso del tarro	11.25	12.52	12.78	9.36	---	---
Peso del suelo seco	29.6	31.88	34.24	10.75	---	---
Porcentaje de humedad	38.89	37.52	36.62	20.84	---	---



LIMITE DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	38.50
Límite Plástico	20.84
Índice de Plasticidad	17.67

MUESTRA:	01 / M - 01
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6 (9)

Observaciones: _____

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Firma: *[Firma]*
LABORATORIO

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
[Firma]
Janson Esau Cardenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 211803

EGEL - LG - 381 - 2022



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRÁSANTE EN SUELOS ARCILLOSOS
 DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 30/05/2022
CALICATA : C - 01
PROF : 0.00 - 1.50 MTS
MUESTRA : SUB RASANTE

C.B.R.

MOLDE N°	15		6		3	
	56		25		12	
N° DE GOLPES POR CAPA						
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	8,267	8,338	8,643	8,740	8,799	8,985
PESO DEL MOLDE (g)	4,125	4,125	4,836	4,636	4,952	4,952
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	4142	4213	4007	4104	3947	4033
VOLUMEN DEL SUELO (g)	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1.93	1.97	1.87	1.92	1.8	1.88
CAPSULA N°	7	13	27	18	2	22
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDC (g)	329.49	345.88	347.16	359.02	324.85	354.96
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	287.72	299.54	303.41	309.71	283.95	307.62
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	41.77	46.34	43.75	49.31	40.9	57.34
PESO DE CAPSULA (g)	22.38	27.58	32.36	38.63	25.28	29.69
PESO DE SUELO SECO (g)	265.36	271.96	271.05	271.08	258.67	277.93
HUMEDAD (%)	15.74%	17.04%	16.14%	18.19%	15.81%	20.63%
DENSIDAD SECA	1.67	1.68	1.61	1.62	1.55	1.56

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
25-May	16:30 p.m	0 hrs	0.000			0.00			0.00		0.000
26-May	16:30 p.m	24 hrs	14.125	14.125	12.145	14.42	14.415	12.395	14.69	14.687	12.629
27-May	16:30 p.m	48 hrs	14.256	14.256	12.258	14.53	14.525	12.489	14.79	14.785	12.7128
28-May	16:30 p.m	72 hrs	14.285	14.285	12.283	14.60	14.597	12.551	14.86	14.856	12.7739
29-May	16:30 p.m	96 hrs	14.323	14.323	12.316	14.62	14.623	12.574	14.96	14.963	12.866

PENETRACION

PENETRACION psig.	CARGA ESTÁNDAR (lbs/psig ²)	MOLDE N° 15				MOLDE N° 6				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		lectura	lbs	lbs/psig ²	%	lectura	lbs	lbs/psig ²	%	lectura	lbs	lbs/psig ²	%
0.020		4.60	54	18.00		3.30	39	13.00		2.10	24	8.00	
0.040		9.70	114	38.00		7.20	84	28.00		4.40	51	17.00	
0.060		14.40	168	56.00		10.50	123	41.00		6.20	72	24.00	
0.080		19.00	222	74.00		13.80	162	54.00		8.20	96	32.00	
0.100	1000	23.60	276	92.00	9.20	17.20	201	67.00	6.70	10.30	120	40.00	4.00
0.200	1500	38.50	450	150.00		27.90	327	109.00		16.70	195	65.00	
0.300		48.70	570	190.00		35.60	417	139.00		21.30	249	83.00	
0.400		56.70	663	221.00		41.30	483	161.00		24.60	288	95.00	
0.500		59.00	690	230.00		43.10	504	168.00		25.60	300	100.00	

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Taine Masot Aruzaogqui Breaun
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L. N° 727 - 2022
Janson Esau Cadenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 21803



EGEL Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.

Dirección Av. Augusto B. Leguía Nro 1001 - Ferreñafe y/o Ca. Los Eucaliptos Mz. H - Lte. 6 -
La Molina - Sector II - Zona A - Piura - Teléfono 074-583735 - Cel. 978175500 - Rpm * 789102



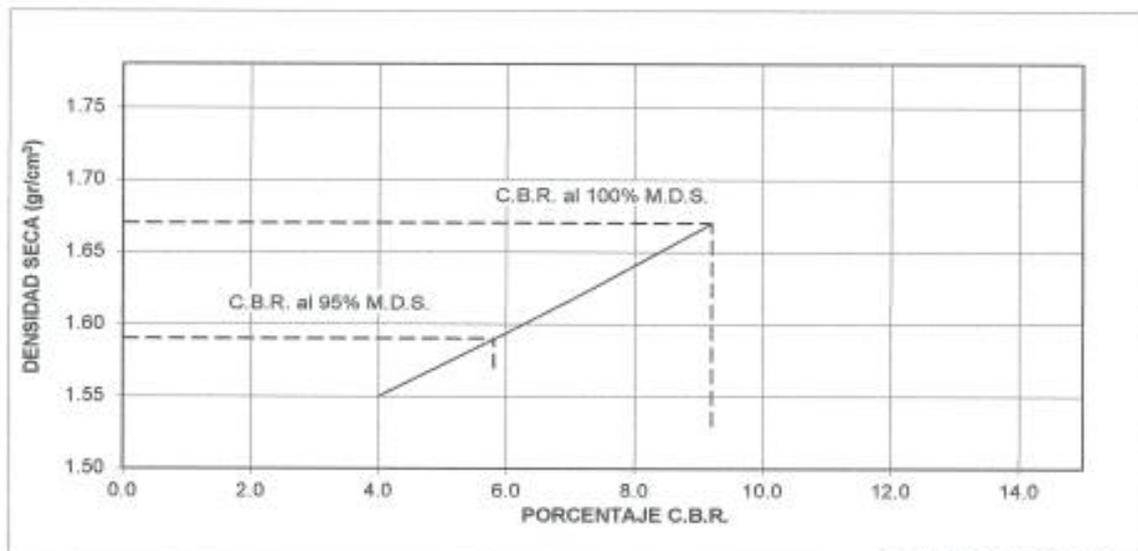
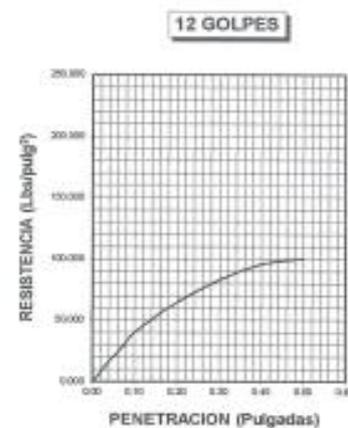
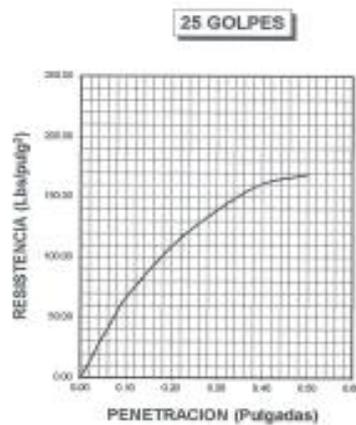
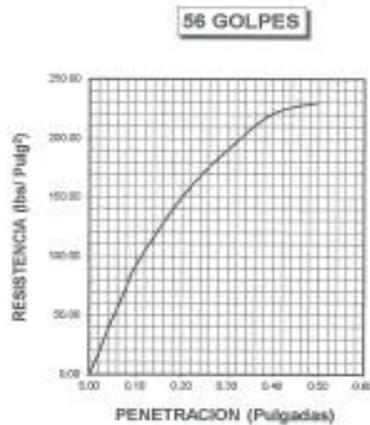
GRAFICO DEL CBR

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS
DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 01 **FECHA:** 30/05/2022

DATOS DEL PROCTOR	
Densidad Máxima (gr/cm ³)	1.67
Humedad Óptima (%)	15.74

DATOS DEL C.B.R.	
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	5.80



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Taine Moya Arana
LABORATORISTA

EGEL-CBR N° 727 - 2022
ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Janson Esau Cárdenas Angulo
ING. MECÁNICO
REG. CIP 21803



EGEL Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.

Dirección Av. Augusto B. Leguía Nro 1001 - Ferreñafe y/o Ca. Los Eucaliptos Mz. H - Lta. 6 -
La Molina - Sector II - Zona A - Piura - Teléfono 074-583735 - Cel. 978175500 - Rpm * 789102



TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 01
MUESTRA : SUB RASANTE

PROCTOR MODIFICADO		METODO	A
NTP 339.141 / ASTM D 1557		PROF	0.00 - 1.50 mts
		FECHA:	24/05/2022

MOLDE N°	:				
VOLUMEN	:	977	cm ³	—	pie ³
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D			
~ Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	4291	4428	4536	4497
~ Peso de Molde	(g)	2650	2650	2650	2650
~ Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	1641	1778	1886	1847
~ Peso Volumétrico Húmedo	(g)	1.680	1.820	1.930	1.890
~ Recipiente N°		71	24	16	33
~ Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	497.30	518.51	556.61	546.24
~ Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	452.68	463.49	490.61	469.46
~ Tara	(g)	28.56	41.25	66.36	43.36
~ Peso de Agua	(g)	44.62	55.02	66.00	76.78
~ Peso de Suelo Seco	(g)	424.12	422.24	425.25	425.10
~ Contenido de agua	(%)	10.52	13.03	15.52	18.02
~ Peso Volumétrico Seco	(g/cm ³)	1.52	1.61	1.67	1.60

Máxima Densidad Seca : 1.67 gr/cm³
 Optimo Contenido de Humedad : 15.74 %



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.

Taine Mijang Arrunategui Brown
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L. EGEL-1615-PM-2022

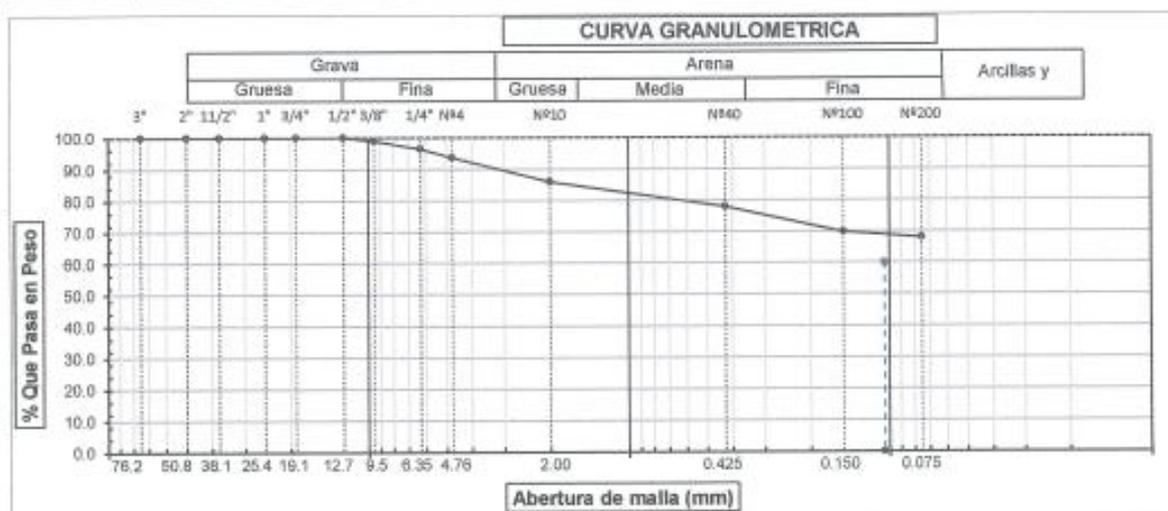
Janson Esau Cárdenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 211803



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(N.T.P. 339.128 / ASTM - D422)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 24/05/2022
CALICATA : 01 **MUESTRA N°:** M - 01 **PROFUNDIDAD :** 0.00 - 1.50 mts.

ABERTURA MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)					
3"	76.200					PESO TOTAL : 628.4
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO : 426.6
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO : 38.58
1"	25.400					LIMITE PLASTICO : 21.45
3/4"	19.050					INDICE PLASTICIDAD : 17.13
1/2"	12.700	0.00	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	6.20	1.0	1.0	99.0	CLASF. AASHTO : A-6 (9)
1/4"	6.350	15.50	2.5	3.5	96.5	CLASF. SUCS : CL
Nº4	4.760	18.20	2.9	6.4	93.6	
Nº8	2.380	25.60	4.1	10.4	89.6	HUMEDAD NATURAL :
Nº10	2.000	22.30	3.6	14.0	86.0	
Nº16	1.190	16.30	2.6	16.6	83.4	DESCRIPCION DEL SUELO :
Nº20	0.840	8.50	1.4	17.9	82.1	Arcilla de mediana plasticidad
Nº30	0.590	10.30	1.6	19.6	80.4	SUB RASANTE + 2% DE TERRAZIME
Nº40	0.425	15.60	2.5	22.0	78.0	
Nº50	0.300	21.20	3.4	25.4	74.6	
Nº80	0.180	14.20	2.3	27.7	72.3	
Nº100	0.150	15.60	2.5	30.2	69.9	MODULO DE FINEZA
Nº200	0.075	12.30	2.0	32.1	67.9	Coef. Uniformidad
< Nº 200	FONDO	426.60	67.9	100.0	0	Coef. Curvatura



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAJOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Tante Miguel Arranzátegui Bruna
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAJOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Janson Esau Carbenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 211803

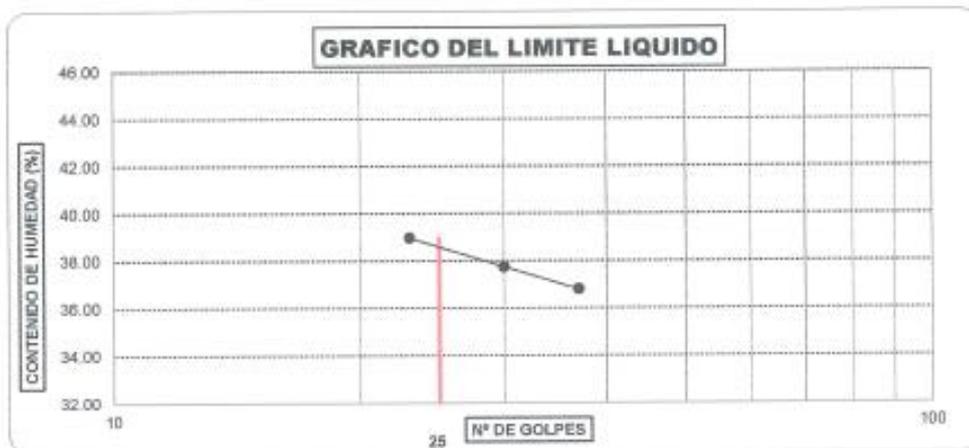
EGEL - LG - 384 - 2022



LIMITES DE ATTERBERG
(N.T.P. 339.129 / ASTM - D423)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 24/05/2022
CALICATA : 01 **MUESTRA N°:** M - 01 **PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 mts.

DATOS DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	74	16	35	8	---	---
N° de tarro	74	16	35	8	---	---
N° de golpes	23	30	37	---	---	---
Tarro + suelo húmedo	56.36	59.61	63.93	23.36	---	---
Tarro + suelo seco	44.02	46.8	50.57	20.75	---	---
Agua	12.34	12.81	13.36	2.61	---	---
Peso del tarro	12.35	12.85	14.26	8.58	---	---
Peso del suelo seco	31.67	33.95	36.31	12.17	---	---
Porcentaje de humedad	38.96	37.73	36.79	21.45	---	---



LIMITE DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	38.58
Límite Plástico	21.45
Índice de Plasticidad	17.13

MUESTRA:	01 / M - 01
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6 (9)

Observaciones: SUBRASANTE + 2% DE TERRAZIME

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Taine Mujica Arunátegui Brown
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Janson Esau Cárdenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 211803

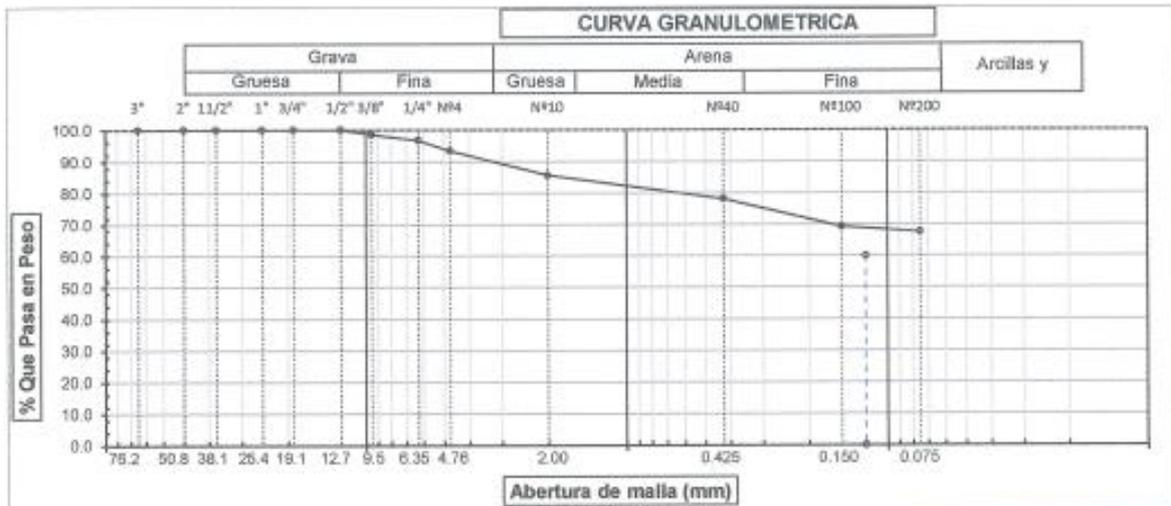
EGEL - LG - 384-2022



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(N.T.P. 339.128 / ASTM - D422)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 24/05/2022
CALICATA : 01 **MUESTRA N°:** M - 01 **PROFUNDIDAD :** 0.00 - 1.50 mts.

ABERTURA MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)					
3"	76.200					PESO TOTAL : 689.1
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO : 452.3
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					LÍMITE LÍQUIDO : 38.43
1"	25.400					LÍMITE PLÁSTICO : 21.73
3/4"	19.050					ÍNDICE PLÁSTICIDAD : 16.70
1/2"	12.700	0.00	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	9.30	1.4	1.4	98.6	CLAS. AASHTO : A-6 (9)
1/4"	6.350	12.50	1.9	3.3	96.7	CLAS. SUCS : CL
Nº4	4.760	22.30	3.3	6.6	93.4	
Nº8	2.380	28.50	4.3	10.9	89.2	HUMEDAD NATURAL :
Nº10	2.000	24.20	3.6	14.5	85.5	
Nº16	1.190	15.60	2.3	16.8	83.2	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº20	0.840	10.30	1.5	18.3	81.7	Arcilla de mediana plasticidad
Nº30	0.590	11.60	1.7	20.1	79.9	SUB RASANTE + 4% DE TERRAZIME
Nº40	0.425	12.30	1.8	21.9	78.1	
Nº50	0.300	25.60	3.8	25.7	74.3	
Nº80	0.180	15.50	2.3	28.1	71.9	
Nº100	0.150	17.80	2.7	30.7	69.3	MODULO DE FINEZA
Nº200	0.075	11.30	1.7	32.4	67.6	Coef. Uniformidad
< Nº 200	FONDO	452.30	67.6	100.0	0	Coef. Curvatura



EGEL - LG - 385 - 2022

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAJOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Taine Miguel Montenegro Brown
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAJOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Janson Esteban Cárdenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 21803



EGED Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.

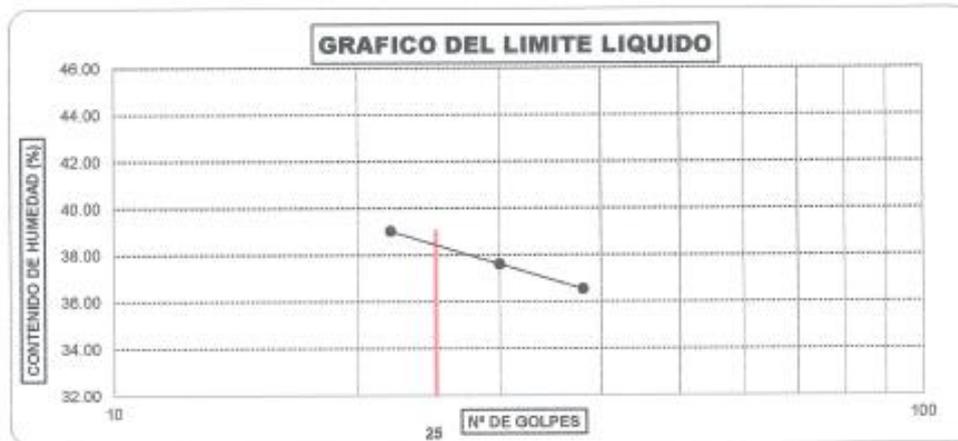
Dirección Av. Augusto B. Leguía Nro 1001 - Ferreñafe y/o Ca. Los Eucaliptos Mz. H - Lte. 6 - La Molina - Sector II - Zona A - Plura - Teléfono 074-583735 - Cel. 978175500 - Rpm * 789102



LIMITES DE ATTERBERG
(N.T.P. 339.129 / ASTM - D423)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 24/05/2022
CALICATA : 01 MUESTRA N°: M - 01 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 mts.

DATOS DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	103	24	78	46	---	---
N° de tarro	103	24	78	46	---	---
N° de golpes	22	30	38	---	---	---
Tarro + suelo húmedo	62.36	64.12	67.28	22.35	---	---
Tarro + suelo seco	48.86	50.25	52.94	20.09	---	---
Agua	13.5	13.87	14.34	2.26	---	---
Peso del tarro	14.25	13.36	13.69	9.69	---	---
Peso del suelo seco	34.61	36.89	39.25	10.40	---	---
Porcentaje de humedad	39.01	37.60	36.54	21.73	---	---



LIMITE DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	38.43
Límite Plástico	21.73
Índice de Plasticidad	16.70

MUESTRA:	01 / M - 01
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6 (9)

Observaciones: SUBRASANTE + 4% DE TERRAZIME

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Ferreñafe
Ferreñafe
INGENIERO EN GEOTECNIA

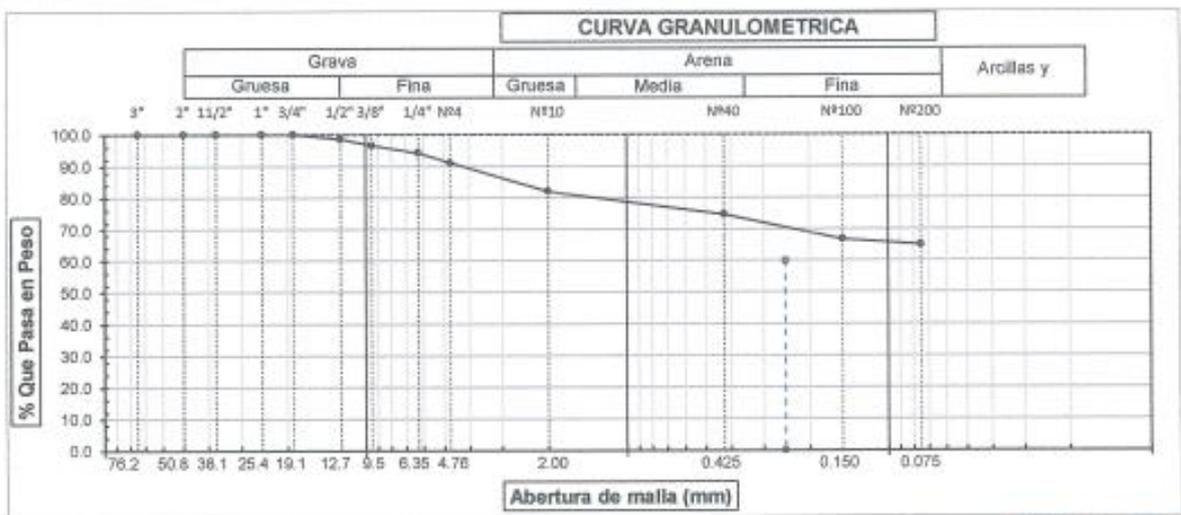
EGED - LG - 368-2022
ESTUDIOS GEOTECNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Ferreñafe
Janson Esso Calderas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 211803



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (N.T.P. 339.128 / ASTM - D422)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 24/05/2022
CALICATA : 01 **MUESTRA N°:** M - 01 **PROFUNDIDAD :** 0.00 - 1.50 mts.

ABERTURA MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)					
3"	76.200					PESO TOTAL : 639.1
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO : 415.5
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO : 37.69
1"	25.400					LIMITE PLASTICO : 21.12
3/4"	19.050	0.00	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 16.57
1/2"	12.700	8.80	1.4	1.4	98.6	
3/8"	9.525	12.70	2.0	3.4	96.6	CLASF. AASHTO : A-6 (9)
1/4"	6.350	15.20	2.4	5.8	94.3	CLASF. SUCS : CL
Nº4	4.760	20.30	3.2	8.9	91.1	
Nº8	2.380	32.30	5.1	14.0	86.0	HUMEDAD NATURAL :
Nº10	2.000	25.90	4.1	18.0	82.0	
Nº16	1.190	12.30	1.9	20.0	80.1	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº20	0.840	14.20	2.2	22.2	77.8	Arcilla de mediana plasticidad
Nº30	0.590	11.60	1.8	24.0	76.0	SUB RASANTE + 6% DE TERRAZIME
Nº40	0.425	8.90	1.4	25.4	74.6	
Nº50	0.300	22.60	3.5	28.9	71.1	
Nº80	0.180	12.30	1.9	30.8	69.2	
Nº100	0.150	15.70	2.5	33.3	66.7	MODULO DE FINEZA
Nº200	0.075	10.80	1.7	35.0	65.0	Coef. Uniformidad
< Nº 200	FONDO	415.50	65.0	100.0	0	Coef. Curvatura



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Taine Miyuki Arruategui Brown
 LABORATORISTA

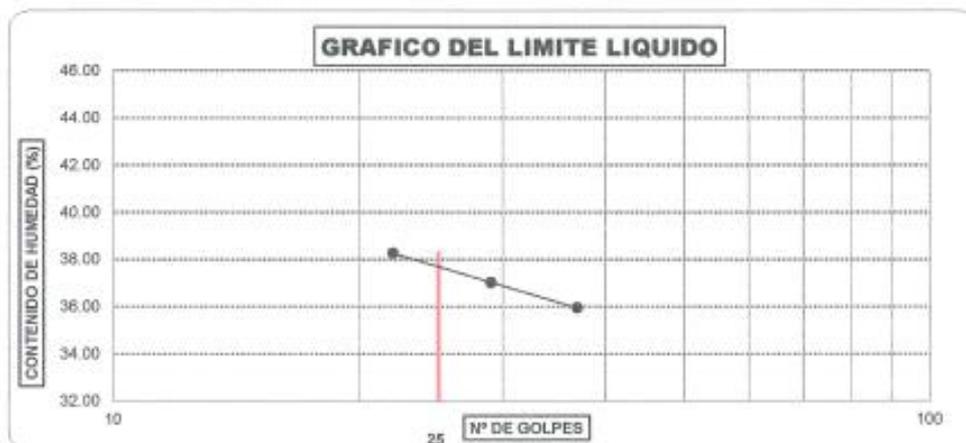
EGEL - L.G - 386 - 2022
 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Janson Esau Cárdenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 211803



LIMITES DE ATTERBERG
(N.T.P. 339.129 / ASTM - D423)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 24/05/2022
CALICATA : 01 **MUESTRA N°:** M - 01 **PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 mts.

