



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Optimización del cemento en la estabilización de suelos finos usando bioenzima, Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios, 2023

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

**Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Rozas Zamata, Rony ([orcid.org/0009-0006-0597-2521](https://orcid.org/0009-0006-0597-2521))

**ASESOR:**

Mgtr. Olarte Pinares, Jorge Richard ([orcid.org/0000-0001-5699-1323](https://orcid.org/0000-0001-5699-1323))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**CALLAO -PERÚ**

**2024**

## **Dedicatoria**

La actual investigación primeramente se lo dedico al todo poderoso, ya que me cuida de mi salud en todo momento y ser protagonista de este sueño tan anhelado; a mis queridos padres y familiares que fueron los forjadores de mi vida, guía para llevarme continuamente por el sendero correcto

### **Agradecimiento:**

La universidad que me brindó las instalaciones y me convirtió en un profesional tan valioso, y todas las personas y en especial a contorno familiar que me inspiraron a través de mis estudios y contribuyeron a mi éxito.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR**

Yo, OLARTE PINARES JORGE RICHARD, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CALLAO, asesor de Tesis Completa titulada: "Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima, Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios, 2023", cuyo autor es ROZAS ZAMATA RONY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 02 de Enero del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
JORGE RICHARD OLARTE PINARES <b>DNI:</b> 40752422 <b>ORCID:</b> 0000-0001-5699-1323	Firmado electrónicamente por: JOLARTEP el 08-02- 2024 16:53:15

Código documento Trilce: TRI - 0716349







**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR**

Yo, ROZAS ZAMATA RONY estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CALLAO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima, Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios, 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
ROZAS ZAMATA RONY DNI: 47596834 ORCID: 0009-0006-0597-2521	Firmado electrónicamente por: ROROZASZA el 03-01- 2024 09:48:15

Código documento Trilce: INV - 1476149



## Índice de Contenido

CARÁTULA .....	I
DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR .....	IV
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	16
3.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	16
3.2. Variables y Operacionalización.....	17
3.3. Población, muestra y muestreo .....	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	20
3.5. Procedimientos.....	21
3.6. Método de análisis de datos.....	29
3.7. Aspectos éticos .....	29
IV. RESULTADOS.....	31
V. DISCUSIONES .....	54
VI. CONCLUSIONES .....	58
VII. RECOMENDACIONES .....	60
Bibliografía.....	62
ANEXOS.....	66

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b>	Categorías de Sub rasante .....	15
<b>Tabla 2</b>	Descripción de las calicatas.....	22
<b>Tabla 3</b>	Distancia al área de trabajo .....	33
<b>Tabla 4</b>	Ensayo de Soporte California .....	35
<b>Tabla 5</b>	Ensayo de Límites de Atterberg .....	37
<b>Tabla 6</b>	Ensayo de CBR Ponderado de los espesores óptimos .....	42
<b>Tabla 7</b>	Número acumuladas de iteraciones de eje equivalente en la trayectoria de diseño de pavimento .....	43
<b>Tabla 8</b>	Estructura de pavimento .....	45
<b>Tabla 9</b>	Prueba de normalidad de variable índice de plasticidad .....	47
<b>Tabla 10</b>	Prueba de normalidad de variable espesor adecuado .....	48
<b>Tabla 11</b>	Correlación entre capacidad de soporte y adición de bioenzimas .....	49
<b>Tabla 12</b>	Correlación entre plasticidad y adición de bioenzimas.....	51
<b>Tabla 13</b>	Correlación entre espesor adecuado y adición de bioenzimas .	52
<b>Tabla 14</b>	Resultados de proctor modificado según el trabajo de Vazquez	54
<b>Tabla 15</b>	Resultado de CBR al 100% con terrasil más cemento, según el trabajo de Vazquez .....	54
<b>Tabla 16</b>	Resultados de CBR y compactación según el trabajo realizado por Esteban.....	55
<b>Tabla 17</b>	Análisis de límites de consistencias en suelos según el trabajo de Fernández.....	56

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Aditivo bioenzima</i> .....	12
<b>Figura 2</b> <i>Estabilizador de suelo no tradicional - Bioenzimao</i> .....	13
<b>Figura 3</b> Estructura del suelo .....	14
<b>Figura 4</b> Aditivo bioenzima .....	21
<b>Figura 5</b> Ubicación de la zona de estudio .....	22
<b>Figura 6</b> Excavación de calicata.....	22
<b>Figura 7</b> Demarcación de área a excavar .....	23
<b>Figura 8</b> Pesado de la prueba de ensayo.....	23
<b>Figura 9</b> Secado de muestras al horno .....	24
<b>Figura 10</b> Determinación del límite plástico.....	24
<b>Figura 11</b> Prueba Ensayo de Casagrande .....	25
<b>Figura 12</b> Lavado para la obtención de los finos.....	25
<b>Figura 13</b> Tamizado de los suelos finos .....	26
<b>Figura 14</b> Lavado para la obtención de los finos.....	26
<b>Figura 15</b> Ensayo de Proctor modificado .....	27
<b>Figura 16</b> Curado de 5 días calendarios en agua.....	28
<b>Figura 17</b> Mapa de ubicación del Perú.....	31
<b>Figura 18</b> Mapa de la Región Madre de Dios.....	32
<b>Figura 19</b> Mapa de la Provincia de Tahuamanu.....	32
<b>Figura 20</b> Compactación del Proctor .....	34
<b>Figura 21</b> Compactación del Proctor .....	34
<b>Figura 22</b> Resultados de ensayo de soporte california 95% .....	35
<b>Figura 23</b> Óptimo de humedad.....	36
<b>Figura 24</b> Límite plástico .....	37
<b>Figura 25</b> Resultados de ensayo de Índice de Plasticidad .....	38
<b>Figura 26</b> Comparativo de valores CBRP con 0.60m de estabilización.....	42
<b>Figura 27</b> Demarcación de área a excavar 1.00 x 1.00 x 1.50 de profundidad .....	72
<b>Figura 28</b> Excavación de calicata con maquinaria pesada.....	72
<b>Figura 29</b> Excavación de calicata con maquinaria pesada.....	73
<b>Figura 30</b> Excavación y toma de muestra C -2 .....	73
<b>Figura 31</b> Excavación y toma de muestra C - 3 .....	74

<b>Figura 32</b>	Excavación y toma de muestra C - 4 .....	74
<b>Figura 33</b>	Traslado de muestras extraídas del suelo al laboratorio para la toma de ensayos.....	75
<b>Figura 34</b>	Secado de muestras de calicatas.....	75
<b>Figura 35</b>	Secado de muestra de calicata C-1 .....	76
<b>Figura 36</b>	Secado de muestra de calicata c-2.....	76
<b>Figura 37</b>	Secado de muestra de calicata C-3 .....	77
<b>Figura 38</b>	Secado de muestras de calicatas C-4.....	77
<b>Figura 39</b>	Pesado de la muestra del contenido de humedad .....	78
<b>Figura 40</b>	Selección y chancado para la determinación del límite plástico .....	78
<b>Figura 41</b>	Determinación del límite plástico considerando la humedad optima .....	79
<b>Figura 42</b>	Determinación de la humedad optima en su límite plástico.....	79
<b>Figura 43</b>	Determinación de límite líquido del suelo .....	80
<b>Figura 44</b>	Verificación del peso optimo del límite plástico .....	80
<b>Figura 45</b>	Secado de muestras al horno para determinar .....	81
<b>Figura 46</b>	Lavado para la obtención de los finos del suelo.....	81
<b>Figura 47</b>	Lavado para la obtención de los finos del suelo.....	82
<b>Figura 48</b>	Tamizado de los suelos finos con tamiz 1" al 200mm.....	82
<b>Figura 49</b>	Procesamiento de batido de las mallas en conjunto .....	83
<b>Figura 50</b>	Obtención granulométrica por tamizado.....	83
<b>Figura 51</b>	Medición de la cantidad de agua en gramos.....	84
<b>Figura 52</b>	Aplicación al suelo seco de manera homogénea .....	84
<b>Figura 53</b>	Resultado de la mezcla para la compactación del proctor .....	85
<b>Figura 54</b>	Ensayo de compactación con proctor modificado .....	85
<b>Figura 55</b>	Resultado de la aplicación de 25 golpes de las 3 capas .....	86
<b>Figura 56</b>	Curado de 5 días calendarios en agua.....	86
<b>Figura 57</b>	Instrumento para la determinación de CBR .....	87
<b>Figura 58</b>	Suelo y materiales a utilizar para realizar la mezcla.....	87
<b>Figura 59</b>	Pesado del cemento a utilizar para la mezcla .....	88
<b>Figura 60</b>	Preparación de la mezcla y posterior mezcla del mismo.....	88
<b>Figura 61</b>	Aditivo permazime a utilizar .....	89

**Figura 62** Proceso de mezclado de aditivo, cemento y suelo.....89

## Resumen

Esta indagación se concentra en la introducción de Bioenzima mediante la estabilización del suelo, con la intención de elevar la resistencia de la capa inferior en el tramo Iberia – Pacahuara. Se efectúa una comparativa paralela de estabilización de suelos finos propios de la Región Madre de Dios, aplicar Cemento y Bioenzima en dosis del 2% de cemento y Bioenzima en 0.02, 0.04 y 0.06 LT/M<sup>3</sup> y Además, se investigó la cantidad adecuada de bioenzima para este proceso, evaluando los límites de coherencia y el valor relativo del índice de soporte CBR. Los datos ayudaron a diseñar la estructura de pavimento flexible.

Los resultados indicaron que el estudio comparativo de la estabilización de suelos finos representativos de la Región de M.D.D concluye mediante la combinación más eficaz para perfeccionar las características físicas y mecánicas de la capa inferior es la mezcla de Suelo natural + cemento al 2% + bioenzima en 0.04 LT/M<sup>3</sup>. Esta composición supera en firmeza a la estabilización lograda únicamente con cemento como agente estabilizador. En conclusión, se ha constatado que los aditivos no convencionales impactan positivamente en la estabilización, plasticidad y resistencia de superficie de la carretera sin pavimentar. Mediante la agregación de cemento y aditivo, el indicador de soporte CBR aumentó de 6.40% a un óptimo del 29.50%, mejorando el estado natural del suelo. Asimismo, la mezcla del cemento y bioenzima en consecuencia el índice de plasticidad redujo de 23.00% a 13.00%, al bajar luego a 9.50% con el agregado de aditivo. Además, la combinación de ambos aumentó la resistencia, elevando el CBR de 6.40% a 11.59% en un espesor de 0.60 cm, mejorando la capacidad portante en más del 50%, conociendo los datos del CBR se diseñó la estructura de pavimento flexible obteniendo 5cm de loza alfáltica, 15cm de base y 10cm de subbase.

Palabras clave: Cemento, Bioenzima, estabilización de suelos finos y análisis de costo-beneficio de la mezcla.

## Abstract

This investigation focuses on the introduction of Bioenzyme through soil stabilization, with the intention of increasing the resistance of the lower layer in the Iberia – Pacahuara section. A parallel comparison of stabilization of fine soils typical of the Madre de Dios Region is carried out, applying Cement and Bioenzyme in doses of 2% of cement and Bioenzyme in 0.02, 0.04 and 0.06 LT/M<sup>3</sup> and In addition, the appropriate amount of bioenzyme was investigated. for this process, evaluating the coherence limits and the relative value of the CBR support index. The data helped design the flexible pavement structure.

The results indicated that the comparative study of the stabilization of fine soils representative of the M.D.D Region concludes through the most effective combination to improve the physical and mechanical characteristics of the lower layer is the mixture of natural soil + 2% cement + bioenzyme in 0.04 LT/M<sup>3</sup>. This composition surpasses in firmness the stabilization achieved only with cement as a stabilizing agent. In conclusion, it has been found that non-conventional additives positively impact the stabilization, plasticity and resistance of the unpaved road surface. Through the addition of cement and additive, the CBR support indicator increased from 6.40% to an optimum of 29.50%, improving the natural state of the soil. Likewise, the mixture of cement and bioenzyme consequently reduced the plasticity index from 23.00% to 13.00%, then lowered to 9.50% with the addition of additive. Furthermore, the combination of both increased the resistance, raising the CBR from 6.40% to 11.59% in a thickness of 0.60 cm, improving the bearing capacity by more than 50%. Knowing the CBR data, the flexible pavement structure was designed, obtaining 5cm of asphalt ware, 15cm of base and 10cm of subbase.

Keywords: Cement, Bioenzyme, stabilization of fine soils and cost-benefit analysis of the mixture.



## **I. INTRODUCCIÓN**

En donde el mundo de la construcción vial a nivel internacional, el desarrollo de los países se basa a sus carreteras como vías de comunicación las cuales proporcionan una interrelación social y económica. El estado proporciona millones de dólares en Construcciones, Mantenimiento y Rehabilitación en carreteras, estas intervenciones necesitan de ciertos agregados que sean de calidad los cuales además deben estar sujetos a ciertas especificaciones técnicas, una subrasante la cual cumpla las Especificaciones Técnicas garantiza que el pavimento flexible cumpla su tiempo de vida. En diferentes regiones de Sudamérica se presentan zonas tropicales las mismas que presentan suelos cohesivos en su fundación, debido a sus distintas características físicas y/o mecánicas de este tipo de suelos desde los cuales presentan problemas geotécnicos de forma que la expansión, exceso de plasticidad y limitada resistencia, por lo que se debe de proponer soluciones técnicas para alcanzar un cimiento adecuado a la estructura del pavimento. Uno de los países con mayores problemas geotécnicos en los suelos de fundación es Brasil; sin embargo, ante esta problemática se han planteado diferentes alternativas desde estabilizaciones de suelos con el fin de que el pavimento flexible alcance su ciclo de vida y evitar fallas prematuras en el pavimento.

En el ámbito nacional, el Perú es un país diverso desde una perspectiva geotécnico, por ejemplo se puede visualizar en la Costa Peruana tenemos suelos arenosos como también arena limosos, esta región es árida no presentando elevadas precipitaciones, lo cual ayuda a la consolidación de esta tipología de suelos; por otra parte tenemos la región andina, la misma que presenta una diversidad de suelos, desde suelos cohesivos hasta suelos granulares o la combinación de los mismos, esta región presenta periodos anuales de avenidas con elevadas precipitaciones, lo cual en contacto con la matriz cohesiva genera cambio volumétricos que ante pequeñas cargas terminan provocando hundimientos y deformaciones; finalmente tenemos la región Amazónica con suelos cohesivos, sumado a esto intensas precipitaciones pluviales que agravan el problema geotécnico de esta región, un factor adicional es la inexistencia de canteras granulares para el reemplazo de suelos, con lo cual las soluciones geotécnicas

terminan recurriendo a productos químicos comerciales con lo cual se eleva el costo de construcción con el fin de cumplir las especificaciones técnicas, indican que la solidez mínima acerca de suelo subrasante deberá superar los 10,000 psi (CBR>6%). Por otro lado algunos investigadores que realizaron estudios en la ciudad de Puno, también señalaron que hasta el año 2018 en el país se ha podido evidenciar que existe un gran incremento de residuos inorgánicos, los cuales para disminuir los impactos negativos pueden ser aprovechados de diferentes maneras, siendo uno de ellos su utilización como un agente estabilizador de suelos finos, en presente investigación se pudo identificar que el CBR de un suelo fino se incrementa paulatinamente con la inclusión de estos residuos inorgánicos (Sidney, 2020)

En específico, en Madre de Dios se optan por suelos que conforman la subrasante de la Carretera Iberia – Pacahuara estos consisten en suelos cohesivos con resistencia limitada y también ocurren cuando la humedad aumenta en épocas de precipitaciones la estructura del pavimento existente termina por deteriorarse. Acorde a antecedentes y efecto de la preparación de laboratorio resulta por el terreno que conforma dicha subrasante de la carretera Iberia – Pacahuara están agregados con características de suelo de arcillas inorgánicas de alta plasticidad y limos inorgánicos propios que muestran una baja volumen de soporte. Así mismo, según las propiedades por suelos arcillosos se tiene que tanto es la magnitud de plasticidad y límite líquido tienen valores por encima de lo permitido infringiendo las Especificaciones Técnicas Peruanas para subrasantes.

En la siguiente investigación se propone el siguiente problema general: ¿ De qué manera el uso del Bioenzimas optimiza el uso de cemento en la estabilización de subrasante de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios; asimismo se plantean los posteriores problemas específicos: ¿Cómo influye el uso de cemento y Bioenzimas en la capacidad de soporte de los suelos de la subrasante de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios?, ¿ Cómo el uso de cemento y Bioenzimas disminuiría la plasticidad de los suelos plasticos de la subrasante de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios?, ¿ Empleando el concepto de rigidez equivalente cual sería el espesor óptimo de estabilización? y ¿ Mediante el Metodo

AASHTO 1993 cual seria el dimensionamiento del pavimento considerando el espesor de estabilización con cemento y bioenzimas?.

respecto a la justificación teórica, se alcanzarán nuevos conceptos, teorías, conclusiones en relación al ámbito de estabilización de suelos; así mismo los nuevos conocimientos adquiridos servirán de base para futuras investigaciones. Con respecto a relación de Justificación Practica los resultados de esta información aportaran al ámbito de estudio por medio de una estrategia de optimización de cemento, adicionando en su lugar Bioenzimas, teniendo como fin cumplir las Especificaciones Técnicas Generales (EG-2013) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

La justificación social de la presente indagación se enfoca en beneficiar directamente a la población, por lo que se aborda realizar una solución geotécnica que ayude a que la estructura compuesta del pavimento trabaje correctamente en su periodo de vida útil de su servicio, garantizando la movilidad segura y eficiente de los usuarios de la vía. En razón a la justificación metodológica, se planifica una estrategia de optimización en razón de buscar una estrategia técnica – económico, donde a partir de la reutilización de un producto natural se reduzca la utilización del cemento, garantizando con los ensayos de laboratorio la eficacia de este procedimiento siguiendo los procedimientos de las Especificaciones Técnicas (EG – 2013) del MTC.

En la presente indagación se plantea el Objetivo General: Optimizar cemento para mejorar suelos de subrasante de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios usando la adición de Bioenzimas. De igual manera, se presentan los objetivos específicos: Mejorar el CBR de la subrasante de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios.; Reducir la plasticidad de la subrasante de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios; Diseñar el espesor de estabilización considerando el concepto de rigidez equivalente; y Dimensionar las capas del pavimento flexible en la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios.

En la presente averiguación se plantea como Hipótesis General: El uso de Bioenzimas optimizaría el cemento para estabilizar suelos finos de la subrasante de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios. Así mismo se tiene las Hipótesis

Especifica: El uso de cemento y Bioenzima mejoraría el CBR de los suelos de subrasante de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios; mediante el uso de cemento y Bioenzima se disminuiría la plasticidad de la subrasante de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios.; Empleando el concepto de rigidez equivalente se dimensionaría el espesor adecuado de estabilización y Mediante el metodo AASHTO 1993 se dimensionaría las capas del pavimento flexible de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **Antecedentes**

A nivel global, tenemos la información de Kebede, et,al. (2020) investigador que tuvo como finalidad evidenciar aquellas técnicas de estabilización basadas en bioenzimas que servirían para estabilizar suelos. La indagación fue descriptiva, no experimental y básica. Los habitantes de estudio estuvieron conformados por suelos en los mercados africanos tanto de Sudáfrica y Uganda. El instrumento y técnica se sustentaron en la revisión teórica y bibliográfica. Los resultados más resaltantes del estudio de investigación evidenciaron la función de bioenzimas de origen microbiano mediante la estabilización del suelo, con énfasis en los suelos expansivos. El documento trató principalmente de discutir las bioenzimas como estabilizadores del suelo, los mecanismos de estabilización del suelo con bioenzimas y la tecnología de producción de bioenzimas. En general, se concluyó que las enzimas como estabilizante del suelo se han utilizado para aumentar la resistencia de las subrasantes debido a su bajo costo y rango de aplicación relativamente queda amplio en comparación con los estabilizadores no tradicionales.

Aswar et,al., (2022) plantearon como principal objetivo evaluar a las bioenzimas de terrazyme como estabilizadores, y evidenciar en que grado logra estabilizar los suelos. La investigación metodológicamente fue descriptiva, de enfoque cualitativo. El análisis de estudio estuvo conformado por suelos arcillosos. Las técnicas experimentales utilizadas fue la verificación bibliográfica y la prueba de laboratorio, y los instrumentos utilizados fueron una ficha bibliográfica y ficha de observación. La conclusión más resaltante por la investigación mostró que el tratamiento enzimático sobre el suelo y sus propiedades mecánicas, tales mencionados: los límites e índices de Atterberg, niveles de humedad, y máxima densidad seca, resistencia de CBR, para varios grupos de suelos con diferentes dosis de enzimas y condiciones de curado. Las conclusiones más resaltantes mostraron que la dosis adecuada de bioenzimas de terrazyme para estabilizar los suelos tipo CH-suelos 200ml/1.5 -2 m<sup>3</sup>, CI y CL 200 ml/ 6,6 m<sup>3</sup>, CL -ML 200 ml/0,5 m<sup>3</sup>, MH 200 ml/ 2 – 2,5 m<sup>3</sup>.

Amit (2019) decidió estudiar el efecto que tienen los estabilizadores en dos suelos diferentes, haciendo manejo de bioenzimas y cal. El trabajo fue experimental y descriptivo, metodológicamente hablando. La unidad de estudio estaba conformada por dos tipos de suelos, uno expansivo y el otro no expansivo, los cuales tienen una estabilización baja por lo que se caracterizarían por ser problemáticos. Respecto a la técnica se hizo el recojo de datos por medio del instrumento de la ficha de recopilación de datos. A consecuencia evidenciaron dicha dosis adecuada de bioenzima y la cal varían entre el 2% y el 8%, todo ello con la finalidad de lograr la estabilización, en un período de dos a cuatro semanas, realizando ensayos respecto a los límites de consistencia, características de compactación y comprensión. En lo que respecta a las conclusiones más resaltantes se pudo evidenciar que las características del suelo como la capacidad para soportar fuerzas de compresión sin restricciones y el porcentaje de CBR mejoraron 14 veces y 8 veces su valor inicial, respectivamente, y el suelo que era altamente expansivo se convirtió en poco expansivo posterior al procedimiento. Se observó una disminución de más de 5 veces en el valor FSI. También se ha llevado a cabo un análisis XRD que también justifica la estabilización.

Tenemos a nivel nacional, la indagación por Fernández (2017) en su investigación se propuso con fin de establecer los efectos del manejo que tiene la bioenzima en la consolidación de suelos con alta plasticidad de la subrasante en el sur de nuestro País que se está expandiendo en la región de Cajamarca, Huacariz. Metodológicamente se desarrolló con un método inductivo, de diseño experimental y tipo descriptivo. En lo respecta a la población se consideró la totalidad de suelos en expansión de Cajamarca, y para la muestra se eligió a solo aquellos que se localizan en la zona sur. Para la técnica se utilizó la revisión bibliográfica, y el muestreo de suelos a explorar; y en cuanto al instrumento se utilizaron fichas de datos. Se comprobó al 95% de un CBR de rango 3.54% a 4.30%, al 100% un CBR de rango 5.60 % y 6.70%, también se obtuvieron resultados que indican arcillas de plasticidad media a alta, reflejados en una clasificación AASHTO que va desde un A-6 (10) hasta un A-7-6 (14). Los valores asociados son un límite líquido (LL) fluctuante desde el 35.37% hasta el 45.33%, un límite plástico (LP) que oscila entre el 18.46% y el 26.83%, y un índice de plasticidad (IP) en un rango de 15.25% a 18.50%. El nivel de humedad óptimo se encuentra entre el 18.07% y el 21.37%. En

resumen, los resultados de la investigación destacan que la bioenzima Terrazyme demuestra tener un impacto positivo, incrementando el índice de capacidad de soporte CBR de la subrasante del pavimento en un 19% en los suelos analizados en la región de Cajamarca. Este hallazgo sugiere mejoras tanto en las propiedades físicas como mecánicas de los suelos evidenciaron tener permeabilidad.

Vázquez (2022) planteo en su proyecto como objetivo añadir al suelo de la av. Ramiro Priale, la bioenzima de terrasil y cemento portland tipo I, resultando perfeccionar la subbase y su estabilización. Metodológicamente el trabajo se desarrolló con un enfoque cuantitativo, aplicando las bases y teorías adecuadas, además de tener un diseño experimental. La población en lo que respecta, se tomó en consideración el incremento de la Avenida Ramiro Priale de Ate Vitarte. Respecto a la técnica de investigación se tomó en consideración a la observación directa. Los resultados de ensayo más resaltantes de la investigación mostraron que el TerraSil junto con el cemento Portland de tipo I optimizan la firmeza de los suelos, teniendo un contenido de humedad de 5.3%. La conclusión más importante muestra, que al añadir 0.75 ltrs/m<sup>3</sup> de TerraSil, y un 1% de cemento se obtiene un CBR de 13.63 equivalente al 100%, generándole un buen desempeño, por lo cual la utilización de la bioenzima de TerraSil se considera como un material adecuado para una estabilización óptima.

Esteban (2022) en su estudio investigativo se planteó realizar el análisis de como el aditivo no tradicional BioCEC influencia en la consolidación de la subrasante de suelos. Metodológicamente el trabajo fue experimental, explicativa y cuantitativa. La población de estudio estuvo contituido por muestras de calicatas obtenidas de la Avenida Las torres del distrito de San Martín de Porres. La técnica de recolección de datos aplicada fue la observación para esto se requirió como instrumento una libreta de campo. Los resultados mostraron que el MDS del suelo aumenta a medida que se incrementan los agentes estabilizadores, evidenciando que la bioenzima BioCEC optimiza la compactación del suelo, donde además el CBR incremento considerablemente, con una dosificación de 0.75%. La conclusión más importante a la que llego la presente investigación fue que al adicionar la bioenzima BioCEC se tiene un incremento de su compactación donde la plasticidad ha ido incrementando en un 24.73%, 25.98% y 26.21%, añadiendo dosificaciones

7%, 9% y 13% de la bioenzima; evidenciando una influencia positiva del aditivo en las características geomecánicas y estabilización del suelo.

En su estudio, Apaza y Quisca, (2023) establecieron como fin del estudio cambiar las características mecánicas de superficies cohesivas en la capa inferior de la carretera Umayo – Atuncolla, mediante la aplicación de organosilanos y escoria siderúrgica. La investigación es de carácter aplicado, con un enfoque numérico y un diseño experimental de nivel causal. La población de estudio corresponde a la Carretera Umayo - Atuncolla, siendo la muestra seleccionada en las progresivas 13+000 y 13+640. Se llevó a cabo mediante técnicas de revisión de datos bibliográficos, así como las pruebas de laboratorio y la observación. Los instrumentos utilizados incluyen fichas de observación y los formatos de laboratorio. Los resultados exhiben un CBR del 5.80% en la muestra de referencia. La introducción de Escoria Siderúrgica y Organosilanos en una proporción del 8% demuestra un incremento del 7.20% en el CBR, acompañado de la disminución simultánea del límite líquido y el índice plástico. Este fenómeno simplifica la creación de un diseño adecuado.

### **Teorías:**

#### **Variable independiente: Cemento y Bionzimas**

##### **Cemento**

En relación al cemento existen teorías y principios que respaldan la eficacia del cemento en la estabilización de suelos, las teorías clave son; Teoría de la hidratación: Cuando se mezcla cemento con agua, se produce un proceso de hidratación en el que los compuestos químicos del cemento reaccionan con el agua para formar compuestos endurecedores; Teoría de la estabilización química: La hidratación del cemento puede producir reacciones químicas con los componentes del suelo, como los minerales arcillosos. Estas reacciones químicas pueden modificar la estructura de los minerales arcillosos y mejorar sus propiedades, como la plasticidad y la expansividad, lo que resulta en un suelo más estable; Teoría de la deshidratación: El cemento actúa en calidad de agente desecante del suelo al capturar la humedad existente. Esto reduce la plasticidad del suelo y disminuye su



susceptibilidad a la contracción y expansión causada por los cambios de humedad. Es importante tener en cuenta que estas teorías no son mutuamente excluyentes y a menudo trabajan en conjunto para lograr la estabilización del suelo por medio de la utilización de cemento. La efectividad por la estabilización con cemento puede variar dependiendo de las propiedades del suelo, la dosificación de cemento, las condiciones de construcción y otros factores específicos del proyecto.

## **Bioenzimas**

La teoría de la práctica de bioenzimas es un enfoque relativamente nuevo en los últimos años que ha ganado interés en la ingeniería. Las bioenzimas son enzimas producidas por microorganismos, como bacterias y hongos, que tienen la capacidad de degradar y modificar diferentes componentes del suelo, existen algunas teorías y mecanismos propuestos para explicar cómo las bioenzimas pueden contribuir a la consolidación de suelos finos. A continuación, presentamos algunas de estas teorías; Teoría de la estabilización química: Las bioenzimas pueden producir reacciones químicas en el suelo que alteran su composición y estructura. Además, ciertas enzimas pueden interactuar con minerales del suelo y promover su precipitación o formación de productos que mejoran la cohesión y resistencia del suelo. Teoría de la mejora de la compactación: Algunas bioenzimas pueden producir sustancias que mejoran la compactación del suelo. Estas sustancias pueden actuar como agentes aglutinantes, promoviendo la formación de agregados estables y aumentando la cohesión del suelo; Teoría de la mejora estructural del suelo: Las bioenzimas pueden influir en la estructura del suelo al modificar su textura y distribución de poros. Además, las enzimas pueden promover la formación de agregados estables, lo que resulta en una estructura más cohesiva y resistente; Teoría de la estabilización microbiológica: Las bioenzimas son producidas por microorganismos presentes en el suelo. Al introducir microorganismos beneficiosos y sus enzimas en el suelo, se puede promover la actividad microbiológica y el crecimiento de una comunidad microbiana diversa. Es importante destacar que la efectividad de la estabilización de suelos mediante bioenzimas puede verse perjudicado por varios factores de acuerdo con las condiciones del entorno y la naturaleza del suelo, la dosificación de bioenzimas y la presencia de otros aditivos o materiales.

## **Dosificación**

En la teoría de la dosificación de aditivos o materiales se utiliza para mejorar las propiedades del suelo y lograr la estabilidad deseada. A continuación, se presentan algunas teorías; Teoría del índice de estabilización: Esta teoría se basa en la determinación de un índice de estabilización que considera las características del suelo y los requerimientos de diseño. Se efectúan pruebas por laboratorio a fin evaluar las propiedades del suelo y se utiliza el índice de estabilización para determinar la cantidad de aditivo o material de estabilización necesario. Teoría del contenido óptimo: Esta teoría busca encontrar el contenido óptimo de aditivo o material de estabilización que maximice las propiedades mejoradas del suelo. Se realizan pruebas de laboratorio o pruebas in situ utilizando diferentes dosificaciones, y se evalúan los resultados para determinar el contenido que proporciona el mejor rendimiento en términos de resistencia, cohesión, capacidad de carga u otras características deseables. Teoría del límite de saturación: Esta teoría se fundamenta en determinar el punto de saturación del suelo, que corresponde al nivel de aditivo o sustancia presente de estabilización necesario para saturar completamente el suelo y mejorar sus propiedades. Teoría de la relación suelo-aditivo: Esta teoría se centra en establecer una relación óptima entre la cantidad de aditivo o material de estabilización y el suelo. Se considera la interacción entre el aditivo y las partículas del suelo para lograr una distribución uniforme y una efectividad máxima. Es importante tener en cuenta que la dosificación en la estabilización de suelos puede depender de diferentes factores, se considera el tipo de suelo, las condiciones del proyecto, los objetivos de estabilización y las propiedades deseadas del suelo final.

### **Variable Dependiente: propiedades de la subrasante**

#### **Propiedades físicas y Mecánicas de la Subrasante**

Existen teorías relacionados con las propiedades del suelo que son consideradas para lograr la estabilización deseada. En seguida, se exponen teorías comunes de propiedades del suelo en la estabilización; Teoría de la plasticidad del suelo: Esta teoría se fundamenta en la evidenciación de las características plásticas del suelo, tales como los valores del límite líquido (LL) y el índice de plasticidad (IP) se ven

influidos por la introducción de aditivos o materiales estabilizadores, con el propósito de modificar estas características y disminuir la plasticidad del suelo. Este fenómeno se corresponde con la teoría de compactación. La teoría de la compactación se centra en lograr una densidad óptima en el suelo mediante la aplicación de técnicas de compactación adecuadas. La compactación del suelo mejora su resistencia y estabilidad al reducir los vacíos y aumentar la cohesión interna; Teoría de resistencia al esfuerzo del corte: Esta teoría se basa en la resistencia al corte estructural del suelo como una propiedad clave en la estabilización. Se considera que los aditivos o materiales de estabilización pueden mejorar la cohesión y la fricción interna del suelo, lo que resulta en una mayor resistencia al corte; Teoría de la estabilidad estructural: La estabilidad estructural hace referencia al soporte del suelo de mantener su estructura y resistir la erosión y la degradación. Esta teoría se centra en la firmeza de la estructura del pavimento mediante la adición de aditivos o materiales de estabilización. Es importante tener en cuenta que la elección de la teoría o enfoque adecuado depende del suelo y su tipo, las condiciones del proyecto, los objetivos de estabilización y los requisitos específicos de diseño.

### **Enfoques conceptuales:**

#### **Variable Independiente: Cemento y Bioenzimas.**

##### **Cemento**

En la construcción el cemento es un material ampliamente utilizado que actúa como un aglutinante o adhesivo, proporcionando cohesión y resistencia a las estructuras. El cemento más comúnmente utilizado es el cemento Portland, que lleva ese nombre por su similitud en apariencia a una piedra caliza encontrada en la isla de Portland en Inglaterra. El origen del cemento Portland se da por medio de la pulverización y mezcla de clinker de cemento, que es un material granulado y pulverizado obtenido al calcinar una mezcla de caliza y arcilla en un horno a altas temperaturas. Otros componentes, como yeso o adiciones puzolánicas, pueden agregarse durante la producción del cemento para ajustar sus propiedades específicas. El cemento se utiliza en una diversidad de aplicaciones en la construcción, como la fabricación de hormigón, mortero y otros materiales

compuestos. El hormigón, por ejemplo, se produce mediante la mezcla de cemento, agregados (como arena, grava y agua), formando una masa plástica que puede verterse en moldes y endurecer para crear estructuras sólidas, como edificios, puentes, pavimentos y muchos otros elementos.

**Figura 1**  
*Aditivo bioenzima*



También conocidas como enzimas biológicas o enzimas naturales, son moléculas de origen biológico que actúan como catalizadores en reacciones químicas específicas. Son producidas por organismos vivos, como bacterias, hongos, plantas y animales, y desempeñan un papel fundamental en numerosos procesos biológicos. La Bioenzima es una formulación enzimática líquida no tóxica, no inflamable y no corrosiva producida a partir de extractos vegetales que mejoran las características de ingeniería del suelo. Son disolventes en agua, de tonalidad oscuro y tienen un olor parecido al de la melaza. Las enzimas orgánicas suelen estar en estado líquido. Son proteínas que aceleran el proceso químico mientras que el resultado final no se ve afectado (Shil, y otros, 2021) . Se utilizan en aplicaciones agrícolas comerciales y se ha descubierto que tienen la capacidad de aumentar la firmeza de los suelos cuando se utilizan con tipos de suelo específicos. Se sabe que la Bioenzima cambia las cualidades del suelo y antes de utilizarlas, deben diluirse en agua en ejercicio del tipo de subrasante y de la dosis de enzima; añadir la Bioenzima al agua y mezclarla con el suelo cambia las características de ingeniería. Estas enzimas son aditivos líquidos que reaccionan en el suelo para disminuir el agua adsorbida y eliminar los vacíos del suelo para una óptima compactación. (Naik, y otros, 2020). Las aplicaciones de las bioenzimas comprenden una amplia gama de campos, incluyendo la industria alimentaria, la

agricultura, la medicina, la industria textil y la protección ambiental. Algunas de las aplicaciones más comunes de las bioenzimas son; Industria alimentaria: Las bioenzimas se utilizan para alterar y mejorar la calidad de la producción de alimentos generar rendimiento de los mismos; Industria textil: Las bioenzimas se utilizan en la industria textil para realizar procesos de lavado y acabado de tejidos; Industria textil: Las bioenzimas se utilizan en la industria textil para realizar la limpieza y/o acabado de tejidos; Tratamiento de aguas residuales: Las bioenzimas desempeñan un rol fundamental en el tratamiento de aguas residuales, donde el fin es degradar sustancias orgánicas contaminantes; Medicina: Las bioenzimas tienen aplicaciones en la medicina, tanto en el tratamiento de enfermedades y estudio. En resumen, las bioenzimas son moléculas biológicas que actúan como catalizadores en reacciones químicas específicas. Tienen aplicaciones en diversos campos, incluyendo la industria alimentaria, la industria textil, el tratamiento de aguas residuales y la medicina. Su capacidad para acelerar reacciones químicas de manera selectiva y eficiente las convierte en herramientas valiosas en numerosos procesos biotecnológicos.

**Figura 2**

*Estabilizador de suelo no tradicional - Bioenzimao*



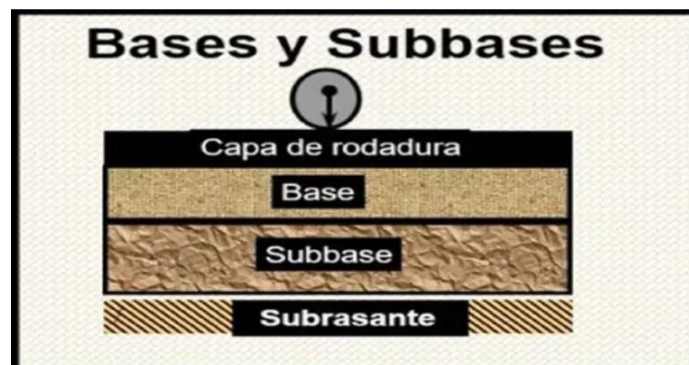
**Nota.** Superficies Ecológicas y Caminos S.A. "SECSA"

**Variable Dependiente: propiedades de la subrasante**

La subrasante se refiere a la capa de suelo o material colocado debajo de la capa de pavimento en una carretera o una estructura similar. La calidad y la estabilidad de la subrasante son fundamentales para asegurar la durabilidad y el rendimiento del pavimento. Aquí hay algunas teorías y enfoques comunes relacionados con la subrasante; Teoría del soporte que tiene el suelo: Esta teoría se basa en la suficiencia del suelo para soportar la carga del pavimento sin deformarse excesivamente; Teoría de consolidación: Esta teoría se basa en la capacidad del suelo para consolidarse bajo cargas aplicadas a lo largo del tiempo. La consolidación ocurre cuando el agua es expulsada del suelo y las partículas se comprimen; Teoría de la plasticidad del suelo: Esta teoría se enfoca en las características plásticas del suelo, como su plasticidad y su límite líquido. Los suelos con alta plasticidad tienden a contraerse y expandirse, lo que puede afectar negativamente la subrasante y el pavimento; Teoría de la capacidad portante: Esta teoría se basa en la capacidad de soportar del suelo aplicadas a las cargas sin fallar.

Utilizan cálculos y modelos para establecer la capacidad portante del suelo y dimensionar adecuadamente la subrasante.

**Figura 3**  
*Estructura del suelo*



**Nota.** Universidad de Ciencia Tecnología y Descartes, Estructura de Pavimento  
Grupo: 9510

### **Propiedades físicas y Mecánicas del Suelo**

Existen varias teorías y enfoques en cuanto a la estabilización de suelos, cuyas aplicaciones tienen el objetivo de optimizar las propiedades del suelo e incrementar

su tolerancia de carga. Aquí hay algunas teorías comunes relacionadas con la estabilización de suelos; Teoría de la compactación: Esta teoría se basa en aumentar de la densidad del suelo mediante compactación mecánica. Se aplica fuerza al suelo mediante el manejo de rodillos vibrantes o equipos similares para reducir los vacíos y aumentar la capacidad de carga; Teoría de la adición de materiales: Esta teoría se basa en agregar materiales al suelo existente para mejorar sus propiedades. Los materiales adicionales pueden incluir estabilizantes químicos, como cal, cemento, cenizas volantes o polímeros, que ayudan a mejorar la cohesión y la resistencia del suelo; Teoría de la compactación dinámica: Esta teoría se basa en la aplicación de energía dinámica al suelo utilizando técnicas como la vibración o el impacto. Estas técnicas ayudan a incrementar la densidad y la capacidad de soporte del suelo al reducir la fricción interna y aumentar la cohesión aparente; Teoría de la estabilización química: Esta teoría se centra en la agregación de productos químicos al suelo para enriquecer sus propiedades. Los estabilizantes químicos pueden alterar las propiedades del suelo tanto físicas y químicas, como su plasticidad, expansión y capacidad de retención de agua; Teoría de la estabilización con geosintéticos: Esta teoría se basa en el manejo de geosintéticos, como geotextiles, geoceldas y geomallas, para mejorar la estabilidad del suelo. Estas teorías y enfoques se utilizan en la práctica de la ingeniería geotécnica para estabilizar diferentes tipos de suelos.

**Tabla 1**  
*Categorías de Sub rasante*

<b>Categorías de Sub rasante</b>	<b>CBR</b>
S <sub>0</sub> : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% a CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% a CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% a CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% a CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

**Nota.** *Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos*

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y Diseño de Investigación**

##### **Tipo de investigación**

Para investigación presente, el tipo utilizado fue el aplicado, en razón que se solucionó la problemática identificada, mejorando los suelos y optimizando la aplicación del cemento en la estabilización de suelos finos en la carretera Iberia – Pacahuara en Madre de Dios. Como Esteban (2018) lo señala, las investigaciones aplicadas están orientadas resolver un problema logrando una optimización y mejoramiento de la manera en la que funciona el sistema, tomando en consideración la normativa y procedimientos acorde a la tecnología moderna.

##### **Enfoque de investigación**

El actual estudio se desarrolló bajo un planteamiento cuantitativo, ya por este enfoque permitió que el trabajo emplee toda una serie de técnicas formadas de manera secuencial para poder evidenciar los postulados formulados, siguiendo un orden, partiendo de una realidad problemática de la cual se elaboran las preguntas y objetivos investigativos (Hernández , y otros, 2018). Por lo que, en la investigación expuesta considerara datos de los ensayos de laboratorio orientados a suelos estabilizados y mezcla de suelos con adición de Bioenzimas.

##### **El diseño de investigación**

La investigación presentada es de diseño experimental puesto que las unidades de estudio se analizaron en laboratorio tomando en consideración las modificaciones que se le aplicaron, dicho de otro modo, las variables se analizaron en laboratorio donde se obtuvieron datos concretos acerca de resistencia los suelos finos por el uso del cemento y la adición de Bioenzimas en la carretera Iberia – Pacahuara en Madre de Dios. Tal como lo mencionan los investigadores (Hernández, y otros, 2018) las investigaciones experimentales tienen una particularidad por afectar la realidad de una de las categorías de estudio, para ver su afectación fuera de su contexto.



### **El nivel de investigación:**

El estudio es de nivel explicativo, por lo que la variables se utilizó para determinar si la sub rasante de la carretera Iberia-Pacahuara mejora sus propiedades agregando Bioenzimas y cemento.

Aquellos trabajos que se desarrollan explicativamente no solo describen las unidades de estudio, o establecen las relaciones, sino que están encargadas de explicar las causas y consecuentemente los efectos ya sean sociales o físicos. Como su propia denominación lo señala, estas investigaciones se encargan de explicar cómo suceden los fenómenos y las condiciones en las que se expresan con otra u otras variables. (Fernández Collado, y otros, 2014).

### **3.2. Variables y Operacionalización**

#### **VI: Optimización del Cemento usando bioenzimas**

Hace referencia a la búsqueda de la forma más apropiada para llevar a cabo una tarea específica. El concepto de optimización de los recursos se enfoca en la eficiencia, es decir, en utilizar los recursos de manera óptima para alcanzar los mayores beneficios posibles con un costo mínimo. (Cortina, 2016)

La optimización del cemento se refiere a la mejora de las propiedades y características del cemento para maximizar su rendimiento y minimizar su impacto ambiental durante su producción, transporte y aplicación. La adición de cemento con Bioenzimas reemplazara por medio de proporcional al terreno natural (TN) en dosificaciones específicas respecto al peso del TN, con el objetivo de optimizar la cantidad de cemento necesario para optimizar las características del suelo.

#### **VD: Estabilización de Suelos Finos**

Es importante señalar que los espesores de compactación abarcan desde subrasantes con un CBR superior al 6% hasta un CBR superior al 30%, considerando un tráfico vehicular con una cantidad de repeticiones por cargas equivalentes de hasta 300,000. En el caso de subrasantes con un CBR inferior al 6% (denominadas subrasantes pobres o inadecuadas), se someterán a un análisis detallado para determinar la necesidad de estabilización o reemplazo del suelo de la subrasante. (Ministerio de Economía y Finanzas , 2015)

Es importante mencionar la composición de los suelos finos varía según la ubicación geográfica y las condiciones en las que se encuentre, sin embargo, sus componentes más comunes son: el ser suelos arcillosos, que tienen un tamaño menos a 0,002 mm, su composición permite que los suelos finos retengan agua y tengan mayor plasticidad generando cohesión, otro componente sería el limo teniendo partículas que varían de los 0,002 y 0,05 mm. Finalmente, otros componentes resaltantes son la materia orgánica así como el agua y aire. (Polzos, 2019)

La estabilización del suelo es el procedimiento destinado a mejorar las propiedades del terreno finos e inestable. La estabilidad del suelo depende del método de estabilización adoptado y de la sustancia implicada en el proceso de estabilización. En general, existen dos tipos de estabilizadores en el mercado: tradicionales y no tradicionales. Los estabilizadores no tradicionales como las Bioenzimas son ecológicos, rentables, no tóxicos, baratos y fáciles de conseguir y lo que es más importante mejoran significativamente las propiedades del suelo, incluso cuando se aplican en pequeñas dosis. (Tingle, y otros, 2007)

La estabilización de suelos finos se puede conceptualizar como un procedimiento utilizado para optimizar las propiedades de los suelos que tienen partículas pequeñas como arcilla, limo y arena fina. La finalidad principal de este proceso es incrementar la suficiencia de peso del suelo, minimiza su susceptibilidad a la erosión y mejorar su durabilidad. Además, esta técnica tiene como propósito mejorar las propiedades físico-mecánicas de la subrasante.

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

#### **Población**

Se define como un grupo de individuos que comparten características parecidas y que se estudian para alcanzar ciertos objetivos de investigación. La identificación de los elementos que conforman esta población se realiza de acuerdo con el problema y los objetivos establecidos, con el fin de poder hacer inferencias precisas. (Bernal, 2016).

En este estudio se tomará como población de estudio la carretera Iberia – Pacahuara, tomando como grupos de estudio las progresivas con puntos de saturación más críticos que conforman la carretera ruta Iberia – Pacahuara. La

carretera se encuentra Ubicada geográficamente en el Departamento de Madre de Dios – Provincia de Tahuamanu y abarca el Distrito de Iberia.

### **Muestra**

En una investigación, la muestra utilizada es un conjunto limitado y representativo de la población, que representa de manera cuidadosa según los objetivos e interrogantes planteados. Arias, (2012).

En nuestro plan de investigación, se utilizará a manera de muestra al terreno fino desde subrasante que está siendo estudiado.

### **Muestreo**

Durante el proceso de selección de una muestra para una investigación, se aplica un método denominado muestreo, el cual se clasifica en dos tipos principales: aleatorio o probabilístico, y no probabilístico. El muestreo aleatorio o probabilístico permite conocer la probabilidad de elegir cada elemento de la población para formar parte de la prueba, mientras que en el caso del muestreo no probabilístico, no se dispone de información sobre la probabilidad de selección de los componentes de la población. En nuestro estudio, se empleará una técnica de muestreo para elegir una muestra representativa del suelo fino que constituye la subrasante investigada. Arias, (2012) En la investigación en cuestión, se aplicará una técnica de muestreo no probabilístico para seleccionar las muestras necesarias. Con este fin, estas realizarán excavaciones en forma de calicatas a una altura por debajo del pavimento de 1.5 metros, por ende permitirá obtener una muestra representativa del suelo que se requiere para su análisis correspondiente.

### **Unidad de Análisis**

Una unidad de análisis en una investigación son los elementos o casos que se estudian y se enfoca en identificar quiénes o qué son los participantes del estudio, ya sean objetos, eventos o comunidades. La selección se basa en el diseño y objetivos de la investigación establecidos. Hernandez, (2014). En este estudio el objeto de estudio será la sub rasante correspondiente a la carretera Iberia - Pacahuara.

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

#### **Técnica**

La fase de este estudio, se empleará la metodología de observación directa, lo que significa que la persona que investiga estará presente y de forma directa con el hecho o situación problemática que se está estudiando. Para apoyar esta técnica se hará aplicación de herramientas como guías de indagación y fichas de campo, para facilitar la recopilación y análisis de los datos logrados durante la investigación, según lo definido por Arroyo, (2020) .

Durante el proceso de descripción de las muestras y la unidad de análisis, se aplicarán criterios, fórmulas y conceptos de diseño que se encuentran en estándares técnicos, publicaciones, y tesis de investigación que tengan relación con el área de estudio, a fin de garantizar una correcta utilización de las técnicas y obtener resultados exactos y confiables.

#### **Instrumentos de recolección de datos**

Según la definición de Rojas Rojas (2011), una ficha de recopilación o acopio de información es una herramienta que contiene la información necesaria para interpretar todos los componentes del objeto de estudio y reflejar el problema a investigar. En este estudio se realizará el empleo de fichas de recopilación de información diseñadas específicamente para el trabajo de campo y laboratorio, y se complementarán con la aplicación de estabilizadores de suelo como el cemento y las bioenzimas.

#### **Validez**

En el marco de nuestra investigación, se pretende garantizar la exactitud de las mediciones obtenidas para la variable que se está examinando. Esto es conocido como validez, tal como describe Hernández (2014). Para lograrlo, se llevará a cabo una verificación minuciosa de que todos los instrumentos de laboratorio que se utilizarán en los ensayos, cuenten con el certificado de calibración vigente y expedido como indique el procedimiento.

#### **Confiabilidad de instrumentos**

Según la definición aportada por Hernández (2014), la confiabilidad de una herramienta de medición se expresa al nivel de consistencia y coherencia que

presenta al brindar resultados. En otras palabras, se trata de la capacidad de obtener resultados uniformes al utilizar repetidamente el mismo instrumento en el objeto de estudio. Para garantizar que los resultados tengan credibilidad mientras nuestra investigación, será aplicado un nivel de confianza del 95%, cuyos detalles se describirán en el análisis estadístico de la información recolectada. Asimismo, se llevarán también medidas orientadas a minimizar los errores aleatorios y sistemáticos durante la recopilación de datos y se aplicará la prueba de repetición para verificar la coherencia de los resultados obtenidos.

### **3.5. Procedimientos**

#### **Desarrollo del procedimiento**

#### **ETAPA 1: Recolección de Aditivo no Bioenzima**

Se obtuvo la bioenzima el cual fue el principal insumo para optimizar el CBR de tipo de suelo CL en la carretera Iberia - Pacahuara la cual fue adquirido por EMPRESA FC consultores.

**Figura 4**  
*Aditivo bioenzima*



**Nota.** *Elaborado por el propio investigador.*

#### **ETAPA 2: Excavación de Calicatas en la Carretera MD-632.**

Se realizó la extracción de 04 ensayos de calicatas, cual medida es de 1.00 x 1.00m de ancho con una profundidad de 1.50m cada uno, en la progresiva de km 0+500 C-1, km 1+000 C-2, km 1+500 C-3 y km 2+000 C-4 posteriormente las muestras se

trasladaron para hacer sus respectivos ensayos, que corresponde a la norma vigente del MTC de Suelos y Pavimentos.

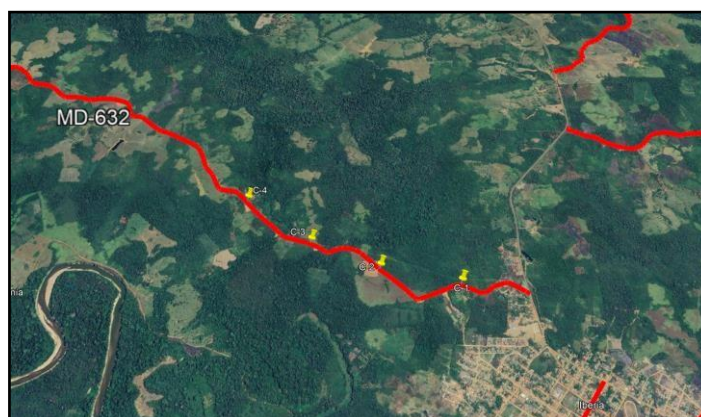
**Tabla 2**

*Descripción de las calicatas*

calicata	Margen	profundidad	Coordenadas	
			ESTE	NORTE
C-1	Derecho	1.50 m.	445738.41	8740355.02
C-2	Izquierdo	1.50 m.	444989.74	8740503.65
C-3	Derecho	1.50 m.	444327.39	8740768.87
C-4	Izquierdo	1.50 m.	44367034	8741237.90

**Nota.** *Elaborado por el propio investigador.*

**Figura 5**  
*Ubicación de la zona de estudio*



**Nota.** *Elaborado por el investigador*

**Figura 6**  
*Excavación de calicata*



*Nota. Elaborado por el investigador*

**Figura 7**  
*Demarcación de área a excavar*



*Nota. Elaborado por el investigador*

### **ETAPA 3: Procesamiento para el logro del contenido de humedad**

Se tomo una porción de muestra húmeda (M.H) pesando en gramos con una variación de 2 decimales, después del cuarteo para el contenido de humedad **(ASTM D-2216)** donde se considera un tiempo de 24 horas para su secado a 110+/- 5°C de temperatura, para posteriormente tomar la muestra seca (M.S) y así determinar la humedad en porcentaje natural que tiene la muestra.

**Figura 8**  
*Pesado de la prueba de ensayo*



*Nota. Elaborado por el investigador*

**Figura 9**  
*Secado de muestras al horno*

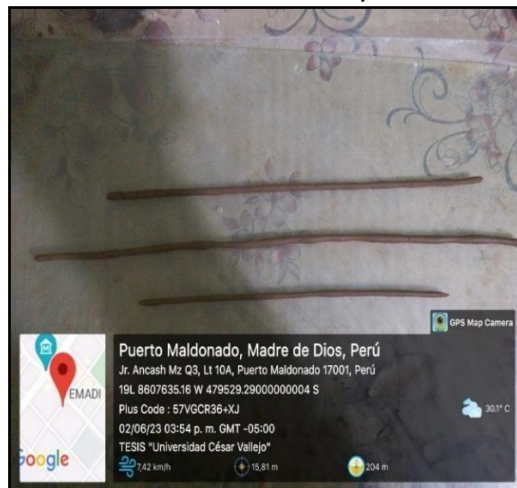


*Nota. Elaborado por el investigador*

#### **ETAPA 4: Limite de consistencia (ASTM D-4318-84)**

Con este ensayo determinamos el comportamiento del suelo fino, para esto se utiliza 200gr de muestra de calicata, los equipos a utilizar son copa de Casagrande, ranura, balanza de 0.01gr taras y horno.

**Figura 10**  
*Determinación del límite plástico*



*Nota. Elaborado por el investigador*



**Figura 11**  
*Prueba Ensayo de Casagrande*



**Nota.** Elaborado por el investigador

### **ETAPA 5: Ensayo de análisis granulométrico.**

Se realizó el análisis granulométrico una vez retirado del horno las cuatro muestras que ya están completamente secos, guiándome de la norma MTC E 107 basado en la ASTM D 422.

Los materiales e instrumentos a utilizar son:

Balanza de 0.01 gramos de precisión, horno de secado temperatura 110°C, estufa, recipiente de acero inoxidable, tamices de malla cuadrada y brochas de limpieza.

**Figura 12**

*Lavado para la obtención de los finos*



**Nota.** Elaborado por el investigador

**Figura 13**  
*Tamizado de los suelos finos*



*Nota. Elaborado por el investigador*

### **ETAPA 6: Ensayo de Proctor Modificado Método A (ASTM D-1557)**

Se determinará el tipo de suelo con el propósito de obtener la correspondencia en relación al peso unitario seco y el contenido de humedad, así determinar la curva de compactación. En el método MTC E 115 en relación a la ASTM D 1557 y NTC 339.141, pues lo que muestra el experimento conlleva a usar los equipos e instrumentos: Molde de 6 pulgadas de diámetro interior, pisón de 44.5N, martillo de goma, extractor de muestras, bandeja de acero inoxidable, balanza con una aproximación de 0.01g, horno, herramientas de mezcla.

**Figura 14**  
*Lavado para la obtención de los finos*



*Nota. Elaborado por el investigador*

**Figura 15**

*Ensayo de Proctor modificado*



**Nota.** *Elaborado por el investigador.*

### **ETAPA 7: CBR California Bering Ratio (ASTM D-1883)**

En relación al índice de soporte de los suelos CBR, se realizó los ensayos en el laboratorio con el suelo preparado, adicionando el % de cemento y bienzima que al realizar la mezcla tenga una condición optima de densidad y humedad haciendo uso del MTC E 132 como la metodología del manual de ensayo y materiales del MTC; comprendido en el método ASTM D 1883.

Para que se lleve a cabo la prueba, se requirió: una prensa para ensayos de compresión, que se empleará para forzar la penetración de un pistón en el espécimen; un molde cilíndrico de metal con un diámetro de 6 pulgadas; un disco espaciador circular de metal; un pisón de compactación; un dispositivo medidor de expansión; pesas anulares con una masa total de 4.54 kg; pesas ranuradas de 2.27 kg; dos diales con un recorrido mínimo de 25 mm; un tanque con la capacidad suficiente para sumergir los moldes en agua; una estufa; y dos balanzas, una con una capacidad de 20 kg y otra de 1000 gramos.

**Figura 16**  
Curado de 5 días calendarios en agua



*Nota. Elaborado por el investigador*

**ETAPA 8: Diseñar el espesor de estabilización considerando el concepto de rigidez equivalente empleando cemento y bienzima.**

Para calcular el espesor optimo se utilizó la siguiente formula:

$$CBR_P = \frac{D_{S1}^3 CBR_1 + D_{S2}^3 CBR_2}{(D_{S1})^3 + (D_{S2})^3}$$

Donde:

CBR<sub>P</sub> = CBR Ponderado

DS<sub>1</sub> = Espesor de Suelo

Estabilizado DS<sub>2</sub> = Espesor de Terreno

Natural CBR<sub>1</sub> = CBR de Suelo

Estabilizado CBR<sub>2</sub> = CBR de Terreno Natural

Se emplearon en los ensayos de laboratorio la siguiente condición suelo natural + 2% de cemento y 0.02, 0.04 y 0.05 lt/m<sup>3</sup> de bienzima la cual se detalla en los resultados.

**ETAPA 9: Dimensionar las capas del pavimento flexible en la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios.**

Para evaluar la configuración de un pavimento flexible se toma en cuenta el conteo vehicular con fichas proporcionadas por el MTC considerando los 7 días expresadas en ESAL, el Modulo de Resilencia (MR), Confiabilidad (%R), Índice de Serviciabilidad (P) y Numero Estructural Propuesto (SNR).

La estructura de capas de pavimento se calcula mediante esta formula:

$$\log_{10} (W_{18}) = Z_{R O} S + 9.36 \log_{10} (SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10} (\frac{\Delta \text{psi}}{4.2 - 1.5})}{0.4 \frac{1094}{(SN + 1)^{0.64}}} + 2.32 \log_{10} (M_8) - 8.07$$

### Emisión de Resultados

Para la emisión de resultados Se analizaron y emplearon los datos experimentales obtenidos en el laboratorio con el fin de calcular el grosor de la capa de la subrasante, para analizar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y finalmente para hallar la capacidad de soporte final. A continuación, se detallarán los procesos para la obtención de resultados:

#### 3.6. Método de análisis de datos

Con el propósito de exhibir los hallazgos derivados de las actividades de laboratorio y la recolección de datos, se realizará tanto un análisis estadístico descriptivo como uno inferencial. Para ello, se desarrollarán tablas o cuadros que permitan examinar de manera detallada la información obtenida del experimento. Asimismo, se realizarán ensayos de laboratorio para verificar si la adición de bioenzimas logra estabilizar los suelos que no han sido pavimentados. Para el análisis de los suelos se realizará un estudio de cuatro calicatas que estarán distribuidas progresivamente en el tramo de la carretera Iberia – Pacahuara en Madre de Dios; con tal estudio se tendrá la composición física y química de la carretera que será la unidad de estudio y con ello poder apreciar cuáles serán los materiales y insumos que se requiere para la estabilidad de la carretera.

#### 3.7. Aspectos éticos

En cumplimiento de los principios éticos y regulaciones profesionales, se siguieron las directrices de la Universidad Cesar Vallejo para la realización de trabajos de investigación y se llevaron a cabo todas las etapas correspondientes. Para

garantizar el cumplimiento de las normas, se utilizó el formato ISO y se respetaron los principios de integridad científica, que comprenden la confidencialidad de los datos, la transparencia, el cuidado de la propiedad intelectual y la no manipulación parcial de la información recolectada en el laboratorio. Todo esto se refleja en la elaboración del presente documento.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Descripción de la zona de estudio

#### Ubicación del proyecto

Este proyecto de investigación científica fue realizado en el camino vecinal Emp. PE-30C (Pacahuara) en tramo Iberia – Pacahuara, geográficamente se ubica en el Departamento de Madre de Dios – Provincia de Tahuamanu y abarca el Distrito de Iberia.