DATOS DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	71	84	15	9	---	---
N° de tarro	71	84	15	9	---	---
N° de golpes	22	29	37	---	---	---
Tarro + suelo húmedo	59.36	63.96	67.09	24.69	---	---
Tarro + suelo seco	46.35	50.53	53.2	21.90	---	---
Agua	13.01	13.43	13.89	2.79	---	---
Peso del tarro	12.35	14.25	14.56	8.69	---	---
Peso del suelo seco	34	36.28	38.64	13.21	---	---
Porcentaje de humedad	38.26	37.02	35.95	21.12	---	---



LIMITE DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	37.69
Límite Plástico	21.12
Índice de Plasticidad	16.57

MUESTRA:	01 / M - 01
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6 (9)

Observaciones: SUBRASANTE + 6% DE TERRAZIME

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Tanya Mijangue A. Pimentel Dávalos
LABORATORIO PIURA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Janson César Cárdenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 211803

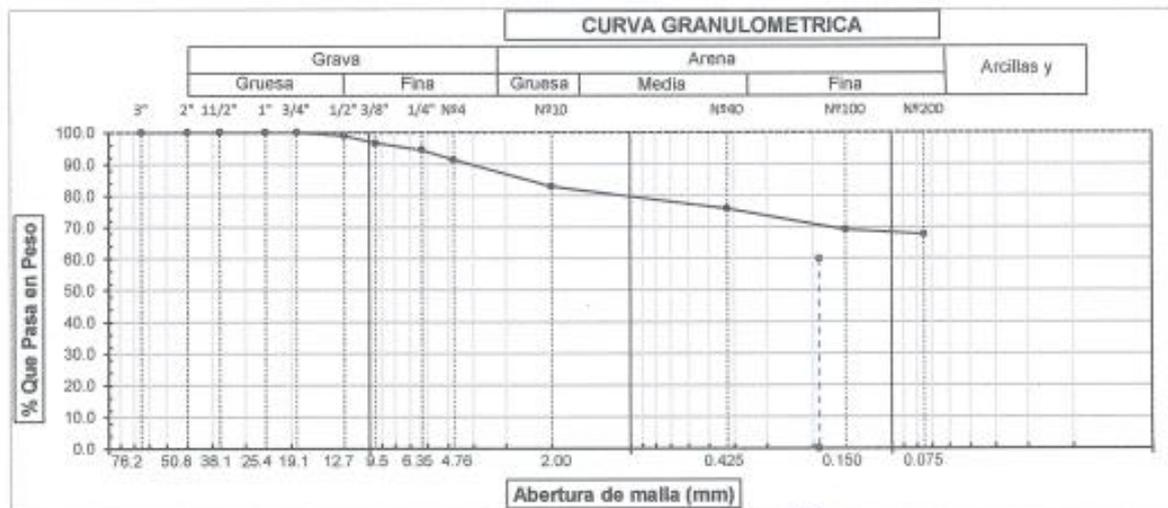
EGEL - LG - 386 - 2022



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(N.T.P. 339.128 / ASTM - D422)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 24/05/2022
CALICATA : 01 **MUESTRA N°:** M - 01 **PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 mts.

ABERTURA MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO		% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)		PARCIAL	ACUMULADO		
3"	76.200					PESO TOTAL : 570.5
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO : 385.6
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO : 37.17
1"	25.400					LIMITE PLASTICO : 20.97
3/4"	19.050	0.00	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 16.20
1/2"	12.700	5.60	1.0	1.0	99.0	
3/8"	9.525	13.30	2.3	3.3	96.7	CLASF. AASHTO : A-6 (9)
1/4"	6.350	12.30	2.2	5.5	94.5	CLASF. SUCS : CL
Nº4	4.760	18.50	3.2	8.7	91.3	
Nº8	2.380	25.60	4.5	13.2	86.8	HUMEDAD NATURAL :
Nº10	2.000	22.30	3.9	17.1	82.9	
Nº16	1.190	15.60	2.7	19.8	80.2	DESCRIPCION DEL SUELO :
Nº20	0.840	8.90	1.6	21.4	78.6	Arcilla de mediana plasticidad
Nº30	0.590	10.30	1.8	23.2	76.8	SUB RASANTE + 8% DE TERRAZIME
Nº40	0.425	5.50	1.0	24.2	75.8	
Nº50	0.300	15.60	2.7	26.9	73.1	
Nº80	0.180	9.60	1.7	28.6	71.4	
Nº100	0.150	13.30	2.3	30.9	69.1	MÓDULO DE FINEZA
Nº200	0.075	8.50	1.5	32.4	67.6	Coef. Uniformidad
< Nº 200	FONDO	385.60	67.6	100.0	0	Coef. Curvatura



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAJOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Taine Mujuru Armattegui Shown
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAJOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Janson Esau Cárdenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 211893

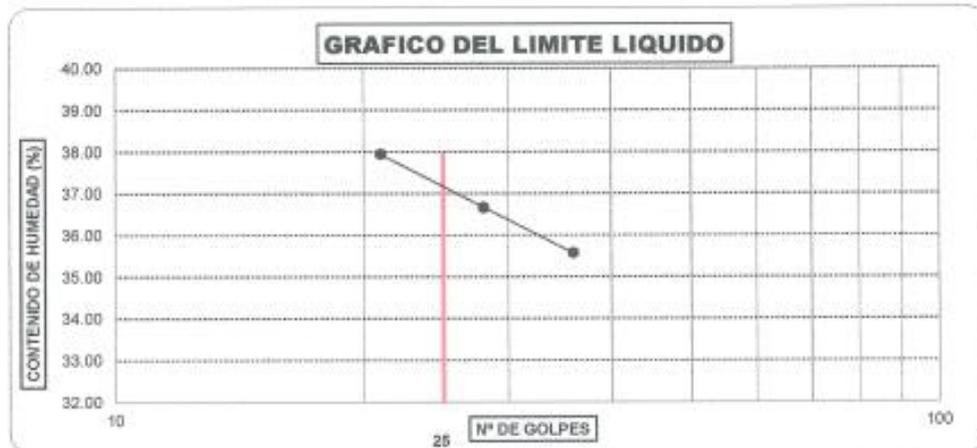
EGEL - LG - 387 - 2022



LIMITES DE ATTERBERG
(N.T.P. 339.129 / ASTM - D423)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 24/05/2022
CALICATA : 01 **MUESTRA N°:** M - 01 **PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 mts.

DATOS DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	93	38	41	15	---	---
N° de tarro	93	38	41	15	---	---
N° de golpes	21	28	36	---	---	---
Tarro + suelo húmedo	62.25	64.25	66.91	21.69	---	---
Tarro + suelo seco	48.80	50.42	52.65	19.61	---	---
Agua	13.45	13.83	14.26	2.08	---	---
Peso del tarro	13.35	12.69	12.56	9.69	---	---
Peso del suelo seco	35.45	37.73	40.09	9.92	---	---
Porcentaje de humedad	37.94	36.66	35.57	20.97	---	---



LIMITE DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	37.17
Límite Plástico	20.97
Índice de Plasticidad	16.20

MUESTRA:	01 / M - 01
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6 (9)

Observaciones: SUBRASANTE + 8% DE TERRAZIME

Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.
Taine Miguel Arrunategui Briones
 LABORATORISTA

Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.
Janson Esau Caldenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 311803

EGEL - LG - 387 - 2022



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS
 DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 30/05/2022
CALIGATA : C - 01
PROF : 0.00 - 1.50 MTS
MUESTRA : SUB RASANTE + 2% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

C.B.R.

MOLDE N°	9		15		5	
	56		25		12	
N° DE GOLPES POR CAPA						
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	8,476	96	8,559	8,555	8,802	8,990
PESO DEL MOLDE (g)	4,299	48	4,487	4,487	4,893	4,893
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	4207	48	4072	4168	3909	4097
VOLUMEN DEL SUELO (g)	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1.96	0.02	1.9	1.94	1.82	1.91
CAPSULA N°	16	38	23	16	74	52
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (g)	306.55	322.43	313.25	322.57	303.91	342.89
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	267.81	279.20	272.41	276.66	295.89	289.51
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	38.94	43.23	40.84	45.91	38.02	53.38
PESO DE CAPSULA (g)	28.38	31.35	25.47	29.69	31.33	35.89
PESO DE SUELO SECO (g)	241.25	247.85	246.94	246.97	234.56	253.82
HUMEDAD (%)	16.14%	17.44%	16.54%	18.59%	16.21%	21.03%
DENSIDAD SECA	1.69	0.02	1.63	1.64	1.57	1.58

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
26-May	9:30 a.m	0 hrs	0.000			0.00			0.00		0.000
27-May	9:30 a.m	24 hrs	12.525	12.525	10.770	12.86	12.858	11.058	13.30	13.298	11.434
28-May	9:30 a.m	48 hrs	12.638	12.635	10.865	12.97	12.969	11.151	13.38	13.363	11.4901
29-May	9:30 a.m	72 hrs	12.659	12.659	10.885	13.13	13.125	11.285	13.39	13.387	11.5107
30-May	9:30 a.m	96 hrs	12.745	12.745	10.959	13.25	13.252	11.395	13.45	13.452	11.567

PENETRACION

PENETRACION pulg.	CARGA ESTÁNDAR (lb/pulg ²)	MOLDE N° 9				MOLDE N° 15				MOLDE N° 5			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Lectura	lbs	lb/pulg ²	%	Lectura	lbs	lb/pulg ²	%	Lectura	lbs	lb/pulg ²	%
0.020		8.90	81	27.00		5.10	80	20.00		3.10	36	12.00	
0.040		14.80	171	57.00		10.50	123	41.00		6.40	75	25.00	
0.060		21.30	249	83.00		15.40	180	60.00		9.20	108	36.00	
0.080		27.90	327	109.00		20.30	237	79.00		12.10	141	47.00	
0.100	1000	34.90	408	136.00	13.60	25.40	287	99.00	9.90	15.10	177	58.00	
0.200	1500	56.90	666	222.00		41.30	483	161.00		24.60	288	96.00	
0.300		72.30	846	282.00		52.60	615	205.00		31.30	366	122.00	
0.400		83.60	978	325.00		61.00	714	238.00		36.40	426	142.00	
0.500		87.20	1020	340.00		63.60	744	248.00		37.90	444	148.00	

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 YOUNG MIGUEL CRISTÓBAL BROWN
 LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Jansop Esau Cárdenas Argueta
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 211803
 EGEL-CBR N° 730 - 2022



EGEL Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.

Dirección Av. Augusto B. Leguía Nro 1001 - Ferreñafe y/o Ca. Los Eucaliptos Mz. H - Lte. 6 -
La Molina - Sector II - Zona A - Piura - Teléfono 074-583735 - Cel. 978175500 - Rpm * 789102



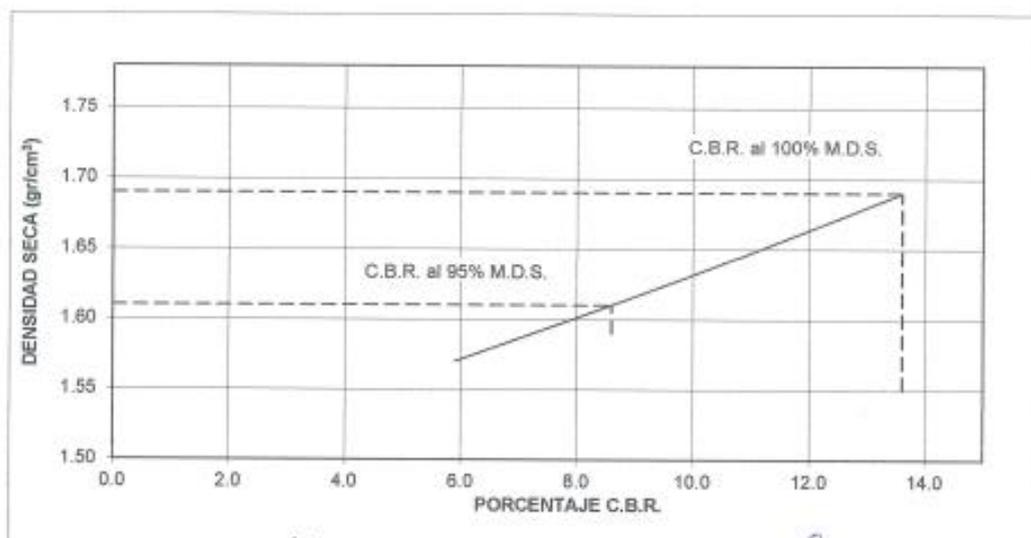
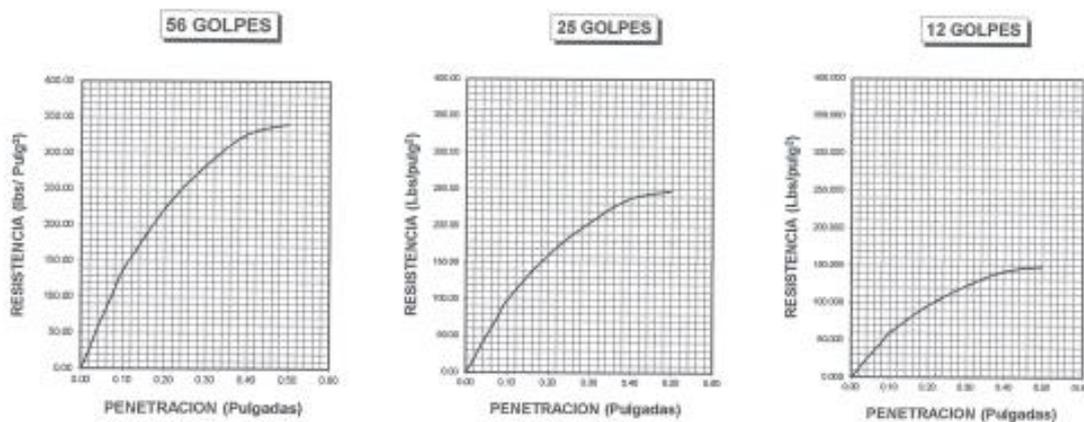
GRAFICO DEL CBR

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 01 **FECHA:** 30/05/2022
MUESTRA : SUB RASANTE + 2% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

DATOS DEL PROCTOR	
Densidad Máxima (gr/cm ³)	1.69
Humedad Óptima (%)	16.14

DATOS DEL C.B.R.	
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	13.60
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	8.60



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Tante Miguel Armategui Brown
LABORATORISTA

EGEL CBR N° 790 - 2022
ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Janson Esas Cárdenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 211803



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS
 DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 30/05/2022
CALICATA : C - 01
PROF : 0.00 - 1.50 MTS
MUESTRA : SUB RASANTE + 4% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

C.B.R.

MOLDE N°	3		4		11	
	56		25		12	
N° DE GOLPES POR CAPA						
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	8.801	96	9.070	9.189	9.176	9.369
PESO DEL MOLDE (g)	4.451	48	4.857	4.857	5.126	5.126
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	4350	48	4213	4312	4050	4243
VOLUMEN DEL SUELO (g)	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143
DENSIDAD HUMEDA (g/cm³)	2.03	0.02	1.97	2.01	1.89	1.98
CAPSULA N°	13	27	44	16	33	2
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDC (g)	281.15	295.56	281.38	290.06	284.56	300.82
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	243.83	254.21	242.17	246.33	228.25	250.18
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	37.32	41.35	39.19	43.73	36.31	50.64
PESO DE CAPSULA (g)	28.58	32.36	21.23	25.36	19.89	22.36
PESO DE SUELO SECO (g)	216.25	221.85	220.94	220.97	208.56	227.82
HUMEDAD (%)	17.34%	18.64%	17.74%	19.79%	17.41%	22.23%
DENSIDAD SECA	1.73	0.02	1.67	1.68	1.61	1.82

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
26-May	9:55 a.m	0 hrs	0.000			0.00			0.00		0.000
27-May	9:55 a.m	24 hrs	11.828	11.828	9.997	11.94	11.936	10.263	12.32	12.323	10.596
28-May	9:55 a.m	48 hrs	11.887	11.887	10.049	12.13	12.125	10.428	12.37	12.369	10.6354
29-May	9:55 a.m	72 hrs	11.745	11.745	10.099	12.16	12.158	10.454	12.42	12.415	10.675
30-May	9:55 a.m	96 hrs	11.854	11.854	10.193	12.25	12.252	10.535	12.57	12.565	10.804

PENETRACION

PENETRACION psig.	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg²)	MOLDE N° 3				MOLDE N° 4				MOLDE N° 11			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Lectura	Ibs	Ibs/pulg²	%	Lectura	Ibs	Ibs/pulg²	%	Lectura	Ibs	Ibs/pulg²	%
0.020		11.30	132	44.00		8.20	98	32.00		4.90	57	19.00	
0.040		23.30	273	91.00		16.90	198	88.00		10.00	117	39.00	
0.060		34.10	399	133.00		24.60	288	96.00		14.80	171	57.00	
0.080		44.80	522	174.00		32.30	378	126.00		19.20	225	75.00	
0.100	1000	55.90	654	218.00	21.80	40.80	474	158.00	15.80	24.10	282	94.00	9.40
0.200	1500	91.00	1065	355.00		66.20	774	258.00		39.20	459	153.00	
0.300		115.80	1363	451.00		83.80	981	327.00		60.00	585	195.00	
0.400		134.10	1569	523.00		97.20	1137	379.00		67.80	678	226.00	
0.500		139.70	1635	545.00		101.30	1185	395.00		66.30	705	235.00	

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Taine Mijangui Amunátegui Brown
 LABORATORISTA

EGEL-CBR N° 731 - 2022
 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Jansoy Esau Carpenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 211803



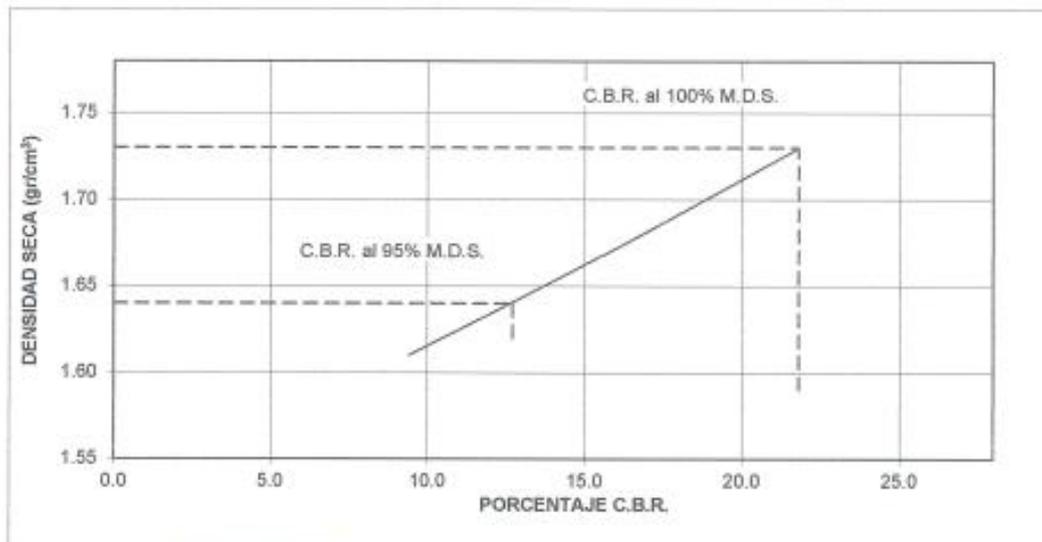
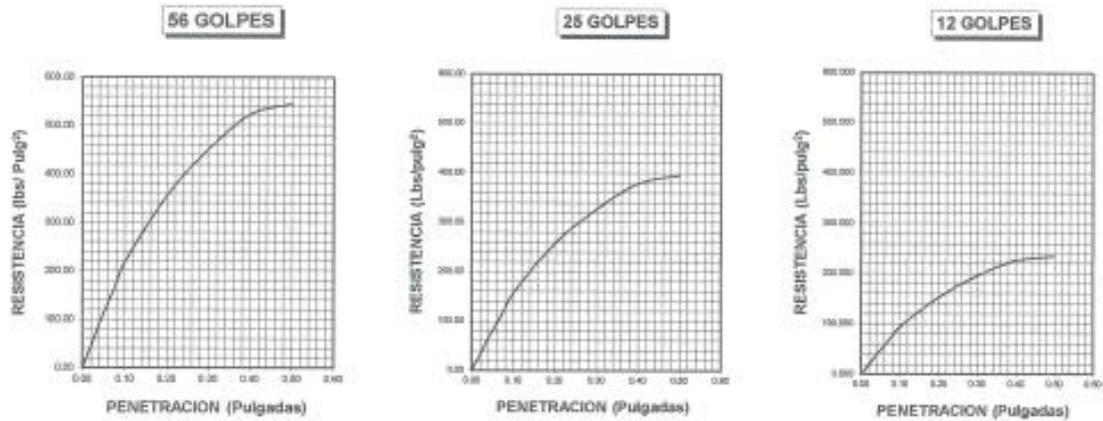
GRAFICO DEL CBR

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 01 **FECHA:** 30/05/2022
MUESTRA : SUB RASANTE + 4% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

DATOS DEL PROCTOR	
Densidad Máxima (gr/cm ³)	1.73
Humedad Optima (%)	17.34

DATOS DEL C.B.R.	
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	21.80
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	12.70



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Tame Miguel Estrategu Brown
 LABORATORISTA

EGED-CBR N° 731 - 2022
 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Janson Esau Cárdenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 211803



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS
 DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 30/05/2022
CALICATA : C - 01
PROF : 0.00 - 1.50 MTS
MUESTRA : SUB RASANTE + 6% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

C.B.R.

MOLDE N°	7		8		2	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	9.023	96	9.486	9.587	9.761	9.990
PESO DEL MOLDE (g)	4.526	48	5.125	5.125	5.565	5.565
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	4498	48	4361	4462	4196	4395
VOLUMEN DEL SUELO (g)	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	2.1	0.02	2.03	2.08	1.96	2.05
CAPSULA N°	71	45	87	12	28	35
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (g)	299.85	315.89	317.52	328.83	311.01	353.01
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	257.72	289.43	273.41	279.77	289.82	296.51
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	42.13	46.46	44.11	49.06	41.09	56.5
PESO DE CAPSULA (g)	22.36	27.47	32.36	38.69	41.25	48.58
PESO DE SUELO SECO (g)	235.36	241.96	241.05	241.08	228.67	247.93
HUMEDAD (%)	17.90%	19.20%	18.30%	20.35%	17.97%	22.79%
DENSIDAD SECA	1.78	0.02	1.72	1.73	1.86	1.87

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
26-May	10:20 a.m	0 hrs	0.000			0.00			0.00		0.000
27-May	10:20 a.m	24 hrs	9.626	9.626	8.277	9.94	9.935	8.543	10.32	10.323	8.876
28-May	10:20 a.m	48 hrs	9.715	9.715	8.353	10.13	10.125	8.708	10.42	10.415	8.95529
29-May	10:20 a.m	72 hrs	9.788	9.788	8.4162	10.18	10.158	8.7326	10.49	10.488	9.01806
30-May	10:20 a.m	96 hrs	9.858	9.858	8.4754	10.24	10.235	8.8005	10.53	10.525	9.050

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA ESTÁNDAR (lb/inch ²)	MOLDE N° 7				MOLDE N° 8				MOLDE N° 2			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Lectura	lbs	lbs/inch ²	%	Lectura	lbs	lbs/inch ²	%	Lectura	lbs	lbs/inch ²	%
0.020		13.30	158	52.00		9.70	114	38.00		5.90	69	23.00	
0.040		27.90	327	109.00		20.30	237	79.00		12.10	141	47.00	
0.080		40.80	477	159.00		29.50	345	115.00		17.70	207	69.00	
0.090		53.60	627	209.00		38.70	453	151.00		23.10	270	90.00	
0.100	1000	66.90	783	261.00	26.10	48.50	567	189.00	18.90	29.00	339	113.00	
0.200	1500	109.00	1275	425.00		79.00	924	308.00		47.20	552	184.00	
0.300		138.50	1620	540.00		100.30	1173	391.00		60.00	702	234.00	
0.400		160.50	1878	626.00		116.40	1362	454.00		69.50	813	271.00	
0.500		167.40	1959	653.00		121.30	1419	473.00		72.60	849	283.00	

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Taine Miguel Amunátegui Brown
 LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Janson Esad Cardeñas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 211803

EGEL-CBR N° 732 - 2022



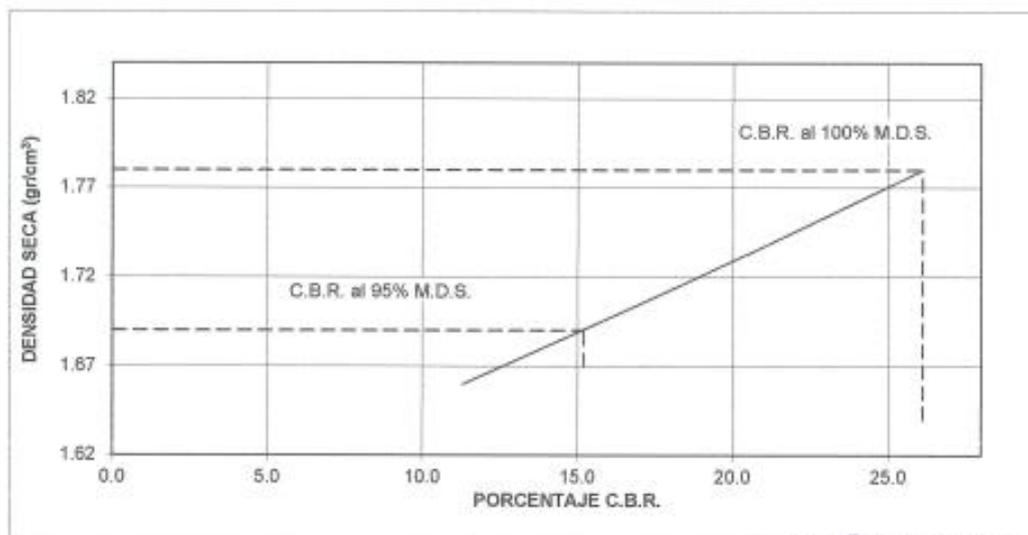
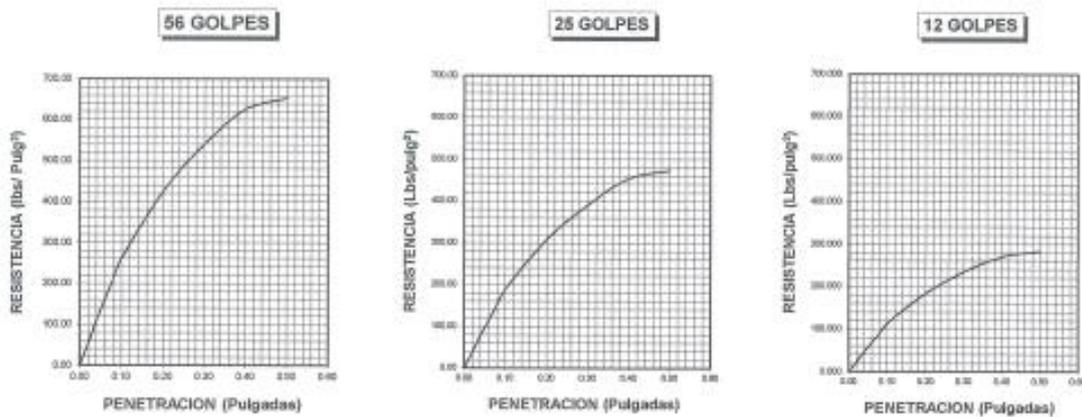
GRAFICO DEL CBR

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 01 **FECHA:** 30/05/2022
MUESTRA : SUB RASANTE + 6% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

DATOS DEL PROCTOR	
Densidad Máxima (gr/cm ³)	1.78
Humedad Optima (%)	17.90

DATOS DEL C.B.R.	
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	26.10
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	15.20



Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.
 Taine Miguel Arandátegui Brown
 LABORANTISTA

EGEL - CBR N° 733 - 2022
 Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.
 Janson Esca Cárdenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 211503



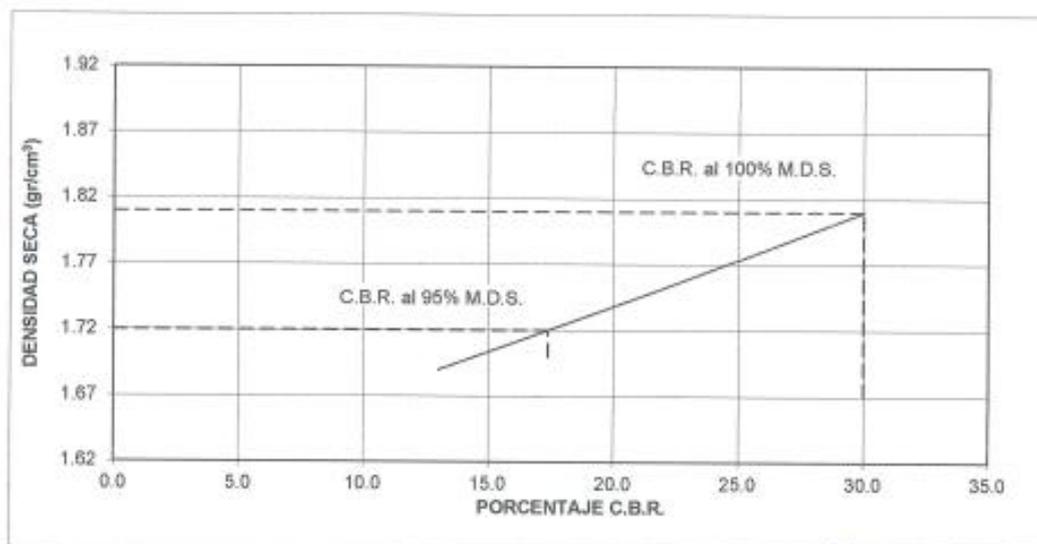
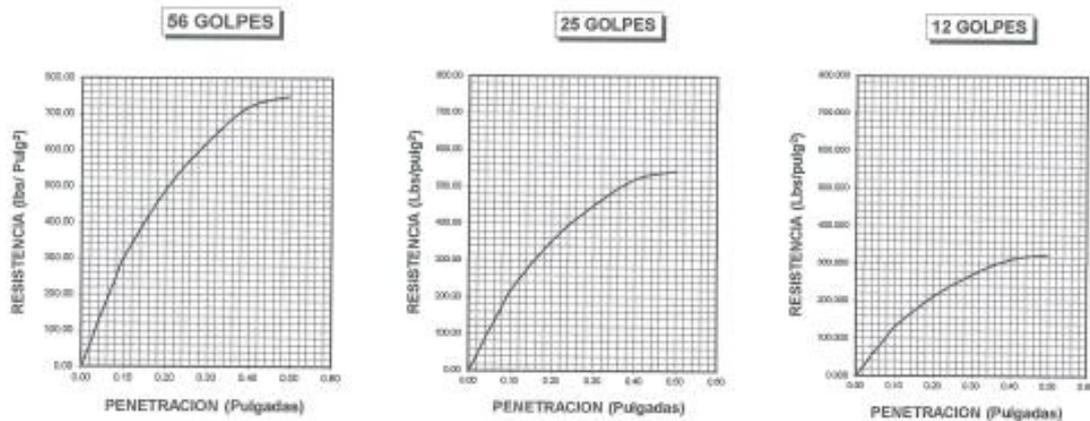
GRAFICO DEL CBR

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 01 **FECHA:** 30/05/2022
MUESTRA : SUB RASANTE + 8% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

DATOS DEL PROCTOR	
Densidad Máxima (gr/cm ³)	1.81
Humedad Óptima (%)	18.14

DATOS DEL C.B.R.	
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	30.00
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	17.40



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Tzucé Miguel Armategui Brown
 LABORATORISTA

E.G.E.L. CBR N° 733 - 2022
 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Janson Esau Cárdenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 211693



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 30/05/2022
CALICATA : C - 01
PROF : 0.00 - 1.50 MTS
MUESTRA : SUB RASANTE + 8% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

C.B.R.