**Figura 17**

*Mapa de ubicación del Perú*



**Nota.** Elaborado por el investigador.

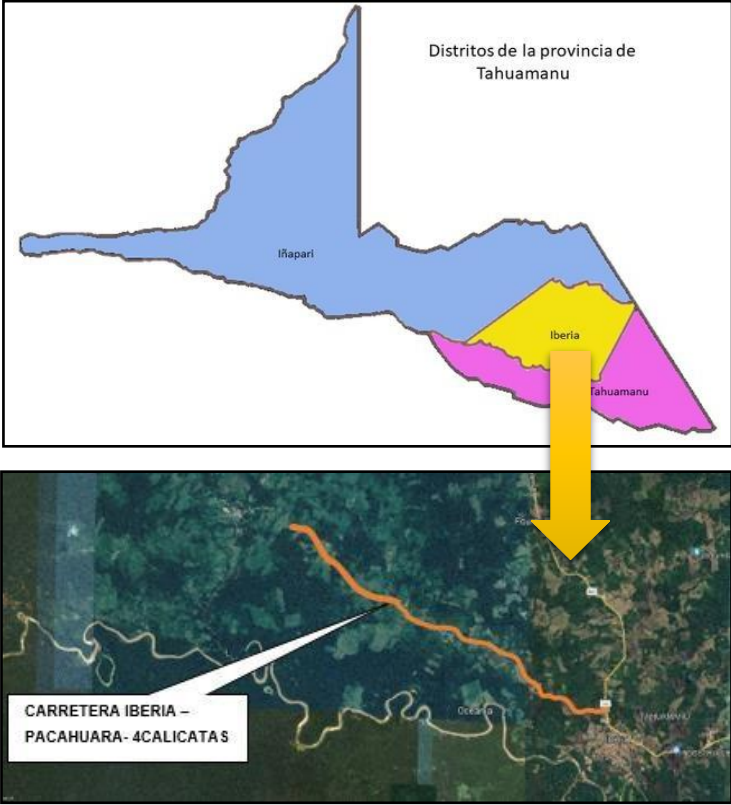


**Figura 18**  
*Mapa de la Región Madre de Dios*



**Ubicación del proyecto:**

**Figura 19**  
*Mapa de la Provincia de Tahuamanu*



**Nota:** Google Earth



## **UBICACIÓN**

Región : Madre de Dios  
Departamento : Madre de Dios  
Provincia : Tahuamanu  
Distrito : Iberia

### **Acceso al área de investigación**

Para llegar al área de la investigación se puede seguir la siguiente ruta desde Lima:

**Tabla 3**

*Distancia al área de trabajo*

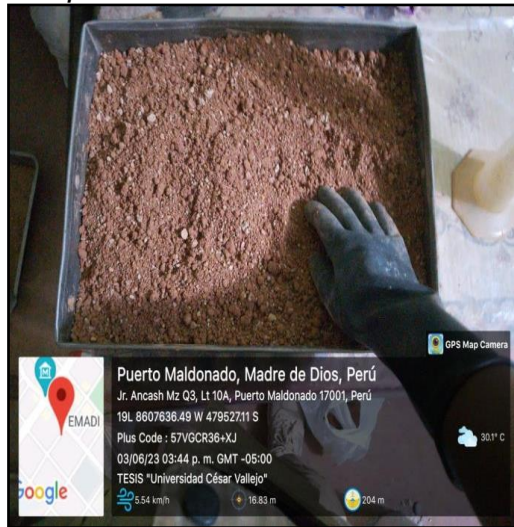
<b>N°</b>	<b>Desde</b>	<b>Hasta</b>	<b>Longitud (Km)</b>	<b>Tiempo (h)</b>
1	Lima	Puerto Maldonado	1579.2 km	27h
2	Puerto Maldonado	Iberia	171 km	3h 01min
3	Iberia	Pacahuara	16km	0h 25min
<b>Total (km)</b>			1766.2km	3h 26min

### **Condición climática**

Madre de Dios una región que comprende con clima tropical cálido sobre todo en el distrito de Iberia – Pacahura en los cuales el clima tiene veranos muy largos y inviernos son fríos con presencia de humedad los cuales varían desde 12°C a 30°C, la temperatura más calurosa del año se presenta en los meses de Abril a Noviembre.

**Objetivo específico 1:** Mejorar el CBR de la subrasante de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios.

**Figura 20**  
*Compactación del Proctor*



**Nota.** *Elaborado por el investigador*

**Figura 21**  
*Compactación del Proctor*



**Nota.** *Elaborado por el investigador*

Con el propósito de concebir el grosor apropiado del diseño, los resultados del CBR se consideró al 95% vasado en la Norma **NTP 339.145**, Se emplearon los resultados del índice de resistencia CBR obtenidos durante las pruebas, considerando la adición de cemento y bioenzima realizados una combinación de ello.

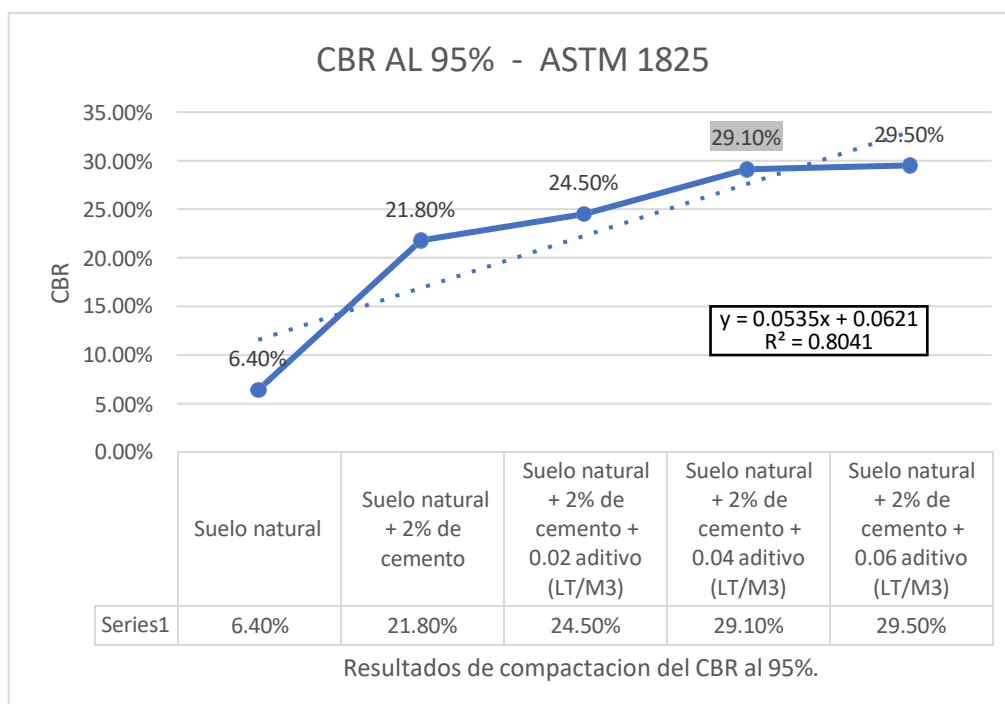
**Tabla 4**  
*Ensayo de Soporte California*

<b>RESULTADOS DEL CBR AL 95% ASTM 1825</b>	
Suelo natural	6.40%
Suelo natural + 2% de cemento	21.80%
Suelo natural + 2% de cemento + 0.02 aditivo (LT/M3)	24.50%
Suelo natural + 2% de cemento + 0.04 aditivo (LT/M3)	29.10%
Suelo natural + 2% de cemento + 0.06 aditivo (LT/M3)	29.50%

**Nota.** Elaborado por el investigador

**Figura 22**

*Resultados de ensayo de soporte califonia 95%*



**Nota.** Elaborado por el investigador

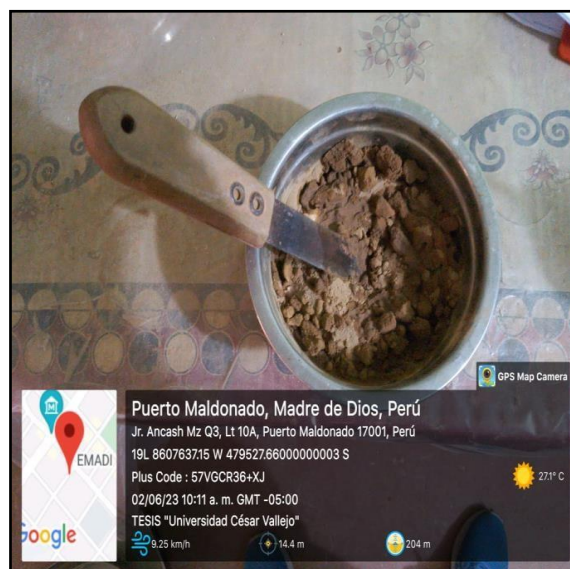
**Interpretación:** En la tabla 4 y seguido la figura 22 observamos los valores del CBR AL 95% MDS, obteniendo en un primer ensayo con tan solo suelo natural un CBR de 6.40%, en un segundo ensayo se agregó al suelo natural 2% de cemento este dio como resultado un CBR de 21.80%, en un tercer ensayo se agregó el suelo

natural 2% de cemento y 0.02 LT/M3 de Bioenzima dando como resultado un CBR de 24.50%, en un cuarto ensayo se agregó el suelo natural 2% de cemento y 0.04 LT/M3 de Bioenzima generando como hallazgo un CBR de 29.10% y un cuarto ensayo final se consideró al suelo natural 2% de cemento y 0.06LT/M3 de Bioenzima dando como resultado un incremento de CBR de 29.5%, considerando el incremento de cemento más aditivo en sus diferentes proporciones se aprecia un incremento significativo del CBR, hasta la adición porcentual de 0.04 de aditivo los incrementos posteriores del aditivo el incremento en el CBR ya no es muy significativo.

**Objetivo específico 2:** Reducir la plasticidad de la subrasante de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios.

**Figura 23**

*Óptimo de humedad*



**Nota.** Elaborado por el investigador

**Figura 24**

*Límite plástico*



**Nota.** Elaborado por el investigador

Estos ensayos se determinaron según a Norma **NTP 339.129 Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos**, esto se analizó a las muestras de suelos naturales extraídos de las distintas calicatas que se realizaron para obtener los resultados de los límites de Atterberg.

**Tabla 5**

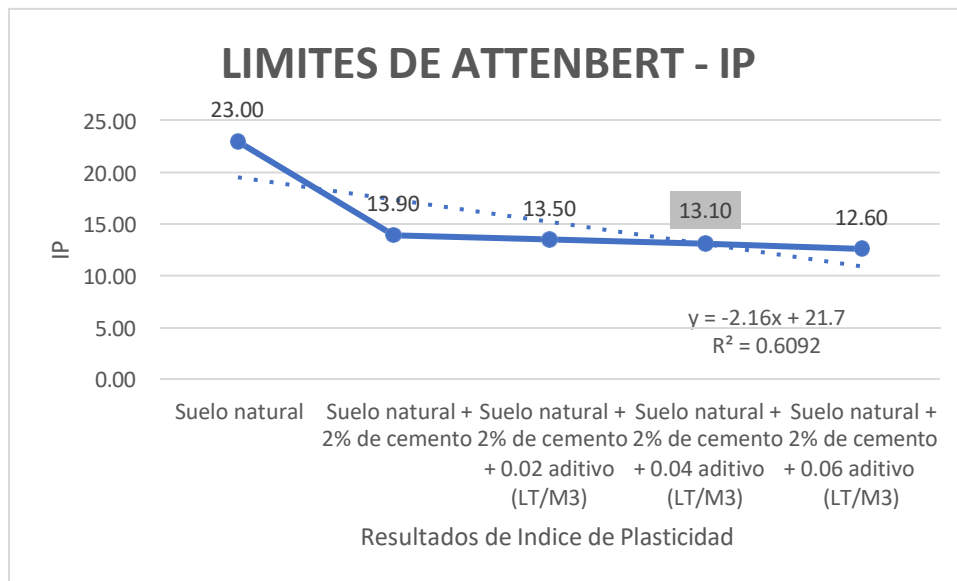
*Ensayo de Limites de Attenbert*

<b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>	
Suelo natural	23.00
Suelo natural + 2% de cemento	13.90
Suelo natural + 2% de cemento + 0.02 aditivo (LT/M3)	13.50
Suelo natural + 2% de cemento + 0.04 aditivo (LT/M3)	13.10
Suelo natural + 2% de cemento + 0.06 aditivo (LT/M3)	12.60

**Nota.** Elaborado por el investigador

**Figura 25**

*Resultados de ensayo de Índice de Plasticidad*



**Nota.** Elaborado por el investigador

**Interpretación:** De Índice de Plasticidad representados con la tabla 5 y la figura 25 dan una representación de 5 ensayos, el primer ensayo que es Terreno Natural comprende IP(23), el segundo ensayo Terreno Natural + 2% Cemento comprende un IP(13.90), como tercer ensayo Terreno Natural + 2% Cemento + 0.02 LT/M3 de Bioenzima da un IP(13.50), el cuarto ensayo Terreno Natural + 2% Cemento +0.04 LT/M3 de Bioenzima da un IP(13.10), el cuarto ensayo Terreno Natural + 2% Cemento +0.06 LT/M3 de Bioenzima da un IP(12.60) estos resultados se obtuvieron en laboratorio, lo que nos indica que con la aplicación del aditivo bajamos el IP del suelo de condiciones altamente plásticas a condiciones de plasticidad media.

**Objetivo específico 3:** Diseñar el espesor de estabilización considerando el concepto de rigidez equivalente.

Para diseñar una estructura de suelo flexible apta para la estabilización, utilizamos los valores de CBR determinados en pruebas con una mezcla de suelo natural suplementada con un 2% de cemento y enzimas y bioenzima estos valores son:

Suelo Natural + 2.0% + 0.02 ADT	CBR 24.50%
Suelo Natural + 2.0% + 0.04 ADT	CBR 29.10%
Suelo Natural + 2.0% + 0.06 ADT	CBR 29.50%

Para hallar el CBR ponderado utilizamos la siguiente formula:

$$CBR_P = \frac{D_{S1}^3 CBR_1 + D_{S2}^3 CBR_2}{(D_{S1})^3 + (D_{S2})^3}$$

Donde:

CBR<sub>P</sub> = CBR Ponderado

DS<sub>1</sub> = Espesor de Suelo

Estabilizado DS<sub>2</sub> = Espesor de Terreno

Natural CBR<sub>1</sub> = CBR de Suelo

Estabilizado CBR<sub>2</sub> = CBR de Terreno Natural

A continuación, sustuiremos matemáticamente la fórmula del índice de resistencia CBR ponderado con nuestros datos, considerando un espesor de (30 cm) de la siguiente forma:

De 0.30cm con una mezcla de terreno natural + 2% de cemento + 0.02 de bioenzima con CBR de 24.50%

$$CBR_{P(cemento+0.02 ADT)} = \frac{0.30^3(24.50\%) + 1.20^3(6.40\%)}{0.30^3 + 1.20^3}$$

$$CBR_{P(cemento+0.02 ADT)} = 6.68\%$$

De 0.30cm con una mezcla de terreno natural + 2% de cemento + 0.04 de bioenzima con CBR de 29.10%.

$$CBR_{P(cemento+0.06 ADT)} = \frac{0.30^3(29.10\%) + 1.20^3(6.40\%)}{0.30^3 + 1.20^3}$$

$$CBR_{P(\text{cemento}+0.06 \text{ ADT})} = 6.76\%$$

De 0.30cm con una mezcla de terreno natural + 2% de cemento + 0.06 de bioenzima con CBR de 29.50%.

$$CBR_{P(\text{cemento}+0.06 \text{ ADT})} = \frac{0.30^3(29.50\%) + 1.20^3(6.40\%)}{0.30^3 + 1.20^3}$$

$$CBR_{P(\text{cemento}+0.06 \text{ ADT})} = 6.76\%$$

Procedemos a sustituir la fórmula correspondiente con nuestros datos, considerando un espesor de (60 cm) de la siguiente forma:

De 0.60 m con una mezcla de terreno natural + 2% de cemento + 0.02 de bioenzima con CBR de 24.50%

$$CBR_{P(\text{cemento}+0.02 \text{ ADT})} = \frac{0.60^3(24.50\%) + 0.90^3(6.40\%)}{0.60^3 + 0.90^3}$$

$$CBR_{P(\text{cemento}+0.02 \text{ ADT})} = 10.54\%$$

De 0.60 m con una mezcla de terreno natural + 2% de cemento + 0.04 de bioenzima con CBR de 29.10%

$$CBR_{P(\text{cemento}+0.02 \text{ ADT})} = \frac{0.60^3(29.10\%) + 0.90^3(6.40\%)}{0.60^3 + 0.90^3}$$

$$CBR_{P(\text{cemento}+0.02 \text{ ADT})} = 11.58\%$$

De 0.60cm con una mezcla de terreno natural + 2% de cemento + 0.06 de bioenzima con CBR de 29.50%.

$$CBR_{P(\text{cemento}+0.06 \text{ ADT})} = \frac{0.60^3(29.50\%) + 0.90^3(6.40\%)}{0.60^3 + 0.90^3}$$

$$CBR_{P(\text{cemento}+0.06 \text{ ADT})} = 11.68\%$$

Seguidamente hacemos el reemplazo de la fórmula del CBR ponderado



considerando un espesor de suelo 0.90 cm de la siguiente manera:

De 0.90cm con una mezcla de terreno natural + 2% de cemento + 0.02 de bioenzima con CBR de 24.50%

$$CBR_{P(cemento+0.02\ ADT)} = \frac{0.90^3(24.50\%) + 0.60^3(6.40\%)}{0.90^3 + 0.60^3}$$

$$CBR_{P(cemento+0.02\ ADT)} = 20.36\%$$

De 0.90 m con una mezcla de terreno natural + 2% de cemento + 0.04 de bioenzima con CBR de 29.10%.

$$CBR_{P(cemento+0.06\ ADT)} = \frac{0.90^3(29.10\%) + 0.60^3(6.40\%)}{0.90^3 + 0.60^3}$$

$$CBR_{P(cemento+0.06\ ADT)} = 23.91\%$$

De 0.90 m con una mezcla de terreno natural + 2% de cemento + 0.06 de bioenzima con CBR de 29.50%.

$$CBR_{P(cemento+0.06\ ADT)} = \frac{0.90^3(29.30\%) + 0.60^3(6.40\%)}{0.90^3 + 0.60^3}$$

$$CBR_{P(cemento+0.06\ ADT)} = 24.07\%$$

Habiendo calculado los CBR ponderado de cada espesor se hace un análisis comparativo y se determinó el espesor más óptimo de 0.60m considerando los siguientes datos de laboratorio 10.54%, 11.59% y 11.68%, se ve que los resultados obtenidos con un espesor de 0.30m no alcanza a obtener un CBR Ponderado adecuado y con un espesor de 0.90m supera su resistencia, pero se aprecia que desde un punto de vista antieconómico.

**Tabla 6**

Ensayo de CBR Ponderado de los espesores óptimos

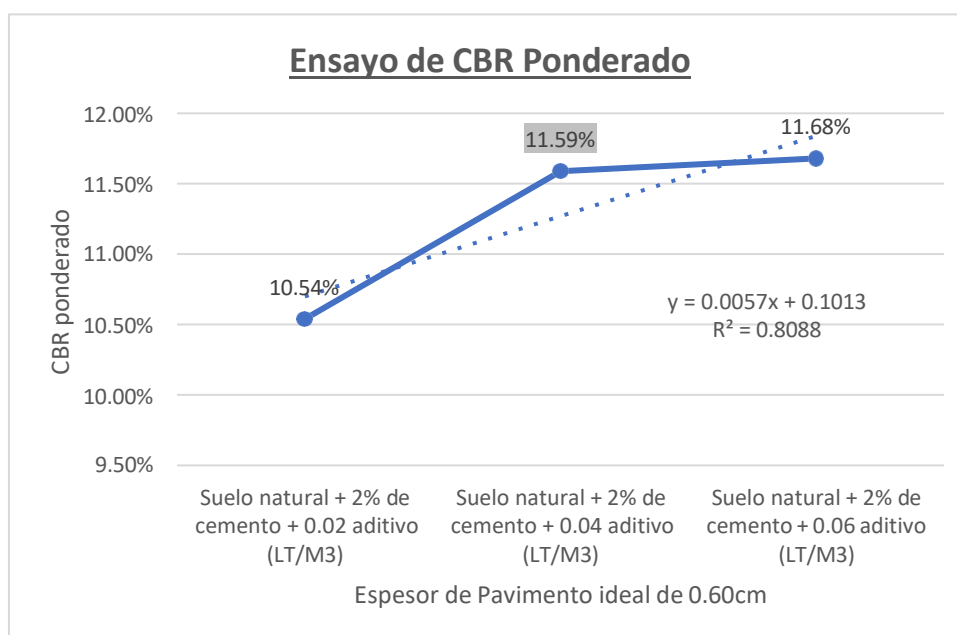
ENSAYO DE CBR PONDERADO		
Ensayo de <b>CBR Ponderado</b> se consideró el más optimo por temas presupuestales un <b>e=0.60cm.</b>	Suelo natural + 2% de cemento + 0.02 aditivo (LT/M3)	10.54%
	Suelo natural + 2% de cemento + 0.04 aditivo (LT/M3)	11.59%
	Suelo natural + 2% de cemento + 0.06 aditivo (LT/M3)	11.68%

*Nota. Elaborado por el investigador*

Graficamos el cuadro estadístico el cual se visualiza a continuación:

**Figura 26**

*Comparativo de valores CBRP con 0.60m de estabilización.*



*Nota. Elaborado por el investigador*

Interpretación: Estrato de suelo ideal fijado es 0.60cm, cual valor está representado en Tabla 6 y Figura 26, indicando los resultado del CBR<sub>P</sub> dio 10.54%, como segundo resultado a un estrado dio como resultado un CBR<sub>P</sub> de 11.59% y como tercera fórmula matemática resultado un CBR<sub>P</sub> de 11.68%, para lo

cual determine que el porcentaje ideal considero (Suelo Natural + 2% de Cemento + 0.04 de aditivo), Como se puede observar se ha mejorado el suelo de un CBR inicial de 6.40 (sub rasante pobre) a un CBR de 11.59 (subrasante buena).

Estos resultados tabulados en la figura 26 cumplen con los requisitos mínimos para una subrasante estabilizada llamada condición AASHTO indicando que el CBR debe ser  $\geq 6\%$ .

**Objetivo específico 4:** Dimensionar las capas del pavimento flexible en la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios.

Este se realizó como parte del diseño del pavimento flexible y ofrece datos fundamentales para establecer parámetros de tránsito (composición de vehículos y volumen de tránsito) y niveles de servicio en el tramo Iberia – Pacahuara, que es un tramo homogéneo del camino rural estudiado. Se determinó un periodo de diseño de 10 años y se identificaron los parámetros siguientes especificados con la norma AASHTO 93 y el Manual de carreteras.

Conforme a la guía de carreteras suelo, Geología, Ingeniería Geotécnica y pavimentación, el nivel de carga vehicular pesada indicado en EE, es de Tp2.

**Tabla 7**

*Numero acumuladas de iteraciones de eje equivalente en la trayectoria de diseño de pavimento.*

TIPOS TRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGO DE TRAFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T <sub>P0</sub>	> 75,000 EE ≤ 150,000 EE
T <sub>P1</sub>	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
<b>T<sub>P2</sub></b>	<b>&gt; 300,000 EE ≤ 500,000 EE</b>
T <sub>P3</sub>	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T <sub>P4</sub>	> 750,000 EE ≤ 1,000,000 EE

**Nota.** MTC-Manual de carreteras suelo.

En lo que respecta al coeficiente de resiliencia (MR) se determinó utilizando la ecuación del parámetro de diseño mediante el CBR ponderado que es 10.53%.

$$Mr. (\text{psi}) = 2,555 \times \text{CBR}^{0.64}$$

$$Mr. = 2,555 \times 11.59^{0.64}$$

$$\mathbf{Mr. = 12,257.57}$$

El porcentaje de confiabilidad (% R)

$$\mathbf{R = 75\%}$$

El manual básico de carretera se aplica a la desviación estándar normal (Zr).

$$\mathbf{Zr = 0.674}$$

Dentro del proceso de planificación de superficies de pavimentos flexibles, la guía AASHTO recomienda la utilización de valores de desviación estándar combinada (So) establecidos entre 0.40 y 0.50. Sin embargo, según el manual de carreteras sobre suelos, geología, geotecnia y pavimentos, se precisa una cifra más específica de 0.45.(ver anexo, pág. 55).

$$\mathbf{So = 0.45}$$

Evalúe de manera constante la condición actual de servicio (PSI), de acuerdo con las directrices del manual de carreteras; esta se obtiene restando la condición de servicio inicial de la final, por lo tanto, el (psi) es de 1.80.

$$(\Delta\text{psi}) = \text{PI} - \text{PT}$$

$$\text{PI} = 3.80 \text{ (Índice de Serviciabilidad Inicial)}$$

$$\text{PT} = 2.00 \text{ (Índice de Serviciabilidad Final)}$$

$$(\Delta\text{psi}) = 3.80 - 2.00 = 1.80$$

Se llevó a cabo la determinación del número estructural necesario (SNR).

$$\log_{10} (W_{18}) = Z_{RO} S + 9.36 \log_{10} (SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10} \left( \frac{\Delta\text{psi}}{4.2 - 1.5} \right)}{0.4 \frac{1094}{(SN + 1)^{0.64}}} + 2.32 \log_{10} (M_8) - 8.07$$

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

Se completo un análisis proporcionado por el MTC, para reemplazar los ensayos obtenidos en laboratorio y realizar el diseño el conjunto estructural del pavimento flexible.

**Tabla 8**

*Estructura de pavimento*

<b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO</b>			
		Pulg.	Cm.
<b>Losa de C°Asfáltico</b>	e=	0.020	5.00
<b>Base Granular</b>	e=	0.059	15.00
<b>Subbase granular</b>	e=	0.039	10.00

*Nota: Elaborado por el propio investigador*

Interpretación: La estructura de Pavimento diseñado está compuesto por distintos datos proporcionados por el Manual de Carreteras como primer dato la Carga de Trafico (ESALs) cual valor es 350,000 EE este está en rango  $T_{P2}$ , el nivel de Confiabilidad (%R) dio 75% al estar en el rango de  $T_{P2}$  Camino de Bajo Volumen de Transito, la Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ ) dio -0.674 considerado un  $T_{P2}$ , la Desviación Estándar Combinada ( $S_o$ ) cuyo valor adoptado es 0.45, la Variación de Serviciabilidad ( $\Delta\psi$ ) considerando la diferencia de la Serviciabilidad Inicial - Final es 1.80, el Módulo Resiliente ( $M_r$ ) considerando que tengo un CBR 11.59% el ( $M_r = 12,257.57$  PSI), el Coeficiente de Drenaje ( $m_i$ ) considerado Bueno considerado 1.15-1.00 cuyo Rango 5%-25%, el Numero Estructural Requerido (SNR) están comprenden a los coeficientes de Capa  $a_1 = 0.17/cm$ ,  $a_2 = 0.052/cm$  y  $a_3 = 0.047/cm$ , realizando el reemplazo de todos los valos se obtiene las tres capas estructurales el inicia con la carpeta asfáltica con un  $e=0.020$ pulg y/o  $e=5.00$ cm; como segundo estrato se tiene a la base granular con un  $e=0.059$ pulg y/o  $e=15.00$ cm y el tercer estrato el cual es la subbase granular con un  $e=0.039$ pulg y/o  $e=10.00$ cm.

## CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

### A. Evaluación de la normalidad de capacidad de soporte

En la tabla 7, se evidencia la prueba de normalidad de la variable capacidad de soporte

**Tabla 8**

*Prueba de normalidad de variable capacidad de soporte*

<b>Planteamiento de hipótesis para normalidad</b>						
Ho: Los datos de la variable capacidad de soporte tienen normalidad						
H1: Los datos de la variable capacidad de soporte no tienen normalidad						
<b>Elección del nivel de significancia</b>						
$\alpha = 5\% = 0.05$						
<b>Elección de la prueba estadística</b>						
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro - Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Capacidad de soporte	,504	7	,000	,453	7	,000
Bioenzima	,421	7	,000	,646	7	,001
Si $n = 5$ , entonces Shapiro-Wilk (para muestras $n < 50$ )						
<b>Prueba de Normalidad</b>						
a. Corrección de significación de Lilliefors						
<b>Regla de decisión</b>						
p-valor $\leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula Ho y se acepta la hipótesis alternativa H1						
p-valor $> 0.05$ , se acepta la hipótesis nula Ho y se rechaza la hipótesis alternativa H1						
<b>p-valor = 0,000 &lt; 0.05</b>						

Se acepta la hipótesis nula Ho: Los datos de la variable dispersión tienen normalidad
<b>Conclusión</b>
Los datos de la variable dispersión tienen normalidad con un nivel de significancia de 0,000

## B. Evaluación de la normalidad del índice de plasticidad

En la tabla 7, se evidencia la prueba de normalidad de la variable índice de plasticidad

**Tabla 9**

*Prueba de normalidad de variable índice de plasticidad*

<b>Planteamiento de hipótesis para normalidad</b>						
Ho: Los datos de la variable índice de plasticidad tienen normalidad						
H1: Los datos de la variable índice de plasticidad no tienen normalidad						
<b>Elección del nivel de significancia</b>						
$\alpha = 5\% = 0.05$						
<b>Elección de la prueba estadística</b>						
Si $n = 5$ , entonces <i>Shapiro-Wilk</i> (para muestra $n < 50$ )						
<b>Prueba de normalidad</b>						
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro - Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Índice de plasticidad	,435	7	,000	,600	7	,000
Bioenzima	,421	7	,000	,646	7	,001
<b>a. Corrección de significación de Lilliefors</b>						

**Regla de decisión**

p-valor  $\leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$

p-valor  $> 0.05$ , se acepta la hipótesis nula  $H_0$  y se rechaza la hipótesis alternativa  $H_1$

$$\mathbf{p\text{-valor} = 0,000 < 0.05}$$

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$ : Los datos de la variable dispersión tienen normalidad

**Conclusión**

Los datos de la variable índice de plasticidad tienen normalidad con un nivel de significancia de 0,000

**C. Evaluación de la normalidad del espesor adecuado**

En la tabla 8, se evidencia la prueba de normalidad del espesor adecuado

**Tabla 10**

*Prueba de normalidad de variable espesor adecuado*

<b>Planteamiento de hipótesis para normalidad</b>					
Ho: Los datos de la variable espesor adecuado tienen normalidad					
H1: Los datos de la variable espesor adecuado no tienen normalidad					
<b>Elección del nivel de significancia</b>					
$\alpha = 5\% = 0.05$					
<b>Elección de la prueba estadística</b>					
Si $n = 5$ , entonces <i>Shapiro-Wilk</i> (para muestras $n < 50$ )					
<b>Prueba de Normalidad</b>					
Kolmogorov-Smirnov			Shapiro - Wilk		
Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.



Bioenzima	,421	7	,000	,646	7	,001
Espesor adecuado	,504	7	,000	,453	7	,000

**a. Corrección de significación de Lilliefors**

**Regla de decisión**

p-valor  $\leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$

p-valor  $> 0.05$ , se acepta la hipótesis nula  $H_0$  y se rechaza la hipótesis alternativa  $H_1$

**p-valor = 0,000 < 0.05**

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$ : Los datos de la variable dispersión tienen normalidad

**Conclusión**

Los datos de la variable espesor adecuado tienen normalidad con un nivel de significancia de 0,000

#### **D. Prueba de correlación de la capacidad de soporte con bioenzimas**

En la tabla 9, se evalúa el grado de relación entre la variable de estudio “capacidad de soporte con la adición de bioenzimas”, mediante el coeficiente de correlación Pearson “r”

#### **Tabla 11**

*Correlación entre capacidad de soporte y adición de bioenzimas*

<p><b>Planteamiento de hipótesis para normalidad</b></p> <p><math>H_0</math>: La capacidad de soporte en relación con la adición de bioenzimas no se encuentran relacionadas</p> <p><math>H_1</math>: La capacidad de soporte si está relacionada con la adición de bioenzimas</p>
--

### Elección del nivel de significancia

$$\alpha = 5\% = 0.05$$

### Elección de la prueba estadística

Coefficiente de correlación de Pearson "r"

#### Correlaciones

		Bioenzima	Capacidad de soporte
Bioenzima	Correlación de Pearson	1	,881**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	7	7
Capacidad de soporte	Correlación de Pearson	,881**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	7	7

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

### Regla de decisión

$p\text{-valor} \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$

$p\text{-valor} > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula  $H_0$  y se rechaza la hipótesis alternativa  $H_1$

$$p\text{-valor} = 0,000 < 0.05$$

Se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$ : la capacidad de soporte se relaciona con la adición de bioenzimas

### Conclusión

Existe evidencia estadística significativa para concluir que la capacidad de soporte y las bioenzimas se relacionan ( $r=881$ ).

## E. Prueba de correlación del índice de plasticidad con bioenzimas

En la tabla 10, se evalúa el grado de relación de la variable índice de plasticidad con la adición de bioenzimas, mediante el coeficiente de correlación Pearson “r”

**Tabla 12**

*Correlación entre plasticidad y adición de bioenzimas*

<b>Planteamiento de hipótesis para normalidad</b>			
Ho: El índice de plasticidad no está relacionada con la adición de bioenzimas			
H1: El índice de plasticidad si está relacionada con la adición de bioenzimas			
<b>Elección del nivel de significancia</b>			
$\alpha = 5\% = 0.05$			
<b>Elección de la prueba estadística</b>			
Coeficiente de correlación de Pearson “r”			
<b>Correlaciones</b>			
		Índice de plasticidad	Bioenzima
Índice de plasticidad	Correlación de Pearson	1	-,496
	Sig. (bilateral)		,002
	N	7	7
Bioenzima	Correlación de Pearson	-,496	1
	Sig. (bilateral)	,002	
	N	7	7
<b>Regla de decisión</b>			
p-valor $\leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula Ho y se acepta la hipótesis alternativa H1			
p-valor $> 0.05$ , se acepta la hipótesis nula Ho y se rechaza la hipótesis alternativa H1			
<b>p-valor = 0,002 &lt; 0.05</b>			
Se acepta la hipótesis alternativa H1: El índice de plasticidad se relaciona con la adición de bioenzimas			

## Conclusión

Existe evidencia estadística significativa para concluir que el índice de plasticidad y las bioenzimas se relacionan ( $r=496$ )

## F. Prueba de correlación del espesor adecuado con bioenzimas

En la tabla 11, se evalúa el grado de relación de la variable espesor adecuado con la adición de bioenzimas, mediante el coeficiente de correlación Pearson “r”

**Tabla 13**

*Correlación entre espesor adecuado y adición de bioenzimas*

### Planteamiento de hipótesis para normalidad

Ho: El espesor adecuado no está relacionada con la adición de bioenzimas

H1: El espesor adecuado si está relacionada con la adición de bioenzimas

### Elección del nivel de significancia

$$\alpha = 5\% = 0.05$$

### Elección de la prueba estadística

Coefficiente de correlación de Pearson “r”

#### Correlaciones

		Bioenzima	Espesor adecuado
Bioenzima	Correlación de Pearson	1	,881**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	7	7
Espesor adecuado	Correlación de Pearson	,881**	1
	Sig. (bilateral)	,009	
	N	7	7

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

### Regla de decisión

p-valor  $\leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$

p-valor  $> 0.05$ , se acepta la hipótesis nula  $H_0$  y se rechaza la hipótesis alternativa  $H_1$

**p-valor = 0,000 < 0.05**

La hipótesis alternativa se acepta  $H_1$ : El espesor adecuado se relaciona con la adición de bioenzimas

### **Conclusión**

Existe pruebas estadísticas sustanciales en respaldo para concluir que el espesor adecuado y las bioenzimas se relacionan ( $r=881$ ).

## V. DISCUSIÓN

**Discusión 1:** Según el trabajo realizado por Vazquez (2022), aplicación de terrasil en la estabilización del suelo de subbase en la ampliación de la Av. Ramiro Prialé, Ate Vitarte

**Tabla 14**

Resultados de proctor modificado según el trabajo de Vazquez

	Densidad máxima seca	Humedad
<b>Muestra inicial</b>	2.339 gr/cm <sup>3</sup>	5.3%
<b>Muestra corregida</b>	2.403 gr/cm <sup>3</sup>	4.4%

**Nota:** Elaboración propia

**Tabla 15**

Resultado de CBR al 100% con terrasil más cemento, según el trabajo de Vazquez

0.75% Terrasil + 0.50 % de cemento	AL 100% MDS	73,4%
	AL 95% MDS	61,5%
0.75% Terrasil + 0.75 % de cemento	AL 100% MDS	91,9%
	AL 95% MDS	62,2%
0.75% Terrasil + 1.0 % de cemento	AL 100% MDS	100.2%
	AL 95% MDS	77,2%

**Nota:** Elaboración propia

Como se puede observar los resultados más resaltantes encontrados por Vazquez, donde se obtuvieron resultados óptimos en lo que respecta a la adición de una bioenzima, en este caso el TerraSil, y el cemento para la estabilización de suelos, evidenciándose un incremento en función de la dosificación de 0.75%. Respecto al proctor modificado se pudo evidenciar que una densidad seca máxima (MDS) de 2.339 gr/cm<sup>3</sup> y un contenido óptimo de humedad (OCH) del 5.3%; con un OCH que se ajusta a las propiedades físicas de la superficie de la carretera. Además, un porcentaje de material que pasa a través del tamiz N° 200 (8.4%), un límite líquido (LL) de (21.5%) y un índice de plasticidad (IP) del (4.5%). De manera general los

resultados indican que al incorporar el 1.00% de cemento se vuelve mayor la estabilización del suelo cuando se incrementa el 0.75 l/m<sup>3</sup> del aditivo Terrasil, con lo que se puede evidenciar que el cemento lograr dar resistencia al suelo. Por otro lado, en este estudio, se formuló la hipótesis siguiente: El uso de bioenzimas optimizaría la cantidad necesaria de cemento para estabilizar suelos finos de la subrasante de la carretera Iberia-Pacahuara, Madre de Dios, para lo cual los resultados más resaltantes mostraron que la bioenzima empleada añadido conjuntamente al cemento estabiliza el suelo, teniendo una mejora del CBR (95% M.D.S.)0.1" dando como resultado 29.1%, este resultado fue añadiendo estos indicadores terreno natural + 2% cemento + 0.04 aditivo (LT/M3); por lo cual podemos decir que ambas investigaciones llegar a contrastar sus resultados, donde se refiere que la adición de una bioenzima en el cemento mejora la resistencia de los suelos de tipo arcilloso.

**Discusión 2:** El trabajo desarrollado por Esteban (2022), realizó la investigación: Estabilización de subrasante de suelos no pavimentados empleando aditivo BioCEC, Av. Las Torres, San Martín de Porres, Lima, 2022.

**Tabla 16**

*Resultados de CBR y compactación según el trabajo realizado por Esteban*

	CBR al 95%	Penetración (0.1")	Penetración (0.2")
Dosificación	Natural (%)	9.85%	34.41%
	7%	43.07%	61.76%
	9%	43.71%	62.31%
	13%	47.86%	66.92%

**Nota:** *Elaboración propia*

En el trabajo realizado por Esteban se pudo evidenciar que en función del ensayo de CBR en un 95%, el cual se midió al 0.1" y 0.2" como lo muestra la tabla N°8, donde en el primer caso la penetración en el suelo natural sin alterarse el CBR fue de 9.85%, y al adicionarse la Bioenzima BioCEC el CBR incrementaba a 43.07%, del mismo modo al agregarse 9% se incrementa en 43,71%, y cuando se adiciona 13% de la bioenzima la penetración se da en un 47,86%. De forma general se

puede evidenciar que los resultados obtenidos son mayores al 30% indicando que la subrasante tiene una condición excelente, teniendo una optima capacidad de soporte. En lo que respecta a nuestra investigación, la hipótesis formulada fue señalar CBR en un 95%, el cual se midió al 0.1" resultado es 29.10% que la aplicación del cemento y las bioenzimas mejorarían la capacidad de sustentación de los suelos, a lo cual los resultados respondieron que el uso del permazyme.

**Discusión 3:** En el trabajo desarrollado por Fernández (2017) denominado como efecto del aditivo terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes en la zona de expansión de la ciudad de Cajamarca.

**Tabla 17**

Análisis de límites de consistencias en suelos según el trabajo de Fernández

<b>Calicatas</b>	<b>Limite líquido</b>	<b>Limite plástico</b>	<b>Índice de plasticidad</b>	<b>de Clasificación AASTHo</b>
<b>C-1</b>	38.76	20.87	17.89	A-6 (13)
<b>C-2</b>	35.37	18.46	16.91	A-6(10)
<b>C-3</b>	43.18	25.92	17.26	A-7-6(7)
<b>C-4</b>	45.33	26.83	18.50	A-7-6(14)
<b>C-5</b>	36.54	19.88	16.66	A-6(9)
<b>C-6</b>	41.12	24.48	16.64	A-7-6(13)
<b>C-7</b>	37.77	22.52	15.25	A-6(10)

**Nota:** *Elaboración propia*

En su investigación Fernández evidenció que, la corroboración de los hallazgos de la investigación, tanto en el ámbito de campo como de laboratorio, se confirmó al emplear 30 ml del aditivo Terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de la subrasante. Esta aplicación condujo a un aumento del 19% en la capacidad de sustentación del suelo en la región de crecimiento de Huacariz, ubicada al sureste de la ciudad de Cajamarca. En lo que respecta a la investigación, la hipótesis planteada fue establecer que una dosificación adecuada de cemento con una combinación de bioenzimas disminuiría los parámetros de firmeza en la estructura de subrasante de la carretera Iberia- Pacahuara Madre de Dios, donde se mostró que C-1 se muestra el resultado de suelo natural (IP=23.00), posterior se aplicó las diferentes compuestos el suelo natural + 2% de cemento (IP=13.90), el suelo



natural + 2% de cemento + 0.02 lt/m<sup>3</sup> aditivo (IP=13.90), suelo natural + 2% de cemento + 0.04 lt/m<sup>3</sup> aditivo (IP=13.00) y el suelo natural + 2% de cemento + 0.06 lt/m<sup>3</sup> aditivo (IP=12.60).

**Discusión 4:** En la investigación desarrollada por Kebede (2020), denominado como Aplicación de bioenzimas microbianas en la estabilización de suelos.

El trabajo evidenció como es que la función de las bioenzimas que surgen de microbios, puede lograr estabilizar el suelo, sobre todo en aquellos que son expansivos. De manera general se dice que uno de los primeros mecanismos propuestos para la estabilización, explica que las enzimas están presentes en los suelos tratados donde se absorbe por medio de la red de arcilla, y, a su vez, se liberan cationes como intercambio, un proceso similar al intercambio catiónico. Esto conduce a una disminución en el grosor de la doble capa difusa de la arcilla. En contrastación, la presente investigación propuso como hipótesis que un método apropiado para calcular el grosor correcto de la estabilización con cemento y bioenzimas sería tomando en cuenta el concepto de rigidez equivalente en pavimentos mediante ensayo de CBR Ponderado 11.59%.

**Discusión 5:** La investigación de Apaza y Quisca (2023) titulada " Alteración de las Características de la Capa Inferior mediante el Uso de Escoria Siderúrgica y Organosilanos en la Carretera Umayo - Atuncolla, Puno, 2022" reveló un CBR del 5.80% en la muestra estándar. La introducción de Escoria Siderúrgica y Organosilanos en una proporción del 8% resultó en un incremento del CBR en un 7.20%, con una disminución registrada en el límite líquido e índice plástico, facilitando así la formulación de un diseño apropiado. En comparación con la investigación sobre el espesor de pavimentación y considerando los parámetros Esfuerzo-Deformación, se concluyó que aplicar una estabilización con un espesor ideal de 0.50 metros, mediante la combinación de terreno natural + Escoria Siderúrgica 4% + Organosilanos 4%, logrando un CBR del 7.20% y un resultado final de 6.04% de CBR. En consecuencia, el diseño del pavimento implica 5 cm de carpeta asfáltica, 15 cm de base y 10 cm de subbase.

## VI. CONCLUSIONES

Conclusión 1: Los hallazgos de esta investigación resaltan la influencia positiva de los aditivos no tradicionales en la mejora de la estabilidad de suelos en carreteras no pavimentadas. El aumento sustancial en el índice de soporte CBR, logrado mediante la adición de cemento junto con los aditivos en diferentes proporciones, ha sido demostrativo. Inicialmente, el CBR se encontraba en un nivel de 6.40%; sin embargo, al introducir estos compuestos, se ha alcanzado un punto óptimo de 29.50%. Este avance representa una mejora significativa con respecto al estado natural del suelo. Estos resultados enfatizan el potencial de los aditivos no tradicionales como una herramienta eficaz en la optimización de carreteras no pavimentadas. La posibilidad de elevar el CBR a niveles que favorecen una mayor capacidad de carga y durabilidad en las vías refuerza la importancia de considerar enfoques innovadores en la ingeniería de carreteras. Los aditivos no tradicionales no solo impactan positivamente en el rendimiento de las carreteras, sino que también pueden contribuir a la sostenibilidad y la eficiencia de la infraestructura vial.

Conclusión 2: Los resultados de esta investigación subrayan el impacto positivo de los aditivos no tradicionales en la modificación del índice de plasticidad en las carreteras con suelos que no están pavimentadas. La utilización de cemento en combinación con el aditivo bioenzima en diferentes proporciones ha evidenciado ser eficaz en la disminución del índice de plasticidad, llegando a un valor con el cual se investigó de 13.00%. Esto representa una mejora considerable en comparación con el índice de plasticidad inicial de 23.00% de la tierra en su condición original. La añadidura del cemento e inclusión logra disminuir este índice hasta 12.60%. Estos resultados abren oportunidades prometedoras con el propósito de elevar la resistencia y longevidad de las vías no asfaltadas

Conclusión 3: En este estudio se resalta de manera contundente la influencia positiva de los aditivos no tradicionales en el fortalecimiento de la resistencia de los suelos en carreteras no pavimentadas. La combinación de cemento con el aditivo bioenzima, empleada en diferentes proporciones, ha resultado en una significativa mejora en la capacidad de carga del terreno original. Inicialmente con un CBR de 6.40%, la introducción de cemento y aditivo ha impulsado el CBR ponderado hasta 11.59 en un espesor de 0.60 cm, evidenciando un incremento superior al 50%. Esta notable mejora indica un claro potencial para optimizar la capacidad portante del suelo y, en consecuencia, mejorar la durabilidad y desempeño de las carreteras no pavimentadas.

Conclusión 4: La combinación de cemento y bioenzima nos dio un resultado de 11.59 a un espesor 60m, para determinar el espesor de pavimento se consideró la loza de asfalto 5cm, base granular 15cm y 10cm subbase granular.

## VII. RECOMENDACIONES

Recomendación 1: Se recomienda que las autoridades viales y los profesionales de la ingeniería consideren la incorporación de aditivos no tradicionales, como el mencionado aditivo de cemento, en la planificación y construcción de carreteras no pavimentadas. Es esencial llevar a cabo investigaciones adicionales para determinar la viabilidad de estos aditivos en diversas condiciones geográficas y climáticas. Además, se sugiere realizar estudios de costo-beneficio y análisis de sostenibilidad a largo plazo para evaluar la efectividad a largo plazo de estas mejoras. La colaboración entre investigadores, agencias gubernamentales y la industria puede impulsar la implementación exitosa de estos enfoques innovadores en la ingeniería vial.

Recomendación 2: Se insta a los profesionales de la ingeniería vial a explorar más a fondo el potencial de los aditivos no tradicionales, como la combinación de cemento y aditivo bioenzima, para mejorar el índice de plasticidad en suelos de carreteras no pavimentadas. Se recomienda llevar a cabo investigaciones adicionales para comprender mejor los efectos de estos aditivos en diversas condiciones locales y climáticas. Es esencial realizar análisis de costo-beneficio y evaluaciones de sostenibilidad a largo plazo para determinar la viabilidad de estas modificaciones en proyectos de infraestructura vial. La implementación exitosa requerirá la colaboración activa entre instituciones académicas, organismos gubernamentales y la industria, con el objetivo de incorporar estas innovaciones en los estándares y prácticas de construcción de carreteras. Estas medidas pueden contribuir a carreteras más resistentes y duraderas, promoviendo la eficiencia y la seguridad en la red vial.

Recomendación 3: Se sugiere que los profesionales de la ingeniería vial consideren activamente la incorporación de aditivos no tradicionales, como la combinación de cemento y aditivo bioenzima, en la planificación y construcción de carreteras no pavimentadas. Se recomienda llevar a cabo investigaciones adicionales para comprender a fondo los efectos de estos aditivos en diferentes tipos de suelo y condiciones climáticas. Además, se insta a evaluar detenidamente los beneficios

económicos y la sostenibilidad a largo plazo de estas mejoras. La colaboración entre investigadores, entidades gubernamentales y la industria será fundamental para la exitosa implementación de estas innovaciones en la infraestructura vial.

Recomendación 4: Se recomienda a los futuros colegas de ingeniería civil, implementar en las aulas Universitarias talleres de diseño de pavimento con suelos de alta plasticidad en regiones de frontera para que los estudiantes no tengan dificultades en sus futuros proyectos de investigación.

## REFERENCIAS

AbouKhadra , A, Zidan , AF y Gaber, Y. 2018. *Experimental evaluation of strength characteristics of diferent Egyptian soils using enzymatic stabilizers*. Egypto : s.n., 2018. ISBN 1517577.

*Aplicación de bioenzimas microbiana en la estabilizacion del suelo*. Mekonnen, Eshetu, y otros. 2020. s.l. : Hindawi, 2020.

*Aplicación de bioenzimas microbianas en la estabilizaci´on de suelos*. Kebede, Ameha, Tefesse, Tekle y Tafesse, Mesfin. 2020. 1, s.l. : Revista internacional de Microbiología, 2020, Vol. X. ISBN.

Arias, Fidias. 2012. *El proyecto de investigación*. Caracas : Editorial Episteme, 2012. ISBN.

Arroyo Morales, Angelica. 2020. *Metodologia de la investigacion en las ciencias empresariales*. Primera edicion. Cusco : Universidad Nacional de San antonio de abad de cusco, 2020. pág. 342. Vols. ISBN:978-612-4236-24-2.

Arumí, José. 2021. *Nociones De Mecánica De Suelos Para Construcción*. Concepción : Universidad de Concepción, 2021.

*Bioenzymatic-Lime Stabilization of Different Soils*. Amit, Joshi. 2019. New York : Springer, 2019, Vol. XXIX. ISSN.

Bowles, Joseph. 1981. *Manual de laboratorio de suelos en ingenieria civil*. Ciudad de Mexico : McGraw hill, 1981. 968-451-046-2.

Cortina, Martha. 2016. *Aplicacion y Optimizacion de Recursos*. Nuevo Laredo : Universidad Tecnologica de Nuevo Laredo, 2016. ISBN.

Duque, Gonzalo y Escobar, Carlos. 2016. *Geomecánica*. Colombia : Universidad Nacional de Colombia, 2016.

*Efecto de la estabilización bioenzimática en la resistencia a la comprensión no confinada de suelos expansivos*. Agarwal, Puneet y Kaur, Suneet. 2014. 05, s.l. : DeepL Pro, 2014, Vol. 03.

*Estabilización de suelos en la superficie de rodadura con el perma (Zyme 30X) de la carretera no pavimentada chupa – Arapa, Azangaro, Puno*. Sosa, Raúl. 2018. 2, Puno : Baishideng Publishing Group Inc. CORE, 2018, Vol. VII. ISBN.

*Estabilización de suelos finos con hojas de eucalipto para alcanzar la resistencia a la compresión confinada.* Condori, Betty y Perez, Edwin. 2021. 1, 2021, Prospectiva Universitaria, Vol. 18, págs. 29-34.

*Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso.* Alarcon, J., Jimenez, M. y Benitez, R. 2020. 1, 2020, Revista ingeniería de construcción, Vol. 35, págs. 5-20.

*Estabilización de suelos mediante bioenzimas.* Panchal, Sandeep, Khan, Mohsin y Sharma, Anurag. 2017. s.l. : Revista Internacional de Ingeniería Civil y Tecnología (IJCIET), 2017, Vol. 8.

*Estabilización de suelos y materiales granulares en caminos de bajo volumen de tránsito, empleando productos no tradicionales.* Ulate, Alonso. 2017. 2, Costa Rica : Boletín técnico PITRA-LanammeUCR, 2017, Vol. VIII. <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/908/ESTABILIZACION%20DE%20SUELOS%20Y%20MATERIALES%20GRANULARES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Esteban, Bryan. 2022. *Estabilización de subrasante de suelos no pavimentados empleando el aditivo BioCEC, Av. Las Torres, San Martín de Porres, Lima, 2022.* Lima- Norte : Universidad César Vallejo, 2022. ISBN .

Esteban, Nicomedes. 2018. *Tipos de investigación.* s.l. : Universidad Santo Domingo de Guzman, 2018. págs. 1-4.

Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, María del Pilar. 2014. *Metodología de la investigación.* Mexico : McGraw - Hill, 2014. 978-1-4562-2396-0.

Fernández, Hernán. 2017. *Efecto del aditivo terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes en la zona de expansión de la ciudad de Cajamarca.* Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca, 2017. ISBN .

Flores, Edel y Flores, Angie. 2020. *Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas terrasil y permazyme para la estabilización de la subrasante de una carretera no pavimentada, Mache, Otuzco, La Libertad.* Trujillo : Universidad Privada del Norte, 2020. ISBN .

Hernandez, Roberto. 2014. *Metodología de la investigación.* México D. F. : McGraw Hill, 2014.

Hernández , Roberto y Mendoza, Christian . 2018. *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta,*. Mexico : Mc Graw Hill Education, 2018. ISBN: 978-1-4562-6096-5.

Hernández, Roberto y Mendoza, Christian. 2018. *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* México : McGraw-Hill Interamericana Editores, 2018.

Ministerio de Economía y Finanzas . 2015. *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras.* Lima : s.n., 2015. ISBN .

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2008. *Manual de especificaciones técnicas generales para construcción de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (EG-CBT 2008).* Lima : Resolución Ministerial N° 304-2008-MTC/02 , 2008.

Naik, SP, y otros. 2020. *Preparation of bioenzyme and its effects on geotechnical characteristics of shedi soil.* 2020.

Noriega , Yeimi, Vives, Junior y Muñoz , Sócrates . 2022. *Uso de estabilizadores de suelo: una revisión del impacto al corte y asentamiento.* Lambayeque : Investigacion en Ingenieria, 2022. 2619-6581.

Ospina, Miguel, Chaves, Saieth y Jiménez, Luis. 2020. *Mejoramiento De Subrasantes De Tipo Arcilloso Mediante La Adición De Escoria De Acero.* s.l. : Rev.investig.desarro.innov, 2020.

*Pautas Metodológicas para el Desarrollo de Alternativas de Pavimentos en la.* Comunicaciones., Dirección de Estudios Especiales del Ministerio de Transportes y. 2015. 19, s.l. : Servicios Gráficos JMD s.r.l, 2015.

*Performance Evaluation of TerraZyme as Soil Stabilizer.* Aswar, D, Bajad, M y Ambadkar, D. 2022. 20, s.l. : Civil Engineering Infrastructures Journal, 2022, Vol. XX.

Pezo, Flavio . 2018. *Mejoramiento y rehabilitación de la carretera vecinal juan guerra-bello horizonte con estabilización de suelo cemento del terreno de fundación y capa de afirmado, distrito de juan guerra, provincia de san martín, región san martín.* Tarapoto : Universidad nacional de san martin - tarapoto, 2018.



Polzos, Zhang, HY y Polzos, Li. 2019. 3, Efecto del contenido de agua del suelo sobre la capacidad de desprendimiento del suelo para suelos de grano grueso y fino : Revista de la Sociedad de Ciencias del Suelo de America, 2019, Vol. 83. ISBN.

Rivera. Rivera, Jhonathan, y otros. 2020. 10, Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión) : Informador Técnico, 2020, Vol. x. ISBN.

Rojas Crotte, Ignacio Roberto. 2011. *Elementos para el diseño de técnicas de investigación*. Toluca : Universidad autónoma del estado de Mexico, 2011. pág. 297. Vols. 12 - ISBN:1665-0824.

Shil, T, Pradhan , R y Nanda S and Mohapatra, BG. 2021. *Strengthening of soil subgrade using bio-enzyme*. 2021.

Sidney, Zenteno. 2020. *Efecto de la estabilización de suelos finos con Tereftalato de Polietileno como material de refuerzo en la estructura de pavimentos flexibles del Distrito de Puno*. s.l. : Universidad Nacional del Altiplano, 2020.

Tingle, JS, y otros. 2007. *Stabilization mechanisms of nontraditional additives*. s.l. : Transp Res, 2007.

Universidad Católica de Valparaíso. 2004. *Laboratorio de Mecánica de Suelos*. Valparaíso : Universidad Católica de Valparaíso, 2004.

Vazquez, Karen. 2022. *Aplicación de terrasil en la estabilización del suelo de subbase en la ampliación de la Av. Ramiro Prialé, Ate Vitarte* . Chiclayo : Universidad César Vallejo , 2022. ISBN .

## Anexo 1. Matriz de Operacionalización de variables

Optimización del uso de cemento en la estabilización de suelos finos usando Bioenzimas, Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios, 2023						
MATRIZ DE OPERALIZACION						
Variables	Definicion Conceptual	Definicion Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medicion	Metodologia
<b>Propiedades de la subrasante</b>	Se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Generalmente aplicados a suelos de Sub - rasante de baja resistencia con el fin de mejorar los mismos a través del tiempo. (MTC 2014)	La estabilización de Suelos mejorara las propiedades físico - mecánicas de las subrasante.	Propiedades Físicas y Mecánicas	CBR	Razon	<p><b>Método:</b> Científico</p> <p><b>Tipo de Investigación:</b> Tipo Aplicada</p> <p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo</p> <p><b>Diseño de Investigación:</b> Experimental</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b> Cuasi experimental</p> <p><b>Población:</b> Suelos terreno natural ensayados en el Laboratorio</p> <p><b>Muestra:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Muestras Límites de consistencia</li> <li>-Muestras Proctor Modificado</li> <li>-CBR</li> </ul> <p><b>Muestreo:</b> No Probabilístico</p> <p><b>Técnica:</b> Observación Directa</p> <p><b>Instrumentos de la investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ficha Recolección de Datos</li> <li>Ficha Resultados de Laboratorio</li> </ul> <p>Según MTC - ASTM</p>
				Indice de Plasticidad		
				Espesor de Estabilización		
				Espesor del pavimento		
<b>Cemento y Bionzima</b>	Un estabilizador de suelos es un producto que tiene una acción cementante o aglutinante de las partículas presentes en el suelo (material tratado) para lo cual, y en empleo óptimo del producto se deben cumplir algunas condiciones físicas. (Vervictech,2018)	La adición de cemento con Bioenzima reemplaza en forma proporcional al terreno natural (TN) en en dosificaciones específicas respecto al peso del TN, con el objetivo de una mejora en las Propiedades físicas y mecánicas de los suelos.	Dosificación	Aplicación de Aditivo - 2.0% Cemento + 0.02 Bioenzimas	Razon	
				Aplicación de Aditivo - 2.0% Cemento + 0.04 Bioenzimas		
				Aplicación de Aditivo - 2.0% Cemento + 0.06 Bioenzimas		

## Anexo 2. Matriz de consistencia

Optimización del uso de cemento en la estabilización de suelos finos usando Bioenzimas, Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios, 2023						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
P. General	O. General	H. General	INDEPENDIENTE			
¿De que manera el uso del Bioenzimas optimiza el uso de cemento en la estabilizacion de subrasante de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios?	<b>Optimizar</b> cemento para mejorar suelos de subrasante de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios usando la adiccion de Bioenzimas.	El uso de Bioenzimas optimizaria el cemento para estabilizar suelos finos de la subrasante de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios	Cemento y Bionzima	Dosificacion	Cemento (2%) + 0.02 Bioenzimas	<b>Fichas de Laboratorio</b>
					Cemento (2%) + 0.04 Bioenzimas	
					Cemento (2%) + 0.06 Bioenzimas	
P. Especificos	O. Especifico	H. Especifico	DEPENDIENTE			
¿Cómo influye el uso de cemento y las Bioenzimas en la capacidad de soporte de los suelos subrasante de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios?	Mejorar el CBR de la subrasante de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios.	El uso de cemento y Bioenzima mejoraria el CBR de los suelos de subrasabnte de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios.	Propiedades de la subrasante	Propiedades Fisicas y Mecanicas	CBR	<b>Prensa CBR</b>
¿Cómo el uso de cemento y Bioenzimas disminuira la plasticidad de los suelos plasticos de la subrasante de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios?	<b>Reducir</b> la plasticidad de la subrasante de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios.	mediante el uso de cemento y Bioenzima se disminuira lla plasticidad de la subrasabnte de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios.			Indice de Plasticidad	<b>Copa de Casagrande</b>
¿Empleando el concepto de regidez equivalente cual seria el espesor optimo de estabilizacion?	<b>Diseñar</b> el espesor de estabilizacion considerando el concepto de rigidez equivalente	Empleando el concepto de rigidez equivalente se dimensionaria el espesor adecuado de estabilizacion			Espesor de Estabilizacion	<b>CBR Ponderado</b>
¿Mediante el Metodo AASHTO 1993 cual seria el dimensionamiento del pavimento considerando el espesor de estabilizacion con cemento y bioenzimas?	<b>Dimensionar</b> las capas del pavimento flexible en la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios.	Mediante el metodo AASHTO 1993 se dimensionaria las capas del pavimento flexible de la Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios.			Espesor del pavimento	<b>Fichas de Calculo</b>

### ANEXO N°3: Instrumento de recolección de datos.

\* "Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

PROVIAS DESCENTRALIZADO	
Coordinación Madre de Dios	
Fecha:	17-05-2023
Reg. N°	
Hora:	09:30
Teléfono:	

Puerto Maldonado, 17 de Mayo de 2023.

#### CARTA N° 01-RRZ-2021.

A : Jefe de la Unidad Zonal Madre de Dios Provias Descentralizado.  
Mg. GENRRY HUAMAN ALMONACID.

De : Bachiller Ing. Civil.  
Rony Rozas Zamata

Asunto : SOLICITO INFORMACION DE CAMINO VECINAL EMP. PE-30C  
(DV. FLOR DE ACRE) – FLOR DE ACRE-PACAHUARA -DV.  
NUEVA ALIANZA – PTA CARRETERA, DIST. IBERIA, PRO.  
TAHUAMANU – MADRE DE DIOS

Es grato dirigirme a Ud. para saludarlo cordialmente y a la vez manifestarle que: mediante la presente le solicito información para mi proyecto de investigación que estoy realizando cuyo título es:

**“Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima, Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios, 2023”.**

Al respecto debo manifestarle que para la elaboración de mi proyecto de investigación requiero como antecedente estudios e intervenciones realizadas al Camino Vecinal EMP. PE-30C (Dv. Flor de Acre) – Flor de Acre-Pacahuara -Dv. Nueva Alianza – Pta Carretera, Dist. Iberia, Pro. Tahuamanu – Madre de Dios, con la finalidad de hacer el análisis el cual contribuirá e impactará positivamente al desarrollo de los caminos vecinales, los cuales contemplan en su estructura suelos “CH – MH”.