MOLDE N°	6		14		10	
	56		25		12	
N° DE GOLPES POR CAPA						
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	8,911	96	9,223	9,325	9,660	9,861
PESO DEL MOLDE (g)	4,329	46	4,776	4,778	5,378	5,378
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	4582	48	4445	4547	4282	4483
VOLUMEN DEL SUELO (g)	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	2.14	0.02	2.07	2.12	2	2.09
CAPSULA N°	18	26	3	8	15	24
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (g)	286.56	302.31	292.08	301.09	283.61	322.13
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	248.81	258.21	250.19	254.58	244.92	268.51
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	39.95	44.1	41.89	46.53	38.89	53.62
PESO DE CAPSULA (g)	28.36	31.36	24.25	28.59	31.36	35.69
PESO DE SUELO SECO (g)	220.25	226.85	225.94	225.97	213.96	232.62
HUMEDAD (%)	18.14%	19.44%	18.54%	20.59%	18.21%	23.03%
DENSIDAD SECA	1.61	0.02	1.75	1.76	1.69	1.70

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
26-May	10:50 a.m	0 hrs	0.000			0.00			0.00		0.000
27-May	10:50 a.m	24 hrs	8.526	8.526	7.331	6.72	8.715	7.494	9.12	9.122	7.844
28-May	10:50 a.m	48 hrs	8.569	8.569	7.368	8.76	8.758	7.531	9.26	9.256	7.95873
29-May	10:50 a.m	72 hrs	8.623	8.623	7.4144	8.86	8.856	7.6148	9.27	9.269	7.96991
30-May	10:50 a.m	96 hrs	8.688	8.688	7.4703	8.97	8.969	7.712	9.32	9.323	8.016

PENETRACION

PENETRACION pulg.	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg ²)	MOLDE N° 6				MOLDE N° 14				MOLDE N° 10			
		CARGA Lectura	lbs	CORRECCION lbs/pulg ²	%	CARGA Lectura	lbs	CORRECCION lbs/pulg ²	%	CARGA Lectura	lbs	CORRECCION lbs/pulg ²	%
0.020		15.40	180	60.00		11.00	129	43.00		6.70	78	26.00	
0.040		32.10	375	125.00		23.10	270	90.00		13.80	162	54.00	
0.060		48.90	549	183.00		33.80	398	132.00		20.30	237	79.00	
0.080		61.50	720	240.00		44.60	522	174.00		26.70	312	104.00	
0.100	1000	75.90	900	300.00	30.00	55.60	651	217.00	21.70	33.30	390	130.00	13.00
0.200	1500	125.40	1467	489.00		90.80	1062	354.00		54.40	636	212.00	
0.300		159.20	1863	621.00		115.10	1347	449.00		69.00	807	269.00	
0.400		194.60	2160	720.00		133.60	1563	521.00		80.00	936	312.00	
0.500		182.30	2250	750.00		139.20	1629	543.00		83.30	975	325.00	

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Thaine Miguel Luna Segura Brown
 LABORATORISTA

EGEL-CBR N° 733 - 2022
 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Janson Esau Carreras Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 211802



TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 01
MUESTRA : SUB RASANTE + 2% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

PROCTOR MODIFICADO NTP 339.141 / ASTM D 1557		METODO			
		A			
		PROF	0.00 - 1.50 mts		
		FECHA:	25/05/2022		
MOLDE N°	:	5			
VOLUMEN	:	972	cm ³	--- pio ³	
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D			
- Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	4312	4448	4555	4516
- Peso de Molde	(g)	2650	2650	2650	2650
- Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	1662	1738	1905	1866
- Peso Volumétrico Húmedo	(g)	1.710	1.850	1.960	1.920
- Recipiente N°		41	26	46	33
- Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	260.85	269.32	281.88	282.26
- Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	237.47	240.82	247.61	242.45
- Tara	(g)	23.35	28.58	32.36	26.35
- Peso de Agua	(g)	23.38	28.50	34.27	39.81
- Peso de Suelo Seco	(g)	214.12	212.24	215.25	216.10
- Contenido de agua	(%)	10.92	13.43	15.92	18.42
- Peso Volumétrico Seco	(g/cm ³)	1.54	1.63	1.69	1.62

Máxima Densidad Seca : 1.69 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 16.14 %





TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 01
MUESTRA : SUB RASANTE + 4% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

PROCTOR MODIFICADO		METODO	A
NTP 339.141 / ASTM D 1557		PROF	0.00 - 1.50 mts
		FECHA:	25/05/2022

MOLDE N°	:	5				
VOLUMEN	:	972	cm ³	--- pie ³		
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D				
- Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	4370	4507	4623	4584	
- Peso de Molde	(g)	2650	2650	2650	2650	
- Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	1720	1857	1973	1934	
- Peso Volumétrico Húmedo	(g)	1.770	1.910	2.030	1.990	
- Recipiente N°		27	63	35	78	
- Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	316.94	315.19	324.10	335.25	
- Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	286.49	278.71	280.90	285.57	
- Tara	(g)	35.26	29.36	26.54	32.36	
- Peso de Agua	(g)	30.45	36.48	43.20	49.68	
- Peso de Suelo Seco	(g)	251.23	249.35	252.36	253.21	
- Contenido de agua	(%)	12.12	14.63	17.12	19.62	
- Peso Volumétrico Seco	(g/cm ³)	1.58	1.67	1.73	1.66	

Máxima Densidad Seca : 1.73 gr/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 17.34 %



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.

Taine Migue Arrunategui Brown
 LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.

Jansón Esau Cárdenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 211803

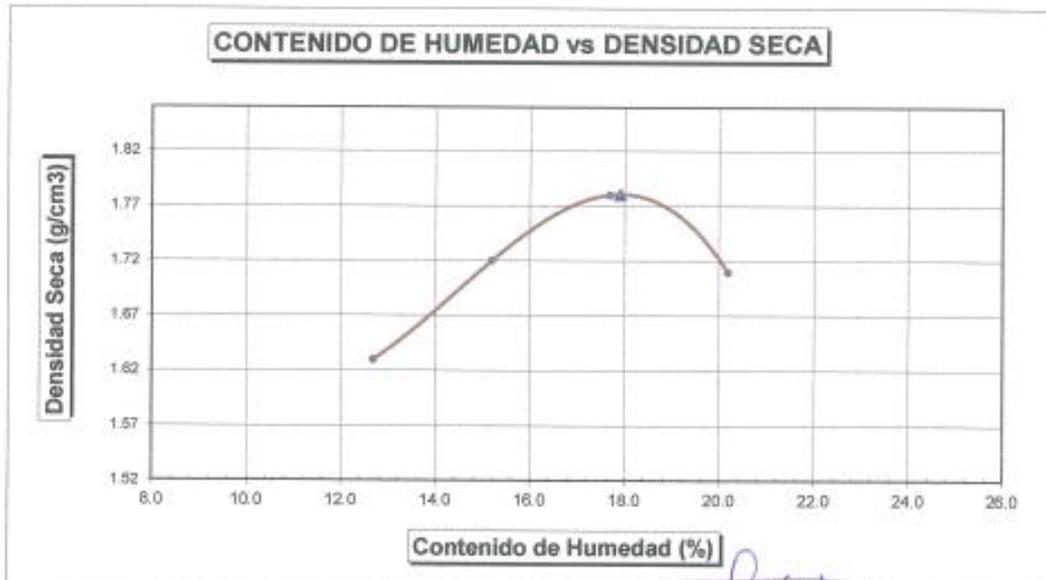


TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 01
MUESTRA : SUB RASANTE + 8% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

PROCTOR MODIFICADO		METODO	A
NTP 339.141 / ASTM D 1557		PROF	0.00 - 1.50 mts
		FECHA:	25/05/2022

MOLDE N°	:	3				
VOLUMEN	:	988	cm ³	---	pie ³	
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D				
- Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	4468	4606	4715	4685	
- Peso de Molde	(g)	2650	2650	2650	2650	
- Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	1818	1956	2065	2035	
- Peso Volumétrico Húmedo	(g)	1.840	1.980	2.090	2.060	
- Recipiente N°		13	27	41	45	
- Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	266.74	276.95	294.67	295.52	
- Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	239.58	244.70	256.60	251.89	
- Tara	(g)	25.36	32.36	41.25	35.69	
- Peso de Agua	(g)	27.16	32.25	38.07	43.63	
- Peso de Suelo Seco	(g)	214.22	212.34	215.35	216.20	
- Contenido de agua	(%)	12.68	15.19	17.68	20.18	
- Peso Volumétrico Seco	(g/cm ³)	1.63	1.72	1.78	1.71	

Máxima Densidad Seca : 1.78 g/cm³
 Optimo Contenido de Humedad : 17.90 %



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.L.R.L.
 Taine Miguel Armutegui Brown
 LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.L.R.L.
 EGEL-1620-PM-2022
 Janson Efraim Cardenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG CIP 211803

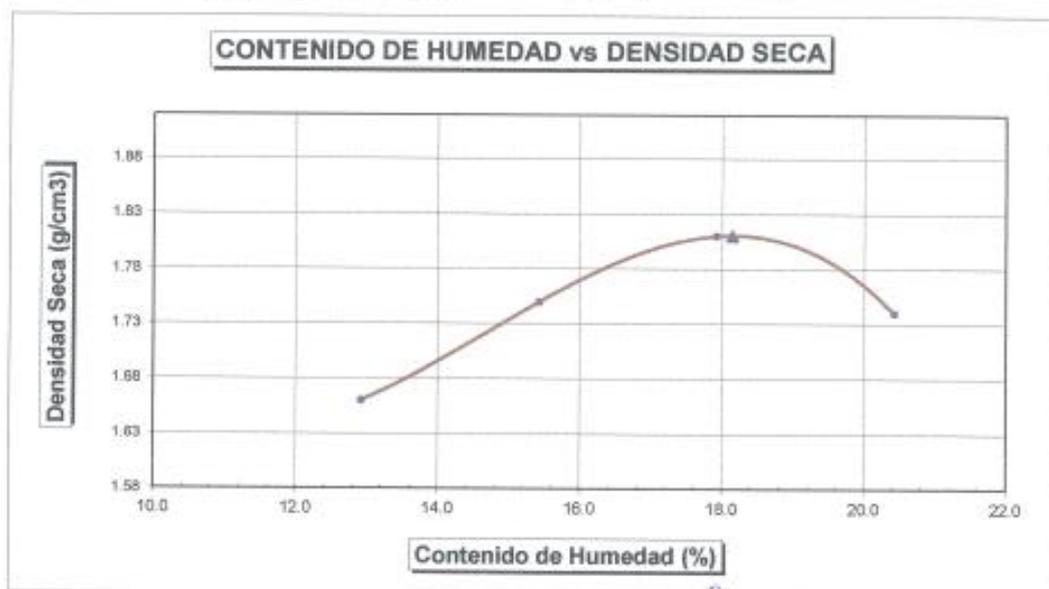


TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS
 DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 01
MUESTRA : SUB RASANTE + 8% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

PROCTOR MODIFICADO		METODO	A
NTP 339.141 / ASTM D 1557		PROF	0.00 - 1.50 mts
		FECHA:	25/05/2022

MOLDE N°	:	3				
VOLUMEN	:	988	cm ³	---	pie ³	
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D				
- Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	4498	4546	4754	4725	
- Peso de Molde	(g)	2650	2650	2650	2650	
- Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	1848	1996	2104	2075	
- Peso Volumétrico Húmedo	(g)	1.870	2.020	2.130	2.100	
- Recipiente N°		13	28	46	35	
- Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	322.47	339.10	335.02	346.71	
- Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	288.59	298.93	287.83	292.76	
- Tara	(g)	26.36	38.58	24.47	28.55	
- Peso de Agua	(g)	33.88	40.17	47.19	53.95	
- Peso de Suelo Seco	(g)	262.23	260.35	263.36	264.21	
- Contenido de agua	(%)	12.92	15.43	17.92	20.42	
- Peso Volumétrico Seco	(g/cm ³)	1.66	1.75	1.81	1.74	

Máxima Densidad Seca : 1.81 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 18.14 %



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Taine Miguel Armatogqui Brown
 LABORABORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS E.GEL-1621-PM-2022
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Janson Esau Cárdenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIV. 31802



E.G.E.L. Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.

Dirección Av. Augusto B. Leguía Nro 1001 - Ferreñafe y/o Ca. Los Eucaliptos Mz. H - Lte. 6 -
La Molina - Sector II - Zona A - Piura - Teléfono 074-583735 - Cel. 978175500 - Rpm * 789102



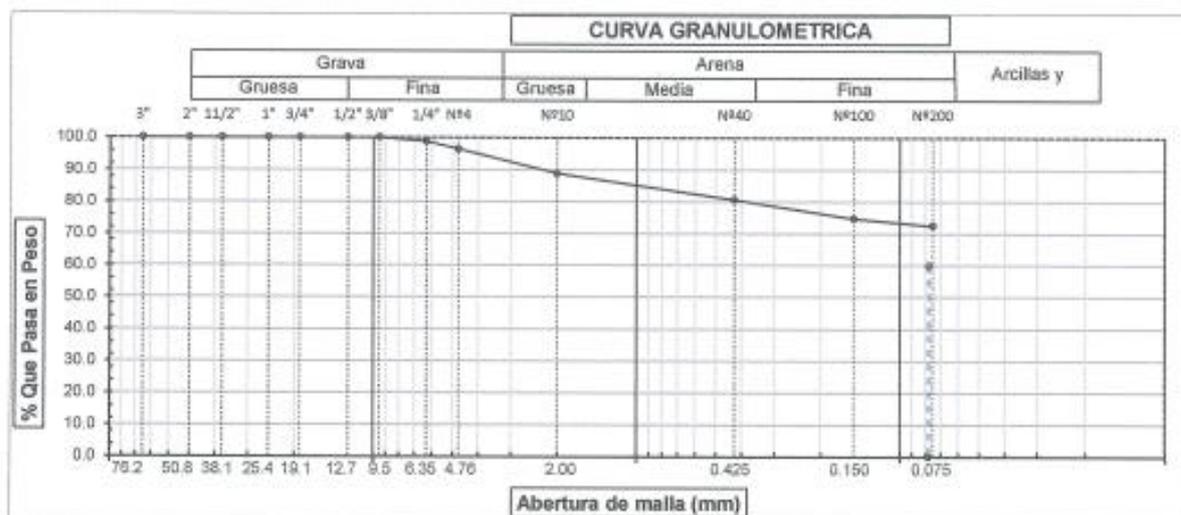
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(N.T.P. 339.128 / ASTM - D422)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 23/05/2022
GALICATA : 02

MUESTRA N°: M - 01

PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 mts.

ABERTURA MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)					
3"	76.200					PESO TOTAL : 531.8
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO : 385.6
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO : 46.68
1"	25.400					LIMITE PLASTICO : 24.79
3/4"	19.050					INDICE PLASTICIDAD : 21.88
1/2"	12.700					
3/8"	9.525	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-7-6 (13)
1/4"	6.350	6.30	1.2	1.2	98.8	CLASF. SUCS : CL
N°4	4.760	12.50	2.4	3.5	96.5	
N°8	2.380	25.20	4.7	8.3	91.7	HUMEDAD NATURAL :
N°10	2.000	15.60	2.9	11.2	88.8	
N°16	1.190	12.30	2.3	13.5	86.5	DESCRIPCION DEL SUELO :
N°20	0.840	5.50	1.0	14.5	85.5	Arcilla de mediana plasticidad
N°30	0.590	10.30	1.9	16.5	83.5	
N°40	0.425	15.80	3.0	19.5	80.6	
N°50	0.300	13.30	2.5	22.0	78.1	
N°60	0.180	8.50	1.6	23.6	76.5	
N°100	0.150	9.60	1.8	25.4	74.6	MODULO DE FINEZA
N°200	0.075	11.30	2.1	27.5	72.5	Coef. Uniformidad
< N° 200	FONDO	385.60	72.5	100.0	0	Coef. Curvatura



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Taine Muñoz Armunátegui Brown
LABORATISTA

EGEL - LG - 312 - 2022
ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Jansón Esau Cárdenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 211803



EGEL Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.

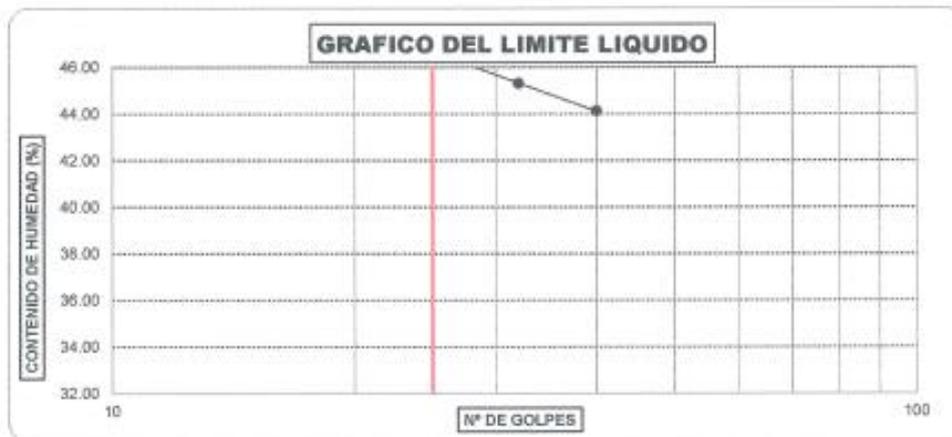
Dirección Av. Augusto B. Leguía Nro 1001 - Ferreñafe y/o Ca. Los Eucaliptos Mz. H - Lte. 6 -
La Molina - Sector II - Zona A - Piura - Teléfono 074-583735 - Cel. 978175500 - Rpm * 789102



LIMITES DE ATTERBERG
(N.T.P. 339.129 / ASTM - D423)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 23/05/2022
CALICATA : 02 **MUESTRA N°:** M - 01 **PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 mts.

DATOS DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	13	6	9	3	---	---
N° de tarro	13	6	9	3	---	---
N° de golpes	24	32	40	---	---	---
Tarro + suelo húmedo	82.36	66.23	68.7	23.35	---	---
Tarro + suelo seco	46.36	49.74	51.6	20.35	---	---
Agua	16	16.49	17.1	3.00	---	---
Peso del tarro	12.25	13.35	12.85	8.25	---	---
Peso del suelo seco	34.11	36.39	38.75	12.10	---	---
Porcentaje de humedad	46.91	45.31	44.13	24.79	---	---



LIMITE DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	45.88
Límite Plástico	24.79
Índice de Plasticidad	21.88

MUESTRA:	02 / M - 01
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-7-6 (13)

Observaciones: _____

EGEL - LO - 382-2022

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Yane Miquele Arruategui Brown
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Janson Osorio Cardenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 211803



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.146

TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 30/05/2022
CALICATA : C - 02
PROF : 0.00 - 1.50 MTS
MUESTRA : SUB RASANTE

C.B.R.

MOLDE N°	7		2		9	
	56		25		12	
N° DE GOLPES POR CAPA						
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	8,360	8,429	8,756	8,848	8,947	9,125
PESO DEL MOLDE (g)	4,323	4,323	4,858	4,858	5,212	5,212
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	4037	4106	3898	3990	3735	3913
VOLUMEN DEL SUELO (g)	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143
DENSIDAD HUMEDA (g/cm³)	1.88	1.82	1.82	1.86	1.74	1.83
CAPSULA N°	24	16	12	33	17	4
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (g)	353.28	368.73	353.99	364.10	349.53	389.23
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	302.61	313.21	301.17	305.53	299.92	322.23
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	50.65	55.52	52.82	58.57	49.61	67
PESO DE CAPSULA (g)	28.36	32.36	21.23	25.96	32.36	35.41
PESO DE SUELO SECO (g)	274.25	280.85	279.94	279.97	267.56	286.82
HUMEDAD (%)	18.47%	19.77%	18.87%	20.92%	18.54%	23.36%
DENSIDAD SECA	1.59	1.60	1.53	1.54	1.47	1.48

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
25-May	17:10 p.m	0 hrs	0.000			0.00			0.00		
26-May	17:10 p.m	24 hrs	17.516	17.516	15.061	17.99	17.989	15.468	18.42	18.415	15.834
27-May	17:10 p.m	48 hrs	17.623	17.623	15.153	18.13	18.126	15.586	18.47	18.465	15.877
28-May	17:10 p.m	72 hrs	17.858	17.858	15.355	18.24	18.235	15.679	18.53	18.525	15.9288
29-May	17:10 p.m	96 hrs	17.963	17.963	15.445	18.33	18.332	15.763	18.62	18.623	16.013

PENETRACION

PENETRACION pulg.	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg²)	MOLDE N° 7				MOLDE N° 2				MOLDE N° 9			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Lectura	lbs	lbs/pulg²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg²	%
0.020		3.80	45	15.00		2.80	33	11.00		1.50	18	6.00	
0.040		7.70	90	30.00		5.60	66	22.00		3.30	39	13.00	
0.060		11.50	135	45.00		8.20	96	32.00		5.10	60	20.00	
0.080		14.90	174	58.00		10.80	128	42.00		6.70	78	26.00	
0.100	1000	18.70	219	73.00	7.30	13.80	159	53.00	5.30	8.20	96	32.00	3.20
0.200	1500	30.50	357	119.00		22.10	258	86.00		13.30	158	52.00	
0.300		38.70	453	151.00		28.20	330	110.00		16.90	198	66.00	
0.400		44.90	525	175.00		32.60	381	127.00		19.70	231	77.00	
0.500		46.90	549	183.00		34.10	399	133.00		20.50	240	80.00	

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Taine Mijang Armattegui Brown
 LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Janson Esau Cardenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG CIP 21803



EGEL Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios ELRL

Dirección Av. Augusto B. Leguía Nro 1001 - Ferreñafe y/o Ca. Los Eucaliptos Mz. H - Lte. 6 -
La Molina - Sector II - Zona A - Piura - Teléfono 074-583735 - Cel. 978175500 - Rpm * 789102



GRAFICO DEL CBR

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS

DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA

UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA

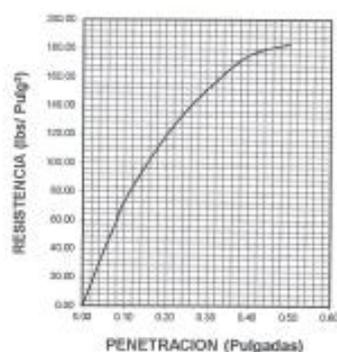
CALICATA : C - 02

FECHA: 30/05/2022

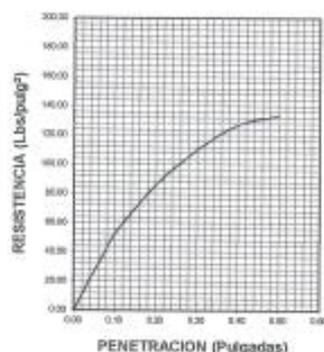
DATOS DEL PROCTOR	
Densidad Máxima (gr/cm ³)	1.59
Humedad Óptima (%)	18.47

DATOS DEL C.B.R.	
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	4.60

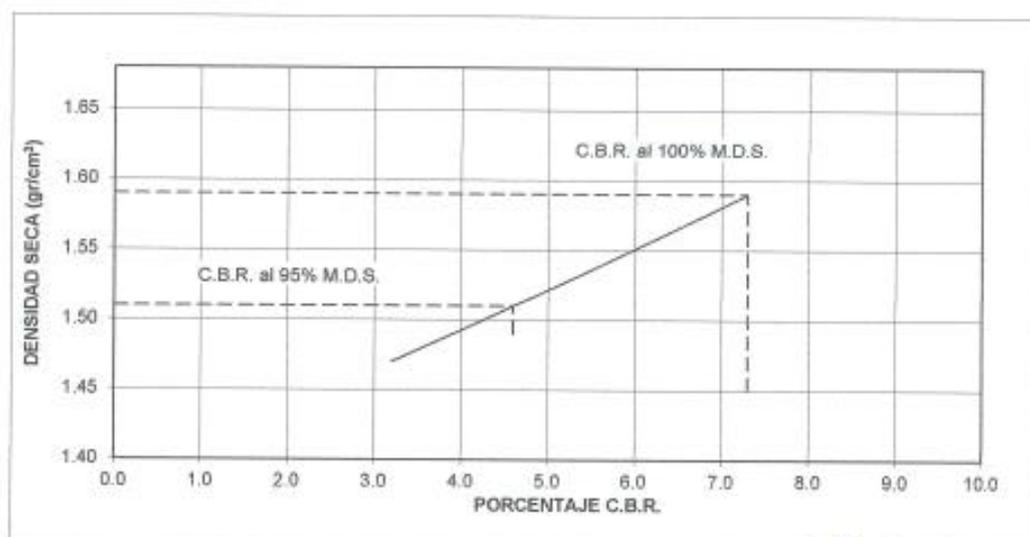
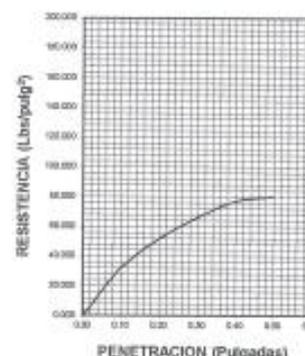
56 GOLPES