Por lo expuesto, le solicito me brinde información sobre el estudio de mecánica de suelos con fines de pavimentación del expediente Camino Vecinal EMP. PE-30C (Dv. Flor de Acre) – Flor de Acre-Pacahuara -Dv. Nueva Alianza – Pta Carretera, Dist. Iberia, Pro. Tahuamanu – Madre de Dios, ya que ello contribuirá para fines de investigación científica.

Agradezco por anticipado su aceptación a la presente, quedando de Ud. muy reconocido.

Atentamente,



Bch. ROZAS ZAMATA, Rony  
DNI N° 47596834

	<b>FORMATO</b>	Código	AE-FO-01
	<b>ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS</b>	Versión	01
		Página	1 de 1

Proyecto	Registro N°:
Proyectista	Muestreado por :
Código del Proyecto	Ensayado por :
Ubicación de Proyecto	Fecha de Ensayo:
Material	Turno: <u>Diurno</u>
Código de Muestra	Profundidad: <u>m</u>
Sondaje / Calicata	Norte:
N° de Muestra	Este:
Progresiva	Cota: <u>---</u>

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216					
TABLE 1 Minimum Requirements for Mass of Test Specimen, and Balance Readability					
Maximum Particle Size (100 % Passing)		Method A Water Content Recorded to ± 1 %		Method B Water Content Recorded to ± 0.1 %	
Sieve Size	Alternative Sieve Size	Specimen Mass	Balance Readability (g)	Specimen Mass (g)	Balance Readability (g)
75.0 mm	3 in.	5 kg	10	50 kg	10
37.5 mm	1-1/2 in.	1 kg	10	10 kg	10
19.0 mm	3/4 in.	250 g	1	2.5 kg	1
9.5 mm	3/8 in.	50 g	0.1	500 g	0.1
4.75 mm	No. 4	20 g	0.1	100 g	0.1
2.00 mm	No. 10	20 g	0.1	20 g	0.01

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D6913**

¿Tamizado compuesto? <u>NO</u>	Procedimiento de obtención de muestra: <u>"Secada al horno a 110 +/- 5°C"</u>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">TABLE 2 Minimum Mass Requirement for Specimen</th> </tr> <tr> <th>Maximum Particle Size of Material (99 % or more passes)</th> <th>Minimum Dry Mass of Specimen, g or kg<sup>a</sup></th> <th>Method A Results Reported to Nearest 1 %</th> <th>Method B Results Reported to Nearest 0.1 %</th> </tr> <tr> <th>Alternative Sieve Designation</th> <th>Maximum Particle Size, mm</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No. 40</td> <td>0.425</td> <td>50 g</td> <td>75 g</td> </tr> <tr> <td>No. 10</td> <td>2.00</td> <td>50 g</td> <td>100 g</td> </tr> <tr> <td>No. 4</td> <td>4.75</td> <td>75 g</td> <td>200 g<sup>#</sup></td> </tr> <tr> <td>1/8 in.</td> <td>9.5</td> <td>165 g<sup>c</sup></td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>1/4 in.</td> <td>19.0</td> <td>1.3 kg<sup>c</sup></td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>1 in.</td> <td>25.4</td> <td>3 kg<sup>c</sup></td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>1-1/2 in.</td> <td>38.1</td> <td>10 kg<sup>c</sup></td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>2 in.</td> <td>50.6</td> <td>25 kg<sup>c</sup></td> <td>c</td> </tr> <tr> <td>3 in.</td> <td>76.2</td> <td>70 kg<sup>#</sup></td> <td>c</td> </tr> </tbody> </table> <p><sup>a</sup> Specimen masses should not significantly exceed (by more than about 50 %) the presented values because excessively large specimens may result in sieve overloading. (See 11.3) and increase the difficulty of specimen processing. <sup>b</sup> The same as "C," except multiplied by 10. <sup>c</sup> These values are based on the mass of an individual spherical shaped particle, at the given sieve, multiplied by 100 than 1.2 (factor to account uncertainty) and finally rounded to a convenient number. <sup>d</sup> Specimens of this size require composite sieving. The sample sizes required for reporting results to 0.1 % are not practical and the possible errors associated with composite sieving causes this sensitivity to be unrealistic for specimens with these larger size particles. <sup>e</sup> Same as "C," except 1.2 factor is omitted.</p>	TABLE 2 Minimum Mass Requirement for Specimen				Maximum Particle Size of Material (99 % or more passes)	Minimum Dry Mass of Specimen, g or kg <sup>a</sup>	Method A Results Reported to Nearest 1 %	Method B Results Reported to Nearest 0.1 %	Alternative Sieve Designation	Maximum Particle Size, mm			No. 40	0.425	50 g	75 g	No. 10	2.00	50 g	100 g	No. 4	4.75	75 g	200 g <sup>#</sup>	1/8 in.	9.5	165 g <sup>c</sup>	c	1/4 in.	19.0	1.3 kg <sup>c</sup>	c	1 in.	25.4	3 kg <sup>c</sup>	c	1-1/2 in.	38.1	10 kg <sup>c</sup>	c	2 in.	50.6	25 kg <sup>c</sup>	c	3 in.	76.2	70 kg <sup>#</sup>	c								
TABLE 2 Minimum Mass Requirement for Specimen																																																										
Maximum Particle Size of Material (99 % or more passes)	Minimum Dry Mass of Specimen, g or kg <sup>a</sup>	Method A Results Reported to Nearest 1 %	Method B Results Reported to Nearest 0.1 %																																																							
Alternative Sieve Designation	Maximum Particle Size, mm																																																									
No. 40	0.425	50 g	75 g																																																							
No. 10	2.00	50 g	100 g																																																							
No. 4	4.75	75 g	200 g <sup>#</sup>																																																							
1/8 in.	9.5	165 g <sup>c</sup>	c																																																							
1/4 in.	19.0	1.3 kg <sup>c</sup>	c																																																							
1 in.	25.4	3 kg <sup>c</sup>	c																																																							
1-1/2 in.	38.1	10 kg <sup>c</sup>	c																																																							
2 in.	50.6	25 kg <sup>c</sup>	c																																																							
3 in.	76.2	70 kg <sup>#</sup>	c																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Peso Inicial Seco :</th> </tr> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>ABERTURA (mm)</th> <th>PESO RETENIDO (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3"</td><td>76.200</td><td></td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.800</td><td></td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>38.100</td><td></td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.400</td><td></td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.000</td><td></td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.500</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 4</td><td>4.750</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Peso Inicial Seco :			TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	3"	76.200		2"	50.800		1 1/2"	38.100		1"	25.400		3/4"	19.000		3/8"	9.500		Nº 4	4.750		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Peso de fracción &lt; N°4</th> </tr> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>ABERTURA (mm)</th> <th>PESO RETENIDO (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Nº 10</td><td>2.000</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 20</td><td>0.840</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 40</td><td>0.425</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 60</td><td>0.250</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 100</td><td>0.150</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 140</td><td>0.106</td><td></td></tr> <tr><td>Nº 200</td><td>0.075</td><td></td></tr> <tr><td>&lt; Nº 200</td><td>---</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Peso de fracción < N°4			TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	Nº 10	2.000		Nº 20	0.840		Nº 40	0.425		Nº 60	0.250		Nº 100	0.150		Nº 140	0.106		Nº 200	0.075		< Nº 200	---	
Peso Inicial Seco :																																																										
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)																																																								
3"	76.200																																																									
2"	50.800																																																									
1 1/2"	38.100																																																									
1"	25.400																																																									
3/4"	19.000																																																									
3/8"	9.500																																																									
Nº 4	4.750																																																									
Peso de fracción < N°4																																																										
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)																																																								
Nº 10	2.000																																																									
Nº 20	0.840																																																									
Nº 40	0.425																																																									
Nº 60	0.250																																																									
Nº 100	0.150																																																									
Nº 140	0.106																																																									
Nº 200	0.075																																																									
< Nº 200	---																																																									
MÉTODO DE TAMIZADO <u>Manual</u>	TIPO DE SUELO <u>Inorgánico</u>																																																									

**LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318**

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>				<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>		
Método de ensayo	Multipunto <input checked="" type="checkbox"/>	Unipunto <input type="checkbox"/>		Método de secado	Horno <input checked="" type="checkbox"/> Ambiente <input type="checkbox"/>	
DESCRIPCION	1	2	3	DESCRIPCION	1	2
Nro. de Recipiente				Nro. de Recipiente		
Peso de Recipiente				Peso de Recipiente		
Peso Recipiente + Suelo Humedo				Peso Recipiente + Suelo Humedo		
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)				Peso Recipiente + Suelo Seco (B)		
Nº De Golpes				Cantidad mínima requerida 5g		
Método de preparación	Horno <input type="checkbox"/>	<u>110 +/- 5°C</u>	Ambiente <input checked="" type="checkbox"/>	OBSERVACIONES:		
Método de secado	Horno <input checked="" type="checkbox"/>		Ambiente <input type="checkbox"/>			

EQUIPO UTILIZADO			
EQUIPO	CÓDIGO	F. CALIBRACIÓN	N° CERT. CALIBRACIÓN
Balanza digital Ohaus 6000g x 0.1g	GFC-132	13/05/2022	LM-1886-2022
Balanza digital Ohaus 30000g x 1g	GFC-138	13/05/2022	LM-1876-2022
Balanza digital Sartorius 2500g x 0.01g	GFC-139	20/06/2022	SMM-021-2022
Horno Electrico PG190 0° a 200°C	GFC-098	05/03/2022	LT-1405-2022

**GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC**

TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:	CCQ - LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:		A:		A:


  
 Jesus Reinaldo Chura Alanca  
 Insc. N° 11270 E.F.P. 18/02/94  
 AREA DE GEOTECNIA

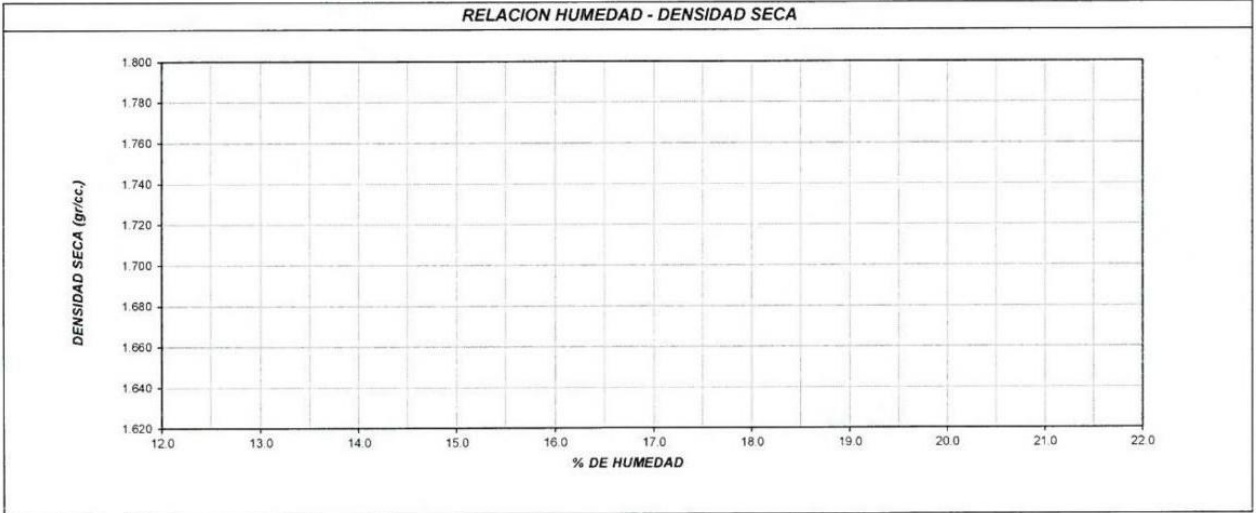
Proyecto	:	_____	Registro N°:	_____
Proyectista	:	_____	Muestreado por :	_____
Código del Proyecto	:	_____	Ensayado por :	_____
Ubicación de Proyecto	:	_____	Fecha de Ensayo:	_____
Material	:	_____	Turno:	_____
Identificación	:	_____	Profundidad:	m
Sondaje / Calicata	:	_____	Norte:	_____
N° de Muestra	:	_____	Este:	_____
Progresiva	:	_____	Cota:	---

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR  
ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen Molde	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.					
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.					
Peso Volumetrico Humedo	gr.					
Recipiente Numero						
Peso de la Tara	gr.					
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.					
Peso Suelo Seco + Tara	gr.					
Peso del agua	gr.					
Peso del suelo seco	gr.					
Contenido de agua	%					
Densidad Seca	gr/cc					

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	<input type="text" value=""/>	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	<input type="text" value=""/>	%
------------------------------	-------------------------------	----------------------	----------------------------------	-------------------------------	---



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por equipo tecnico de GRUPO FC  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GRUPO FC  
 \* ---  
 ---

GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:  GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS S.A.C. Jesús Reynaldo Chua Alarcón INGENIERO CIVIL - E.I.T. 182729 ANIA DE GEOTECNIA	Nombre y firma:



## ANEXO N°4: Panel Fotográfico.

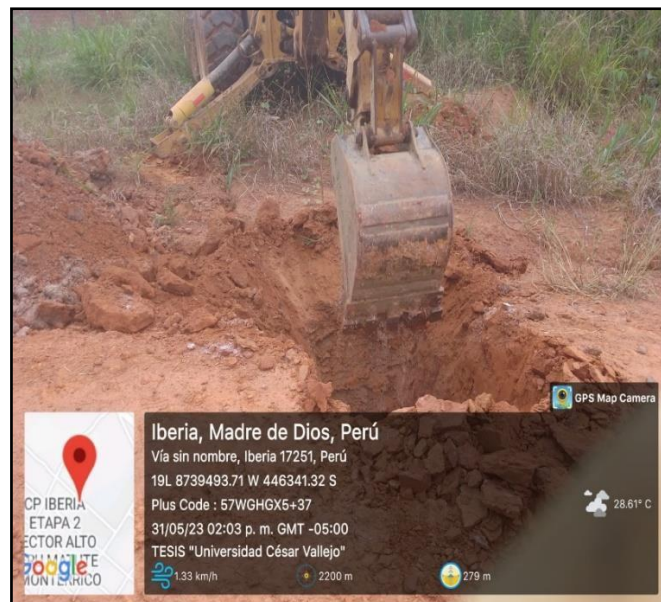
**Figura 27**

*Demarcación de área a excavar 1.00 x 1.00 x 1.50 de profundidad*



**Figura 28**

*Excavación de calicata con maquinaria pesada*



**Figura 29**  
*Excavación de calicata con maquinaria pesada*



**Figura 30**  
*Excavación y toma de muestra C -2*





**Figura 31**  
*Excavación y toma de muestra C - 3*



**Figura 32**  
*Excavación y toma de muestra C - 4*



**Figura 33**

*Traslado de muestras extraídas del suelo al laboratorio para la toma de ensayos*



**Figura 34**

*Secado de muestras de calicatas*





**Figura 35**

*Secado de muestra de calicata C-1*



**Figura 36**

*Secado de muestra de calicata c-2*



**Figura 37**

*Secado de muestra de calicata C-3*



**Figura 38**

*Secado de muestras de calicatas C-4*





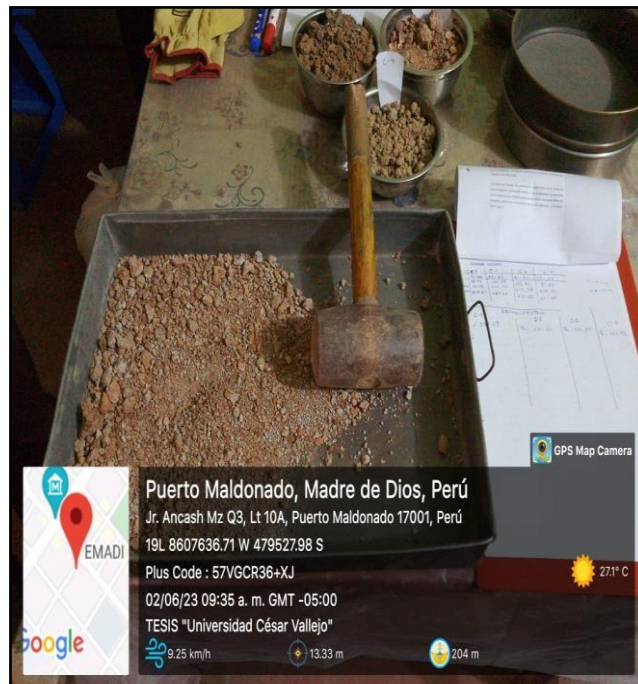
**Figura 39**

*Pesado de la muestra del contenido de humedad*



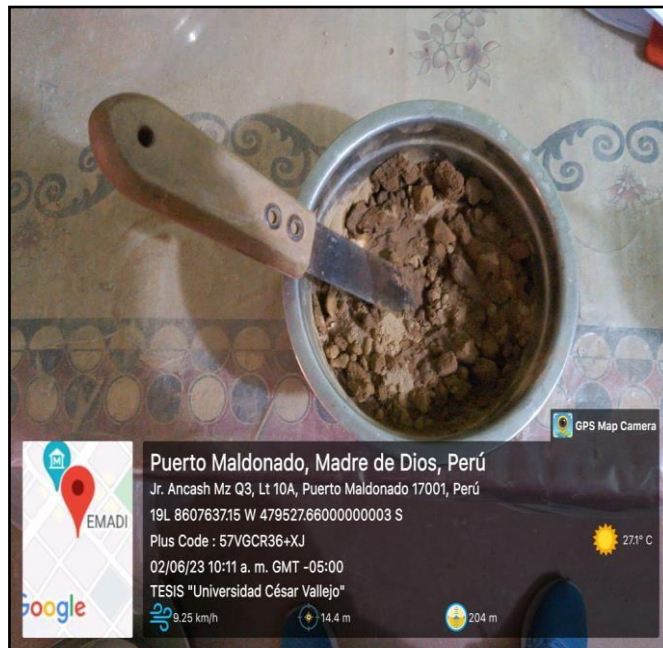
**Figura 40**

*Selección y chancado para la determinación del límite plástico*



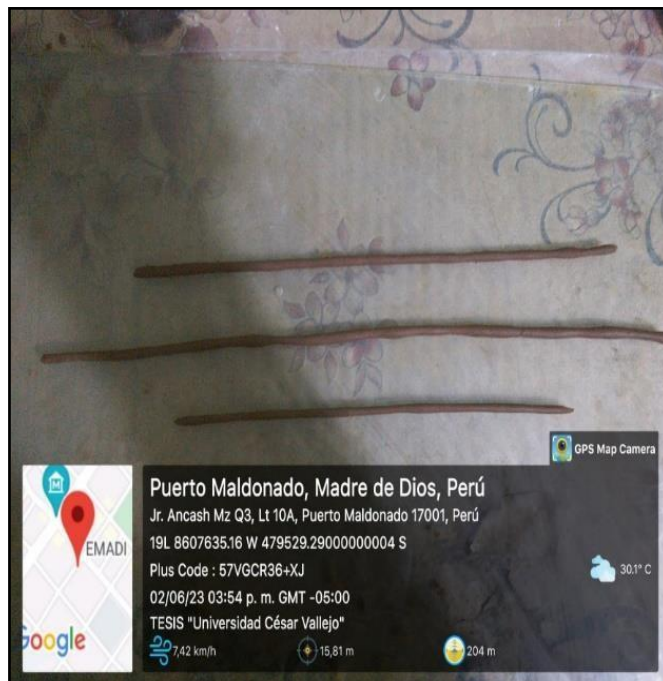
**Figura 41**

*Determinación del límite plástico considerando la humedad óptima*



**Figura 42**

*Determinación de la humedad óptima en su límite plástico*



**Figura 43**

*Determinación de límite líquido del suelo*



**Figura 44**

*Verificación del peso optimo del límite plástico*





**Figura 45**

*Secado de muestras al horno para determinar*



**Figura 46**

*Lavado para la obtención de los finos del suelo*





**Figura 47**

*Lavado para la obtención de los finos del suelo*



**Figura 48**

*Tamizado de los suelos finos con tamiz 1" al 200mm*



**Figura 49**

*Procesamiento de batido de las mallas en conjunto*



**Figura 50**

*Obtención granulométrica por tamizado*



**Figura 51**

*Medición de la cantidad de agua en gramos*



**Figura 52**

*Aplicación al suelo seco de manera homogénea*





**Figura 53**

*Resultado de la mezcla para la compactación del proctor*



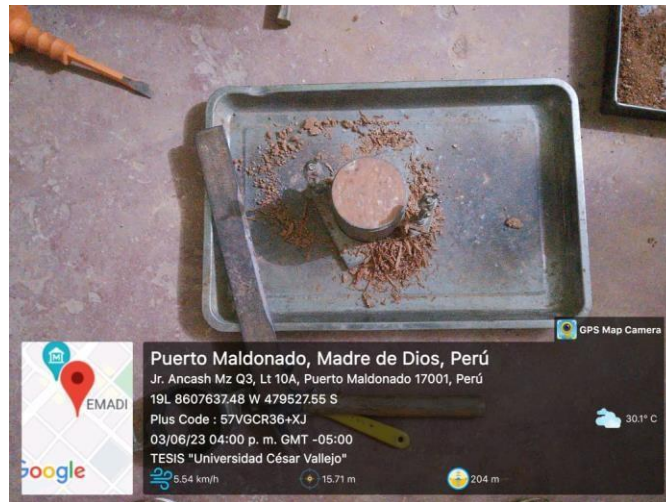
**Figura 54**

*Ensayo de compactación con proctor modificado*



**Figura 55**

*Resultado de la aplicación de 25 golpes de las 3 capas*



**Figura 56**

*Curado de 5 días calendario en agua*



**Figura 57**

*Instrumento para la determinación de CBR*



**Figura 58**

*Suelo y materiales a utilizar para realizar la mezcla*





**Figura 59**

*Pesado del cemento a utilizar para la mezcla*



**Figura 60**

*Preparación de la mezcla y posterior mezcla del mismo*



**Figura 61**

*Aditivo permazime a utilizar*



**Figura 62**

*Proceso de mezclado de aditivo, cemento y suelo*





## ANEXO N°5: Perfil Estratigráfico.


	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ELABORACIÓN, EJECUCIÓN Y EVALUACIÓN DE EXPEDIENTES TÉCNICO</li> <li>- ESTUDIO DE SUELO Y TOPOGRÁFICO</li> <li>- INSPECCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRAS DE EDIFICACIONES</li> <li>- ELECTRIFICACIÓN, SANEAMIENTO, PAVIMENTACIÓN DE PISTAS Y VEREDAS</li> <li>- CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS</li> <li>- SERVICIO DE PERFORACIÓN DE POZOS TUBULARES</li> <li>- REGULARIZACIÓN PREDIAL Y AFINES</li> <li>- LIQUIDACIONES DE OBRAS</li> <li>- VENTA DE EQUIPO DE PARA OBRAS CIVILES</li> <li>- ELABORACIÓN Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS TELECOMUNICACIONES</li> </ul>	<h1 style="margin: 0;">GRUPO FC</h1> <p style="margin: 0;">CONSULTORES Y CONTRATISTAS S.A.C.</p> <h2 style="margin: 0;">R.U.C. 20601043972</h2> <p style="margin: 0; font-size: small;">Jr. Ica N° 827 Urb. Cercado - Puerto Maldonado          CEL: 982312494 / 944060882          E-MAIL: grupo.fc@gmail.com</p>																													
<h3>PERFIL ESTRATIGRAFICO</h3>																															
<p>PROYECTO : OPTIMIZACION DEL CEMENTO EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS USANDO BIOENZINA EN LA CARRETERA IBERIA - PACAHUARA - MADRE DE DIOS</p> <p>SOLICITANTE : BCH. ING. CIVIL RONY ROZAS ZAMATA</p> <p>UBICACIÓN : CARRETERA IBERIA - PACAHUARA - TAHUAMANU - MADRE DE DIOS</p> <p>PROGRESIVA : _____</p> <p>PROFUNDIDAD : 1.50 mts.</p> <p>LADO : _____</p> <p style="text-align: center;">NUMERO DE ESTRADOS : 1    ESPESOR : Indicados    FECHA 15-03-2023</p>																															
<h3>CALICATA 01</h3>																															
																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: center;">Profundidad mts.</th> </tr> <tr><td style="text-align: center;">0.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0.10</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0.20</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0.30</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0.40</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0.50</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0.60</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0.70</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0.80</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0.90</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1.10</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1.20</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1.30</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1.40</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1.50</td></tr> </table>	Profundidad mts.	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	E-1		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">CLASIFICACIÓN</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">SUCS</td> <td style="text-align: center;">AASTHO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">A-7-6(8)</td> </tr> </table>	CLASIFICACIÓN		SUCS	AASTHO	CL	A-7-6(8)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>LIMITES DE CONSISTENCIA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">LL = 45</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IP = 23</td> </tr> </table>	LIMITES DE CONSISTENCIA	LL = 45	IP = 23	<p>A rcilla de baja plasticidad con arena</p> <p>Material fino de color café claro</p> <p>Humedad natural 16.72%</p>
Profundidad mts.																															
0.00																															
0.10																															
0.20																															
0.30																															
0.40																															
0.50																															
0.60																															
0.70																															
0.80																															
0.90																															
1.00																															
1.10																															
1.20																															
1.30																															
1.40																															
1.50																															
CLASIFICACIÓN																															
SUCS	AASTHO																														
CL	A-7-6(8)																														
LIMITES DE CONSISTENCIA																															
LL = 45																															
IP = 23																															

## ANEXO N°6: Hojas de Cálculo



**TESIS :** "Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima, Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios, 2023".

# 1. CALICATA C-01 TERRENO NATURAL

	<b>FORMATO</b>	Código	AE-FO-01
	<b>ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS</b>	Versión	01
		Página	1 de 1

Proyecto	: Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima en la Carretera Ikena - Pacahuara - Madre de Dios	Registro N°:	GFC23-LEM-06-01
Proyectista	: Bch. Rony Rozas Zamata	Muestreado por :	Tesisista
Código del Proyecto	: Proyecto de Tesis	Ensayado por :	Tesisista
Ubicación de Proyecto	: Carretera Ikena - Pacahuara - Tahamanu - Madre de Dios	Fecha de Ensayo:	16/03/2023
Material	: Terreno Natural	Turno:	Diurno
Código de Muestra	: Sub rasante	Profundidad:	0.15 - 1.50 m
Sondaje / Calicata	: C-1	Norte:	8740203 m
N° de Muestra	: M-1	Este:	445339 m
Progresiva	: km 01+100 LD	Cota:	---

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216		TABLE 1 Minimum Requirements for Mass of Test Specimen, and Balance Readability					
Tara N°	FC-A14	Maximum Particle Size (100 % Passing)		Method A		Method B	
		SI Unit Sieve Size	Alternative Sieve Size	Water Content Recorded to : ± 1 %	Specimen Mass	Balance Readability (g)	Water Content Recorded to : ± 0.1 %
Peso de tara	93.42	75.0 mm	3 in.	5 kg	10	50 kg	10
Tara + m húmeda	710.58	37.5 mm	1 1/2 in.	1 kg	10	10 kg	10
Tara + m seca	608.8	19.0 mm	3/4 in.	250 g	1	2.5 kg	1
Tamaño máx. de partículas	---	9.5 mm	3/8 in.	50 g	0.1	500 g	0.1
Método de Ensayo	"B"	4.75 mm	No. 4	20 g	0.1	100 g	0.1
Método de secado	Horno a 110 +/-5°C	2.00 mm	No. 10	20 g	0.1	20 g	0.01

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D6913**

¿Tamizado compuesto?	NO	Procedimiento de obtención de muestra:	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"		
Peso Inicial Seco :	503.3	Peso de fracción < N°4	267.7		
<b>TAMIZ</b>	<b>ABERTURA (mm)</b>	<b>PESO RETENIDO (g)</b>	<b>TAMIZ</b>	<b>ABERTURA (mm)</b>	<b>PESO RETENIDO (g)</b>
3"	76.200		N° 10	2.000	0.3
2"	50.800		N° 20	0.840	0.8
1 1/2"	38.100		N° 40	0.425	1.2
1"	25.400		N° 60	0.250	3.9
3/4"	19.000		N° 100	0.150	17.0
3/8"	9.500		N° 140	0.106	80.0
N° 4	4.750		N° 200	0.075	45.6
			< N° 200	---	354.5

TABLE 2 Minimum Mass Requirement for Specimen			
Alternative Sieve Designation	Maximum Particle Size, mm	Minimum Dry Mass of Specimen, g or kg*	
		Method A Results Reported to Nearest 1 %	Method B Results Reported to Nearest 0.1 %
No. 40	0.425	50 g	75 g
No. 10	2.00	50 g	100 g
No. 4	4.75	75 g	200 g <sup>a</sup>
3/8 in.	9.5	165 g <sup>c</sup>	c
1/2 in.	19.0	1.2 kg <sup>c</sup>	c
1 in.	25.4	3 kg <sup>c</sup>	c
1 1/2 in.	38.1	10 kg <sup>c</sup>	c
2 in.	50.8	25 kg <sup>c</sup>	c
3 in.	76.2	75 kg <sup>c</sup>	c

<sup>a</sup> Specimen masses should not significantly exceed (by more than about 50 %) the presented values because excessively large specimens may result in sieve overloading (see 11.3) and increase the difficulty of specimen processing.  
<sup>b</sup> The same as "c," except multiplied by 10.  
<sup>c</sup> These values are based on the mass of an individual spherical shaped particle, at the given sieve, multiplied by 100 than 1.2 (factor to account uncertainty) and finally rounded to a convenient number.  
<sup>d</sup> Specimens of this size require composite sieving. The sample sizes required for reporting results to 0.1 % are not practical and the possible errors associated with composite sieving causes this sensitivity to be unrealistic for specimens with these larger size particles.  
<sup>e</sup> Same as "c," except 1.2 factor is omitted.


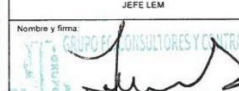
**LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318**

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>				<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>		
Método de ensayo	Multipunto <input checked="" type="checkbox"/>	Unipunto <input type="checkbox"/>		Método de secado	Horno <input checked="" type="checkbox"/> Ambiente <input type="checkbox"/>	
<b>DESCRIPCION</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Nro. de Recipiente	fc-35	fc-48	fc-48	Nro. de Recipiente	4	5
Peso de Recipiente	26.09	26.35	26.01	Peso de Recipiente	27.08	26.20
Peso Recipiente + Suelo Humedo	38.63	41.28	41.66	Peso Recipiente + Suelo Humedo	33.18	32.20
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	34.79	36.64	36.69	Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	32.10	31.09
N° De Golpes	31	23	19	Cantidad mínima requerida 6g	¡Cumple!	¡Cumple!


**OBSERVACIONES:**  
 Clasificación visual - manual. CL arcilla con presencia de arena color marrón.  
 Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo.  
 Muestra tomada en campo por personal de GRUPO FC

EQUIPO UTILIZADO			
EQUIPO	CÓDIGO	F. CALIBRACIÓN	N° CERT. CALIBRACIÓN
Balanza digital Ohaus 6000g x 0.1g	GFC-132	13/05/2022	LM-1886-2022
Balanza digital Ohaus 30000g x 1g	GFC-138	13/05/2022	LM-1876-2022
Balanza digital Sartorius 2500g x 0.01g	GFC-139	20/06/2022	SMM-021-2022
Horno Eléctrico PG 190 0° a 200°C	GFC-098	05/03/2022	LT-1405-2022

**GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC**

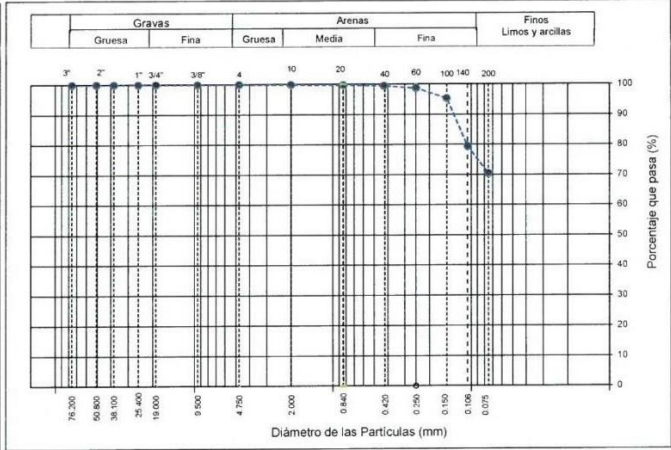
TECNICO LEM Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	JEFE LEM Nombre y firma:  <b>Jonás Reynaldo Chura Alarcón</b> INGENIERO CIVIL - CIP. 142797 AREA DE GEOTECNIA	COC - LEM Nombre y firma:  <b>Jonás Reynaldo Chura Alarcón</b> INGENIERO CIVIL - CIP. 142797 AREA DE GEOTECNIA
---	---	---



	<b>FORMATO</b>	<b>Código</b>	<b>AE-FO-01</b>
	<b>ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

Proyecto	: Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima en la Carretera Iberia - Pachahuara - Madre de Dios	Registro N°:	<b>GFC23-LEM-06-01</b>
Propietario	: Bch. Rony Rozas Zamata	Muestreado por :	Tesista
Código del Proyecto	: Proyecto de Tesis	Ensayado por :	Tesista
Ubicación de Proyecto	: Carretera Iberia - Pachahuara - Tahamanu - Madre de Dios	Fecha de Ensayo:	16/03/2023
Material	: Terreno Natural	Turno:	Diurno
Código de Muestra	: Sub rasante	Profundidad:	0.15 - 1.50 m
Sondaje / Calicata	: C-1	Norte:	8740203 m
N° de Muestra	: M-1	Este:	445339 m
Progresiva	: km 01+100 LD	Cota:	---

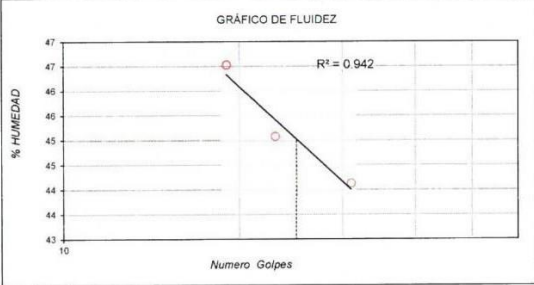
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC.
3"	76.200	100.0	
2"	50.800	100.0	
1 1/2"	38.100	100.0	
1"	25.400	100.0	
3/4"	19.000	100.0	
3/8"	9.500	100.0	
N° 4	4.750	100.0	
N° 10	2.000	99.9	
N° 20	0.840	99.8	
N° 40	0.425	99.5	
N° 60	0.250	98.8	
N° 100	0.150	95.4	
N° 140	0.106	79.5	
N° 200	0.075	70.4	



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	19.7
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	CL arcilla con presencia de arena color marrón.
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	45.0
LÍMITE PLÁSTICO	22.0
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	23.0
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	1.1
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-0.1
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-7-6 (8)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla de baja plasticidad con arena

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	29.6
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	70.4

GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
 <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	A:	 <b>Jesús Rivaldo Chura Alanoca</b> INGENIERO CIVIL - CIP. 162727 ÁREA DE GEOTECNIA	A:
		Nombre y firma:	M:
		 <b>Jesús Rivaldo Chura Alanoca</b> INGENIERO CIVIL - CIP. 162727 ÁREA DE GEOTECNIA	A:

Proyecto	: Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima en la Carretera Iberia - Pacahuara - Madre de Dios	Registro N°:	GFC23-LEM-15-01
Proyectista	: Bch. Rony Rozas Zamata	Muestreado por	: Tesista
Código del Proyecto	: Proyecto de Tesis	Ensayado por	: Tesista
Ubicación de Proyecto	: Carretera Iberia - Pacahuara - Tahumanu - Madre de Dios	Fecha de Ensayo:	15/06/2023
Material	: Terreno Natural	Turno:	Diurno

Identificación	: Terreno Natural	Profundidad:	0.15 - 1.50 m
Sondaje / Calicata	: C-1	Norte:	8740203 m
N° de Muestra	: M-1	Este:	445339 m
Progresiva	: km 01+100 LD	Cota:	---

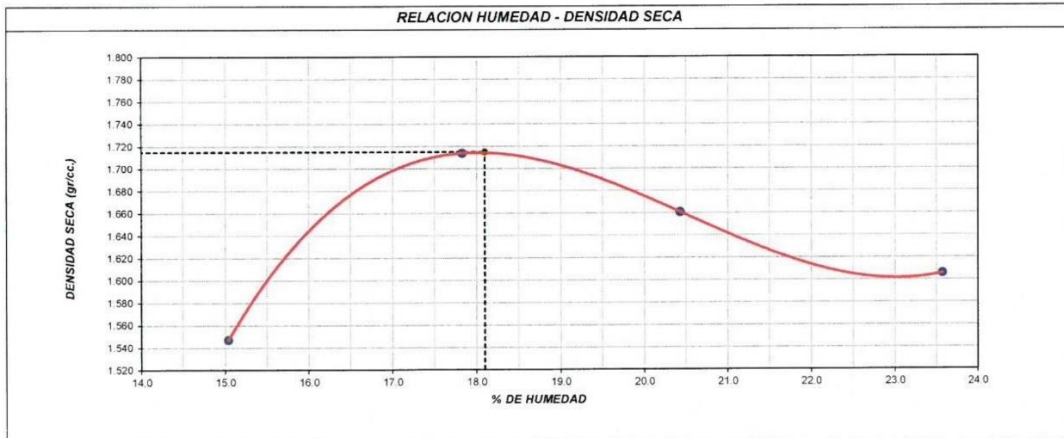
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR  
ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen Molde	939.3	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	3760	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5,432	5,657	5,639	5,624	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,672	1,897	1,879	1,864	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,780	2,020	2,000	1,984	
Recipiente Numero		CR8	CR3	CR7	CR6	
Peso de la Tara	gr.	18.6	16.7	16.3	16.5	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	150.9	114.2	125.8	151.6	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	133.6	99.5	107.2	125.8	
Peso del agua	gr.	17.3	14.8	18.6	25.8	
Peso del suelo seco	gr.	115	83	91	109	
Contenido de agua	%	15.0	17.8	20.4	23.6	
Densidad Seca	gr/cc	1.547	1.714	1.661	1.606	

**Densidad Máxima Seca:** 1.715 gr/cm<sup>3</sup>      **Contenido Humedad Optima:** 18.1 %

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**




**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por equipo tecnico de GRUPO FC
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GRUPO FC

---

**GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC**

TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - EIP 162727 AREA DE GEOTECNIA	Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - EIP 162727 AREA DE GEOTECNIA

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>	Versión	01
		Página	1 de 3
Proyecto : Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima en la Carretera Iberia - Pacahuara - Madre de Dios Propietario : Bch. Rony Rozas Zamata Código del Proyecto : Proyecto de Tesis Ubicación de Proyecto : Carretera Iberia - Pacahuara - Tahumanu - Madre de Dios Material : Terreno Natural	Registro N°: <b>GFC23-LEM-15-01</b> Muestreado por : Tesista Ensayado por : Tesista Fecha de Ensayo: 15/06/2023 Turno: Diurno		
Identificación : Terreno Natural Procedencia : C-1 N° de Muestra : M-1 Progresiva : km 01+100 LD	Profundidad: 0.15 - 1.50 Norte: 8740203 m Este: 445339 m Cota: ---		

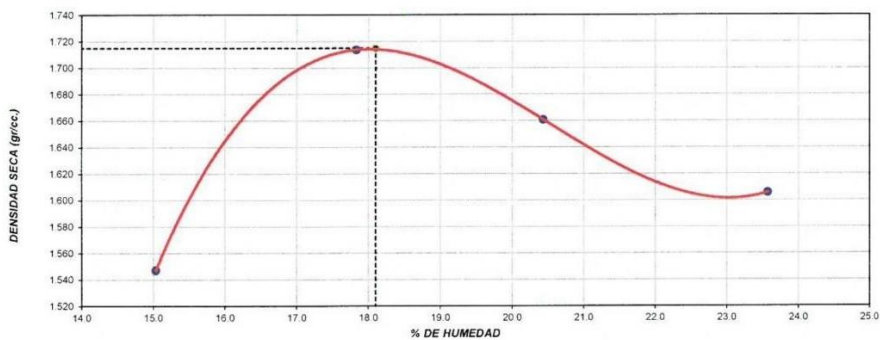
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR  
ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen Molde	939.29	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	3760	gr.

NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
Peso Volumetrico Humedo	gr. 1.780	2.020	2.000	1.984
Contenido de agua	% 15.0	17.8	20.4	23.6
Densidad Seca	gr/cc 1.547	1.714	1.661	1.606

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	<b>1.715</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	<b>18.1</b>	<b>%</b>
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	-------------	----------

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**




**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por equipo tecnico de GRUPO FC
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GRUPO FC

GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	Nombre y firma:  <b>Jesús Porfirio Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - EIP. 162727 AREA DE GEOTECNIA	Nombre y firma:  <b>Jesús Porfirio Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - EIP. 162727 AREA DE GEOTECNIA



	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Página	2 de 3

Proyecto : Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima en la Carretera Iberia - Pacahuara - Madre de Dios Registro N°: GFC23-LEM-15-01  
 Propietario : Bch. Rony Rozas Zamata Muestreado por : Tesista  
 Código del Proyecto : Proyecto de Tesis Ensayado por : Tesista  
 Ubicación de Proyecto : Carretera Iberia - Pacahuara - Tahumanu - Madre de Dios Fecha de Ensayo : 19/06/2023  
 Material : Terreno Natural Turno : Diurno

Identificación : Terreno Natural Profundidad: 0.15 - 1.50 m  
 Procedencia : C-1 Norte: 8740203 m  
 N° de Muestra : M-1 Este: 445339 m  
 Progresiva : km 01+100 LD Cota: ---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde N°	4		3		7	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,225		12,297		11,714	
Peso molde (gr.)	8,000		8,280		7,920	
Peso suelo compactado (gr.)	4,225		4,017		3,794	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,163		2,160		2,160	
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	1,953		1,860		1,756	
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1,730		1,647		1,557	

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Peso de tara (gr.)	15.2	25.5	25.9
Tara + suelo húmedo (gr.)	185.1	118.0	118.1
Tara + suelo seco (gr.)	165.8	107.4	107.6
Peso de agua (gr.)	19.4	10.6	10.5
Peso de suelo seco (gr.)	150.5	81.9	81.8
Humedad (%)	12.9	12.9	12.8

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
18-Mar	14.00	0	10	0.00	0.00	12	0.00	0.00	11	0.00	0.00
19-Mar	14.00	24	11	0.03	0.02	14	0.05	0.04	13	0.05	0.04
20-Mar	14.00	48	12	0.05	0.04	15	0.08	0.06	15	0.10	0.09
21-Mar	14.00	72	16	0.15	0.13	16	0.10	0.09	20	0.23	0.19
22-Mar	14.00	96	15	0.13	0.11	20	0.20	0.17	24	0.33	0.28

**PENETRACIÓN**


Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 4				Molde N° 3				Molde N° 7			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		46	2.3			16	0.8			17	0.8		
0.050		79	3.9			34	1.7			35	1.8		
0.075		107	5.3			59	2.9			57	2.8		
0.100	70.307	127	6.3	6.5	9.2	87	4.3	4.5	6.4	74	3.7	3.6	5.1
0.150		154	7.6			134	6.6			107	5.3		
0.200	105.460	171	8.5	10.0	9.5	163	8.1	8.1	7.7	130	6.4	6.5	6.2
0.300		198	9.8			201	10.0			171	8.5		
0.400		223	11.0			229	11.4			203	10.0		
0.500		257	12.7			254	12.6			231	11.4		

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por equipo tecnico de GRUPO FC
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GRUPO FC

**GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC**

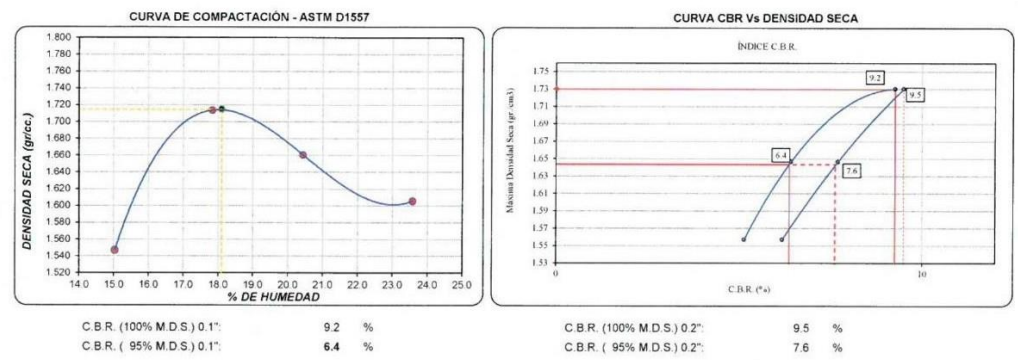
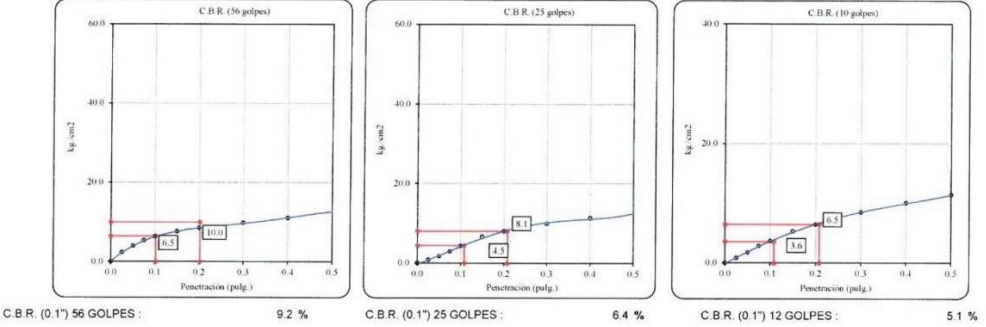
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	Nombre y firma:  <b>Jesús Revuelto Chura Alanoca</b> ING. CIVIL : CIP. 162727 AREA DE GEOTECNIA	Nombre y firma:  <b>Jesús Revuelto Chura Alanoca</b> ING. CIVIL : CIP. 162727 AREA DE GEOTECNIA

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Página	3 de 3

Proyecto	: Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima en la Carretera Iberia - Pacahuara - Madre de Dios	Registro N°:	GFC23-LEM-15-01
Propietario	: Bch. Rony Rozas Zamata	Muestreado por	: Tesista
Código del Proyecto	: Proyecto de Tesis	Ensayado por	: Tesista
Ubicación de Proyecto	: Carretera Iberia - Pacahuara - Tahamanu - Madre de Dios	Fecha de Ensayo:	19/06/2023
Material	: Terreno Natural	Turno:	Diurno
Identificación	: Terreno Natural	Profundidad:	0.15 - 1.50 m
Procedencia	: C-1	Norte:	8740203 m
N° de Muestra	: M-1	Este:	445339 m
Progresiva	: km 01+100 LD	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**  
Máxima Densidad Seca \_\_\_\_\_ 1.715 gr/cm<sup>3</sup>      Optimo Contenido de Humedad \_\_\_\_\_ 18.1 %  
Máxima Densidad Seca al 95% \_\_\_\_\_ 1.629 gr/cm<sup>3</sup>



**OBSERVACIONES:**  
• Muestra provista e identificada por equipo tecnico de GRUPO FC  
• Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GRUPO FC  
• ---  
• ---


GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  Alfonso Ramayo Meza Quispe TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	Nombre y firma:  Jesús Peralta Chura Alanoca ÁREA DE GEOTECNIA	Nombre y firma:  Rony Rozas Zamata





**TESIS :** "Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima, Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios, 2023".

## **2. TERRENO NATURAL +2% CEMENTO**

	<b>FORMATO</b>	Código	AE-FO-01
	<b>ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS</b>	Versión	01
		Fecha	07-05-2018
		Página	1 de 1

Proyecto	: TESIS: "Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima, Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios, 2023"	Registro N°:	
Solicitante	: Bch. Rony Rozas Zamata	Muestreado por:	Tesista
Código del Proyecto	: Proyecto de Tesis	Ensayado por:	Tesista
Ubicación de Proyecto	: Carretera Iberia - Pacahuara - Tahumanu - Madre de Dios	Fecha de Ensayo:	06/07/2023
Material	: Terreno Natural	Turno:	Diurno
Identificación	: Terreno Natural + 2.0% Cemento	Profundidad:	0.15 - 1.50 m
Sondaje / Calicata	: C-1	Norte:	
N° de Muestra	: M-1	Este:	
Progresiva	: Km 01+100 LD	Cota:	---

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216																																																																			
Tara N°	FC-A2	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">TABLE 1 Minimum Requirements for Mass of Test Specimen, and Balance Readability</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">SI Unit Sieve Size</th> <th rowspan="2">Alternative Sieve Size</th> <th colspan="2">Method A</th> <th colspan="3">Method B</th> </tr> <tr> <th>Water Content Recorded to -1 %</th> <th>Balance Readability (g)</th> <th>Water Content Recorded to -0.1 %</th> <th>Specimen Mass (g)</th> <th>Balance Readability (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>75 g (mm)</td> <td>3 in.</td> <td>5 kg</td> <td>10</td> <td>50 kg</td> <td>10</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>37.5 mm</td> <td>1 1/2 in.</td> <td>1 kg</td> <td>10</td> <td>10 kg</td> <td>10</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>19.0 mm</td> <td>3/4 in.</td> <td>250 g</td> <td>1</td> <td>2.5 kg</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>9.5 mm</td> <td>3/8 in.</td> <td>50 g</td> <td>0.1</td> <td>500 g</td> <td>0.1</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>4.75 mm</td> <td>No. 4</td> <td>20 g</td> <td>0.1</td> <td>100 g</td> <td>0.1</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>2.00 mm</td> <td>No. 10</td> <td>10 g</td> <td>0.1</td> <td>20 g</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> </tr> </tbody> </table>					TABLE 1 Minimum Requirements for Mass of Test Specimen, and Balance Readability							SI Unit Sieve Size	Alternative Sieve Size	Method A		Method B			Water Content Recorded to -1 %	Balance Readability (g)	Water Content Recorded to -0.1 %	Specimen Mass (g)	Balance Readability (g)	75 g (mm)	3 in.	5 kg	10	50 kg	10	10	37.5 mm	1 1/2 in.	1 kg	10	10 kg	10	10	19.0 mm	3/4 in.	250 g	1	2.5 kg	1	1	9.5 mm	3/8 in.	50 g	0.1	500 g	0.1	0.1	4.75 mm	No. 4	20 g	0.1	100 g	0.1	0.1	2.00 mm	No. 10	10 g	0.1	20 g	0.01	0.01
TABLE 1 Minimum Requirements for Mass of Test Specimen, and Balance Readability																																																																			
SI Unit Sieve Size	Alternative Sieve Size	Method A		Method B																																																															
		Water Content Recorded to -1 %	Balance Readability (g)	Water Content Recorded to -0.1 %	Specimen Mass (g)	Balance Readability (g)																																																													
75 g (mm)	3 in.	5 kg	10	50 kg	10	10																																																													
37.5 mm	1 1/2 in.	1 kg	10	10 kg	10	10																																																													
19.0 mm	3/4 in.	250 g	1	2.5 kg	1	1																																																													
9.5 mm	3/8 in.	50 g	0.1	500 g	0.1	0.1																																																													
4.75 mm	No. 4	20 g	0.1	100 g	0.1	0.1																																																													
2.00 mm	No. 10	10 g	0.1	20 g	0.01	0.01																																																													
Peso de tara	102.98																																																																		
Tara + m húmeda	735.24																																																																		
Tara + m seca	636.1																																																																		
Tamaño máx. de partículas	---																																																																		
Método de Ensayo	"B"																																																																		
Método de secado	Horno a 110 +/-5°C																																																																		

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D6913**

¿Tamizado compuesto?	NO	Procedimiento de obtención de muestra:	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"		
Peso Inicial Seco:	500.0	Peso de fracción < N°4	267.7		
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)
3"	76.200		N° 10	2.000	0.1
2"	50.800		N° 20	0.840	0.3
1 1/2"	38.100		N° 40	0.425	0.8
1"	25.400		N° 60	0.250	99.0
3/4"	19.000		N° 100	0.150	70.6
3/8"	9.500		N° 140	0.106	8.7
N° 4	4.750		N° 200	0.075	5.8
			< N° 200	---	314.7

TABLE 2 Minimum Mass Requirement for Specimen			
Alternative Sieve Designation	Maximum Particle Size, mm	Minimum Dry Mass of Specimen, g or kg <sup>a</sup>	
		Method A Results Reported to Nearest 1 %	Method B Results Reported to Nearest 0.1 %
No. 40	0.425	50 g	75 g
No. 10	2.00	50 g	100 g
No. 4	4.75	75 g	200 g <sup>b</sup>
1/8 in.	9.5	150 g <sup>c</sup>	0
3/8 in.	19.0	1.3 kg <sup>c</sup>	0
1 in.	25.4	3 kg <sup>c</sup>	0
1 1/2 in.	38.1	10 kg <sup>c</sup>	0
2 in.	50.8	25 kg <sup>c</sup>	0
3 in.	76.2	70 kg <sup>c</sup>	0

MÉTODO DE TAMIZADO:  Manual  TIPO DE SUELO:  Orgánico  Inorgánico

**LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318**


LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO		
Método de ensayo	Multipunto <input checked="" type="checkbox"/>	Unipunto <input type="checkbox"/>	Método de secado	Horno <input type="checkbox"/>	Ambiente <input type="checkbox"/>	
DESCRIPCION	1	2	3	DESCRIPCION	1	2
Nro. de Recipiente	FC-108	FC-103	FC-107	Nro. de Recipiente	1	2
Peso de Recipiente	22.36	20.58	21.60	Peso de Recipiente	21.95	26.19
Peso Recipiente + Suelo Humedo	40.38	36.51	39.47	Peso Recipiente + Suelo Humedo	28.82	35.96
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	35.44	31.87	34.15	Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	27.40	33.91
N° De Golpes	34	23	16	Cantidad mínima requerida 6g	¡Cumple!	¡Cumple!

Método de preparación: Horno  Ambiente   
Método de secado: Horno  110 +/- 5°C Ambiente

OBSERVACIONES:  
Clasificación visual - manual: Arcilla de baja plasticidad con arena de color rojizo  
Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo  
Muestra tomada en campo

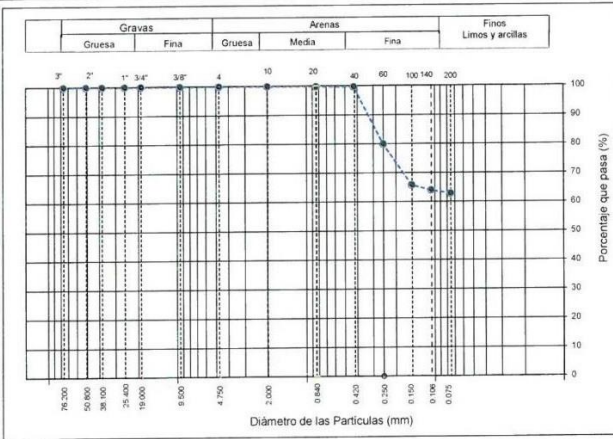
EQUIPO UTILIZADO			
EQUIPO	CÓDIGO	F. CALIBRACIÓN	N° CERT. CALIBRACIÓN
Balanza digital Ohaus 6000g x 0.1g	GFC-132	13/05/2022	LM-1886-2022
Balanza digital Ohaus 30000g x 1g	GFC-138	13/05/2022	LM-1876-2022
Balanza digital Sartorius 2500g x 0.01g	GFC-139	20/06/2022	SMM-021-2022
Horno Electrico PG190 0° a 200°C	GFC-098	05/03/2022	LT-1405-2022

GRUPO FC			
TECNICO LEM Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	JEFE LEM Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Albuca</b> INGENIERO CIVIL	COO - LEM Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Albuca</b> INGENIERO CIVIL	

	<b>FORMATO</b>	Código	AE-FO-01
	<b>ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS</b>	Versión	01
		Fecha	07-05-2018
		Página	1 de 1

Proyecto	: TESIS: "Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima, Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios, 2023"	Registro N°:	0
Propietario	: Bch. Rony Rozas Zamata	Muestreado por:	Tesista
Código del Proyecto		Ensayado por:	Tesista
Ubicación de Proyecto	: Carretera Iberia - Pacahuara - Tahuanu - Madre de Dios	Fecha de Ensayo:	06/07/2023
Material	: Terreno Natural	Turno	Diurno
Código de Muestra	: Terreno Natural + 2.0% Cemento	Profundidad:	0.15 - 1.50 m
Sondaje / Calicata	: C-1	Norte	0 m
N° de Muestra	: M-1	Este	0 m
Progresiva	---	Cota	---

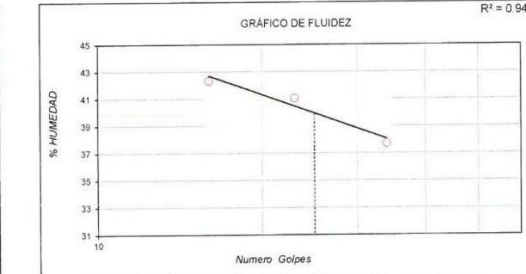
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC.
3"	76.200	100.0	
2"	50.800	100.0	
1 1/2"	38.100	100.0	
1"	25.400	100.0	
3/4"	19.000	100.0	
3/8"	9.500	100.0	
N° 4	4.750	100.0	
N° 10	2.000	100.0	
N° 20	0.840	99.9	
N° 40	0.425	99.8	
N° 60	0.250	79.9	
N° 100	0.150	65.8	
N° 140	0.106	64.1	
N° 200	0.075	62.9	



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.6
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	Arcilla de baja plasticidad con arena de color rojizo
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	39.90
LÍMITE PLÁSTICO	26.00
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	13.9
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	1.5
ÍNDICE DE LIQUEZ (IL)	-0.5
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	ML
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (5)
NOMBRE DEL GRUPO	Limo arenoso de baja plasticidad

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	37.1
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	62.9

GRUPO FC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
	A:		A:
<b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS		<b>Jesus Rovaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - CIP. 122288 ÁREA DE GEOTECNIA	
		CQC - LEM	D:
		Nombre y firma:	M:
			A:
		<b>Jesus Rovaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - CIP. 122288 ÁREA DE GEOTECNIA	

Proyecto : Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzina en la Carretera Iberia - Pacahuara - Madre de Dios Registro N°: GFC23-LEM-15-01  
 Carretera Iberia - Pacahuara - Madre de Dios  
 Projectista : Bch. Rony Rozas Zamata Muestreado por : Tesista  
 Código del Proyecto : Proyecto de Tesis Ensayado por : Tesista  
 Ubicación de Proyecto : Carretera Iberia - Pacahuara - Tahumanu - Madre de Dios Fecha de Ensayo: 15/07/2023  
 Material : Terreno Natural Turno: Diurno

Identificación : Terreno Natural + 2.0% Cemento Profundidad: 0.15 - 1.50 m  
 Sondaje / Calicata : C-1 Norte: 8740203 m  
 N° de Muestra : M-1 Este: 445339 m  
 Progresiva : km 01+100 LD Cota: ---

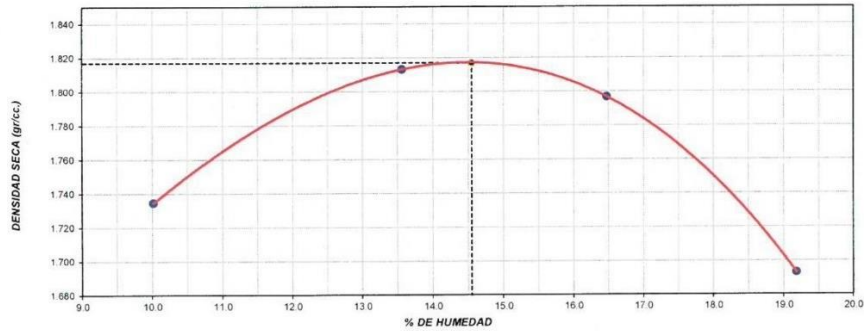
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR  
ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen Molde 948.93 cm<sup>3</sup>  
 Peso Molde 3896 gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5,707	5,850	5,882	5,811	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,811	1,954	1,986	1,915	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,908	2,059	2,093	2,018	
Recipiente Numero		FC-B2	FC-B2	FC-A14	FC-A5	
Peso de la Tara	gr.	89.8	102.8	96.4	91.5	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	433.6	640.9	725.3	530.0	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	402.3	576.6	636.4	459.5	
Peso del agua	gr.	31.3	64.3	89.0	70.6	
Peso del suelo seco	gr.	313	474	540	368	
Contenido de agua	%	10.0	13.6	16.5	19.2	
Densidad Seca	gr/cc	1.735	1.813	1.797	1.693	

Densidad Máxima Seca: 1.817 gr/cm<sup>3</sup>      Contenido Humedad Optima: 14.6 %

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**




**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por equipo tecnico de GRUPO FC
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GRUPO FC
- \* ---
- \* ---

**GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC**

TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	Nombre y firma:  <b>Jesús Revivaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - CIP. 162727 AREA DE GEOTECNIA	Nombre y firma:  <b>Jesús Revivaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - CIP. 162727 AREA DE GEOTECNIA



	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>AE-FO-15</b>
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 3</b>
<b>Proyecto</b> : Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzina en la Carretera Iberia - Pacahuara - Madre de Dios <b>Propietario</b> : Bch. Rony Rozas Zamata <b>Código del Proyecto</b> : Proyecto de Tesis <b>Ubicación de Proyecto</b> : Carretera Iberia - Pacahuara - Tahumanu - Madre de Dios <b>Material</b> : Terreno Natural	<b>Registro N°:</b> GFC23-LEM-15-01  <b>Muestreado por :</b> Tesista <b>Ensayado por :</b> Tesista <b>Fecha de Ensayo:</b> 15/07/2023 <b>Turno:</b> Diurno		
<b>Identificación</b> : Terreno Natural + 2.0% Cemento <b>Procedencia</b> : C-1 <b>N° de Muestra</b> : M-1 <b>Progresiva</b> : km 01+100 LD	<b>Profundidad:</b> 0.15 - 1.50 <b>Norte:</b> 8740203 m <b>Este:</b> 445339 m <b>Cota:</b> ---		