25 GOLPES



12 GOLPES



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS ELRL
Torne Miguel Arunategui Brown
LABORATORISTA

EGEL-CBR N° 728 - 2022

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS ELRL
Jansón Osau Cardenas Argueta
INGENIERO CIVIL
REG CIP 211803



EGEL Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.
 Dirección Av. Augusto B. Leguía Nro 1001 - Ferreñafe y/o Ca. Los Eucaliptos Mz. H - Lte. 6 -
 La Molina - Sector II - Zona A - Piura - Teléfono 074-583735 - Cel. 978175500 - Rpm * 789102



TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 02
MUESTRA : SUB RASANTE

PROCTOR MODIFICADO		METODO	A
NTP 339.141 / ASTM D 1557		PROF	0.00 - 1.50 mts
		FECHA:	24/05/2022

MOLDE N°	:				
VOLUMEN	:	977	cm ³	---	pie ³
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D			
- Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	4243	4379	4487	4448
- Peso de Molde	(g)	2650	2650	2650	2650
- Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	1593	1729	1837	1798
- Peso Volumétrico Húmedo	(g)	1.631	1.770	1.880	1.840
- Recipiente N°		16	33	41	16
- Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	387.27	406.09	414.72	432.70
- Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	344.58	355.60	355.71	365.43
- Tara	(g)	22.36	35.26	32.36	41.23
- Peso de Agua	(g)	42.69	50.49	59.01	67.27
- Peso de Suelo Seco	(g)	322.22	320.34	323.35	324.20
- Contenido de agua	(%)	13.25	15.76	18.25	20.75
- Peso Volumétrico Seco	(g/cm ³)	1.44	1.53	1.59	1.52

Máxima Densidad Seca : 1.59 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 18.47 %



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Taine Miguel Estrunategui Brown
 LABORATORISTA

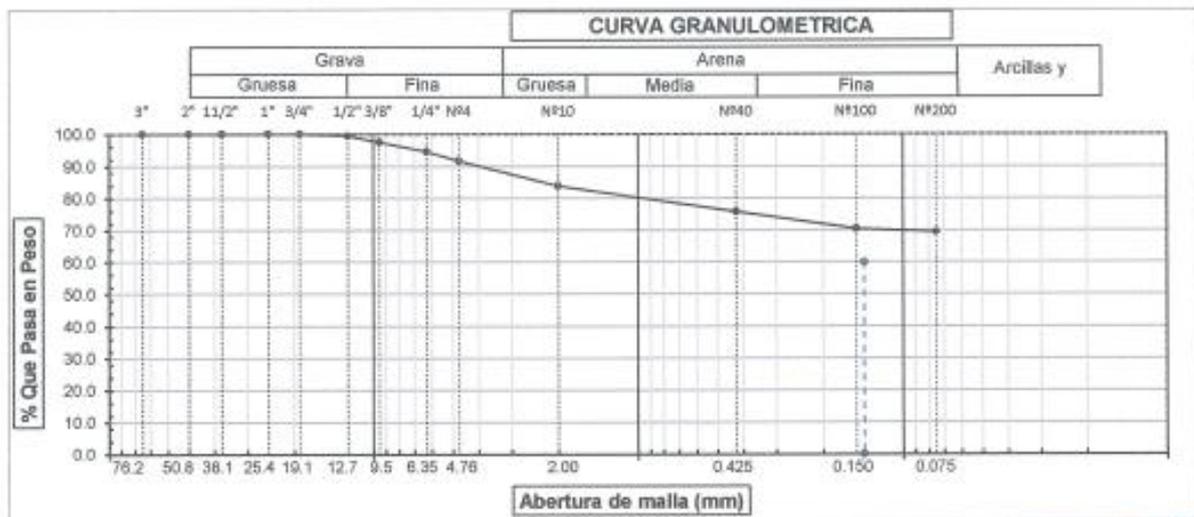
ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Jansón Esau Cardenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 251803



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(N.T.P. 339.128 / ASTM - D422)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 25/05/2022
CALICATA : 02 **MUESTRA N°:** M - 01 **PROFUNDIDAD :** 0.00 - 1.50 mts.

ABERTURA MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)					
3"	76.200					PESO TOTAL : 530.4
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO : 367.8
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO : 45.89
1"	25.400					LIMITE PLASTICO : 24.62
3/4"	19.050	0.00	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 21.26
1/2"	12.700	2.80	0.5	0.5	99.5	
3/8"	9.525	10.30	1.9	2.5	97.5	CLASF. AASHTO : A-7-6 (12)
1/4"	6.350	15.60	2.9	5.4	94.6	CLASF. SUCS : CL
Nº4	4.760	15.80	3.0	8.4	91.6	
Nº8	2.380	22.30	4.2	12.6	87.4	HUMEDAD NATURAL :
Nº10	2.000	18.90	3.6	16.2	83.9	
Nº16	1.190	13.30	2.5	18.7	81.3	DESCRIPCION DEL SUELO :
Nº20	0.840	5.60	1.1	19.7	80.3	Arcilla de mediana plasticidad
Nº30	0.590	11.60	2.2	21.9	78.1	SUB RASANTE + 2% DE TERRAZIME
Nº40	0.425	12.30	2.3	24.2	75.8	
Nº50	0.300	10.20	1.9	26.2	73.9	
Nº80	0.180	8.50	1.6	27.8	72.3	
Nº100	0.150	9.80	1.9	29.6	70.4	MODULO DE FINEZA
Nº200	0.075	5.60	1.1	30.7	69.3	Coef. Uniformidad
< Nº 200	FONDO	367.80	69.3	100.0	0	Coef. Curvatura



EGEL - LG - 388 - 2022

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAJOS DE LABORATORIOS E.L.R.I.
Taine Miguel Armatobegui Broxin
LABORATORISTA

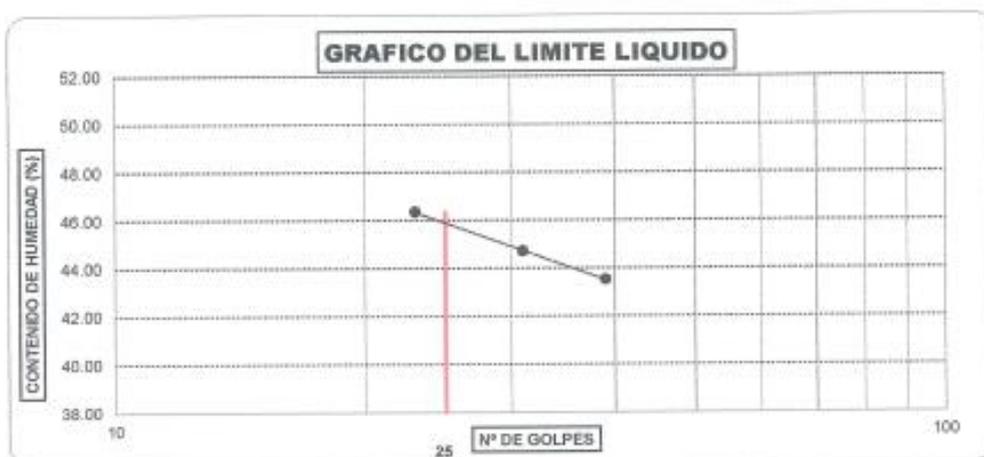
ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAJOS DE LABORATORIOS E.L.R.I.
Janson Esteban Cárdenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 211603



LIMITES DE ATTERBERG
 (N.T.P. 339.129 / ASTM - D423)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 25/05/2022
CALICATA : 02 **MUESTRA N°:** M - 01 **PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 mts.

DATOS DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
N° de tarro	46	71	24	46	---	---
N° de golpes	23	31	39	---	---	---
Tarro + suelo húmedo	59.69	63.65	66.27	22.32	---	---
Tarro + suelo seco	44.35	47.83	49.85	19.54	---	---
Agua	15.34	15.82	16.42	2.78	---	---
Peso del tarro	11.25	12.45	12.11	8.25	---	---
Peso del suelo seco	33.1	35.38	37.74	11.29	---	---
Porcentaje de humedad	46.34	44.71	43.51	24.62	---	---



LIMITE DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	45.89
Límite Plástico	24.62
Índice de Plasticidad	21.26

MUESTRA:	02 / M - 01
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-7-6 (12)

Observaciones: SUBRASANTE + 2% DE TERRAZIME

EGEL - L.O - 388-2022

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.L.R.L.
 Taine Miguel Armatzegui Brown
 LABORATORISTA

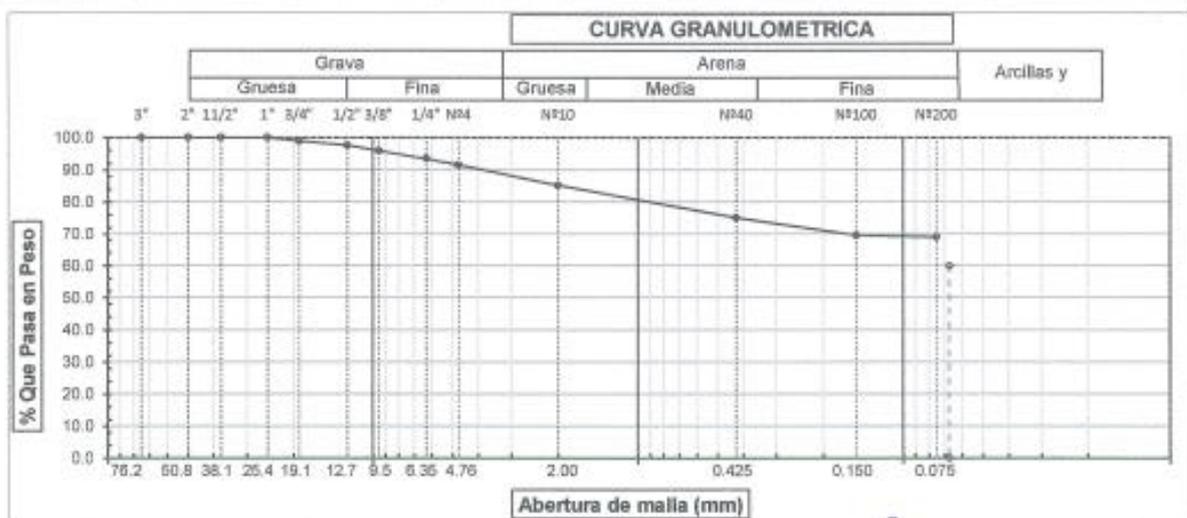
ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.L.R.L.
 Janson Elio Cardeñas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 21603



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(N.T.P. 339.128 / ASTM - D422)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 25/05/2022
CALICATA : 02 **MUESTRA N°:** M - 01 **PROFUNDIDAD :** 0.00 - 1.50 mts.

ABERTURA MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO		% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)		PARCIAL	ACUMULADO		
3"	76.200					PESO TOTAL : 548.8
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO : 378.8
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					LÍMITE LÍQUIDO : 45.41
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0	LÍMITE PLÁSTICO : 24.81
3/4"	19.050	5.80	1.1	1.1	98.9	ÍNDICE PLÁSTICO : 20.81
1/2"	12.700	7.60	1.4	2.5	97.6	
3/8"	9.525	9.60	1.8	4.2	95.8	CLASIF. AASHTO : A-7-6 (12)
1/4"	6.350	13.30	2.4	6.6	93.4	CLASIF. SUCS : CL
N°4	4.760	10.50	1.9	8.5	91.5	
N°8	2.380	19.50	3.6	12.1	87.9	HUMEDAD NATURAL :
N°10	2.000	15.60	2.8	14.9	85.1	
N°16	1.190	21.30	3.9	18.8	81.2	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
N°20	0.840	10.30	1.9	20.7	79.3	Arcilla de mediana plasticidad
N°30	0.590	15.70	2.9	23.5	76.5	SUB RASANTE + 4% DE TERRAZIME
N°40	0.425	8.60	1.6	25.1	74.9	
N°50	0.300	13.30	2.4	27.5	72.5	
N°80	0.180	8.60	1.6	29.1	70.9	
N°100	0.150	7.50	1.4	30.5	69.5	MÓDULO DE FINEZA
N°200	0.075	2.60	0.5	30.9	69.1	Coef. Uniformidad
< N° 200	FONDO	378.80	69.1	100.0	0	Coef. Curvatura



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Torre Manuel Arriategui Bruma
 LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Janso Esau Cárdenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 211803

EGEL - LG - 368 - 2022



EGEL Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.

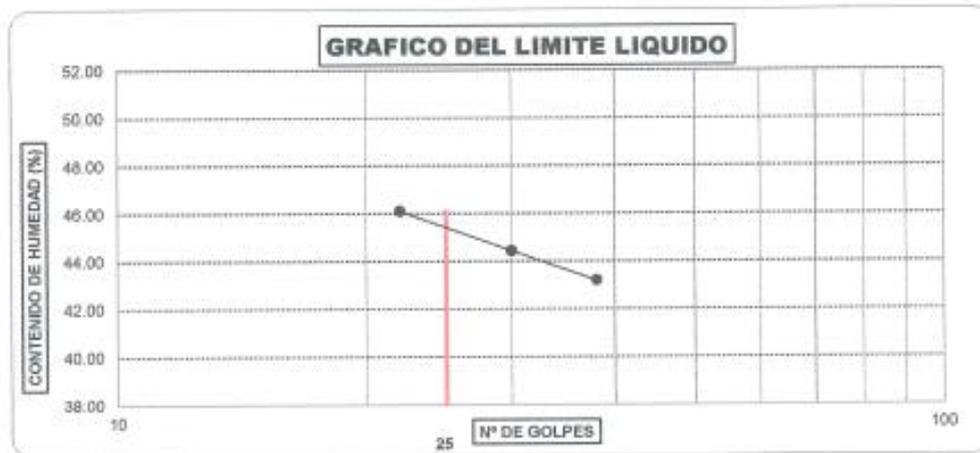
Dirección Av. Augusto B. Leguía Nro 1001 - Ferreñafe y/o Ca. Los Eucaliptos Mz. H - Lte. 6 -
La Molina - Sector II - Zona A - Piura - Teléfono 074-583735 - Cel. 978175500 - Rpm * 789102



LIMITES DE ATTERBERG
(N.T.P. 339.129 / ASTM - D423)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 25/05/2022
CALICATA : 02 **MUESTRA Nº:** M - 01 **PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 mts.

DATOS DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	102	28	95	41	---	---
N° de tarro	102	28	95	41	---	---
N° de golpes	22	30	38	---	---	---
Tarro + suelo húmedo	65.36	70.29	72.84	22.78	---	---
Tarro + suelo seco	48.95	53.46	55.46	20.13	---	---
Agua	16.41	16.83	17.38	2.65	---	---
Peso del tarro	13.35	15.58	15.22	9.36	---	---
Peso del suelo seco	35.6	37.88	40.24	10.77	---	---
Porcentaje de humedad	48.10	44.43	43.10	24.61	---	---



LIMITE DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	45.41
Límite Plástico	24.61
Índice de Plasticidad	20.81

MUESTRA:	02 / M - 01
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-7-6 (12)

Observaciones: SUBRASANTE + 4% DE TERRAZIME

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Taine Migué Amunátegui Brown
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Jason Esau Cárdenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 21.1903

EGEL - L.O - 389 - 2022



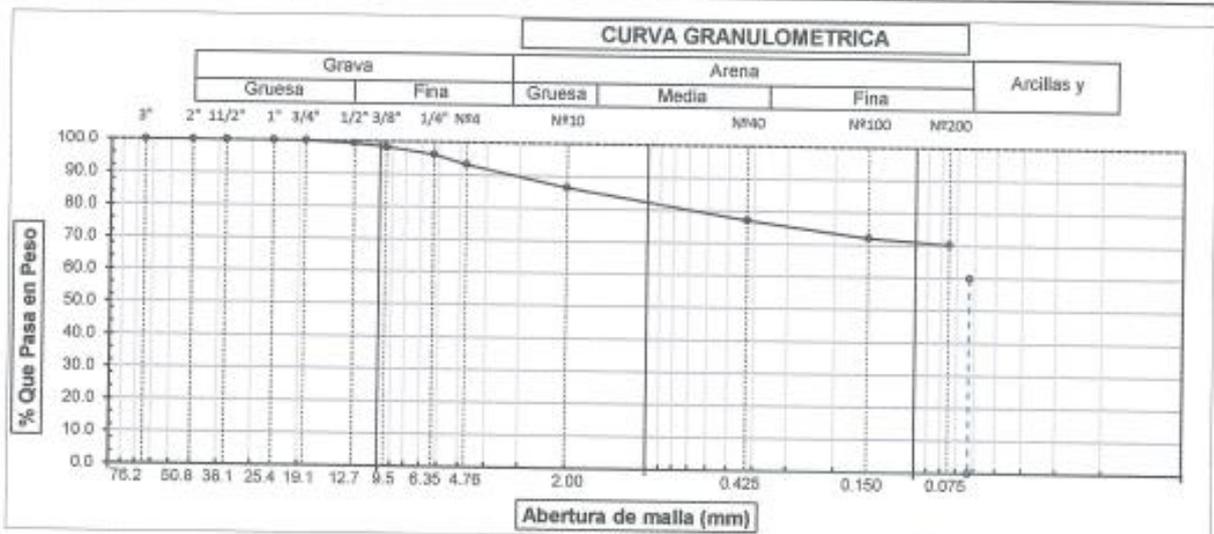
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(N.T.P. 339.128 / ASTM - D422)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 25/05/2022
CALICATA : 02

MUESTRA N°: M - 01

PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 mts.

ABERTURA MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)					
3"	76.200					PESO TOTAL : 506.4
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO : 356.4
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO : 44.80
1"	25.400					LIMITE PLASTICO : 24.37
3/4"	19.050	0.00	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 20.43
1/2"	12.700	3.80	0.8	0.8	99.3	
3/8"	9.525	5.20	1.0	1.8	98.2	CLASF. AASHTO : A-7-6 (12)
1/4"	6.350	10.30	2.0	3.8	96.2	CLASF. SUCS : CL
N°4	4.760	15.60	3.1	6.9	93.1	
N°8	2.380	12.30	2.4	9.3	90.7	HUMEDAD NATURAL :
N°10	2.000	21.20	4.2	13.5	86.5	
N°16	1.190	15.05	3.0	16.5	83.5	DESCRIPCION DEL SUELO :
N°20	0.840	14.80	2.9	19.4	80.6	Arcilla de mediana plasticidad
N°30	0.590	10.30	2.0	21.4	78.6	SUB RASANTE + 6% DE TERRAZIME
N°40	0.425	7.50	1.5	22.9	77.1	
N°50	0.300	11.30	2.2	25.1	74.9	
N°80	0.180	9.60	1.9	27.0	73.0	
N°100	0.150	4.50	0.9	27.9	72.1	MODULO DE FINEZA
N°200	0.075	8.50	1.7	29.6	70.4	Coef. Uniformidad
< N° 200	FONDO	356.40	70.4	100.0	0	Coef. Curvatura



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAJOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Taine Miguel Armistegui Orsua
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAJOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Janson Esau Cárdenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 211803

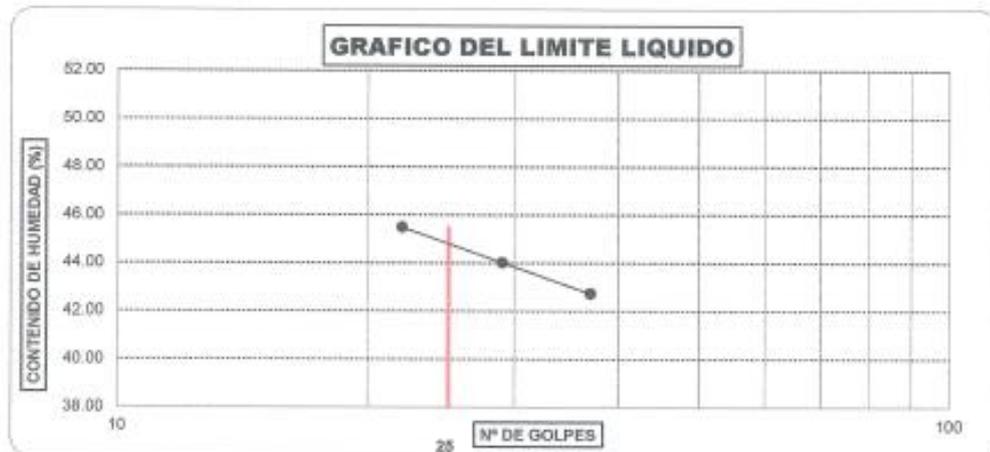
EGEL - LG - 390 - 2022



LIMITES DE ATTERBERG
(N.T.P. 339.129 / ASTM - D423)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 25/05/2022
CALICATA : 02 **MUESTRA N°:** M - 01 **PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 mts.

DATOS DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	N° de tarro	35	47	26	65	---
N° de golpes	22	29	37	---	---	---
Tarro + suelo húmedo	61.25	64.26	67.63	22.41	---	---
Tarro + suelo seco	46.00	48.5	51.52	19.70	---	---
Agua	15.25	15.76	16.31	2.71	---	---
Peso del tarro	12.47	12.69	13.35	8.56	---	---
Peso del suelo seco	33.53	35.81	38.17	11.12	---	---
Porcentaje de humedad	45.48	44.01	42.73	24.37	---	---



LIMITE DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	44.80
Límite Plástico	24.37
Índice de Plasticidad	20.43

MUESTRA:	02 / M - 01
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-7-6 (12)

Observaciones: SUBRASANTE + 6% DE TERRAZIME

EGEL - LG - 390-2023

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Tante Miguel Armunátegui Brown
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Janson Esai Cárdenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 211803



EGED Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.

Dirección Av. Augusto B. Leguía Nro 1001 - Ferreñafe y/o Ca. Los Eucaliptos Mz. H - Lte. 6 -
La Molina - Sector II - Zona A - Plura - Teléfono 074-583735 - Cel. 978175500 - Rpm * 789102



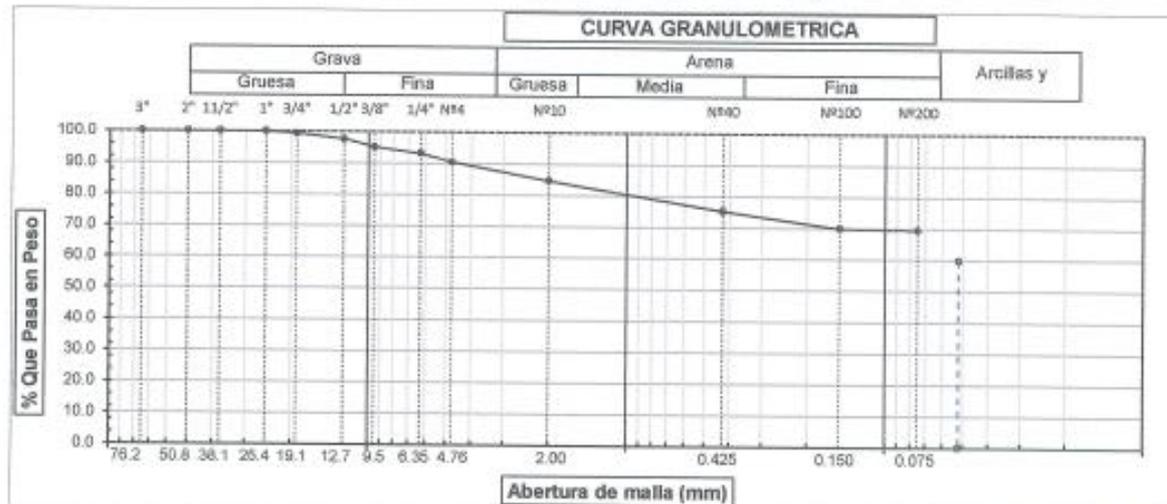
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(N.T.P. 339.128 / ASTM - D422)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 25/05/2022
CALICATA : 02

MUESTRA N°: M - 01

PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 mts.

ABERTURA MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)					
3"	76.200					PESO TOTAL : 492.4
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO : 342.2
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					LÍMITE LÍQUIDO : 43.41
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0	LÍMITE PLÁSTICO : 23.70
3/4"	19.050	3.30	0.7	0.7	99.3	ÍNDICE PLÁSTICIDAD : 19.71
1/2"	12.700	8.60	1.8	2.4	97.6	
3/8"	9.525	12.30	2.5	4.9	95.1	CLASF. AASHTO : A-7-6 (11)
1/4"	6.350	9.80	2.0	6.9	93.1	CLASF. SUCS : CL
N°4	4.760	13.30	2.7	9.6	90.4	
N°8	2.380	10.20	2.1	11.6	88.4	HUMEDAD NATURAL :
N°10	2.000	18.50	3.8	15.4	84.6	
N°16	1.190	10.30	2.1	17.5	82.5	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
N°20	0.840	15.60	3.2	20.7	79.3	Arcilla de mediana plasticidad
N°30	0.590	8.60	1.8	22.4	77.6	SUB RASANTE + 8% DE TERRAZIME
N°40	0.425	11.50	2.3	24.8	75.3	
N°50	0.300	11.80	2.4	27.2	72.9	
N°80	0.180	7.50	1.5	28.7	71.3	
N°100	0.150	6.80	1.4	30.1	70.0	MODULO DE FINEZA
N°200	0.075	2.30	0.5	30.5	69.5	Coef. Uniformidad
< N° 200	FONDO	342.20	69.5	100.0	0	Coef. Curvatura



EGED - LG - 391 - 2022

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAJOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Taine Nigoy Arrunategui Brown
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAJOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Jansón Esau Cárdenas Riquelme
INGENIERO CIVIL
REG. CP° 211803



EGEL Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.

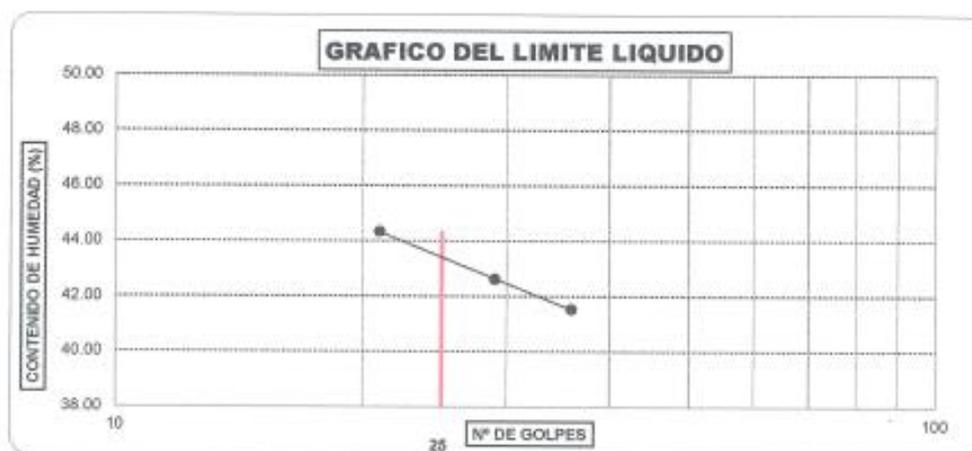
Dirección Av. Augusto B. Leguía Nro 1001 - Ferreñafe y/o Ca. Los Eucaliptos Mz. H - Lte. 6 -
La Molina - Sector II - Zona A - Piura - Teléfono 074-583735 - Cel. 978175500 - Rpm * 789102



LIMITES DE ATTERBERG
(N.T.P. 339.129 / ASTM - D423)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 25/05/2022
CALICATA : 02 MUESTRA N°: M - 01 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 mts.

DATOS DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLÁSTICO		
N° de tarro	4	9	33	2	---	---
N° de golpes	21	29	36	---	---	---
Tarro + suelo húmedo	58.24	61.22	61.81	21.36	---	---
Tarro + suelo seco	44.15	46.7	46.68	18.72	---	---
Agua	14.09	14.52	15.13	2.64	---	---
Peso del tarro	12.36	12.63	10.25	7.58	---	---
Peso del suelo seco	31.79	34.07	36.43	11.14	---	---
Porcentaje de humedad	44.32	42.62	41.53	23.70	---	---



LIMITE DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	43.41
Límite Plástico	23.70
Índice de Plasticidad	19.71

MUESTRA:	02 / M - 01
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-7-6 (11)

Observaciones: SUBRASANTE + 8% DE TERRAZIME

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Taine Miguel Archidiegui Brown
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Jansón Esau Cárdenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 11803

EGEL - LO - 391 - 2022



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS
 DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 31/05/2022
CALICATA : C - 02
PROF : 0.00 - 1.50 MTS
MUESTRA : SUBRASANTE + 8% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

C.B.R.

MOLDE N°	31		29		20	
	56		25		12	
N° DE GOLPES POR CAPA						
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	8,811	8,988	9,218	9,321	9,526	9,725
PESO DEL MOLDE (g)	4,295	4,295	4,741	4,741	5,216	5,216
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	4816	4693	4477	4580	4310	4509
VOLUMEN DEL SUELO (g)	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	2.15	2.19	2.09	2.14	2.01	2.1
CAPSULA N°	71	48	22	102	122	85
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (g)	293.95	299.03	298.50	310.29	283.88	323.27
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	240.12	251.85	252.81	259.88	241.23	265.71
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	43.84	48.08	45.89	50.43	42.63	57.56
PESO DE CAPSULA (g)	24.56	29.69	31.36	38.58	32.36	37.58
PESO DE SUELO SECO (g)	215.56	222.16	221.25	221.28	208.87	228.13
HUMEDAD (%)	20.34%	21.64%	20.74%	22.78%	20.41%	25.23%
DENSIDAD SECA	1.79	1.80	1.73	1.74	1.87	1.88

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
27-May	15:15 p.m	0 hrs	0.000			0.00			0.00		0.000
28-May	15:15 p.m	24 hrs	10.282	10.252	8.815	10.53	10.525	9.050	10.79	10.790	9.277
29-May	15:15 p.m	48 hrs	10.285	10.285	8.844	10.59	10.587	9.103	10.86	10.858	9.3382
30-May	15:15 p.m	72 hrs	10.383	10.363	8.9105	10.64	10.636	9.1453	10.98	10.963	9.42648
31-May	15:15 p.m	96 hrs	10.415	10.415	8.9553	10.89	10.889	9.1909	11.12	11.124	9.585

PENETRACION

PENETRACION psig.	CARGA ESTÁNDAR (lbs/psig ²)	MOLDE N° 31				MOLDE N° 29				MOLDE N° 20			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Lectura	lbs	lbs/psig ²	%	Lectura	lbs	lbs/psig ²	%	Lectura	lbs	lbs/psig ²	%
0.020		13.80	162	54.00		10.00	117	39.00		6.20	72	24.00	
0.040		29.00	339	113.00		21.00	246	82.00		12.60	147	49.00	
0.060		42.60	498	166.00		30.80	360	120.00		18.50	216	72.00	
0.080		55.90	654	218.00		40.50	474	158.00		24.10	282	94.00	
0.100	1000	69.70	816	272.00	27.20	50.50	591	197.00	19.70	30.30	354	118.00	
0.200	1500	113.80	1329	443.00		82.30	953	321.00		49.20	578	192.00	
0.300		144.40	1689	563.00		104.80	1224	408.00		62.80	732	244.00	
0.400		167.40	1869	653.00		121.30	1419	473.00		72.60	849	283.00	
0.500		174.40	2040	680.00		126.40	1479	493.00		75.60	885	295.00	

EGEL-CBR N° 737 - 2022

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.L.R.L.
Taine Miguel Armatogu Brown
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.L.R.L.
Janson Esau Cardeñas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 211803



EGED Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.

Dirección Av. Augusto B. Leguía Nro 1001 - Ferreñafe y/o Ca. Los Eucaliptos Mz. H - Lte. 6 -
La Molina - Sector II - Zona A - Piura - Teléfono 074-583735 - Cel. 978175500 - Rpm * 789102



GRAFICO DEL CBR

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

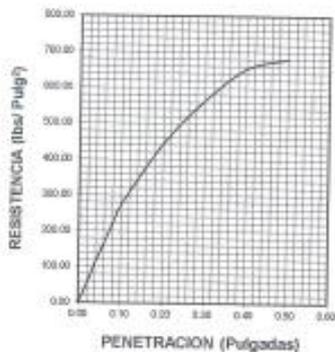
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS
DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 02
MUESTRA : SUB RASANTE + 8% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

FECHA: 31/05/2022

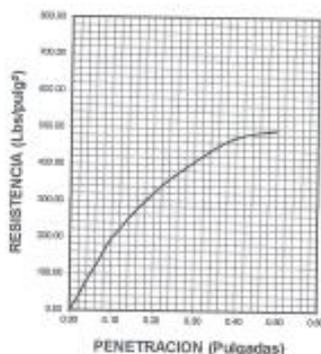
DATOS DEL PROCTOR	
Densidad Máxima (gr/cm ³)	1.79
Humedad Óptima (%)	20.34

DATOS DEL C.B.R.	
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	27.20
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	15.70

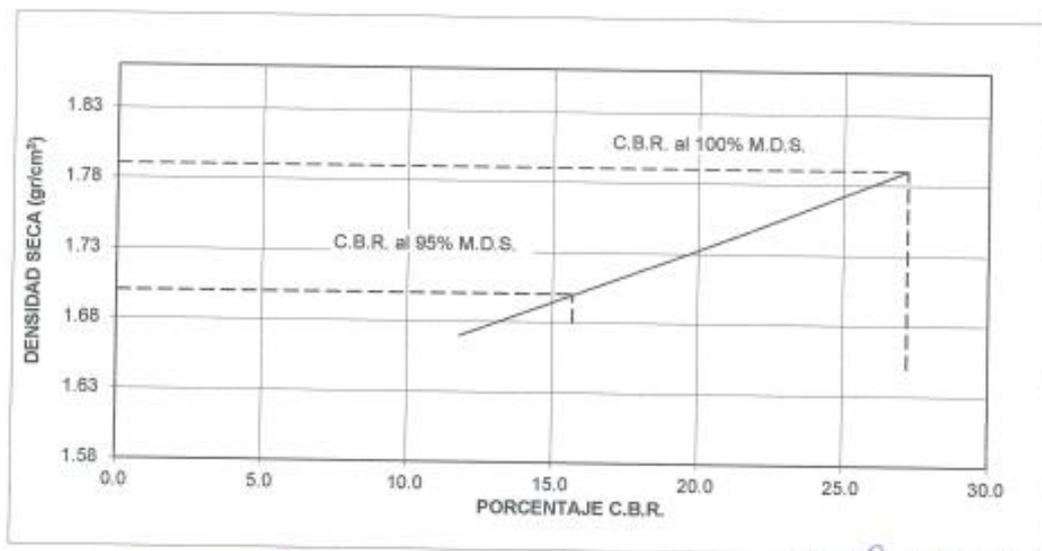
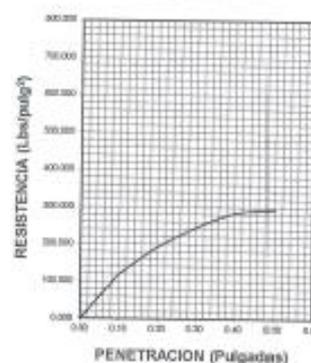
56 GOLPES



25 GOLPES



12 GOLPES



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Yasir Miguel Armatobegui Brown
LABORATORISTA

EGED-CBR N° 737 - 2022
ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Jansón Esau Cardenas Angulo
INGENIERO CIVIL
RGC CIP 21803



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS
 DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 31/05/2022
CALICATA : C - 02
PROF : 0.00 - 1.50 MTS
MUESTRA : SUB RASANTE + 2% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

C.B.R.

MOLDE N°	4		13		1	
	66		25		12	
N° DE GOLPES POR CAPA						
CONDICIÓN DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	8,656	8,726	8,953	9,048	9,147	9,329
PESO DEL MOLDE (g)	4,526	4,526	4,963	4,963	5,322	5,322
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	4130	4200	3990	4085	3825	4007
VOLUMEN DEL SUELO (g)	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1.93	1.96	1.86	1.91	1.78	1.87
CAPSULA N°	18	24	41	15	26	33
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (g)	290.03	306.09	307.72	317.74	281.23	322.86
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	247.58	259.39	263.26	268.58	239.50	266.45
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	42.45	46.7	44.44	49.16	41.33	56.41
PESO DE CAPSULA (g)	23.35	28.96	33.36	38.63	22.38	29.66
PESO DE SUELO SECO (g)	224.23	230.83	229.92	229.95	217.54	236.8
HUMEDAD (%)	18.93%	20.23%	19.33%	21.36%	19.00%	23.82%
DENSIDAD SECA	1.62	1.63	1.56	1.57	1.50	1.51

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
27-May	15:20 p.m	0 hrs	0.000			0.00			0.00		0.000
28-May	15:20 p.m	24 hrs	15.454	15.454	13.288	15.69	15.687	13.488	15.97	15.969	13.731
29-May	15:20 p.m	48 hrs	15.458	15.458	13.291	15.75	15.754	13.546	16.32	16.323	14.0353
30-May	15:20 p.m	72 hrs	15.526	15.526	13.35	15.79	15.788	13.575	16.43	16.425	14.123
31-May	15:20 p.m	96 hrs	15.623	15.623	13.433	15.98	15.956	13.634	16.49	16.488	14.177

PENETRACION

PENETRACION sulg.	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg ²)	MOLDE N° 4				MOLDE N° 13				MOLDE N° 1			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Lectura	lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg ²	%
0.020		5.40	63	21.00		3.80	45	15.00		2.30	27	9.00	
0.040		11.30	132	44.00		8.20	96	32.00		4.90	57	19.00	
0.060		16.70	195	65.00		12.10	141	47.00		7.20	84	28.00	
0.080		21.80	255	85.00		15.90	186	62.00		9.50	111	37.00	
0.100	1000	27.20	318	106.00	10.60	19.70	231	77.00	7.70	11.80	138	46.00	4.60
0.200	1500	44.40	519	173.00		32.30	378	128.00		19.20	225	75.00	
0.300		56.20	657	219.00		40.80	477	159.00		24.40	285	95.00	
0.400		65.10	762	254.00		47.40	555	185.00		28.20	330	110.00	
0.500		67.90	795	265.00		49.50	579	193.00		29.50	345	115.00	

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAJOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Tame Miguel Armattegui Brown
LABORATORISTA

EGEL - CBR N° 734 - 2022
ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAJOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Janson Esau Cardenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 211603



EGEL Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.

Dirección Av. Augusto B. Leguía Nro 1001 - Ferreñafe y/o Ca. Los Eucaliptos Mz. H - Lte. 6 -
La Molina - Sector II - Zona A - Piura - Teléfono 074-583735 - Cel. 978175500 - Rpm * 789102



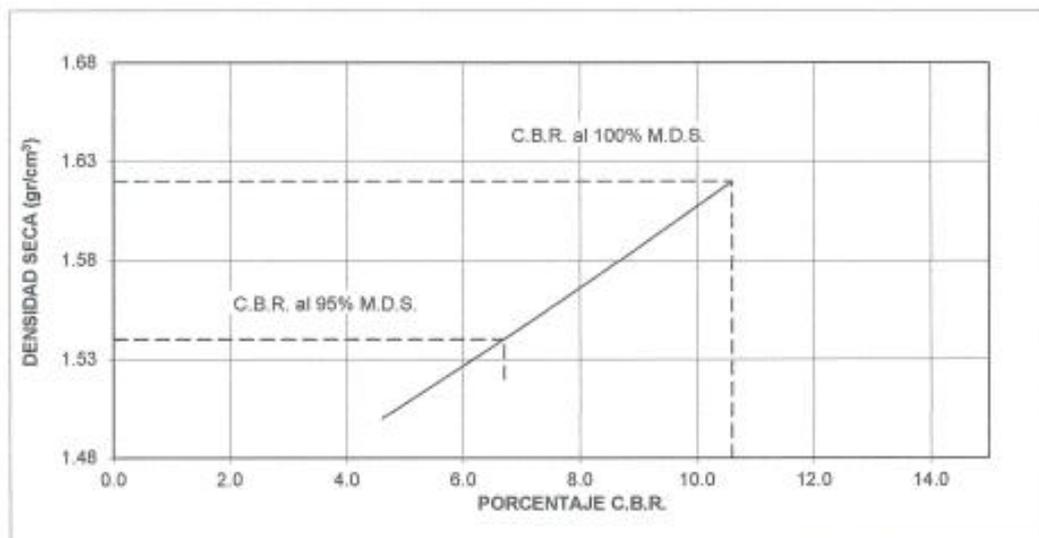
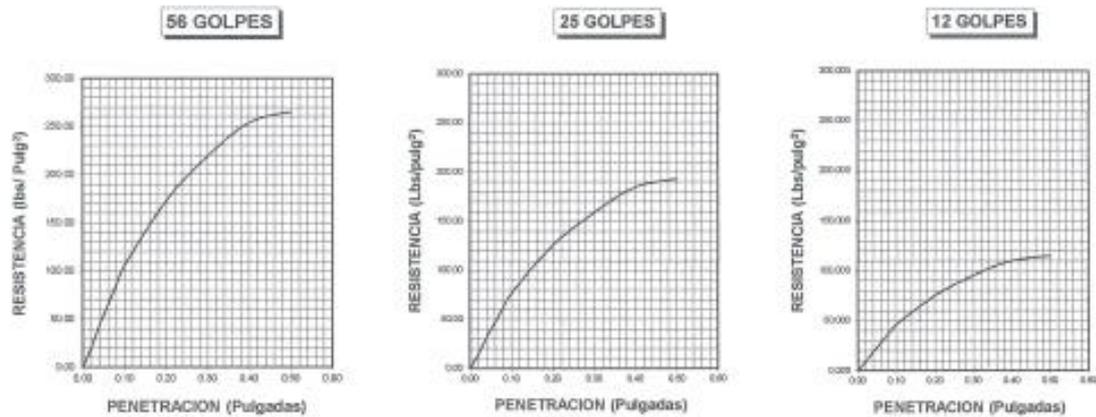
GRAFICO DEL CBR

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 02 **FECHA:** 31/05/2022
MUESTRA : SUB RASANTE + 2% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

DATOS DEL PROCTOR	
Densidad Máxima (gr/cm ³)	1.62
Humedad Óptima (%)	18.93

DATOS DEL C.B.R.	
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	10.60
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	6.70



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Tomas Miguel Armatalegui Brown
LABORATORISTA

EGEL-CBR N° 734 - 2022
ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Jansón Osvaldo Cárdenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 21803



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS
 DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA.
FECHA : 31/05/2022
CALICATA : C - 02
PROF : 0.00 - 1.50 MTS
MUESTRA : SUB RASANTE + 4% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

C.B.R.

MOLDE N°	19		18		21	
	56		25		12	
N° DE GOLPES POR CAPA						
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	8,613	8,686	8,874	9,070	9,222	9,408
PESO DEL MOLDE (g)	4,374	4,374	4,874	4,874	5,287	5,287
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	4239	4312	4100	4196	3935	4121
VOLUMEN DEL SUELO (g)	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1.98	2.01	1.91	1.98	1.84	1.92
CAPSULA N°	48	33	28	41	12	10
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (g)	312.94	330.82	322.63	335.47	298.82	340.46
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	298.71	280.11	274.32	282.10	254.71	279.41
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	46.23	50.71	48.31	53.37	45.11	61.06
PESO DE CAPSULA (g)	25.56	32.38	27.48	35.23	20.25	25.69
PESO DE SUELO SECO (g)	241.15	247.75	246.84	246.87	234.46	253.72
HUMEDAD (%)	19.17%	20.47%	19.57%	21.62%	19.24%	24.08%
DENSIDAD SECA	1.66	1.67	1.6	1.61	1.54	1.55

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
27-May	15:44 p.m	0 hrs	0.000			0.00			0.00		0.000
28-May	15:44 p.m	24 hrs	13.658	13.658	11.744	13.99	13.983	12.008	14.26	14.258	12.280
29-May	15:44 p.m	48 hrs	13.882	13.882	11.773	14.00	13.995	12.034	14.32	14.323	12.3156
30-May	15:44 p.m	72 hrs	13.741	13.741	11.815	14.13	14.125	12.145	14.42	14.415	12.3847
31-May	15:44 p.m	96 hrs	13.825	13.825	11.887	14.21	14.212	12.22	14.57	14.565	12.524

PENETRACION

PENETRACION pulg.	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg ²)	MOLDE N° 19			MOLDE N° 18			MOLDE N° 21					
		CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION			
		Lectura	lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg ²	%
0.020		7.70	90	30.00	5.60	66	22.00		3.30	39	13.00		
0.040		15.90	188	82.00	11.50	135	45.00		6.90	81	27.00		
0.080		23.30	273	91.00	16.90	198	66.00		10.30	120	40.00		
0.080		30.50	357	119.00	22.10	268	86.00		13.30	156	52.00		
0.100	1000	38.20	447	149.00	14.90	27.70	324	108.00	10.80	18.70	196	65.00	6.50
0.200	1500	82.30	729	243.00	45.10	528	178.00		27.20	318	108.00		
0.300		79.00	824	308.00	57.40	672	224.00		34.60	405	135.00		
0.400		91.80	1074	358.00	66.40	777	269.00		40.00	488	166.00		
0.800		95.00	1119	373.00	69.20	810	270.00		41.80	499	163.00		

CONDOMINIO GLOBOS E.I.R.L.
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.

Taine Miguel Armategui Brown
LABORATORISTA

EGEL-CBR N° 735 - 2022

CONDOMINIO GLOBOS E.I.R.L.
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.

Janson Esau Cárdenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. R.P. 211803



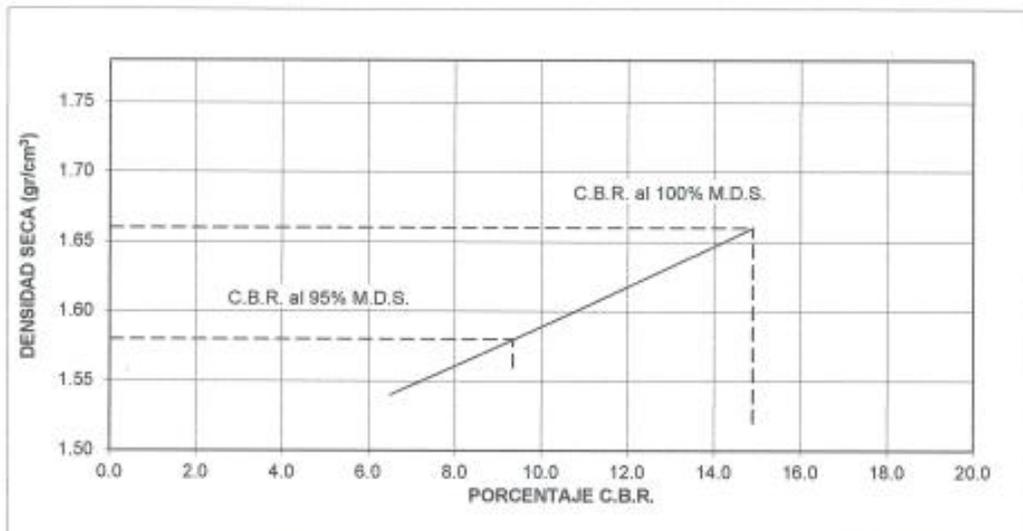
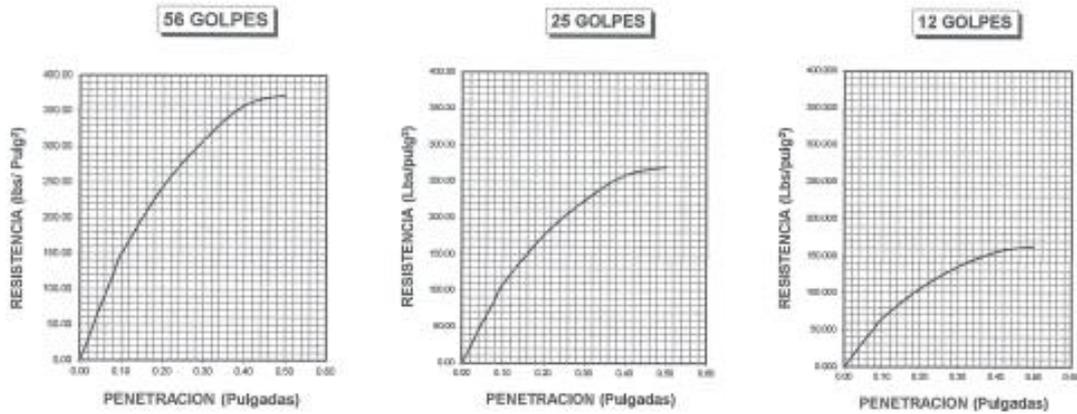
GRAFICO DEL CBR

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 02 **FECHA:** 31/05/2022
MUESTRA : SUB RASANTE + 4% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

DATOS DEL PROCTOR	
Densidad Máxima (gr/cm ³)	1.66
Humedad Óptima (%)	19.17

DATOS DEL C.B.R.	
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	14.90
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	9.35



Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.
 Taithe Miguel Armandéguiz Brown
 LABORATORISTA

EGEL-QBR N° 735 - 2022

Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.
 Janson Osau Cardenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 211803



EGEL Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.

Dirección Av. Augusto B. Leguía Nro 1001 - Ferreñafe y/o Ca. Los Eucaliptos Mz. H - Lte. 6 -
La Molina - Sector II - Zona A - Piura - Teléfono 074-583735 - Cel. 978175500 - Rpm * 789102



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

TESISTA : LUCY DEL ROBARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS
 DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 31/05/2022
CALICATA : C - 02
PROF : 0.00 - 1.50 MTS
MUESTRA : SUB RASANTE + 6% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

C.B.R.

MOLDE N°	17		27		22	
	58		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	9,048	9,121	9,167	9,285	8,551	9,739
PESO DEL MOLDE (g)	4,985	4,985	4,983	4,983	5,492	5,492
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	4,363	4,436	4,224	4,322	4,059	4,247
VOLUMEN DEL SUELO (g)	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	2.04	2.07	1.97	2.02	1.89	1.98
CAPSULA N°	28	27	102	37	85	96
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (g)	344.85	361.55	349.64	359.59	339.91	381.44
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	292.59	304.46	295.17	299.58	288.79	313.15
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	52.26	57.09	54.47	60.01	51.12	68.29
PESO DE CAPSULA (g)	28.38	33.63	25.25	29.63	31.25	38.35
PESO DE SUELO SECO (g)	264.23	270.83	269.92	269.95	257.54	276.8
HUMEDAD (%)	19.78%	21.08%	20.18%	22.23%	19.85%	24.67%
DENSIDAD SECA	1.70	1.71	1.64	1.65	1.58	1.59

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
27-May	16:30 p.m	0 hrs	0.000			0.00			0.00		0.000
28-May	16:30 p.m	24 hrs	11.745	11.745	10.099	12.25	12.252	10.535	12.57	12.569	10.807
29-May	16:30 p.m	48 hrs	11.788	11.788	10.136	12.32	12.323	10.598	12.82	12.823	10.8038
30-May	16:30 p.m	72 hrs	11.856	11.856	10.194	12.37	12.368	10.835	12.89	12.887	10.9089
31-May	16:30 p.m	96 hrs	11.954	11.954	10.279	12.42	12.415	10.875	12.75	12.745	10.950

PENETRACION

PENETRACION psig	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg ²)	MOLDE N° 17				MOLDE N° 27				MOLDE N° 22			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Letras	lbs	lbs/pulg ²	%	Letras	lbs	lbs/pulg ²	%	Letras	lbs	lbs/pulg ²	%
0.020		10.00	117	39.00		7.20	84	28.00		4.40	51	17.00	
0.040		20.80	243	81.00		15.10	177	69.00		9.00	105	35.00	
0.080		30.50	357	119.00		22.10	258	86.00		13.10	153	51.00	
0.080		40.00	468	158.00		29.00	339	113.00		17.20	201	67.00	
0.100	1000	50.00	585	195.00	19.50	36.20	423	141.00	14.10	21.50	252	84.00	8.40
0.200	1500	81.50	954	318.00		59.00	690	230.00		35.10	411	137.00	
0.300		103.60	1212	404.00		74.90	876	292.00		44.80	522	174.00	
0.400		120.00	1404	468.00		89.70	1014	338.00		51.80	606	202.00	
0.500		125.10	1494	488.00		90.50	1059	353.00		53.60	630	210.00	

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Taine Magueta Manatqui Brown
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Janson Esau Cárdenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG.C.P. 211693

EGEL-CBR N° 736 - 2022

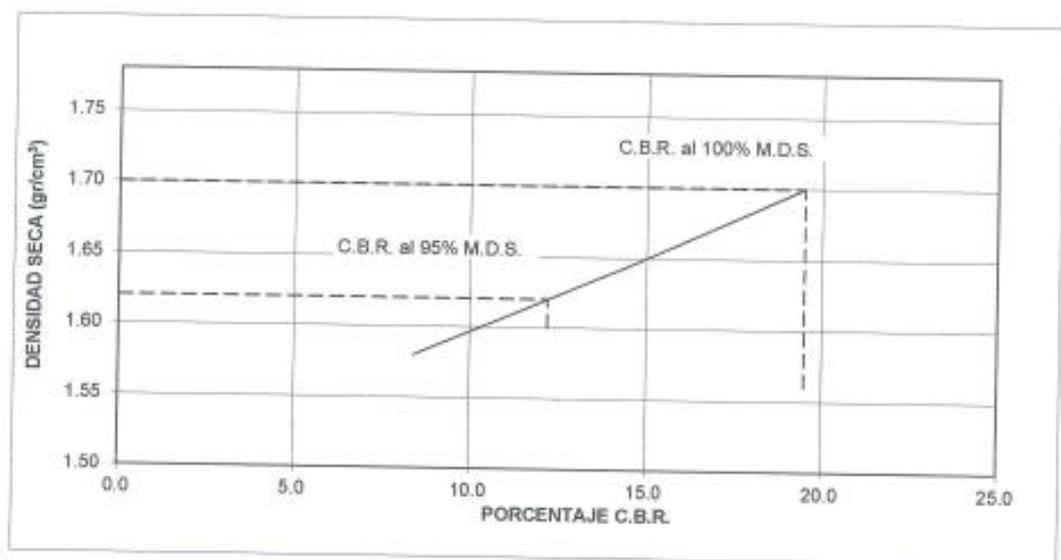
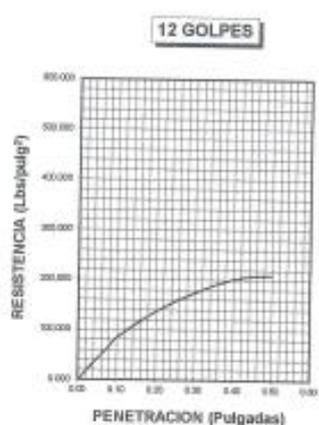
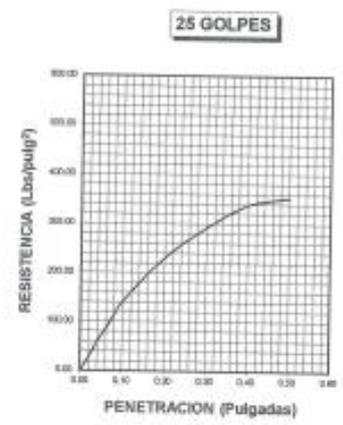
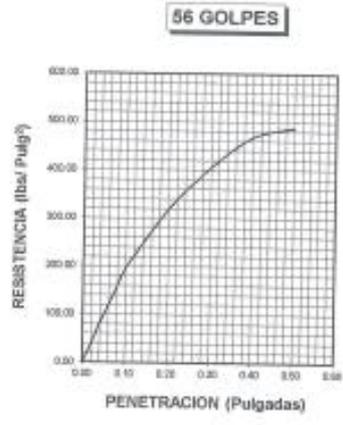