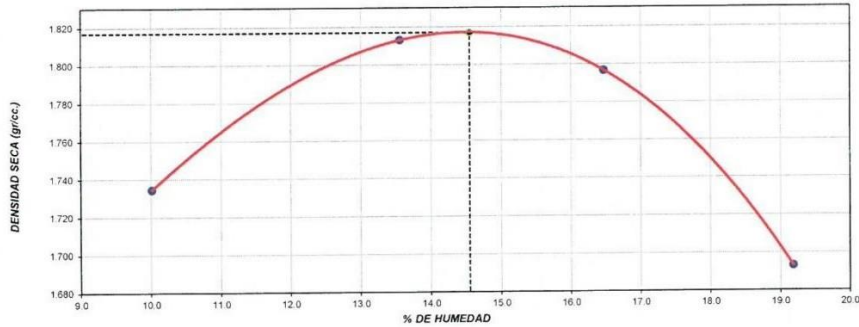
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR  
ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen Molde	948.93	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	3896	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Volumétrico Humedo	gr.	1.908	2.059	2.093	2.018
Contenido de agua	%	10.0	13.6	16.5	19.2
Densidad Seca	gr/cc	1.735	1.813	1.797	1.693

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	<b>1.817</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	<b>14.6 %</b>
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	---------------


**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por equipo tecnico de GRUPO FC
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GRUPO FC
- \* ---
- \* ---

GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TECNICO LABORATORIO DE SUELOS	Nombre y firma:  <b>Jesús Reinaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - EIP. 162727 AREA DE GEOTECNIA	Nombre y firma:  <b>Jesús Reinaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - EIP. 162727 AREA DE GEOTECNIA

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Página	2 de 3

Proyecto	: Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima en la Carretera Iberia - Pacahuara - Madre de Dios	Registro N°:	GFC23-LEM-15-01
Propietario	: Bch. Rony Rozas Zamata	Muestreado por :	Tesista
Código del Proyecto	: Proyecto de Tesis	Ensayado por :	Tesista
Ubicación de Proyecto	: Carretera Iberia - Pacahuara - Tahumanu - Madre de Dios	Fecha de Ensayo:	19/07/2023
Material	: Terreno Natural	Turno:	Diurno
Identificación	: Terreno Natural + 2.0% Cemento	Profundidad:	0.15 - 1.50 m
Procedencia	: C-1	Norte:	8740203 m
N° de Muestra	: M-1	Este:	445339 m
Progresiva	: km 01+100 LD	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

	12		13		14	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	12		13		14	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra						
Peso suelo + molde (gr.)	13.498		12.229		12.160	
Peso molde (gr.)	9.107		8.014		8.159	
Peso suelo compactado (gr.)	4.391		4.215		4.001	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2.137		2.146		2.146	
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2.055		1.964		1.864	
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.799		1.712		1.624	

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	12	13	14
Peso de tara (gr.)	104.5	105.6	102.8
Tara + suelo húmedo (gr.)	326.7	370.0	416.4
Tara + suelo seco (gr.)	299.0	336.0	376.0
Peso de agua (gr.)	27.7	34.0	40.4
Peso de suelo seco (gr.)	194.5	230.4	273.2
Humedad (%)	14.2	14.8	14.8

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
18-Mar	14:00	0	10	0.00	0.00	12	0.00	0.00	11	0.00	0.00
19-Mar	14:00	24	11	0.03	0.02	14	0.05	0.04	13	0.05	0.04
20-Mar	14:00	48	12	0.05	0.04	15	0.08	0.06	15	0.10	0.09
21-Mar	14:00	72	16	0.15	0.13	16	0.10	0.09	20	0.23	0.19
22-Mar	14:00	96	15	0.13	0.11	20	0.20	0.17	24	0.33	0.28

**PENETRACIÓN**


Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 12			Molde N° 13			Molde N° 14					
		Carga		Corrección	Carga		Corrección	Carga		Corrección			
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>			
0.025		93	4.6		84	4.2		58	2.9				
0.050		182	9.0		158	7.8		123	6.1				
0.075		304	15.1		238	11.8		167	8.3				
0.100	70.307	371	18.4	18.0	25.6	305	15.1	15.4	21.9	240	11.9	12.0	17.1
0.150		489	24.2			415	20.6			318	15.7		
0.200	105.460	587	29.1	29.0	27.5	502	24.8	25.0	23.7	396	19.6	19.6	18.6
0.300		724	35.8			636	31.5			463	22.9		
0.400		832	41.2			788	38.0			530	26.3		
0.500		920	45.6			864	42.8			558	27.6		

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por equipo tecnico de GRUPO FC
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GRUPO FC
- \* ---

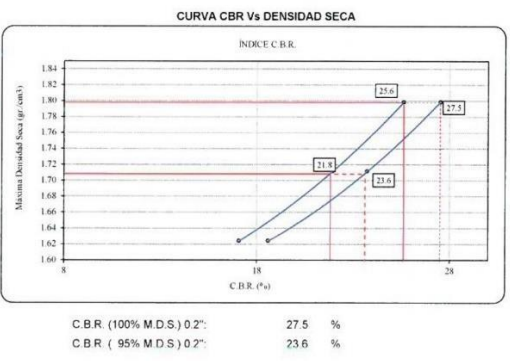
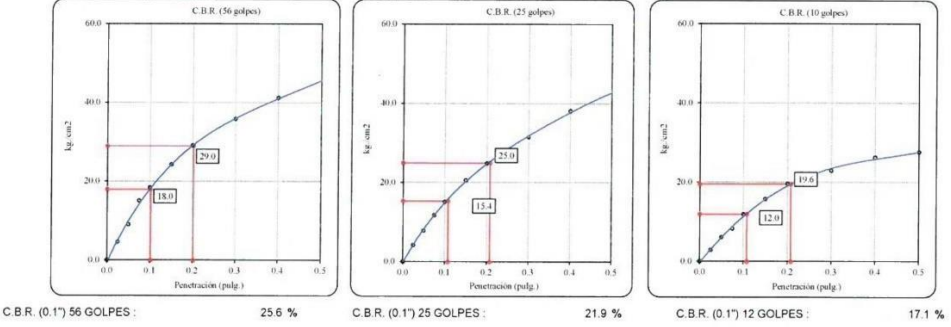
**GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC**

TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Alanoeca</b> ING. CIVIL - CIP 162727 AREA DE GEOTECNIA	Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Alanoeca</b> ING. CIVIL - CIP 162727 AREA DE GEOTECNIA

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Página	3 de 3
Proyecto	: Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima en la Carretera Iberia - Pacahuara - Madre de Dios	Registro N°:	GFC23-LEM-15-01
Propietario	: Bch. Rony Rozas Zamata	Muestreado por	: Tesista
Código del Proyecto	: Proyecto de Tesis	Ensayado por	: Tesista
Ubicación del Proyecto	: Carretera Iberia - Pacahuara - Tahumanu - Madre de Dios	Fecha de Ensayo	: 19/07/2023
Material	: Terreno Natural	Turno	: Diurno
Identificación	: Terreno Natural + 2.0% Cemento	Profundidad	: 0.15 - 1.50 m
Procedencia	: C-1	Norte	: 8740203 m
N° de Muestra	: M-1	Este	: 445339 m
Progresiva	: km 01+100 LD	Cota	: ---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**  
 Máxima Densidad Seca \_\_\_\_\_ 1.817 gr/cm<sup>3</sup>      Optimo Contenido de Humedad \_\_\_\_\_ 14.6 %  
 Máxima Densidad Seca al 95% \_\_\_\_\_ 1.726 gr/cm<sup>3</sup>



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por equipo tecnico de GRUPO FC  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GRUPO FC  
 ---  
 ---

GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - CIP. 162727 AREA DE GEOTECHNIA	Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - CIP. 162727 AREA DE GEOTECHNIA



**TESIS:** "Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima, Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios, 2023".

**3. TERRENO NATURAL +  
2% CEMENTO + 0.02  
ADITIVO (LT/M3)**



	<b>FORMATO</b>	Código	AE-FO-01
	<b>ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS</b>	Versión	01
		Fecha	07-05-2018
		Página	1 de 1

Proyecto	TESIS: "Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima, Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios, 2023"	Registro N°:	
Solicitante	Rony Rozas Zamata	Muestreado por:	Testista
Código del Proyecto		Ensayado por:	Testista
Ubicación de Proyecto	Iberia - Pacahuara	Fecha de Ensayo:	19/07/2023
Material	Terreno Natural + 2% Cemento + 0.02 Aditivo	Turno:	Diurno
Identificación	Carretera Iberia - Pacahuara - Tahumanu - Madre de Dios	Profundidad:	0.15 - 1.50 m
Sondaje / Calicata	C-1	Norte:	---
N° de Muestra	M-1	Este:	---
Progresiva	km 01+100 LD	Cota:	---

Tara N°		FC-A2	
Peso de tara			102.98
Tara + m húmeda			735.24
Tara + m seca			636.1
Tamaño máx. de partículas			---
Método de Ensayo			"B"
Método de secado			Horno a 110 +/- 5°C

Sieve Size	Alternative Sieve Size	Method A		Method B	
		Specimen Mass	Balance Readability (g)	Specimen Mass (g)	Balance Readability (g)
75.0 mm	3 in.	5 kg	10	50 kg	10
37.5 mm	1 1/2 in.	1 kg	10	10 kg	10
19.0 mm	3/4 in.	250 g	1	2.5 kg	1
9.5 mm	3/8 in.	50 g	0.1	500 g	0.1
4.75 mm	No. 4	20 g	0.1	100 g	0.1
2.00 mm	No. 10	20 g	0.1	20 g	0.01

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D6913**

¿Tamizado compuesto?	NO	Procedimiento de obtención de muestra:	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
Peso Inicial Seco:	500.0	Peso de fracción < N°4	267.7

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)
3"	76.200	
2"	50.800	
1 1/2"	38.100	
1"	25.400	
3/4"	19.000	
3/8"	9.500	
N° 4	4.750	

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)
N° 10	2.000	0.1
N° 20	0.840	0.3
N° 40	0.425	0.8
N° 60	0.250	99.0
N° 100	0.150	70.6
N° 140	0.106	8.7
N° 200	0.075	5.8
< N° 200	---	314.7

Alternative Sieve Designation	Maximum Particle Size, mm	Method A Results Reported to Nearest 1 %	Method B Results Reported to Nearest 0.1 %
No. 40	0.425	50 g	75 g
No. 10	2.000	50 g	100 g
No. 4	4.75	75 g	200 g <sup>a</sup>
3/8 in.	9.5	165 g <sup>b</sup>	
1/2 in.	19.0	1.3 kg <sup>c</sup>	
3/4 in.	25.4	3 kg <sup>d</sup>	
1 in.	38.1	15 kg <sup>e</sup>	
2 in.	50.8	25 kg <sup>f</sup>	
3 in.	76.2	70 kg <sup>f</sup>	

MÉTODO DE TAMIZADO:  Manual

TIPO DE SUELO:  Inorgánico

**LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318**

LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO		
Método de ensayo	Multipunto <input checked="" type="checkbox"/>	Unipunto <input type="checkbox"/>		Método de secado	Horno <input checked="" type="checkbox"/>	Ambiente <input type="checkbox"/>
DESCRIPCION	1	2	3	DESCRIPCION	1	2
Nro. de Recipiente	FC-6	FC-2	FC-48	Nro. de Recipiente		
Peso de Recipiente	26.00	26.00	26.36	Peso de Recipiente	21.95	26.19
Peso Recipiente + Suelo Húmedo	47.68	43.76	45.79	Peso Recipiente + Suelo Húmedo	28.82	35.96
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	41.83	38.72	40.09	Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	27.42	33.96
N° De Golpes	34	24	18	Cantidad mínima requerida 6g	(Cumple)	(Cumple)

Método de preparación: Horno  Ambiente


Método de secado: Horno  Ambiente

Temperatura: 110 +/- 5°C

OBSERVACIONES:  
Clasificación visual - manual: Arcilla de baja plasticidad con arena de color rojizo  
Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo  
Muestra tomada en campo

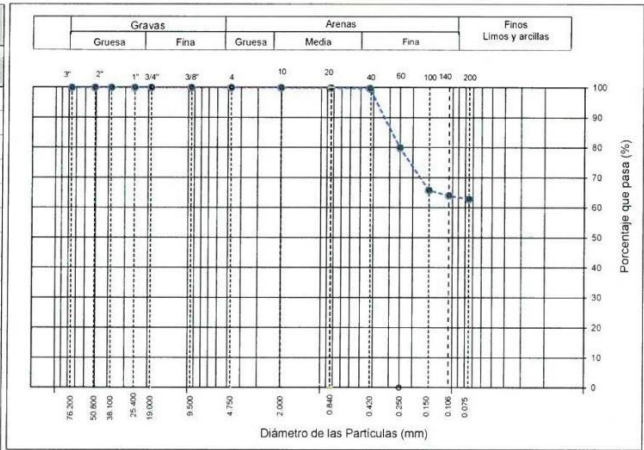
EQUIPO	CÓDIGO	F. CALIBRACIÓN	N° CERT. CALIBRACIÓN
Balanza digital Ohaus 6000g x 0.1g	GFC-132	13/05/2022	LM-1886-2022
Balanza digital Ohaus 3000g x 1g	GFC-138	13/05/2022	LM-1876-2022
Balanza digital Sartorius 2500g x 0.01g	GFC-139	20/06/2022	SMM-021-2022
Horno Eléctrico PG 190 0° a 200°C	GFC-098	05/03/2022	LT-1405-2022

GRUPO FC			
TECNICO LEM Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	JEFE LEM Nombre y firma:  <b>Jesus Reinaldo Chura Alanoca</b> INGENIERO CIVIL - CIVIL INGENIER ASOCIADO GEOTECNIA	COC - LEM Nombre y firma:  <b>Jesus Reinaldo Chura Alanoca</b> INGENIERO CIVIL - CIVIL INGENIER ASOCIADO GEOTECNIA	

	<b>FORMATO</b>	Código	AE-FO-01
	<b>ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS</b>	Versión	01
		Fecha	07-05-2018
		Página	1 de 1

Proyecto : TESIS: "Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima, Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios, 2023"  
 Propietario : Rony Rozas Zamata  
 Código del Proyecto :  
 Ubicación de Proyecto : Iberia - Pacahuara  
 Material : Terreno Natural + 2% Cemento + 0.02 Aditivo  
 Registro N° : 0  
 Muestreado por : Tesista  
 Ensayado por : Tesista  
 Fecha de Ensayo : 19/07/2023  
 Turno : Diurno  
 Código de Muestra : Carretera Iberia - Pacahuara - Tahumanu - Madre de Dios  
 Sondaje / Calicata : C-1  
 N° de Muestra : M-1  
 Progresiva : ---  
 Profundidad : 0.15 - 1.50 m  
 Norte : ---  
 Este : ---  
 Cota : ---

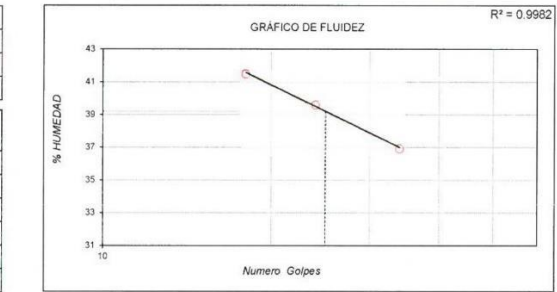
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC.
3"	76.200	100.0	
2"	50.800	100.0	
1 1/2"	38.100	100.0	
1"	25.400	100.0	
3/4"	19.000	100.0	
3/8"	9.500	100.0	
N° 4	4.750	100.0	
N° 10	2.000	100.0	
N° 20	0.840	99.9	
N° 40	0.425	99.8	
N° 60	0.250	79.9	
N° 100	0.150	65.8	
N° 140	0.106	64.1	
N° 200	0.075	62.9	



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.6
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	Arcilla de baja plasticidad con arena de color rojizo
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	39.20
LÍMITE PLÁSTICO	25.70
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	13.5
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	1.5
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-0.5
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTICULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	37.1
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	62.9

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	ML
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (5)
NOMBRE DEL GRUPO	Limo arenoso de baja plasticidad

GRUPO FC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
 <b>Alfonso Ramayo Meza Quispé</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS		 <b>Jesus Reyvaldo Chura Alanoca</b> INGENIERO CIVIL - C.I.P. 162729 AREA DE GEOTECNIA	
		CQC - LEM	D:
		Nombre y firma:	M:
		 <b>Jesus Reyvaldo Chura Alanoca</b> INGENIERO CIVIL - C.I.P. 162729 AREA DE GEOTECNIA	A:

Proyecto	: Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzina en la Carretera Iberia - Pacahuara - Madre de Dios	Registro N°:	GFC23-LEM-15-01
Proyectista	: Bch. Rony Rozas Zamata	Muestreado por :	Tesista
Código del Proyecto	: Proyecto de Tesis	Ensayado por :	Tesista
Ubicación de Proyecto	: Carretera Iberia - Pacahuara - Tahuamanu - Madre de Dios	Fecha de Ensayo:	15/06/2023
Material	: Terreno Natural	Turno:	Diurno
Identificación	: Terreno Natural + 2.0% Cemento + 0.02 Aditivo	Profundidad:	0.15 - 1.50 m
Sondaje / Calicata	: C-1	Norte:	8740203 m
N° de Muestra	: M-1	Este:	445339 m
Progresiva	: km 01+100 LD	Cota:	---

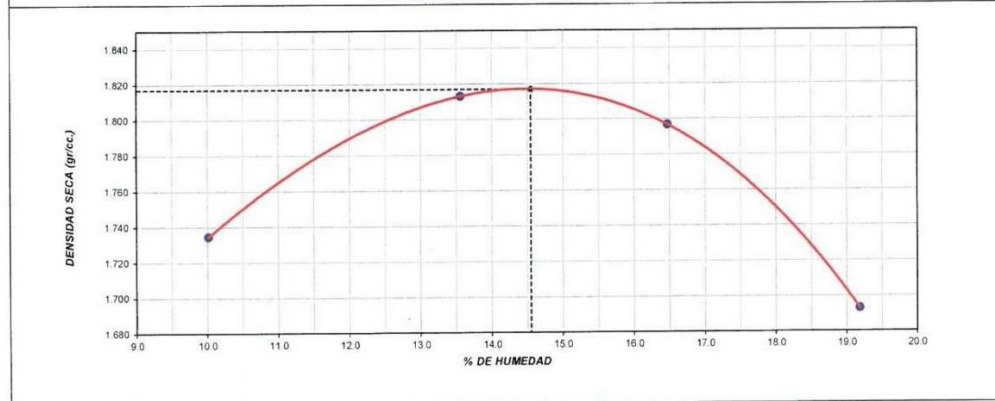
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR  
ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen Molde	948.93	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	3896	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5.707	5.850	5.882	5.811	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1.811	1.954	1.986	1.915	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.908	2.059	2.093	2.018	
Recipiente Numero		FC-B2	FC-B2	FC-A14	FC-A5	
Peso de la Tara	gr.	89.8	102.8	96.4	91.5	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	433.6	640.9	725.3	530.0	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	402.3	576.6	636.4	459.5	
Peso del agua	gr.	31.3	64.3	89.0	70.6	
Peso del suelo seco	gr.	313	474	540	368	
Contenido de agua	%	10.0	13.6	16.5	19.2	
Densidad Seca	gr/cc	1.735	1.813	1.797	1.693	

Densidad Máxima Seca:	1.817	gr/cm <sup>3</sup> .	Contenido Humedad Optima:	14.6	%
-----------------------	-------	----------------------	---------------------------	------	---

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**




**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por equipo tecnico de GRUPO FC
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GRUPO FC
- \* ---

**GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC**

TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	Nombre y firma:  <b>Jesús Reinaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - CIP. 162727 AREA DE GEOTECNIA	Nombre y firma:  <b>Jesús Reinaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - CIP. 162727 AREA DE GEOTECNIA



	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>	Versión	01
		Página	1 de 3

Proyecto : Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima en la Carretera Iberia - Pacahuara - Madre de Dios Propietario : Bch. Rony Rozas Zamata Código del Proyecto : Proyecto de Tesis Ubicación de Proyecto : Carretera Iberia - Pacahuara - Tahamanu - Madre de Dios Material : Terreno Natural	Registro N°: <b>GFC23-LEM-15-01</b> Muestreado por : Tesista Ensayado por : Tesista Fecha de Ensayo: 15/06/2023 Turno: Diurno
Identificación : Terreno Natural + 2.0% Cemento + 0.02 Aditivo Procedencia : C-1 N° de Muestra : M-1 Progresiva : km 01+100 LD	Profundidad: 0.15 - 1.50 Norte: 8740203 m Este: 445339 m Cota: ---

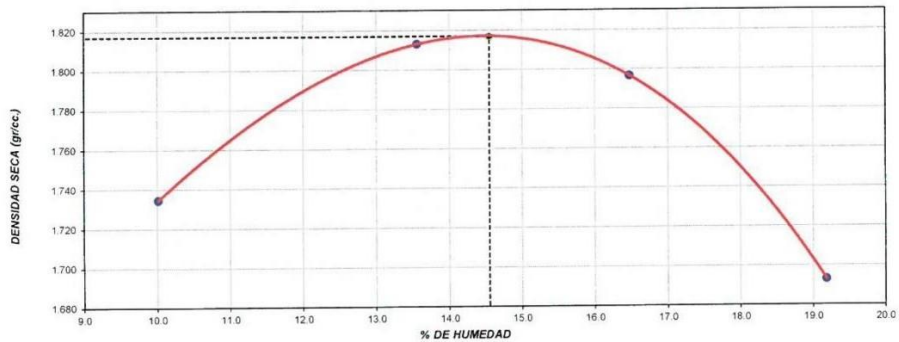
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR  
ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen Molde	948.93	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	3896	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.908	2.059	2.093	2.018
Contenido de agua	%	10.0	13.6	16.5	19.2
Densidad Seca	gr/cc	1.735	1.813	1.797	1.693

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	<b>1.817</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	<b>14.6</b>	<b>%</b>
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	-------------	----------

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**




**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por equipo tecnico de GRUPO FC
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GRUPO FC

**GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC**

TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - CIP 162727 AREA DE GEOTECNIA	Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - CIP 162727 AREA DE GEOTECNIA

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Página	2 de 3

Proyecto	: Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima en la Carretera Iberia - Pacahuara - Madre de Dios	Registro N°:	GFC23-LEM-15-01
Propietario	: Bch. Rony Rozas Zamata	Muestreado por :	Tesista
Código del Proyecto	: Proyecto de Tesis	Ensayado por :	Tesista
Ubicación de Proyecto	: Carretera Iberia - Pacahuara - Tahumanu - Madre de Dios	Fecha de Ensayo:	19/06/2023
Material	: Terreno Natural	Turno:	Diurno
Identificación	: Terreno Natural + 2.0% Cemento + 0.02 Aditivo	Profundidad:	0.15 - 1.50 m
Procedencia	: C-1	Norte:	8740203 m
N° de Muestra	: M-1	Este:	445339 m
Progresiva	: km 01+100 LD	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	12		13		14	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	13.498		12.229		12.160	
Peso molde (gr.)	9.107		8.014		8.159	
Peso suelo compactado (gr.)	4.391		4.215		4.001	
Volumen del molde (cm³)	2.137		2.146		2.146	
Densidad húmeda (gr./cm³)	2.055		1.964		1.864	
Densidad Seca (gr./cm³)	1.799		1.712		1.624	



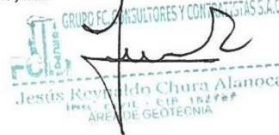
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr.)	104.5		105.6		102.8	
Tara + suelo húmedo (gr.)	326.7		370.0		416.4	
Tara + suelo seco (gr.)	299.0		336.0		376.0	
Peso de agua (gr.)	27.7		34.0		40.4	
Peso de suelo seco (gr.)	194.5		230.4		273.2	
Humedad (%)	14.2		14.8		14.8	


EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
18-Mar	14:00	0	10	0.00	0.00	12	0.00	0.00	11	0.00	0.00
19-Mar	14:00	24	11	0.03	0.02	14	0.05	0.04	13	0.05	0.04
20-Mar	14:00	48	12	0.05	0.04	15	0.08	0.06	15	0.10	0.09
21-Mar	14:00	72	16	0.15	0.13	16	0.10	0.09	20	0.23	0.19
22-Mar	14:00	96	15	0.13	0.11	20	0.20	0.17	24	0.33	0.28

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 12				Molde N° 13				Molde N° 14			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025		109	5.4			97	4.8			66	3.3		
0.050		215	10.6			182	9.0			141	7.0		
0.075		359	17.8			273	13.5			192	9.5		
0.100	70.307	438	21.7	20.5	29.2	351	17.4	17.3	24.6	276	13.7	13.8	19.6
0.150		577	28.6			477	23.6			366	18.1		
0.200	105.460	693	34.3	34.0	32.2	577	28.6	28.0	26.6	455	22.5	22.6	21.4
0.300		854	42.3			731	36.2			533	26.4		
0.400		982	48.6			883	43.7			610	30.2		
0.500		1086	53.8			994	49.2			642	31.8		

**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por equipo tecnico de GRUPO FC  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GRUPO FC  
 \* ---  
 ---

**GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC**

TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Alanoca</b> INGE. CIVIL - CIP. 142727 AREA DE GEOTECNIA	Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Alanoca</b> INGE. CIVIL - CIP. 142727 AREA DE GEOTECNIA

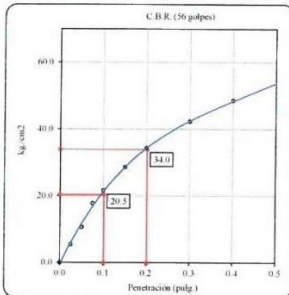
	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Página	3 de 3

Proyecto	: Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzina en la Carretera Iberia - Pacahuara - Madre de Dios	Registro N°:	GFC23-LEM-15-01
Propietario	: Bch. Rony Rozas Zamata	Muestreado por	: Tesista
Código del Proyecto	: Proyecto de Tesis	Ensayado por	: Tesista
Ubicación de Proyecto	: Carretera Iberia - Pacahuara - Tahumanu - Madre de Dios	Fecha de Ensayo:	19/06/2023
Material	: Terreno Natural	Turno:	Diurno
Identificación	: Terreno Natural + 2.0% Cemento + 0.02 Aditivo	Profundidad:	0.15 - 1.50 m
Procedencia	: C-1	Norte:	8740203 m
N° de Muestra	: M-1	Este:	445339 m
Progresiva	: km 01+100 LD	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

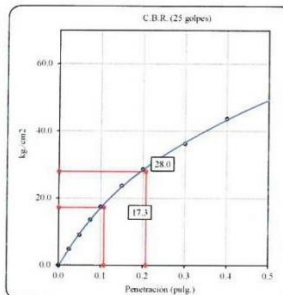
**Datos de muestra**

Máxima Densidad Seca  $1.817 \text{ gr./cm}^3$       Optimo Contenido de Humedad  $14.6 \%$   
Máxima Densidad Seca al 95%  $1.726 \text{ gr./cm}^3$



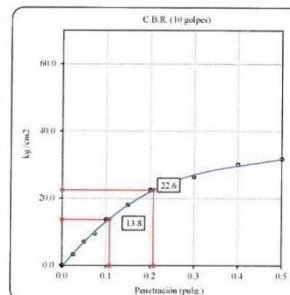
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES :

29.2 %



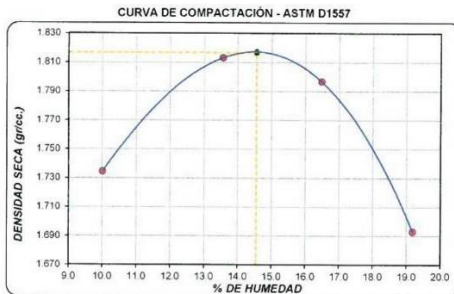
C.B.R. (0.1") 25 GOLPES :

24.6 %

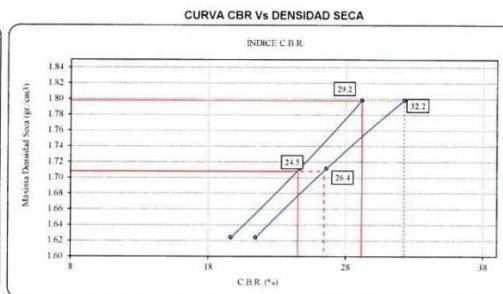


C.B.R. (0.1") 12 GOLPES :

19.6 %



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 29.2 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1": 24.5 %



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 32.2 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": 26.4 %

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por equipo tecnico de GRUPO FC
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GRUPO FC
- \* ---
- \* ---

GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - CIP. 162727 ÁREA DE GEOTECNIA	Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - CIP. 162727 ÁREA DE GEOTECNIA



**TESIS :** "Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima, Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios, 2023".

**5. TERRENO NATURAL +  
2%CEMENTO + 0.04  
ADITIVO (LT/M3)**



	<b>FORMATO</b>	Código	AE-FO-01
	<b>ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS</b>	Versión	01
		Fecha	07-05-2018
		Página	1 de 1

Proyecto	: TESIS: "Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima, Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios, 2023"	Registro N°:	
Solicitante	: Bch. Rony Rozas Zamata	Muestreado por:	Testista
Código del Proyecto	: Proyecto de Tesis	Ensayado por:	Testista
Ubicación de Proyecto	: Carretera Iberia - Pacahuara - Tahumanu - Madre de Dios	Fecha de Ensayo:	15/07/2023
Material	: Terreno Natural	Turno:	Diurno
Identificación	: Terreno Natural + 2.0% Cemento + 0.04Aditivo	Profundidad:	0.15 - 1.50 m
Sondaje / Calicata	: C-1	Norte:	
N° de Muestra	: M-1	Este:	
Progresiva	: km 01+100 LD	Cota:	---

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216	
Tara N°	FC-6
Peso de tara	16.46
Tara + m húmeda	158.43
Tara + m seca	146.6
Tamaño máx. de partículas	---
Método de Ensayo	"B"
Método de secado	Horno a 110 +/-5°C

TABLE 1 Minimum Requirements for Mass of Test Specimen, and Balance Readability						
Maximum Particle Size (100 % Passing)		Method A		Method B		
SI Line Sieve Size	Alternative Sieve Size	Specimen Mass	Balance Readability (g)	Specimen Mass (g)	Balance Readability (g)	
75.0 mm	3 in.	5 kg	10	50 kg	10	
37.5 mm	1 1/2 in.	1 kg	10	10 kg	10	
19.0 mm	3/4 in.	250 g	1	2.5 kg	1	
9.5 mm	3/8 in.	50 g	0.1	500 g	0.1	
4.75 mm	No. 4	20 g	0.1	100 g	0.1	
2.00 mm	No. 10	20 g	0.1	20 g	0.05	

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D6913**

¿Tamizado compuesto?	NO	Procedimiento de obtención de muestra:	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
Peso Inicial Seco:	500.0	Peso de fracción < N°4	267.7

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)
3"	76.200	
2"	50.800	
1 1/2"	38.100	
1"	25.400	
3/4"	19.000	
3/8"	9.500	
N° 4	4.750	

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)
N° 10	2.000	0.1
N° 20	0.840	0.3
N° 40	0.425	0.8
N° 60	0.250	99.0
N° 100	0.150	70.6
N° 140	0.106	8.7
N° 200	0.075	5.8
< N° 200	---	314.7

TABLE 2 Minimum Mass Requirement for Specimen			
Alternative Sieve Designation	Maximum Particle Size, mm	Method A Results Reported to Nearest 1 %	Method B Results Reported to Nearest 0.1 %
No. 40	0.425	50 g	75 g
No. 10	2.00	50 g	100 g
No. 4	4.75	75 g	200 g <sup>a</sup>
3/8 in.	9.5	105 g <sup>b</sup>	0
1/2 in.	19.0	1.3 kg <sup>c</sup>	0
1 in.	25.4	3 kg <sup>c</sup>	0
1 1/2 in.	38.1	10 kg <sup>c</sup>	0
2 in.	50.8	25 kg <sup>c</sup>	0
3 in.	76.2	70 kg <sup>c</sup>	0

MÉTODO DE TAMIZADO:  Manual  TIPO DE SUELO:  Inorgánico

**LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318**

LÍMITE LÍQUIDO			
Método de ensayo	Multipunto <input checked="" type="checkbox"/>	Unipunto <input type="checkbox"/>	
DESCRIPCION	1	2	3
Nro. de Recipiente	FC-9	FC-8	FC-6
Peso de Recipiente	16.02	15.57	16.44
Peso Recipiente + Suelo Húmedo	32.47	30.36	32.24
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	27.89	26.21	27.77
N° De Golpes	32	26	21

LÍMITE PLÁSTICO		
Método de secado	Horno <input type="checkbox"/>	Ambiente <input type="checkbox"/>
DESCRIPCION	1	2
Nro. de Recipiente	1	1
Peso de Recipiente	16.67	15.43
Peso Recipiente + Suelo Húmedo	23.03	21.44
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	21.70	20.18
Cantidad mínima requerida 6g	¡Cumple!	¡Cumple!