GRAFICO DEL CBR
MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 02 **FECHA:** 31/05/2022
MUESTRA : SUB RASANTE + 6% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

DATOS DEL PROCTOR	
Densidad Máxima (gr/cm ³)	1.70
Humedad Óptima (%)	19.78

DATOS DEL C.B.R.	
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	19.50
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	12.20



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Jaime Miguel Apurtegui Brown
 LABORATORISTA

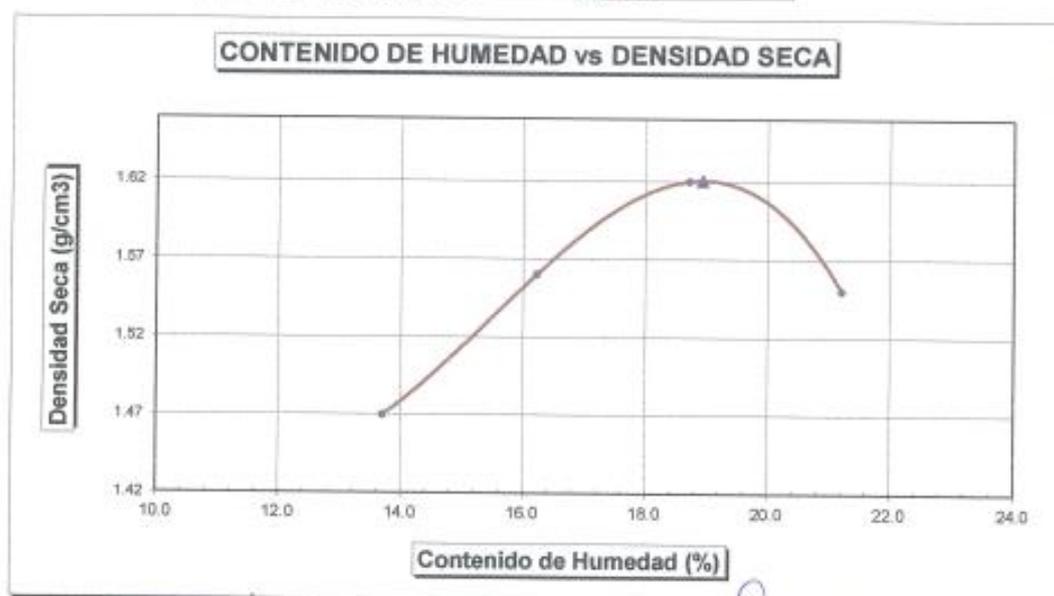
EGEL-CBR N° 738 - 2022
 COLABORADORES TECNOLÓGICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Janson Esai Cárdenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 211803



TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 02
MUESTRA : SUB RASANTE + 2% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

PROCTOR MODIFICADO NTP 339.141 / ASTM D 1557		METODO			
		A			
		PROF	0.00 - 1.50 mts		
		FECHA:	26/05/2022		
MOLDE N°	:	6			
VOLUMEN	:	975	cm ³	— pie ³	
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D			
- Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	4278	4415	4522	4483
- Peso de Molde	(g)	2650	2650	2650	2650
- Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	1628	1765	1872	1833
- Peso Volumétrico Húmedo	(g)	1.670	1.810	1.920	1.880
- Recipiente N°		21	28	8	11
- Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	317.39	325.67	340.81	337.62
- Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	281.58	283.60	291.72	281.79
- Tara	(g)	20.35	24.25	29.36	18.58
- Peso de Agua	(g)	35.81	42.07	49.09	55.83
- Peso de Suelo Seco	(g)	261.23	259.35	262.36	263.21
- Contenido de agua	(%)	13.71	16.22	18.71	21.21
- Peso Volumétrico Seco	(g/cm ³)	1.47	1.56	1.62	1.55

Máxima Densidad Seca : 1.62 g/cm³
 Optimo Contenido de Humedad : 18.93 %



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Tame Miguel Hernández Brown
 LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS E.I.R.L. - 1622-PM-2022
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Jason Esau Cárdenas Angulo
 INGENIERO CIVIL

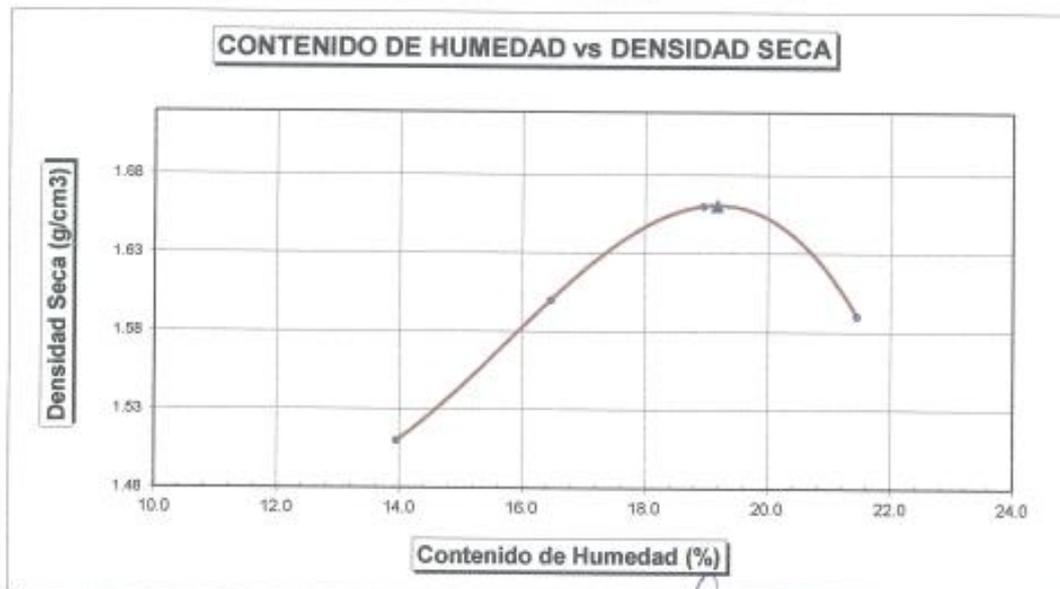


TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 02
MUESTRA : SUB RASANTE + 4% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

PROCTOR MODIFICADO		METODO	A
NTP 339.141 / ASTM D 1557		PROF	0.00 - 1.50 mts
		FECHA:	26/05/2022

MOLDE N°	:	6			
VOLUMEN	:	975	cm ³	—	pie ³
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D			
- Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	4327	4464	4571	4532
- Peso de Molde	(g)	2650	2650	2650	2650
- Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	1677	1814	1921	1882
- Peso Volumétrico Húmedo	(g)	1.720	1.861	1.970	1.930
- Recipiente N°		9	35	41	28
- Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	270.46	278.54	281.63	292.20
- Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	240.58	243.59	240.82	245.83
- Tara	(g)	26.36	31.25	25.47	29.63
- Peso de Agua	(g)	29.88	34.95	40.81	46.37
- Peso de Suelo Seco	(g)	214.22	212.34	215.35	216.20
- Contenido de agua	(%)	13.95	16.46	18.95	21.45
- Peso Volumétrico Seco	(g/cm ³)	1.51	1.60	1.66	1.59

Máxima Densidad Seca : 1.66 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 19.17 %



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 TOME MIGUEL ARRANATEGUI BROWN
 LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L. EGEL-1623-PM-2022
 Janson Esau Cárdenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 211803



TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
 PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
 UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
 CALICATA : C - 02
 MUESTRA : SUB RASANTE + 6% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

PROCTOR MODIFICADO		METODO	A
NTP 339.141 / ASTM D 1557		PROF	0.00 - 1.50 mts
		FECHA:	26/05/2022

MOLDE N°	:	6			
VOLUMEN	:	975	cm ³	---	pie ³
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D			
- Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	4386	4522	4629	4590
- Peso de Molde	(g)	2650	2650	2650	2650
- Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	1736	1872	1979	1940
- Peso Volumétrico Húmedo	(g)	1.781	1.920	2.030	1.990
- Recipiente N°		33	74	41	46
- Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	290.89	297.59	309.55	319.68
- Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	256.59	257.93	263.51	267.57
- Tara	(g)	22.36	25.58	28.15	31.38
- Peso de Agua	(g)	34.10	39.66	46.04	52.11
- Peso de Suelo Seco	(g)	234.23	232.35	235.36	236.21
- Contenido de agua	(%)	14.56	17.07	19.56	22.05
- Peso Volumétrico Seco	(g/cm ³)	1.55	1.64	1.70	1.63

Máxima Densidad Seca : 1.70 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 19.78 %



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Taine Maza Arraizaga Brown
 LABORATORISTA

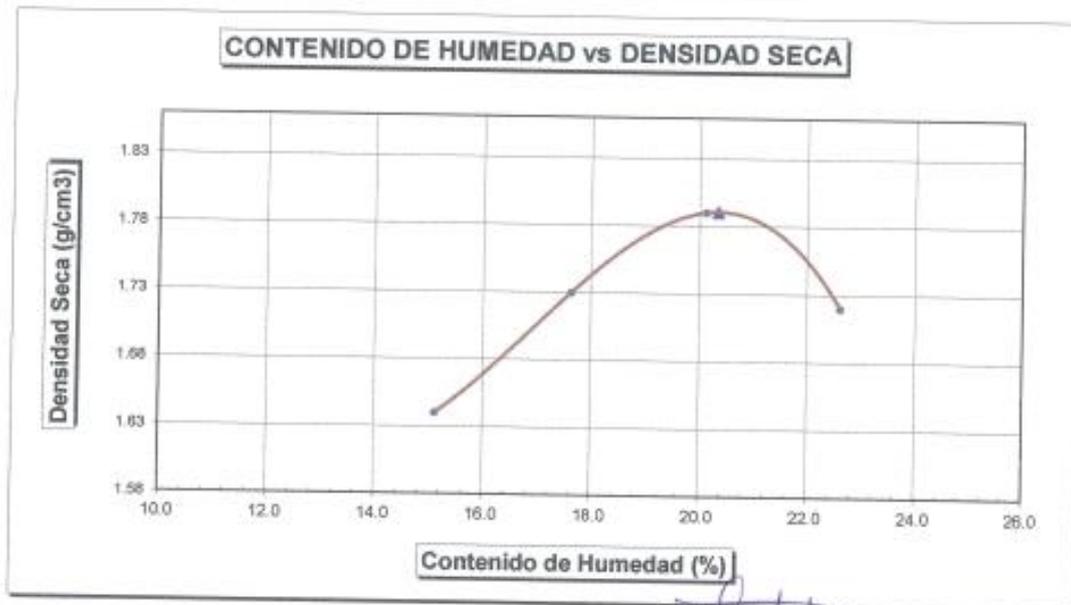
ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 EGEL-1624-PM-2022
 Janson Esau Cárdenas Angulo
 INGENIERO CIVIL



TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA.
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 02
MUESTRA : SUB RASANTE + 8% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

PROCTOR MODIFICADO NTP 339.141 / ASTM D 1557		METODO A			
		PROF 0.00 - 1.50 mts			
		FECHA: 26/05/2022			
MOLDE N°	:	6			
VOLUMEN	:	975 cm ³ — pie ³			
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D			
- Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	4493	4629	4746	4707
- Peso de Molde	(g)	2650	2650	2650	2650
- Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	1843	1979	2096	2057
- Peso Volumétrico Húmedo	(g)	1.890	2.030	2.150	2.110
- Recipiente N°		22	13	24	15
- Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	272.97	281.13	284.04	294.79
- Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	240.58	243.69	240.71	245.89
- Tara	(g)	26.36	31.35	25.36	29.69
- Peso de Agua	(g)	32.39	37.44	43.33	48.90
- Peso de Suelo Seco	(g)	214.22	212.34	215.35	216.20
- Contenido de agua	(%)	15.12	17.63	20.12	22.62
- Peso Volumétrico Seco	(g/cm ³)	1.64	1.73	1.79	1.72

Máxima Densidad Seca : 1.79 gr/cm³
 Optimo Contenido de Humedad : 20.34 %



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 TERRY MIGUEL ARRIATEGUI BARRON

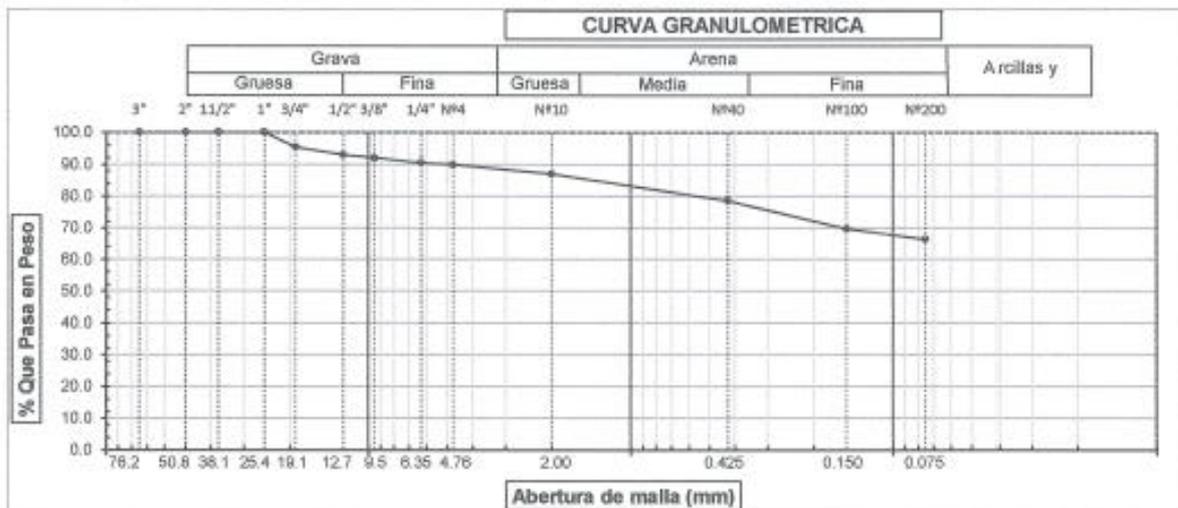
ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L. - I.B.G.E.L.-1625-PM-2022
 Jansón Esau Cárdenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 211803



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(N.T.P. 339.128 / ASTM - D422)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 23/05/2022
CALICATA : 03 **MUESTRA N°:** M - 01 **PROFUNDIDAD :** 0.00 - 1.50 mts.

ABERTURA MALLA (Pul)	(mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200					PESO TOTAL : 822.9
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO : 545.5
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					LÍMITE LÍQUIDO : 42.41
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0	LÍMITE PLÁSTICO : 22.98
3/4"	19.050	38.10	4.6	4.6	95.4	ÍNDICE PLÁSTICIDAD : 19.43
1/2"	12.700	20.20	2.5	7.1	92.9	
3/8"	9.525	8.00	1.0	8.1	92.0	CLASF. AASHTO : A-7-6 (11)
1/4"	6.350	11.80	1.4	9.5	90.5	CLASF. SUCS : CL
Nº4	4.760	5.60	0.7	10.2	89.8	
Nº8	2.380	14.50	1.8	11.9	88.1	HUMEDAD NATURAL :
Nº10	2.000	9.50	1.2	13.1	86.9	
Nº16	1.190	28.40	3.5	16.5	83.5	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº20	0.840	11.00	1.3	17.9	82.1	Arcilla de mediana plasticidad
Nº30	0.590	14.50	1.8	19.6	80.4	
Nº40	0.425	15.40	1.9	21.5	78.5	
Nº50	0.300	41.50	5.0	26.5	73.5	
Nº60	0.180	16.30	2.0	28.5	71.5	
Nº100	0.150	15.30	1.9	30.4	69.6	MÓDULO DE FINEZA
Nº200	0.075	27.30	3.3	33.7	66.3	Coef. Uniformidad
< Nº 200	FONDO	545.50	66.3	100.0	0	Coef. Curvatura



EGEL - LG - 383 - 2022

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAJOS DE LABORATORIOS E.L.R.L.
Taine Mayra Armattegui Brown
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAJOS DE LABORATORIOS E.L.R.L.
Janson Esau Cárdenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 211803



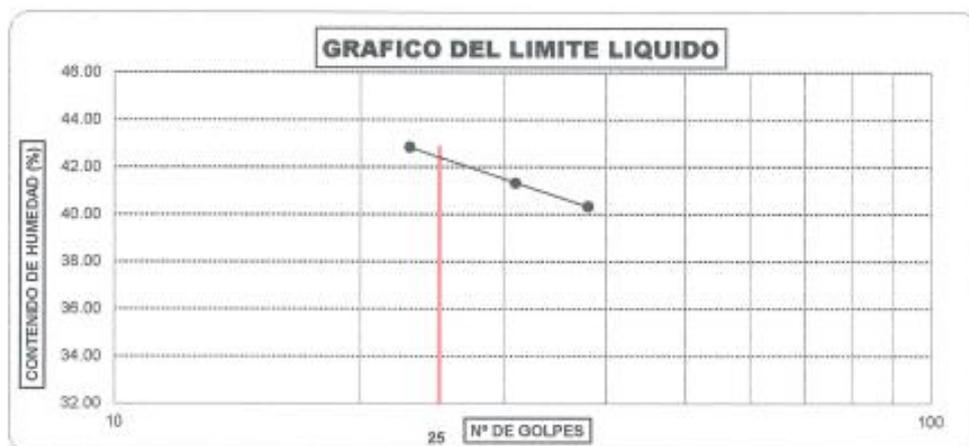
LIMITES DE ATTERBERG
(N.T.P. 339.129 / ASTM - D423)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 23/05/2022
CALICATA : 03

MUESTRA N°: M - 01

PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 mts.

DATOS DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	7	24	15	6	---	---
N° de tarro	7	24	15	6	---	---
N° de golpes	23	31	38	---	---	---
Tarro + suelo húmedo	61.56	66.10	69.36	22.63	---	---
Tarro + suelo seco	46.82	50.94	53.61	20.15	---	---
Agua	14.74	15.16	15.75	2.48	---	---
Peso del tarro	12.41	14.25	14.56	9.36	---	---
Peso del suelo seco	34.41	36.69	39.05	10.79	---	---
Porcentaje de humedad	42.84	41.32	40.33	22.98	---	---



LIMITE DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	42.41
Límite Plástico	22.98
Índice de Plasticidad	19.43

MUESTRA:	03 / M - 01
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-7-6 (11)

Observaciones:

EGEL - L.O. - 383 - 2022

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.L.R.L.
Taine Masu Arvanategui Brown
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.L.R.L.
Janson Esau Cárdenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 214903



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS
 DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 30/05/2022
CALIGATA : C - 03
PROF : 0.00 - 1.50 MTS
MUESTRA : SUB RASANTE

C.B.R.

MOLDE N°	8		12		4	
	56		25		12	
N° DE GOLPES POR CAPA						
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	8,368	8,439	8,523	8,617	8,701	8,881
PESO DEL MOLDE (g)	4,322	4,322	4,612	4,612	4,951	4,951
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	4046	4117	3911	4005	3750	3930
VOLUMEN DEL SUELO (g)	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1.89	1.92	1.83	1.87	1.75	1.83
CAPSULA N°	7	18	4	23	35	7
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (g)	326.19	342.30	328.86	340.50	332.45	372.98
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	282.71	295.31	284.39	280.66	290.91	315.27
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	42.48	46.99	44.47	49.85	41.54	57.71
PESO DE CAPSULA (g)	26.36	32.36	22.35	28.58	41.25	48.35
PESO DE SUELO SECO (g)	256.35	262.95	262.04	262.07	249.66	288.92
HUMEDAD (%)	16.57%	17.87%	16.97%	19.02%	16.64%	21.46%
DENSIDAD SECA	1.62	1.63	1.66	1.67	1.50	1.51

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
25-May	17:45 p.m	0 hrs	0.000			0.00			0.00		0.000
26-May	17:45 p.m	24 hrs	16.232	16.232	13.957	16.52	16.524	14.208	16.79	16.785	14.433
27-May	17:45 p.m	48 hrs	16.323	16.323	14.036	16.59	16.587	14.262	16.83	16.825	14.4689
28-May	17:45 p.m	72 hrs	16.387	16.387	14.09	16.62	16.623	14.293	16.89	16.885	14.5185
29-May	17:45 p.m	96 hrs	16.415	16.415	14.114	16.70	16.698	14.358	16.97	16.965	14.567

PENETRACION

PENETRACION mm.	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg ²)	MOLDE N° 8				MOLDE N° 12				MOLDE N° 4			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Lectura	lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg ²	%
0.020		4.40	51	17.00		3.10	36	12.00		1.80	21	7.00	
0.040		9.00	105	35.00		6.40	75	25.00		3.80	45	15.00	
0.060		13.10	153	51.00		8.50	111	37.00		5.60	66	22.00	
0.080		17.20	201	67.00		12.60	147	49.00		7.40	87	29.00	
0.100	1000	21.40	250.5	83.50	8.35	15.60	183	61.00	6.10	9.20	108	36.00	3.60
0.200	1500	34.90	408	136.00		25.40	297	99.00		15.10	177	59.00	
0.300		44.40	519	173.00		32.30	378	126.00		19.20	225	75.00	
0.400		51.30	600	200.00		37.40	438	146.00		22.10	258	86.00	
0.500		53.60	627	209.00		39.20	459	153.00		23.10	270	90.00	

EGEL-CBR N° 729 - 2022

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Tame Miguel Arundátegui Brown
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Janson Esau Cadenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 211603



GRAFICO DEL CBR

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

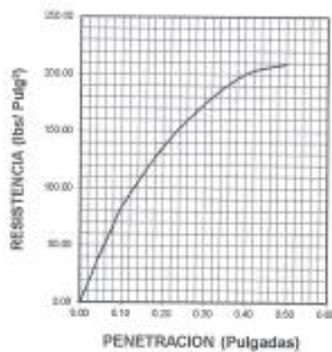
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS
DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 03

FECHA: 30/05/2022

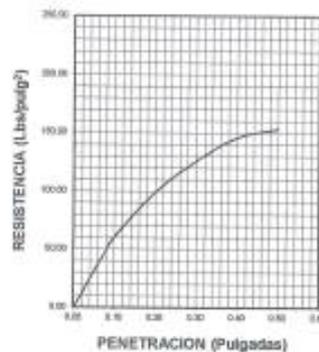
DATOS DEL PROCTOR	
Densidad Máxima (gr/cm ³)	1.62
Humedad Óptima (%)	16.57

DATOS DEL C.B.R.	
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	5.25

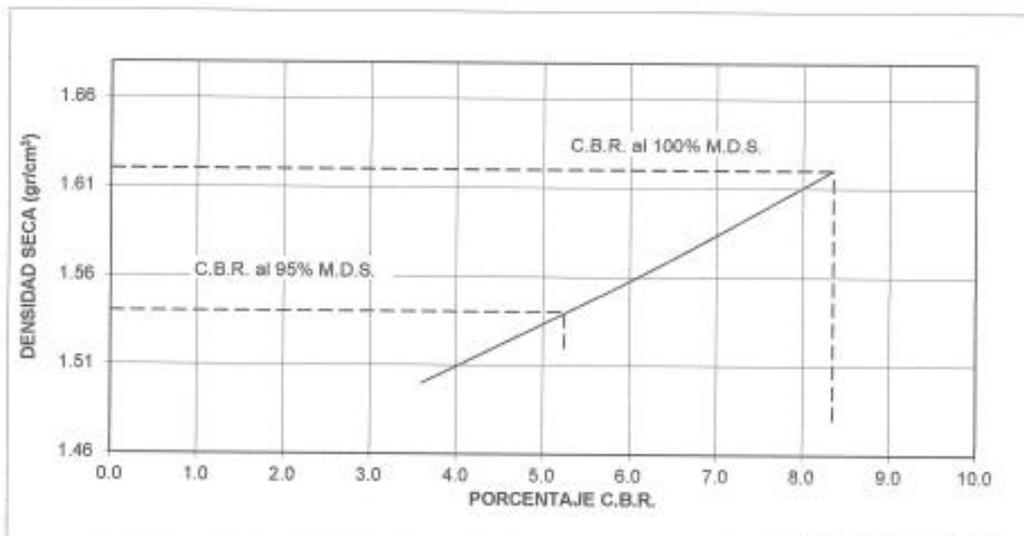
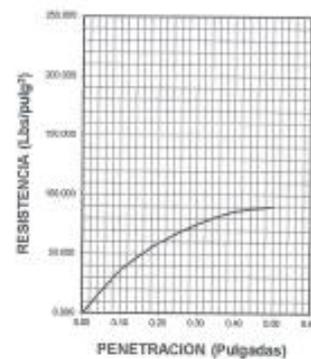
56 GOLPES



25 GOLPES



12 GOLPES



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Yaine Maquei Jirandegui Jimar
LABORATORISTA

EGEL-CBR N° 729 - 2022
ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Jansón Esau Cárdenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 211803



TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 03
MUESTRA : SUB RASANTE

PROCTOR MODIFICADO		METODO	A
NTP 339.141 / ASTM D 1557		PROF	0.00 - 1.50 mts
		FECHA:	24/05/2022

MOLDE N°	:				
VOLUMEN	:	977	cm ³		pie ³
METODO DE COMPACTACION		AASHTO T - 180 D			
- Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	4252	4389	4487	4448
- Peso de Molde	(g)	2850	2850	2850	2850
- Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	1802	1738	1837	1798
- Peso Volumétrico Húmedo	(g)	1.840	1.780	1.880	1.840
- Recipiente N°		22	28	23	15
- Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	302.85	317.98	337.56	347.96
- Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	274.46	283.58	296.48	300.44
- Tara	(g)	24.36	35.36	45.25	48.36
- Peso de Agua	(g)	28.39	34.40	41.08	47.52
- Peso de Suelo Seco	(g)	250.10	248.22	251.23	252.08
- Contenido de agua	(%)	11.35	13.88	16.35	18.85
- Peso Volumétrico Seco	(g/cm ³)	1.47	1.56	1.62	1.55

Máxima Densidad Seca : 1.62 gr/cm³
 Optimo Contenido de Humedad : 16.57 %



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.

INGENIERO GEOTÉCNICO Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Jansón Esau Cárdenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 211803

EGEL-1617-PM-2022



EGEL Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.

Dirección Av. Augusto B. Leguía Nro 1001 - Ferreñafe y/o Ca. Los Eucaliptos Mz. H - Lte. 6 -
La Molina - Sector II - Zona A - Piura - Teléfono 074-583735 - Cel. 978175500 - Rpm * 789102



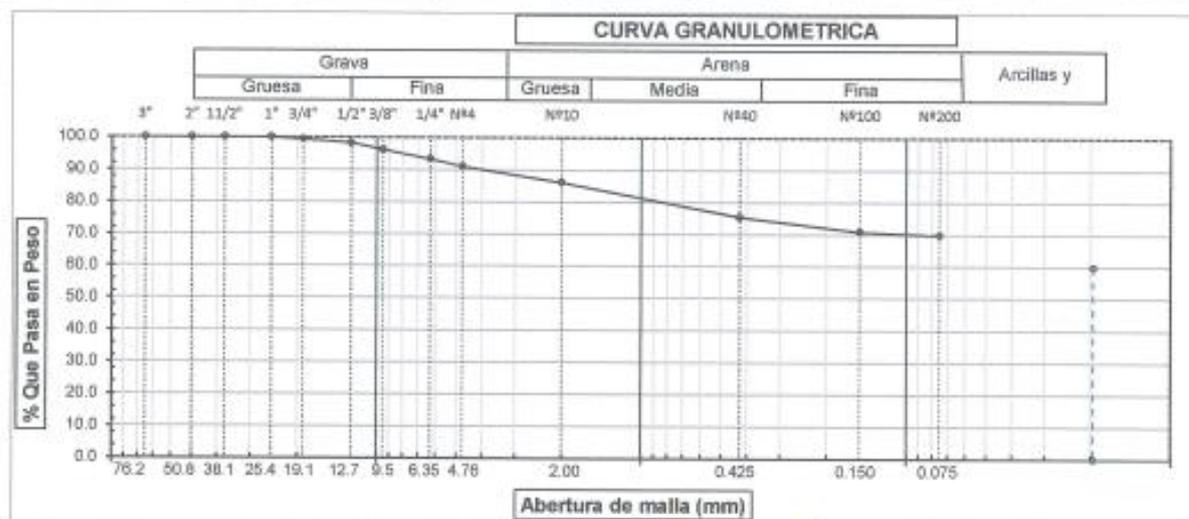
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(N.T.P. 339.128 / ASTM - D422)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 26/05/2022
CALICATA : 03

MUESTRA N°: M - 01

PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.50 mts.

ABERTURA MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)					
3"	76.200					PESO TOTAL : 487.8
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO : 326.6
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 41.80
3/4"	19.050	2.80	0.6	0.6	99.4	LIMITE PLASTICO : 23.09
1/2"	12.700	5.50	1.2	1.8	98.2	INDICE PLASTICIDAD : 18.71
3/8"	9.525	9.60	2.1	3.8	96.2	CLASF. AASHTO : A-7-6 (10)
1/4"	6.350	13.50	2.9	6.7	93.3	CLASF. SUCS : CL
Nº4	4.760	10.50	2.3	9.0	91.0	
Nº8	2.380	9.60	2.1	11.0	89.0	HUMEDAD NATURAL :
Nº10	2.000	13.30	2.8	13.9	86.1	
Nº16	1.190	15.80	3.4	17.2	82.8	DESCRIPCION DEL SUELO :
Nº20	0.840	16.50	3.5	20.8	79.2	Arcilla de mediana plasticidad
Nº30	0.590	7.50	1.6	22.4	77.6	SUB RASANTE + 2% DE TERRAZIME
Nº40	0.425	10.30	2.2	24.6	75.4	
Nº50	0.300	8.60	1.8	26.4	73.6	
Nº80	0.180	5.50	1.2	27.6	72.4	
Nº100	0.150	7.40	1.6	29.2	70.8	MODULO DE FINEZA
Nº200	0.075	4.60	1.0	30.2	69.9	Coef. Uniformidad
< Nº 200	FONDO	326.60	69.9	100.0	0	Coef. Curvatura



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Tante Miguel A. Arataga Brown
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Janson Esau Cárdenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 211603

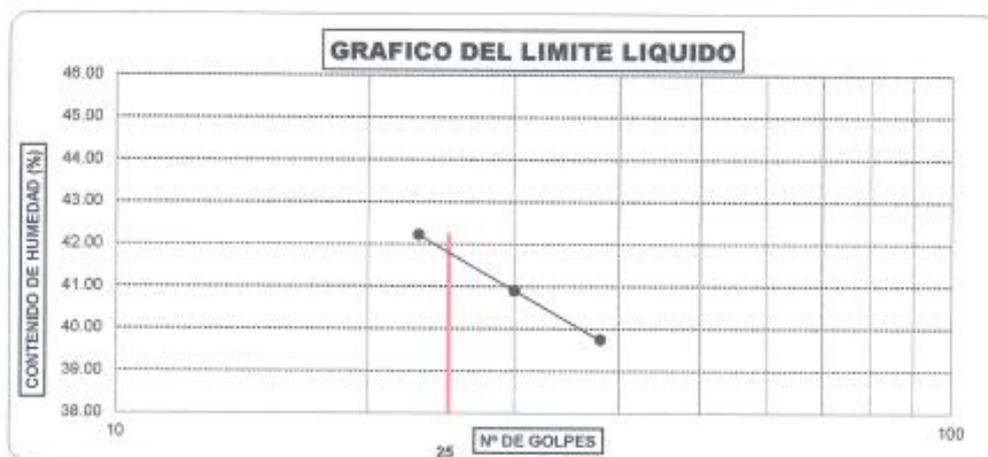
EGEL - LO - 392 - 2022



LIMITES DE ATTERBERG
(N.T.P. 339.129 / ASTM - D423)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 29/05/2022
CALICATA : 03 **MUESTRA N°:** M - 01 **PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 mts.

DATOS DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
N° de tarro	16	74	41	16	---	---
N° de golpes	23	30	38	---	---	---
Tarro + suelo húmedo	55.36	57.40	60.55	23.35	---	---
Tarro + suelo seco	42.66	44.36	46.94	20.60	---	---
Agua	12.5	13.04	13.61	2.75	---	---
Peso del tarro	13.25	12.47	12.69	8.69	---	---
Peso del suelo seco	29.61	31.89	34.25	11.91	---	---
Porcentaje de humedad	42.22	40.89	39.74	23.09	---	---



LIMITE DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	41.80
Límite Plástico	23.09
Índice de Plasticidad	18.71

MUESTRA:	03 / M - 01
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-7-6 (10)

Observaciones: SUBRASANTE + 2% DE TERRAZIME

EGED - LG - 392 - 2022

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Miguel Prunzberg Brown
LABORANTISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Janson Esco Carreñas Angulo
INGENIERO CIVIL
RUC CIP 281003



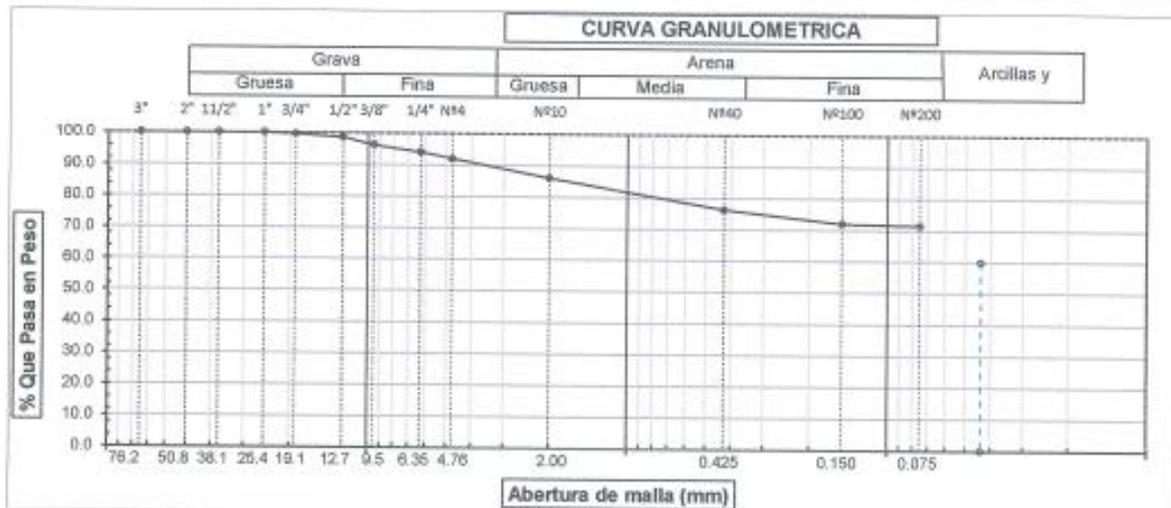
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(N.T.P. 339.128 / ASTM - D422)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 26/05/2022
CALICATA : 03

MUESTRA N°: M - 01

PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 mts.

ABERTURA MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)					
3"	76.200					PESO TOTAL : 470.8
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO : 336.6
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO : 40.21
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 21.94
3/4"	19.050	1.90	0.4	0.4	99.6	INDICE PLASTICIDAD : 18.27
1/2"	12.700	4.50	1.0	1.4	98.6	
3/8"	9.525	11.30	2.4	3.8	96.2	CLASF. AASHTO : (11)
1/4"	6.350	10.60	2.3	6.0	94.0	CLASF. SUCS : CL
N°4	4.760	9.60	2.0	8.1	92.0	
N°8	2.380	15.20	3.2	11.3	88.7	HUMEDAD NATURAL :
N°10	2.000	12.50	2.7	13.9	86.1	
N°16	1.190	14.80	3.1	17.1	82.9	DESCRIPCION DEL SUELO :
N°20	0.840	10.20	2.2	19.3	80.8	Arcilla de mediana plasticidad
N°30	0.590	11.50	2.4	21.7	78.3	SUB RASANTE + 4% DE TERRAZIME
N°40	0.425	9.60	2.0	23.7	76.3	
N°50	0.300	5.90	1.3	25.0	75.0	
N°80	0.180	7.80	1.7	26.6	73.4	
N°100	0.150	6.30	1.3	28.0	72.0	MODULO DE FINEZA
N°200	0.075	2.30	0.5	28.5	71.5	Coef. Uniformidad
< N° 200	FONDO	338.60	71.5	100.0	0	Coef. Curvatura



EGEL - LG - 393 - 2022

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Tame Miguel Arzategar Brown
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Janson Esau Cardenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 11103



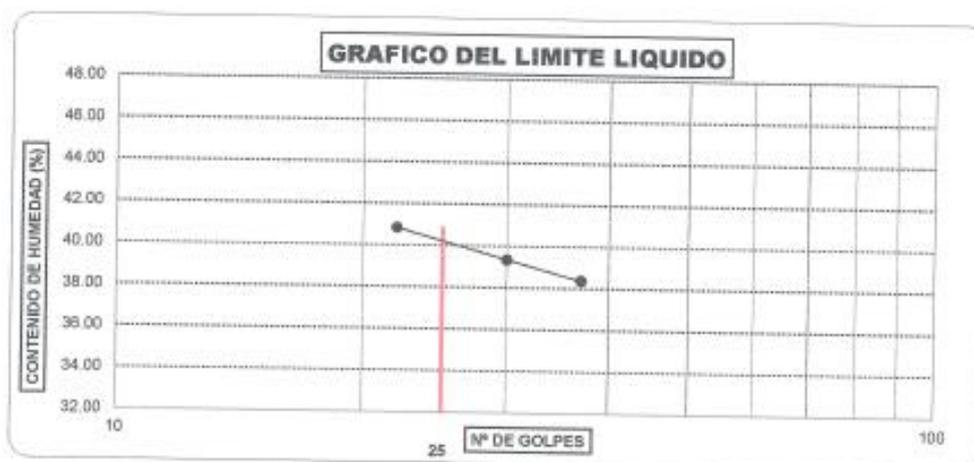
LIMITES DE ATTERBERG
(N.T.P. 339.129 / ASTM - D423)

SOLICITANTE : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 26/05/2022
CALICATA : 03

MUESTRA N°: M - 01

PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50 mts.

DATOS DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	65	29	65	78	---	---
N° de tarro	86	29	65	78	---	---
N° de golpes	22	30	37	---	---	---
Tarro + suelo húmedo	59.36	64.19	66.66	22.59	---	---
Tarro + suelo seco	45.75	50.18	52.09	20.21	---	---
Agua	13.61	14.01	14.57	2.38	---	---
Peso del tarro	12.41	14.56	14.11	9.36	---	---
Peso del suelo seco	33.34	35.62	37.98	10.85	---	---
Porcentaje de humedad	40.82	39.33	38.36	21.94	---	---



LIMITE DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	40.21
Límite Plástico	21.94
Índice de Plasticidad	18.27

MUESTRA:	03 / M - 01
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	(11)

Observaciones: SUBRASANTE + 4% DE TERRAZIME

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Tiene: Marco Armasátegui Bernal
LABORATORIO Nº 4

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Jansón Esau Cárdenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP Nº 271803

EGEL - L.O - 393 - 2022



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.146

TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
FECHA : 1/08/2022
CALICATA : C - 03
PROF : 0.00 - 1.50 MTS
MUESTRA : SUB RASANTE + 8% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

C.B.R.

MOLDE N°	30		42		36	
	58		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	9,082	9,137	9,278	9,379	9,502	9,701
PESO DEL MOLDE (g)	4,521	4,521	4,874	4,874	5,283	5,283
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	4541	4616	4404	4505	4239	4438
VOLUMEN DEL SUELO (g)	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	2.12	2.15	2.06	2.1	1.98	2.07
CAPSULA N°	16	39	28	89	16	3
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (g)	291.05	309.03	310.73	320.62	287.50	328.07
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	249.05	262.75	266.74	271.82	248.56	269.95
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	42.01	46.28	43.99	48.8	40.94	58.12
PESO DE CAPSULA (g)	20.36	27.46	32.36	37.41	24.56	28.69
PESO DE SUELO SECO (g)	228.69	235.29	234.38	234.41	222	241.26
HUMEDAD (%)	18.37%	19.67%	18.77%	20.82%	18.44%	23.28%
DENSIDAD SECA	1.79	1.80	1.73	1.74	1.67	1.68

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
28-May	11:20 a.m	0 hrs	0.000			0.00			0.00		
29-May	11:20 a.m	24 hrs	12.474	12.474	10.726	12.75	12.745	10.959	13.13	13.125	11.285
30-May	11:20 a.m	48 hrs	12.589	12.589	10.807	12.86	12.856	11.054	13.23	13.232	11.3775
31-May	11:20 a.m	72 hrs	12.587	12.587	10.823	12.94	12.936	11.123	13.29	13.285	11.423
1-Jun	11:20 a.m	96 hrs	12.623	12.623	10.854	13.00	12.988	11.176	13.36	13.362	11.489

PENETRACION

PENETRACION psig	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg ²)	MOLDE N° 30				MOLDE N° 42				MOLDE N° 36			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Lectura	lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg ²	%
0.020		13.90	162	54.00		10.00	117	39.00		6.20	72	24.00	
0.040		29.00	339	113.00		21.00	246	82.00		12.60	147	49.00	
0.060		42.60	498	166.00		30.80	360	120.00		18.50	216	72.00	
0.080		55.90	654	218.00		40.50	474	158.00		24.10	282	94.00	
0.100	1000	69.70	816	272.00	27.20	50.50	591	197.00	19.70	30.30	354	118.00	
0.200	1500	113.80	1329	443.00		82.30	983	321.00		49.20	576	192.00	
0.300		144.40	1689	563.00		104.60	1224	408.00		62.60	732	244.00	
0.400		167.40	1969	653.00		121.30	1419	473.00		72.60	849	283.00	
0.500		174.40	2040	680.00		125.40	1479	493.00		75.60	885	295.00	

EGEL-CBR N° 741 - 2022

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Taine Miguel Armatzegui Broxin
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Janson Espo Cárdenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. C.P. 211802



EGEL Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.

Dirección Av. Augusto B. Leguía Nro 1001 - Ferreñafe y/o Ca. Los Eucaliptos Mz. H - Lte. 6 - La Molina - Sector II - Zona A - Piura - Teléfono 074-583735 - Cel. 978175500 - Rpm * 789102



GRAFICO DEL CBR

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193 - NTP 339.145

PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 03 **FECHA:** 1/06/2022
MUESTRA : SUB RASANTE + 8% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

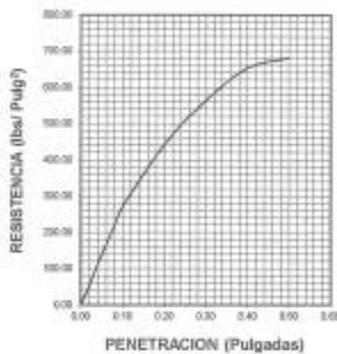
DATOS DEL PROCTOR

Densidad Máxima (gr/cm ³)	1.79
Humedad Óptima (%)	18.37

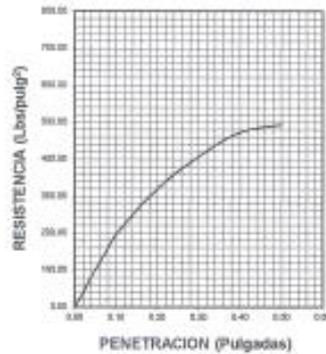
DATOS DEL C.B.R.

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	27.20
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	15.70

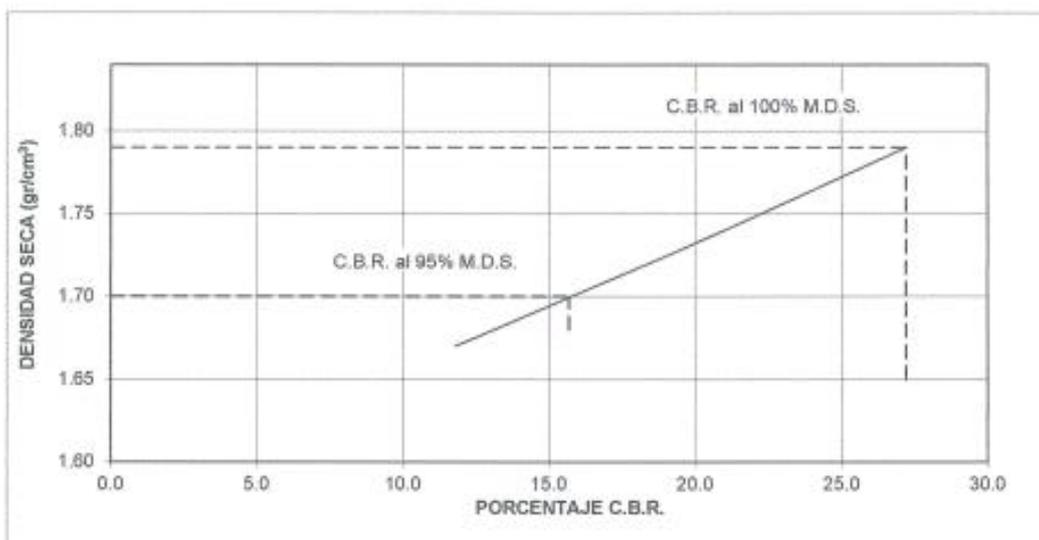
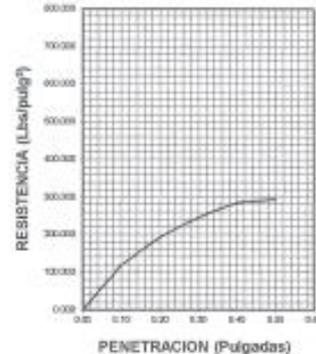
56 GOLPES



25 GOLPES



12 GOLPES



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Taise María Armattegui Brown
 LABORATORISTA

EGEL-CBR N° 741 - 2022

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Janson Esau Cárdenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 N° 211803



EGEL Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.

Dirección Av. Augusto B. Leguía Nro 1001 - Ferreñafe y/o Ca. Los Eucaliptos Mz. H - Lte. 6 -
La Molina - Sector II - Zona A - Piura - Teléfono 074-583735 - Cel. 978175500 - Rpm * 789102

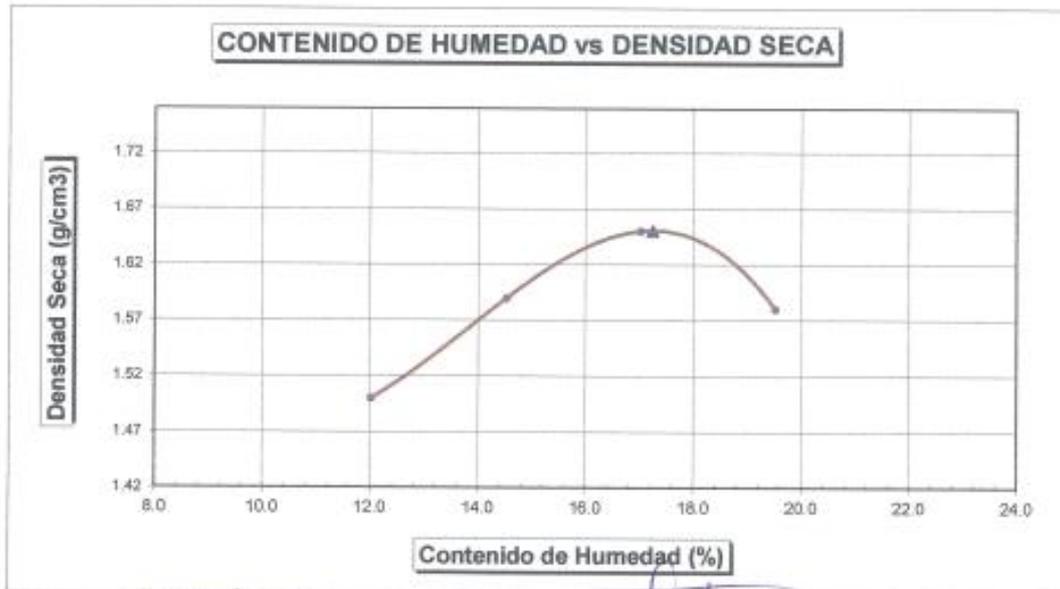


TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 03
MUESTRA : SUB RASANTE + 2% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

PROCTOR MODIFICADO		METODO	A
NTP 339.141 / ASTM D 1557		PROF	0.00 - 1.50 mts
		FECHA:	27/05/2022

MOLDE N°	:	3			
VOLUMEN	:	986	cm ³	---	pie ³
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D			
- Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	4306	4445	4553	4514
- Peso de Molde	(g)	2650	2650	2650	2650
- Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	1656	1795	1903	1864
- Peso Volumétrico Húmedo	(g)	1.680	1.820	1.930	1.890
- Recipiente N°		24	52	62	33
- Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	231.61	237.41	239.01	253.79
- Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	209.48	210.93	207.48	217.46
- Tara	(g)	25.36	26.69	22.23	31.36
- Peso de Agua	(g)	22.13	26.48	31.53	36.33
- Peso de Suelo Seco	(g)	184.12	182.24	185.25	186.10
- Contenido de agua	(%)	12.02	14.53	17.02	19.52
- Peso Volumétrico Seco	(g/cm ³)	1.50	1.59	1.65	1.58

Máxima Densidad Seca : 1.65 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 17.24 %



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Taine Manuel Arrunategui Brouk
 LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Jansón Esau Cárdenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 REG. C.P. 211003

EGEL-1626-PM-2022

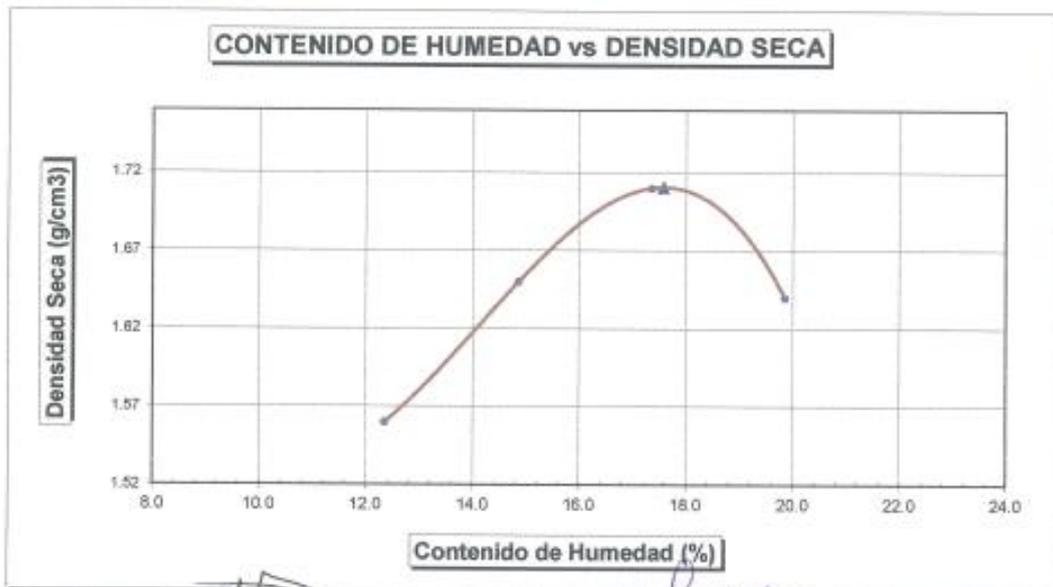


TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HIJAMBOS - CAJAMARCA.
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 03
MUESTRA : SUB RASANTE + 4% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

PROCTOR MODIFICADO NTP 339.141 / ASTM D 1557	METODO	A
	PROF	0.00 - 1.50 mts
	FECHA:	27/05/2022

MOLDE N°	:	3				
VOLUMEN	:	986	cm ³	---	pie ³	
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D				
- Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	4376	4523	4632	4592	
- Peso de Molde	(g)	2650	2650	2650	2650	
- Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	1726	1873	1982	1942	
- Peso Volumétrico Húmedo	(g)	1.751	1.900	2.010	1.970	
- Recipiente N°		16	33	2	14	
- Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	264.04	279.25	284.98	280.38	
- Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	237.58	247.70	247.80	237.46	
- Tara	(g)	23.36	35.36	32.25	21.26	
- Peso de Agua	(g)	26.46	31.55	37.36	42.92	
- Peso de Suelo Seco	(g)	214.22	212.34	215.35	216.20	
- Contenido de agua	(%)	12.35	14.86	17.35	19.85	
- Peso Volumétrico Seco	(g/cm ³)	1.58	1.85	1.71	1.64	

Máxima Densidad Seca : 1.71 g/cm³
 Optimo Contenido de Humedad : 17.57 %



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.

Taine Miguel Amategui Brown
 LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L. EGEL-1627-PM-2022

Janson Esca Carrienas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 R.P.C. CIP 211803

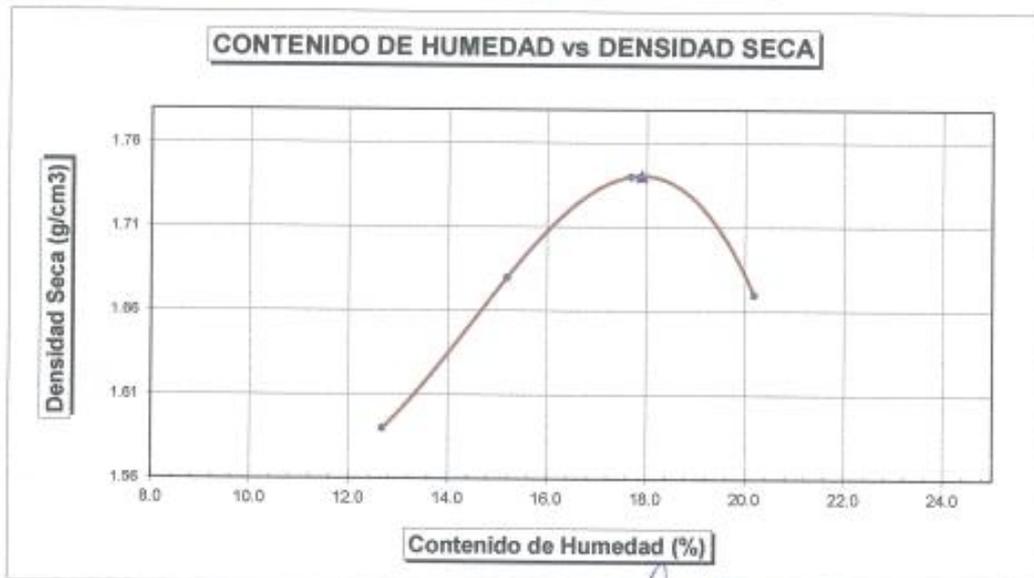


TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 03
MUESTRA : SUB RASANTE + 6% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

PROCTOR MODIFICADO		METODO	
NTP 339.141 / ASTM D 1557		A	
		PROF	0.00 - 1.50 mts
		FECHA:	27/05/2022

MOLDE N°	:	3		
VOLUMEN	:	986 cm³		
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D		
- Peso Suelo Húmedo + Molde (g)	4415	4563	4671	4832
- Peso de Molde (g)	2850	2650	2650	2650
- Peso Suelo Húmedo Compactado (g)	1765	1913	2021	1982
- Peso Volumétrico Húmedo (g)	1.790	1.940	2.050	2.010
- Recipiente N°	6	27	29	38
- Peso de Suelo Húmedo + Tara (g)	321.17	322.77	346.28	349.09
- Peso de Suelo Seco + Tara (g)	287.92	283.22	299.72	295.77
- Tara (g)	25.89	22.07	36.38	31.56
- Peso de Agua (g)	33.25	39.55	46.56	53.32
- Peso de Suelo Seco (g)	262.23	260.35	263.38	264.21
- Contenido de agua (%)	12.68	15.19	17.68	20.18
- Peso Volumétrico Seco (g/cm ³)	1.59	1.68	1.74	1.87

Máxima Densidad Seca : 1.74 g/cm³
Óptimo Contenido de Humedad : 17.90 %



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.

Tatse Migué Armattegui Brown
 LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.

Jansonyssau Cárdenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 R.C.T. N° 211603

EGEL-1628-PM-2022



EGEL Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.L.R.L.

Dirección Av. Augusto B. Leguía Nro 1001 - Ferreñafe y/o Ca. Los Eucaliptos Mz. H - Lte. 6 - La Molina - Sector II - Zona A - Piura - Teléfono 074-583735 - Cel. 978175500 - Rpm * 789102



TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
CALICATA : C - 03
MUESTRA : SUB RASANTE + 8% DE TERRAZIME (ESTABILIZADOR DE SUELOS)

PROCTOR MODIFICADO NTP 339.141 / ASTM D 1557	METODO	A
	PROE	0.00 - 1.50 mts
	FECHA:	27/05/2022

MOLDE N°	:	3				
VOLUMEN	:	986	cm ³	---	---	pie ³
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D				
- Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	4484	4622	4730	4701	
- Peso de Molde	(g)	2650	2650	2650	2650	
- Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	1834	1972	2080	2051	
- Peso Volumétrico Húmedo	(g)	1.880	2.000	2.110	2.080	
- Recipiente N°		36	35	78	45	
- Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	272.09	279.12	296.88	297.75	
- Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	243.79	245.71	257.61	252.90	
- Tara	(g)	28.56	32.36	41.25	35.69	
- Peso de Agua	(g)	28.30	33.41	39.27	44.85	
- Peso de Suelo Seco	(g)	215.23	213.35	216.36	217.21	
- Contenido de agua	(%)	13.15	15.66	18.15	20.65	
- Peso Volumétrico Seco	(g/cm ³)	1.64	1.73	1.79	1.72	

Máxima Densidad Seca : 1.79 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 18.37 %



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.L.R.L.

Taine Miguel Armatrigui Brown
 LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.L.R.L. EGEL-1629-PM-2022

Janson Esau Cárdenas Angulo
 INGENIERO CIVIL
 RUC CIP 211803



**HUMEDAD NATURAL
ASTM D - 2216**

TESISTA : LUCY DEL ROSARIO TERRONES TELLO
 PROYECTO : USO DE ENZIMAS ORGÁNICAS COMO ESTABILIZADOR DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS
 DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS, DISTRITO DE HUAMBOS - CAJAMARCA
 UBICACIÓN : DISTRITO HUAMBOS - PROVINCIA CHOTA - DEPARTAMENTO CAJAMARCA
 FECHA : 23/05/2022

CALICATA	C - 01	C - 02	C - 03
MUESTRA	M - 1	M - 1	M - 1
PROFUNDIDAD	0.00 - 1.50	0.00 - 1.50	0.00 - 1.50
Nº Recipiente	27	41	16
Peso Suelo Húmedo + Recipiente	264.50	184.60	255.80
Peso Suelo Seco + Recipiente	213.30	150.70	205.60
Peso del Agua	51.20	33.90	50.20
Peso Recipiente	39.60	39.30	55.00
Peso Suelo Seco	173.70	111.40	150.60
Porcentaje de Humedad	29.48%	30.43%	33.33%
CALICATA			
MUESTRA			
PROFUNDIDAD			
Nº Recipiente			
Peso Suelo Húmedo + Recipiente			
Peso Suelo Seco + Recipiente			
Peso del Agua			
Peso Recipiente			
Peso Suelo Seco			
Porcentaje de Humedad			
CALICATA			
MUESTRA			
PROFUNDIDAD			
Nº Recipiente			
Peso Suelo Húmedo + Recipiente			
Peso Suelo Seco + Recipiente			
Peso del Agua			
Peso Recipiente			
Peso Suelo Seco			
Porcentaje de Humedad			

EGEL - 0985 - HN - 2022

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Taine Miguel Arangoqui Brown
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
Janson Esteban Cadenas Angulo
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 211003

ANEXO II: CERTIFICADO DE CALIBRACION DE EQUIPOS



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Proceso 012-033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-013-2022

Página: 1 de 3

Expediente : T 012-2022
 Fecha de Emisión : 2022-01-11

1. Solicitante : ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE LABORATORIOS EIRL
 Dirección : CALAUGUSTO B. LEGUIA NRO. 1001 - FERREÑAFE - LAMBAYEQUE

2. Instrumento de Medición : BALANZA
 Marca : OHAUS
 Modelo : R21PE30ZH
 Número de Serie : B845372716
 Alcance de Indicación : 30 000 g
 División de Escala de Verificación (e) : 1 g
 División de Escala Real (d) : 1 g
 Procedencia : NO INDICA
 Identificación : NO INDICA
 Tipo : ELECTRÓNICA
 Ubicación : LOCAL
 Fecha de Calibración : 2022-01-11

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

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

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración

LOCAL de ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE LABORATORIOS EIRL
CALAUGUSTO B. LEGUIA NRO. 1001 - FERREÑAFE - LAMBAYEQUE



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Angeles 963 - LIMA #2 Telf. 292-0100

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-013-2022

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	25,0	25,1
Humedad Relativa	74,7	75,7

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE21-C-0084-2021
	Pesa (exactitud F1)	M-0527-2020
	Pesa (exactitud F1)	M-0526-2020
	Pesa (exactitud F1)	M-0529-2020

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 30 000 g
 Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 29 992 g para una carga de 30 000 g
 El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.
 Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009 Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.
 Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
 Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

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

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición Nº	Carga L1= 15 000,0 g	Temp. (°C)		Carga L2= 30 000,0 g	ΔL (g)	E (g)
		Inicial	Final			
		25,0	25,0			
1	15 000	0,7	-0,2	30 001	0,6	0,9
2	15 000	0,6	-0,1	30 001	0,9	0,6
3	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,7	-0,2
4	15 000	0,7	-0,2	30 001	0,8	0,9
5	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,8	-0,3
6	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,9	-0,4
7	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,7	-0,2
8	15 000	0,8	-0,1	30 001	0,6	0,9
9	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,8	-0,3
10	15 000	0,7	-0,2	30 001	0,9	0,8
Diferencia Máxima					0,3	1,3
Error máximo permitido ±		2 g		±	3 g	



Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

PT-06 F05 / Diciembre 2015 / Rev 02

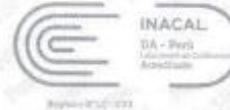
Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 - Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
 PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

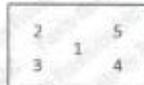
Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC-033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-013-2022

Página 3 de 3



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E _o				Determinación del Error corregido				
	Carga máxima (g)	I (g)	Al (g)	E _o (g)	Carga L (g)	I (g)	Al (g)	E (g)	E _c (g)
1	10,0	10	0,6	-0,1	10 000,0	9 999	0,9	-1,4	-1,3
2		10	0,9	-0,4		9 999	0,6	-1,1	-0,7
3		10	0,7	-0,2		10 000	0,7	-0,2	0,0
4		10	0,8	-0,3		9 999	0,8	-1,3	-1,0
5		10	0,7	-0,2		9 999	0,9	-1,4	-1,2
Temp. (°C) Inicial: 25,0 Final: 25,0									
Error máximo permitido: ± 2 g									

(*) valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	I (g)	Al (g)	E (g)	E _c (g)	I (g)	Al (g)	E (g)	E _c (g)	
10,0	10	0,9	-0,4						
50,0	50	0,7	-0,2	0,2	50	0,6	-0,1	0,3	1
500,0	499	0,6	-1,1	-0,7	500	0,9	-0,4	0,0	1
2 000,0	1 999	0,8	-1,3	-0,9	2 000	0,7	-0,2	0,2	1
5 000,0	4 999	0,7	-1,2	-0,8	5 000	0,6	-0,1	0,3	1
7 000,0	6 999	0,9	-1,4	-1,0	7 000	0,8	-0,3	0,1	2
10 000,0	9 999	0,8	-1,3	-0,9	10 000	0,9	-0,4	0,0	2
15 000,0	14 999	0,7	-1,2	-0,8	15 000	0,7	-0,2	0,2	2
20 000,0	20 000	0,9	-0,4	0,0	20 000	0,6	-0,1	0,3	2
25 000,0	25 001	0,6	0,9	1,3	25 001	0,8	0,7	1,1	3
30 000,0	30 001	0,8	0,7	1,1	30 001	0,8	0,7	1,1	3

m.p. = error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 4,03 \times 10^{-6} \times R$$

Incetidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{5,95 \times 10^{-1} \text{ g}^2 + 2,00 \times 10^{-6} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza AL: Carga incrementada E: Error encontrado E_L: Error en cero E_c: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 883 - LIMA 42 - Tel: 292-8106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 010 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 5

1. Expediente	093-2022
2. Solicitante	ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
3. Dirección	Cal. Augusto B. Leguía Nro. 1001 - Ferreñafe - Ferreñafe - Lambayeque
4. Equipo	HORNO
Alcance Máximo	300 °C
Marca	TECNICAS CP
Modelo	STHX-1A
Número de Serie	17047
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
Ubicación	NO INDICA

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

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

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

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

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	30 °C a 300 °C	30 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0.1 °C	0.1 °C
Tipo	CONTROLADOR ELECTRONICO	TERMÓMETRO DIGITAL

5. Fecha de Calibración 2022-01-20

Fecha de Emisión

2022-01-20

Jefe del Laboratorio de Metrología



MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 010 - 2022

Página 2 de 5

6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se consideró como referencia el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018; 2da edición; Junio 2009, del SNM-INDECOPI.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.
Cal. Augusto B. Leguía Nro. 1001 - Ferreñafe - Ferreñafe - Lambayeque

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23.3°C	23.3°C
Humedad Relativa	64 %	64 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
MSG - LABORATORIO ACREDITADO REGISTRO: LC-038	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL DE 10 CANALES TERMOPARES TIPO T - DIGISENSE	LTT21-0008
METROIL - LABORATORIO ACREDITADO REGISTRO: LC-001	THERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO MODELO: HTC-8	T-1774-2021

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calbratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA - LT - 010 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 5

11. Resultados de Medición

Temperatura ambiental promedio 23.3 °C
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas
El controlador se seteo en 110

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom (°C)	Tmax-Tmin (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.0	110.5	110.0	110.1	108.6	109.1	108.7	112.0	112.8	110.6	112.2	110.5	4.2
02	110.0	110.3	111.8	110.0	108.5	109.1	108.4	112.2	112.0	111.3	112.4	110.6	4.0
04	110.0	109.3	111.1	109.3	108.8	109.0	108.1	112.6	112.4	111.7	112.5	110.5	4.5
06	110.0	109.0	111.3	109.1	108.8	109.4	107.4	112.1	112.5	111.3	112.5	110.3	5.1
08	110.0	109.3	110.8	108.3	108.4	109.1	107.7	112.7	112.3	111.6	112.8	110.3	5.1
10	110.0	109.0	110.5	108.8	108.2	109.4	107.3	112.3	112.5	111.3	112.0	110.1	5.2
12	110.0	108.5	110.7	109.1	108.5	109.1	107.5	112.4	112.5	111.4	112.4	110.2	5.0
14	110.0	109.2	110.4	109.3	108.4	109.2	107.3	112.7	112.0	111.6	112.4	110.2	5.4
16	110.0	109.2	110.3	109.4	108.3	109.3	107.1	112.3	112.4	111.5	112.2	110.2	5.3
18	110.0	109.1	110.1	109.6	108.7	109.1	107.4	112.1	112.3	110.8	112.3	110.1	4.9
20	110.0	109.3	110.4	109.3	108.7	109.1	107.3	112.4	112.2	110.6	111.8	110.1	5.1
22	110.0	109.2	110.4	109.2	108.4	109.0	107.5	112.2	112.8	111.2	111.7	110.2	5.3
24	110.0	109.0	110.7	109.5	108.2	109.4	107.1	112.7	112.4	110.9	112.4	110.2	5.6
26	110.0	109.1	110.8	109.5	108.5	109.5	107.2	112.3	112.0	110.7	112.3	110.2	5.1
28	110.0	109.3	110.4	109.4	108.2	109.6	107.4	112.1	112.0	110.4	112.4	110.1	5.0
30	110.0	109.1	110.5	109.4	108.5	109.1	107.5	112.4	112.3	110.7	112.2	110.2	4.9
32	110.0	109.1	110.3	109.3	108.8	109.4	107.1	112.8	112.3	110.7	112.4	110.2	5.7
34	110.0	108.9	110.4	109.2	108.5	109.1	107.4	112.2	112.4	110.8	112.7	110.2	5.3
36	110.0	109.4	110.1	109.5	108.3	109.4	107.7	112.3	112.4	110.4	112.5	110.2	4.8
38	110.0	109.2	110.4	109.6	108.6	109.3	107.7	112.4	112.3	110.6	112.4	110.2	4.7
40	110.0	109.1	110.4	109.2	108.4	109.4	107.4	112.1	112.0	110.8	112.4	110.1	5.0
42	110.0	109.4	110.5	109.3	108.8	109.1	107.2	112.0	112.4	110.4	112.8	110.2	5.6
44	110.0	109.1	110.5	109.5	108.3	109.4	107.4	112.8	112.1	110.5	112.4	110.2	5.4
46	110.0	109.1	110.7	109.7	108.4	109.2	107.5	112.4	112.3	110.3	112.3	110.2	4.9
48	110.0	109.2	110.2	109.4	108.2	109.1	107.1	112.4	112.2	110.1	112.2	110.0	5.3
50	110.0	108.9	110.5	109.4	108.4	109.1	107.3	112.6	112.3	110.5	112.7	110.2	5.4
52	110.0	109.1	110.5	109.2	108.2	109.5	107.3	112.2	112.8	110.7	112.1	110.2	5.5
54	110.0	109.0	110.3	109.7	108.1	109.1	107.5	112.3	112.7	110.1	111.9	110.1	5.2
56	110.0	109.3	110.5	109.4	108.1	109.5	107.5	112.6	112.6	110.4	112.2	110.2	5.1
58	110.0	109.1	110.3	109.2	108.0	109.3	107.6	112.3	112.1	110.5	112.4	110.1	4.8
60	110.0	109.0	110.3	109.6	108.4	109.2	107.4	112.7	112.5	110.7	112.4	110.2	5.3
T.PROM	110.0	109.2	110.5	109.4	108.4	109.2	107.5	112.4	112.3	110.8	112.3	110.2	
T.MAX	110.0	110.5	111.8	110.1	108.8	109.6	108.7	112.8	112.8	111.7	112.8		
T.MIN	110.0	108.5	110.0	108.3	108.0	109.0	107.3	112.0	112.0	110.1	111.7		
DTT	0.0	2.0	1.8	1.8	0.8	0.6	1.6	0.8	0.8	1.6	1.1		



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☎ comercial@calibratec.com.pe
☎ CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 010 - 2022

Página 4 de 5

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	112.8	18.1
Mínima Temperatura Medida	107.1	0.1
Desviación de Temperatura en el Tiempo	2.0	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	4.9	19.9
Estabilidad Medida (±)	1.0	0.04
Uniformidad Medida	5.7	20.0

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX : Temperatura máxima.
T.MIN : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.
Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0.06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo SI CUMPLE con los límites especificados de temperatura.



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

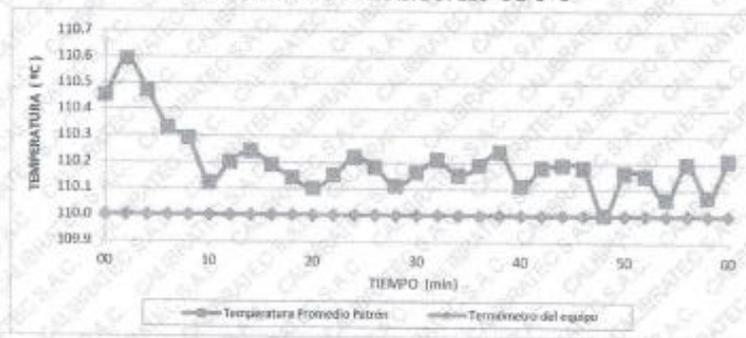
☎ Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☎ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

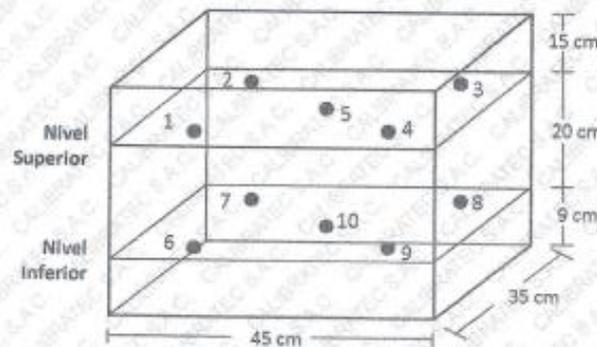
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LT - 010 - 2022

Página 5 de 5

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: 110 °C ± 5 °C



DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del documento



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 016 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

<p>1. Expediente 093-2022</p> <p>2. Solicitante ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.</p> <p>3. Dirección Cal. Augusto B. Leguía Nro. 1001 - Ferreñafe - Ferreñafe - Lambayeque</p> <p>4. Equipo PRENSA DE ENSAYO CBR</p> <p>Capacidad 5000 kgf</p> <p>Marca TAMIEQUIPOS</p> <p>Modelo NO INDICA</p> <p>Número de Serie NO INDICA</p> <p>Procedencia NO INDICA</p> <p>Identificación LF-016</p> <p>Indicación DIGITAL</p> <p>Marca HIGH WEIGHT</p> <p>Modelo 315-X2</p> <p>Número de Serie NO INDICA</p> <p>Resolución 0.1 kgf</p> <p>Ubicación NO INDICA</p> <p>5. Fecha de Calibración 2022-01-20</p>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
--	--

Fecha de Emisión

2022-01-21

Jefe de Laboratorio de Metrología


MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 016 - 2022

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.
Cal. Augusto B. Leguía Nro. 1001 - Ferreñafe - Ferreñafe - Lambayeque

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23.8 °C	23.8 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-002 Capacidad: 10,000 kg.f	INF-LE-038-21 B

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 016 - 2022

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_i (kgf)	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	500	500.6	499.3	499.3	499.7
20	1000	1002.0	1000.2	1000.6	1000.8
30	1500	1501.6	1499.9	1500.7	1500.6
40	2000	2003.1	2001.9	2004.8	2003.3
50	2500	2501.4	2499.5	2500.4	2500.5
60	3000	3001.9	2999.4	3000.4	3000.4
70	3500	3502.1	3499.7	3501.7	3500.8
80	4000	4002.3	4000.0	4001.0	4000.8
90	4500	4502.8	4500.2	4501.2	4501.1
100	5000	5003.7	5000.4	5001.4	5001.3
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa d (%)	
500	0.07	0.26	-0.02	0.02	0.36
1000	-0.08	0.18	-0.03	0.01	0.35
1500	-0.04	0.11	-0.03	0.01	0.34
2000	-0.17	0.14	-0.07	0.01	0.35
2500	-0.02	0.08	-0.04	0.00	0.34
3000	-0.01	0.08	-0.01	0.00	0.34
3500	-0.02	0.07	0.01	0.00	0.34
4000	-0.02	0.06	0.00	0.00	0.34
4500	-0.02	0.06	0.00	0.00	0.34
5000	-0.03	0.07	0.02	0.00	0.34

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)	0.00 %
---	--------



12. Incertidumbre

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

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

☐ Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☐ comercial@calibratec.com.pe
☐ CALIBRATEC SAC



PERU

Presidencia
del Consejo de Ministros

INDECOPI

Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 95198

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 13063-2016/DSD - INDECOPI de fecha 03 de Agosto de 2016, ha quedado inscrita en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo : La denominación EGEL ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y ENSAYOS DE LABORATORIOS y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo

Distingue : Servicios de construcción de obras; control de compactación de rellenos de suelos; diseño y control de mezcla de concreto a utilizarse en obra; pavimentación y supervisión (dirección) de obras de construcción civil

Clase : 37 de la Clasificación Internacional.

Solicitud : 659189-2016

Titular : ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.

País : Perú

Vigencia : 03 de agosto de 2026

Tomo : 477

Folio : 12

RAY MELONI GARCÍA
Director
Dirección de Signos Distintivos
INDECOPI



ANEXO III: PANEL FOTOGRAFICO



FOTO 01: Análisis previo del camino vecinal



FOTO 02: Determinación de los puntos de estudio



FOTO 03: Extracción de muestras



FOTO 04: Traslado de muestras



FOTO 05: Ensayo de análisis granulométrico

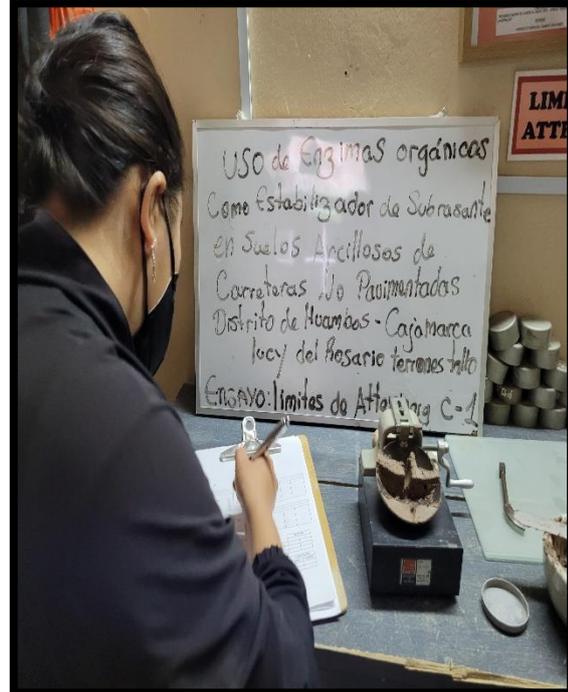


FOTO 06: Ensayo de límites de Atterberg



FOTO 07: Contenido de humedad



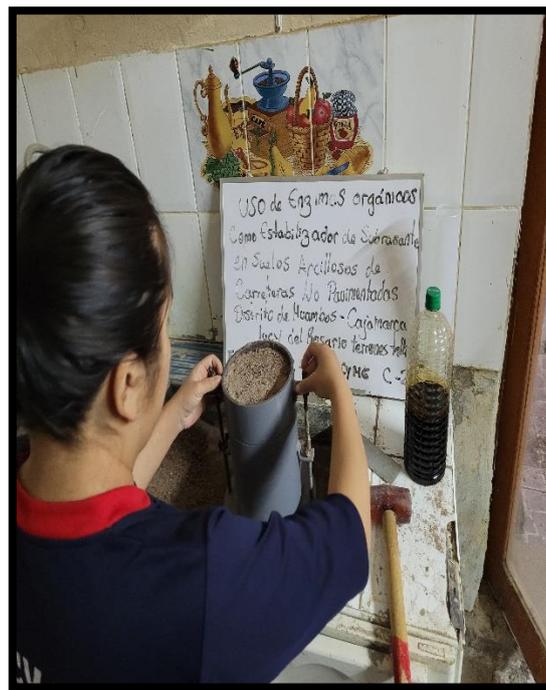


FOTO 07: Ensayo de proctor modificado

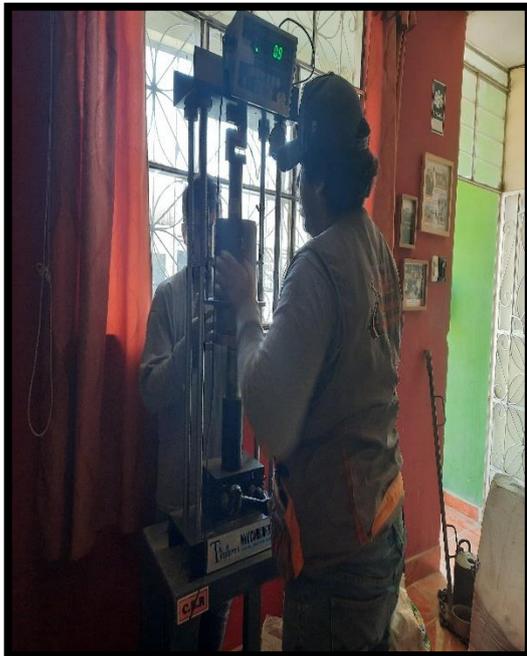


FOTO 08: Ensayo California Bearing Ratio (CBR)



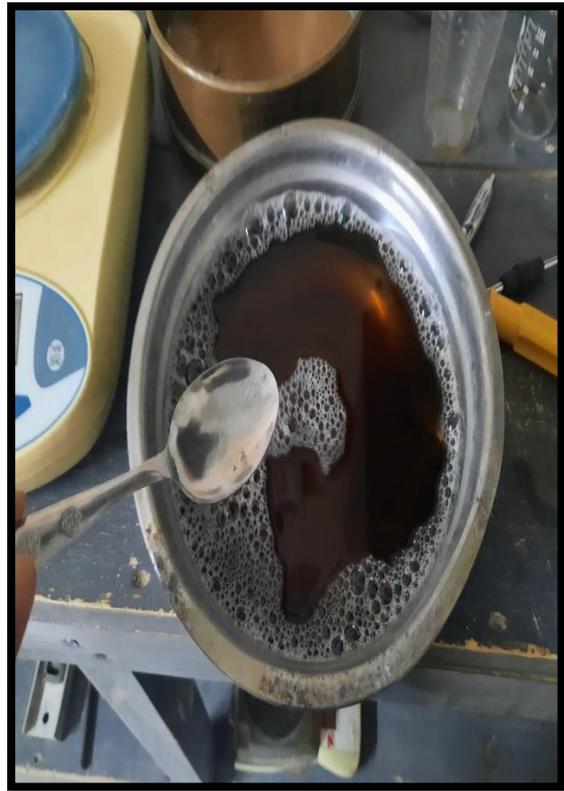
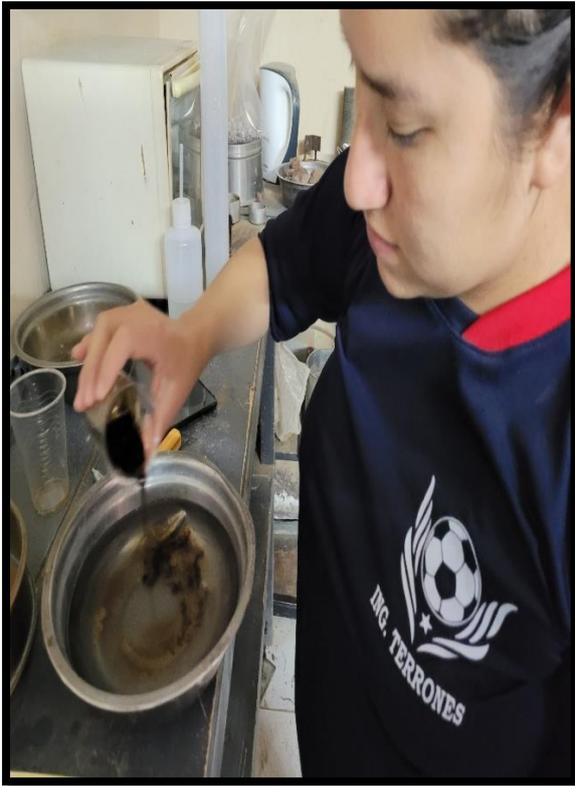


FOTO 09: Aplicación de las enzimas orgánicas