Método de preparación: Horno  Ambiente   
Método de secado: Horno  110 +/- 5°C Ambiente

**OBSERVACIONES:**  
Clasificación visual - manual. Arcilla de baja plasticidad con arena de color rojizo  
Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo  
Muestra tomada en campo

EQUIPO UTILIZADO			
EQUIPO	CÓDIGO	F. CALIBRACIÓN	N° CERT. CALIBRACIÓN
Balanza digital Ohaus 6000g x 0.1g	GFC-132	13/05/2022	LM-1886-2022
Balanza digital Ohaus 30000g x 1g	GFC-138	13/05/2022	LM-1876-2022
Balanza digital Sartorius 2500g x 0.01g	GFC-139	20/06/2022	SMM-021-2022
Horno Electrico PG190 0° a 200°C	GFC-098	05/03/2022	LT-1405-2022

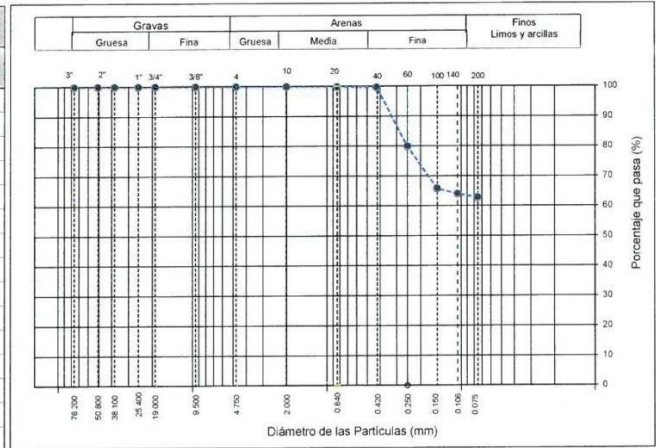
GRUPO FC					
TECNICO LEM		JEFE LEM		COO - LEM	
Nombre y firma:	D:	Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
Alfonso Ramayo Meza Quispe TECNICO LABORATORIO DE SUELOS		Jesus Rivaldo Chura Alanca ING. CIVIL EIP 19447 INTELE INGENIERIA		Jesus Rivaldo Chura Alanca ING. CIVIL EIP 19447 INTELE INGENIERIA	



	<b>FORMATO</b>	Código	AE-FQ-01
	<b>ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS</b>	Version	01
		Fecha	07-05-2018
		Página	1 de 1

Proyecto	: TESIS: "Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima, Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios, 2023"	Registro N°:	0
Propietario	: Bch. Rony Rozas Zamata	Muestreado por:	Testista
Código del Proyecto	: Carretera Iberia - Pacahuara - Tahuamanu - Madre de Dios	Ensayado por:	Testista
Ubicación de Proyecto	: Terreno Natural	Fecha de Ensayo:	15/07/2023
Material	: Terreno Natural + 2.0% Cemento + 0.04Aditivo	Turno:	Diurno
Código de Muestra	: C-1	Profundidad:	0.15 - 1.50 m
Sondaje / Calicata	: M-1	Norte:	
N° de Muestra	: Progresiva - KM 4+700 -> 5+200	Este:	
Progresiva		Cota:	---

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC.
3"	76.200	100.0	
2"	50.800	100.0	
1 1/2"	38.100	100.0	
1"	25.400	100.0	
3/4"	19.000	100.0	
3/8"	9.500	100.0	
N° 4	4.750	100.0	
N° 10	2.000	100.0	
N° 20	0.840	99.9	
N° 40	0.425	99.8	
N° 60	0.250	79.9	
N° 100	0.150	65.8	
N° 140	0.106	64.1	
N° 200	0.075	62.9	



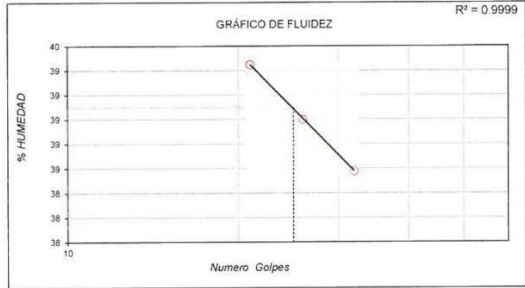
CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.1
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	39.10
LÍMITE PLÁSTICO	26.00
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	13.1
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	2.3
ÍNDICE DE LÍQUIDEZ (IL)	-1.3
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTICULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	37.1
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	62.9

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	Arcilla de baja plasticidad con arena de color rojizo
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo



CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	ML
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (5)
NOMBRE DEL GRUPO	Limo arenoso de baja plasticidad

GRUPO FC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
 <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	A:	 <b>Rony Rozas Zamata</b> INGENIERO EN GEOTECNIA	A:
		 <b>Rony Rozas Zamata</b> INGENIERO EN GEOTECNIA	

Proyecto	: Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima en la Carretera Iberia - Pacahuara - Madre de Dios	Registro N°:	GFC23-LEM-15-01
Proyectista	: Bch. Rony Rozas Zamata	Muestreado por :	Tesista
Código del Proyecto	: Proyecto de Tesis	Ensayado por :	Tesista
Ubicación de Proyecto	: Carretera Iberia - Pacahuara - Tahamanu - Madre de Dios	Fecha de Ensayo:	15/07/2023
Material	: Terreno Natural	Turno:	Diurno
Identificación	: Terreno Natural + 2.0% Cemento + 0.04 Aditivo	Profundidad:	0.15 - 1.50 m
Sondaje / Calicata	: C-1	Norte:	8740203 m
N° de Muestra	: M-1	Este:	445339 m
Progresiva	: km 01+100 LD	Cota:	---

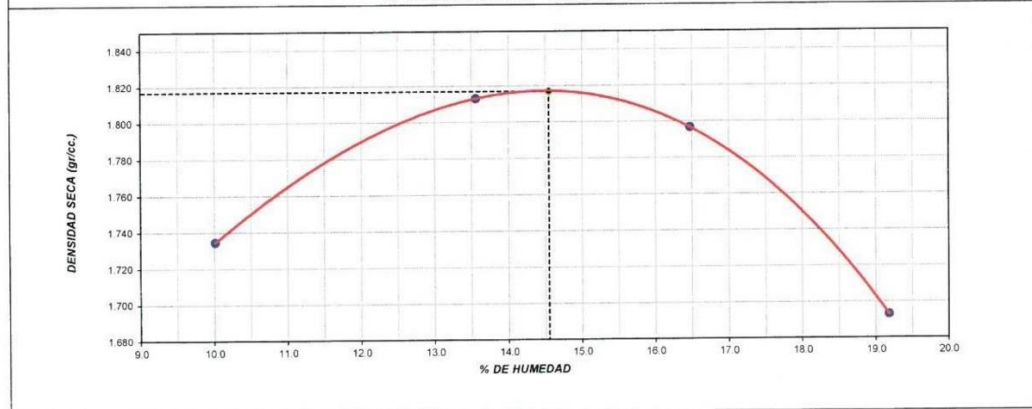
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR  
ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen Molde	948.93	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	3896	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5,707	5,850	5,882	5,811	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,811	1,954	1,986	1,915	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,908	2,059	2,093	2,018	
Recipiente Numero		FC-B2	FC-B2	FC-A14	FC-A5	
Peso de la Tara	gr.	89.8	102.8	96.4	91.5	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	433.6	640.9	725.3	530.0	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	402.3	576.6	636.4	459.5	
Peso del agua	gr.	31.3	64.3	89.0	70.6	
Peso del suelo seco	gr.	313	474	540	368	
Contenido de agua	%	10.0	13.6	16.5	19.2	
Densidad Seca	gr/cc	1.735	1.813	1.797	1.693	

Densidad Máxima Seca: **1.817** gr/cm<sup>3</sup>.      Contenido Humedad Óptima: **14.6** %

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**




**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por equipo tecnico de GRUPO FC
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GRUPO FC
- \* ---
- \* ---

**GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC**

TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	Nombre y firma:  <b>Jesús Reinaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL : CIP: 142727 AREA DE GEOTECNIA	Nombre y firma:  <b>Jesús Reinaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL : CIP: 142727 AREA DE GEOTECNIA

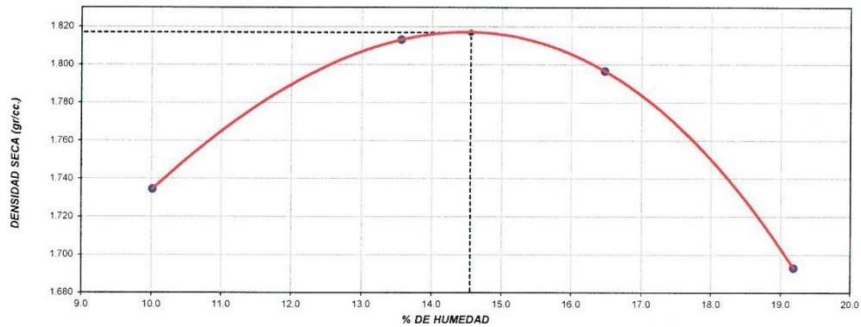
	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>	Versión	01
		Página	1 de 3
Proyecto	: Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzina en la Carretera Iberia - Pacahuara - Madre de Dios	Registro N°:	GFC23-LEM-15-01
Propietario	: Bch. Rony Rozas Zamata	Muestreado por :	Tesista
Código del Proyecto	: Proyecto de Tesis	Ensayado por :	Tesista
Ubicación de Proyecto	: Carretera Iberia - Pacahuara - Tahumanu - Madre de Dios	Fecha de Ensayo:	15/07/2023
Material	: Terreno Natural	Turno:	Diurno
Identificación	: Terreno Natural + 2.0% Cemento + 0.04 Aditivo	Profundidad:	0.15 - 1.50
Procedencia	: C-1	Norte:	8740203 m
N° de Muestra	: M-1	Este:	445339 m
Progresiva	: km 01+100 LD	Cota:	---

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR ASTM D1557 / ASTM D1883</b>			
Volumen Molde	948.93	cm <sup>3</sup>	
Peso Molde	3896	gr.	

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.908	2.059	2.093	2.018
Contenido de agua	%	10.0	13.6	16.5	19.2
Densidad Seca	gr/cc	1.735	1.813	1.797	1.693

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	<b>1.817</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	<b>14.6</b>	<b>%</b>
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	-------------	----------

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**




**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por equipo tecnico de GRUPO FC
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GRUPO FC

---

GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	Nombre y firma:  <b>Jesus Reinaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - CIP. 167727 AREA DE GEOTECNIA	Nombre y firma:  <b>Jesus Reinaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - CIP. 167727



	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Página	2 de 3

Proyecto	: Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima en la Carretera Iberia - Pacahuara - Madre de Dios	Registro N°:	GFC23-LEM-15-01
Propietario	: Bch. Rony Rozas Zamata	Muestreado por :	Tesista
Código del Proyecto	: Proyecto de Tesis	Ensayado por :	Tesista
Ubicación de Proyecto	: Carretera Iberia - Pacahuara - Tahumanu - Madre de Dios	Fecha de Ensayo:	19/07/2023
Material	: Terreno Natural	Turno:	Diurno
Identificación	: Terreno Natural + 2.0% Cemento + 0.04 Aditivo	Profundidad:	0.15 - 1.50 m
Procedencia	: C-1	Norte:	8740203 m
N° de Muestra	: M-1	Este:	445339 m
Progresiva	: km 01+100 LD	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	12		13		14	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	13,571		12,235		12,160	
Peso molde (gr.)	9,107		8,014		8,159	
Peso suelo compactado (gr.)	4,464		4,221		4,001	
Volumen del molde (cm³)	2,137		2,146		2,146	
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,089		1,967		1,864	
Densidad Seca (gr./cm³)	1,829		1,714		1,624	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr.)	104.5		105.6		102.8	
Tara + suelo húmedo (gr.)	326.7		370.0		416.4	
Tara + suelo seco (gr.)	299.0		336.0		376.0	
Peso de agua (gr.)	27.7		34.0		40.4	
Peso de suelo seco (gr.)	194.5		230.4		273.2	
Humedad (%)	14.2		14.8		14.8	




EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
18-Mar	14:00	0	10	0.00	0.00	12	0.00	0.00	11	0.00	0.00
19-Mar	14:00	24	11	0.03	0.02	14	0.05	0.04	13	0.05	0.04
20-Mar	14:00	48	12	0.05	0.04	15	0.08	0.05	15	0.10	0.09
21-Mar	14:00	72	16	0.15	0.13	16	0.10	0.09	20	0.23	0.19
22-Mar	14:00	96	15	0.13	0.11	20	0.20	0.17	24	0.33	0.28


PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 12				Molde N° 13				Molde N° 14			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025		119	5.9			107	5.3			78	3.9		
0.050		234	11.6			202	10.0			166	8.2		
0.075		388	19.2			304	15.0			238	11.8		
0.100	70.307	476	23.7	23.2	33.0	389	19.3	19.8	28.1	328	16.2	16.8	23.9
0.150		628	31.1			528	26.1			447	22.1		
0.200	105.460	765	37.9	37.0	35.1	660	32.7	31.5	29.9	549	27.2	27.0	25.6
0.300		930	46.1			860	42.5			694	34.4		
0.400		1069	52.9			990	49.0			756	37.4		
0.500		1183	58.6			1104	54.6			793	39.3		

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por equipo tecnico de GRUPO FC
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GRUPO FC
- \* ---
- \* ---

GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC

TECNICO LEM	JEFE LEM	QCQ - LEM
Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Alanoeca</b> ING. CIVIL - CIP. 163727 AREA DE GEOTECNIA	Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Alanoeca</b> ING. CIVIL - CIP. 163727 AREA DE GEOTECNIA

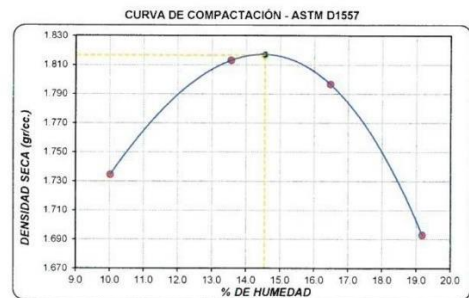
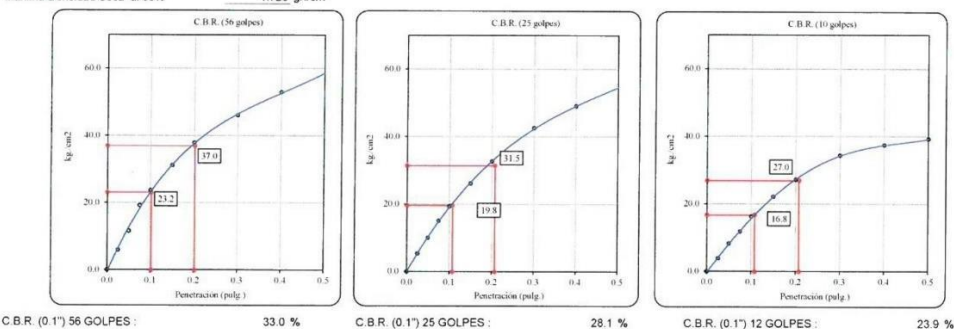
	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Página	3 de 3

Proyecto	: Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima en la Carretera Iberia - Pacahuara - Madre de Dios	Registro N°:	GFC23-LEM-15-01
Propietario	: Bch. Rony Rozas Zamata	Muestreado por	: Tesista
Código del Proyecto	: Proyecto de Tesis	Ensayado por	: Tesista
Ubicación de Proyecto	: Carretera Iberia - Pacahuara - Tahumanu - Madre de Dios	Fecha de Ensayo	: 19/07/2023
Material	: Terreno Natural	Turno	: Diurno
Identificación	: Terreno Natural + 2.0% Cemento + 0.04 Aditivo	Profundidad:	0.15 - 1.50 m
Procedencia	: C-1	Norte:	8740203 m
N° de Muestra	: M-1	Este:	445339 m
Progresiva	: km 01+100 LD	Cota:	---

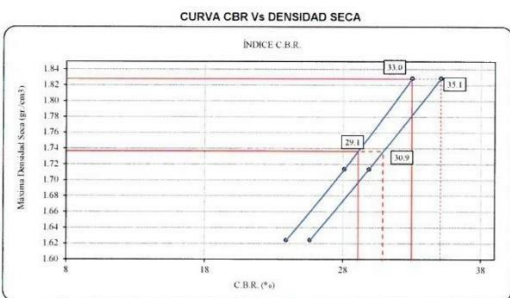
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**

Máxima Densidad Seca  $1.817 \text{ gr/cm}^3$       Óptimo Contenido de Humedad  $14.6 \%$   
Máxima Densidad Seca al 95%  $1.726 \text{ gr/cm}^3$



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 33.0 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1": 29.1 %



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 35.1 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": 30.9 %

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por equipo tecnico de GRUPO FC
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GRUPO FC
- \* ---
- \* ---

GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	Nombre y firma:  <b>Jesus Reinaldo Chura Alanoa</b> ING. CIVIL - CIP 142727 ÁREA DE GEOTECNIA	Nombre y firma:  <b>Jesús Reinaldo Chura Alanoa</b> ING. CIVIL - CIP 142727 ÁREA DE GEOTECNIA



**TESIS:** "Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima, Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios, 2023".

## **7. TERRENO NATURAL + 2% CEMENTO + 0.06 ADITIVO (LT/M3)**



	<b>FORMATO</b>	Código	AE-FO-01
	<b>ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS</b>	Versión	01
		Fecha	07-05-2018
		Página	1 de 1

Proyecto	: TESIS: "Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima, Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios, 2023"	Registro N°:	
Solicitante	: Bch. Rony Rozas Zamata	Muestreado por:	: Tesisista
Código del Proyecto	: Proyecto de Tesis	Ensayado por:	: Tesisista
Ubicación de Proyecto	: Carretera Iberia - Pacahuara - Tahuamanu - Madre de Dios	Fecha de Ensayo:	: 07/07/2023
Material	: Terreno Natural	Turno:	: Diurno
Identificación	: Terreno Natural + 2.0% Cemento + 0.05 Aditivo	Profundidad:	: m
Sondaje / Calicata	: C-01	Norte:	
N° de Muestra	: M-1	Este:	
Progresiva	: km 01+100 LD	Cota:	: ---

Tara N°		FC-1	TABLE 1 Minimum Requirements for Mass of Test Specimen, and Balance Readability			
Peso de tara		16.46	Method A		Method B	
Tara + m húmeda		158.43	Water Content Recorded to: ± 1%		Water Content Recorded to: ± 0.1%	
Tara + m seca		146.6	SI Unit	Alternative Sieve Size	Specimen Mass	Balance Readability (g)
Tamaño máx. de partículas		---	75.0 mm	3 in.	5 kg	10
Método de Ensayo		"B"	37.5 mm	1 1/2 in.	1 kg	10
Método de secado		Horno a 110 +/- 5°C	19.0 mm	3/4 in.	250 g	1
			9.5 mm	3/8 in.	50 g	0.1
			4.75 mm	No. 4	20 g	0.1
			2.00 mm	No. 10	20 g	0.1

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D6913**

¿Tamizado compuesto?	NO	Procedimiento de obtención de muestra:	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"		
Peso Inicial Seco:	500.0	Peso de fracción < N°4	267.7		
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)
3"	76.200		N° 10	2.000	0.1
2"	50.800		N° 20	0.840	0.3
1 1/2"	38.100		N° 40	0.425	0.8
1"	25.400		N° 60	0.250	99.0
3/4"	19.000		N° 100	0.150	70.6
3/8"	9.500		N° 140	0.106	8.7
N° 4	4.750		N° 200	0.075	5.8
			< N° 200	---	314.7


TABLE 2 Minimum Mass Requirement for Specimen			
Maximum Particle Size of Material (99% or more passing)	Minimum Dry Mass of Specimen (g or kg) <sup>a</sup>	Method A	Method B
Alternative Sieve Designation	Maximum Particle Size, mm	Results Reported to Nearest 1%	Results Reported to Nearest 0.1%
No. 40	0.425	50 g	75 g
No. 10	2.000	50 g	100 g
No. 4	4.75	75 g	200 g
3/8 in.	9.5	165 g <sup>b</sup>	c
1/2 in.	12.5	1.3 kg <sup>b</sup>	c
3/4 in.	19.0	3 kg <sup>b</sup>	c
1 in.	25.4	10 kg <sup>b</sup>	c
1 1/2 in.	38.1	25 kg <sup>b</sup>	c
2 in.	50.8	25 kg <sup>b</sup>	c
3 in.	76.2	70 kg <sup>b</sup>	c

**LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318**

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>				<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			
Método de ensayo	Multiplunto <input checked="" type="checkbox"/>	Unipunto <input type="checkbox"/>		Método de secado	Horno <input checked="" type="checkbox"/>	Ambiente <input type="checkbox"/>	
DESCRIPCION	1	2	3	DESCRIPCION	1	2	
Nro. de Recipiente	FC-12	FC-20	FC-11	Nro. de Recipiente	1	2	
Peso de Recipiente	25.49	19.61	24.20	Peso de Recipiente	23.70	25.42	
Peso Recipiente + Suelo Húmedo	42.74	33.65	36.82	Peso Recipiente + Suelo Húmedo	29.06	31.25	
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	38.12	29.76	33.16	Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	27.94	30.03	
N° De Golpes	34	27	20	Cantidad mínima requerida 6g	¡No Cumple!	¡No Cumple!	
Método de preparación	Horno <input type="checkbox"/>	Ambiente <input checked="" type="checkbox"/>		<b>OBSERVACIONES:</b>			
Método de secado	Horno <input checked="" type="checkbox"/>	Ambiente <input type="checkbox"/>	110 +/- 5°C	Clasificación visual - manual: Arcilla de baja plasticidad con arena de color rojizo			
				Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo			
				Muestra tomada en campo.			

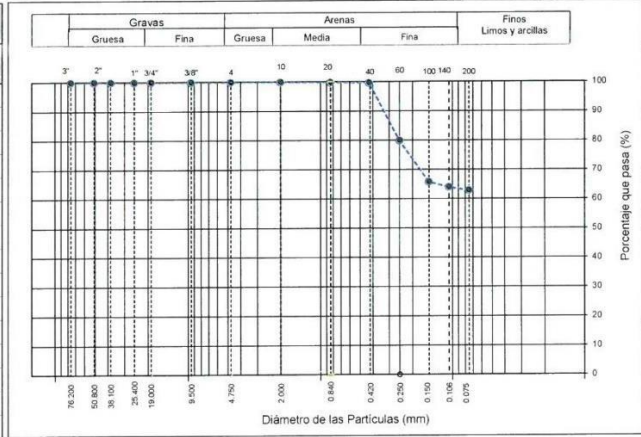
EQUIPO UTILIZADO			
EQUIPO	CÓDIGO	F. CALIBRACIÓN	N° CERT. CALIBRACIÓN
Balanza digital Ohaus 6000g x 0.1g	GFC-132	13/05/2022	LM-1886-2022
Balanza digital Ohaus 30000g x 1g	GFC-138	13/05/2022	LM-1876-2022
Balanza digital Sartorius 2500g x 0.01g	GFC-139	20/06/2022	SMM-021-2022
Horno Eléctrico PG190 0° a 200°C	GFC-098	05/03/2022	LT-1405-2022

GRUPO FC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:  Alfonso Ramayo Meza Quispe TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS		Nombre y firma:  Renaldo Chura Alanca INGENIERO EN GEOTECNIA	
		Nombre y firma:  Renaldo Chura Alanca INGENIERO EN GEOTECNIA	

	<b>FORMATO</b>	Código	AE-FO-01
	<b>ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS</b>	Version	01
		Fecha	07-05-2018
		Página	1 de 1

Proyecto	: TESIS: "Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima, Carretera Iberia - Pacahuara, Madre de Dios, 2023"	Registro N°:	0
Propietario	: Bch, Rony Rozas Zamata	Muestreado por:	Tesista
Código del Proyecto	: Carretera Iberia - Pacahuara - Tahuanu - Madre de Dios	Ensayado por:	Tesista
Ubicación de Proyecto	: Terreno Natural	Fecha de Ensayo:	07/07/2023
Material	: Terreno Natural	Turno:	Diurno
Código de Muestra	: Terreno Natural + 2.0% Cemento + 0.06 Aditivo	Profundidad:	m
Sondaje / Calicata	: C-01	Norte	
N° de Muestra	: M-1	Este	
Progresiva	: Progresiva - KM 0+100	Cota	---

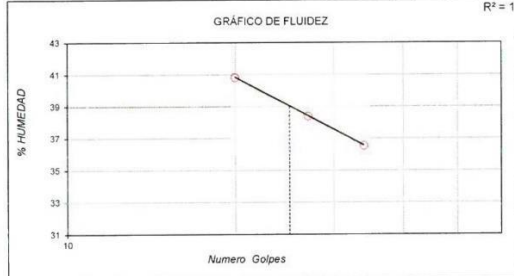
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC.
3"	76.200	100.0	
2"	50.800	100.0	
1 1/2"	38.100	100.0	
1"	25.400	100.0	
3/4"	19.000	100.0	
3/8"	9.500	100.0	
N° 4	4.750	100.0	
N° 10	2.000	100.0	
N° 20	0.840	99.9	
N° 40	0.425	99.8	
N° 60	0.250	79.9	
N° 100	0.150	65.8	
N° 140	0.106	64.1	
N° 200	0.075	62.9	



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.1
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	Arcilla de baja plasticidad con arena de color rojizo
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO	39.00
LÍMITE PLÁSTICO	26.40
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	12.6
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	2.4
ÍNDICE DE LIQUEZ (IL)	-1.4
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTICULAS	
CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0.0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	37.1
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	62.9

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	ML
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (5)
NOMBRE DEL GRUPO	Limo arenoso de baja plasticidad

GRUPO FC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
 <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	A:	 <b>Jesús Revuelto Chura Alanca</b> ING. CIVIL - CIP 16227 AREA DE GEOTECNIA	A:
		 <b>Jesús Revuelto Chura Alanca</b> ING. CIVIL - CIP 16227 AREA DE GEOTECNIA	

Proyecto	: Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima en la Carretera Iberia - Pacahuara - Madre de Dios	Registro N°:	GFC23-LEM-15-01
Proyectista	: Bch. Rony Rozas Zamata	Muestreado por :	Tesista
Código del Proyecto	: Proyecto de Tesis	Ensayado por :	Tesista
Ubicación de Proyecto	: Carretera Iberia - Pacahuara - Tahumanu - Madre de Dios	Fecha de Ensayo:	15/07/2023
Material	: Terreno Natural	Turno:	Diurno
Identificación	: Terreno Natural + 2.0% Cemento + 0.06 Aditivo	Profundidad:	0.15 - 1.50 m
Sondaje / Calicata	: C-1	Norte:	8740203 m
N° de Muestra	: M-1	Este:	445339 m
Progresiva	: km 01+100 LD	Cota:	---

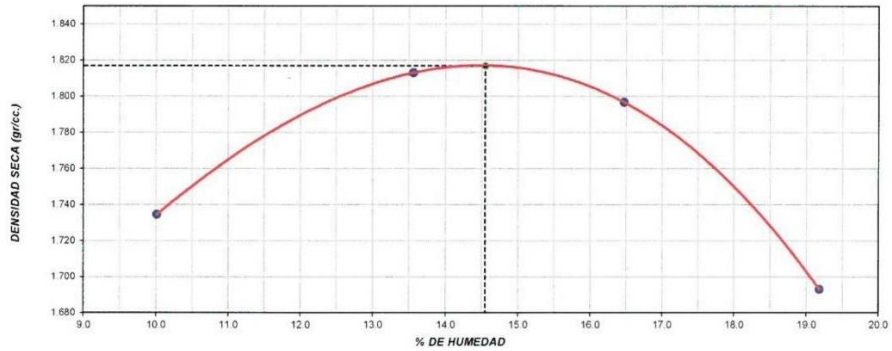
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR  
ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen Molde	948.93	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	3896	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5,707	5,850	5,882	5,811	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,811	1,954	1,986	1,915	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,908	2,059	2,093	2,018	
Recipiente Numero		FC-B2	FC-B2	FC-A14	FC-A5	
Peso de la Tara	gr.	89.8	102.8	96.4	91.5	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	433.6	640.9	725.3	530.0	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	402.3	576.6	636.4	459.5	
Peso del agua	gr.	31.3	64.3	89.0	70.6	
Peso del suelo seco	gr.	313	474	540	368	
Contenido de agua	%	10.0	13.6	16.5	19.2	
Densidad Seca	gr/cc	1.735	1.813	1.797	1.693	

**Densidad Máxima Seca:** 1.817 gr/cm<sup>3</sup>.      **Contenido Humedad Optima:** 14.6 %

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**




**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por equipo tecnico de GRUPO FC
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GRUPO FC

**GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC**

TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - E.I.R. 183727 ÁREA DE GEOTECNIA	Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - E.I.R. 183727 ÁREA DE GEOTECNIA



	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>AE-FO-15</b>
	<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 3</b>
<b>Proyecto</b> : Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzina en la Carretera Iberia - Pacahuara - Madre de Dios <b>Propietario</b> : Bch. Rony Rozas Zamata <b>Código del Proyecto</b> : Proyecto de Tesis <b>Ubicación de Proyecto</b> : Carretera Iberia - Pacahuara - Tahumanu - Madre de Dios <b>Material</b> : Terreno Natural	<b>Registro N°:</b> GFC23-LEM-15-01  <b>Muestreado por :</b> Tesista <b>Ensayado por :</b> Tesista <b>Fecha de Ensayo:</b> 15/07/2023 <b>Turno:</b> Diurno		
<b>Identificación</b> : Terreno Natural + 2.0% Cemento + 0.06 Aditivo <b>Procedencia</b> : C-1 <b>N° de Muestra</b> : M-1 <b>Progresiva</b> : km 01+100 LD	<b>Profundidad:</b> 0.15 - 1.50 <b>Norte:</b> 8740203 m <b>Este:</b> 445339 m <b>Cota:</b> ---		

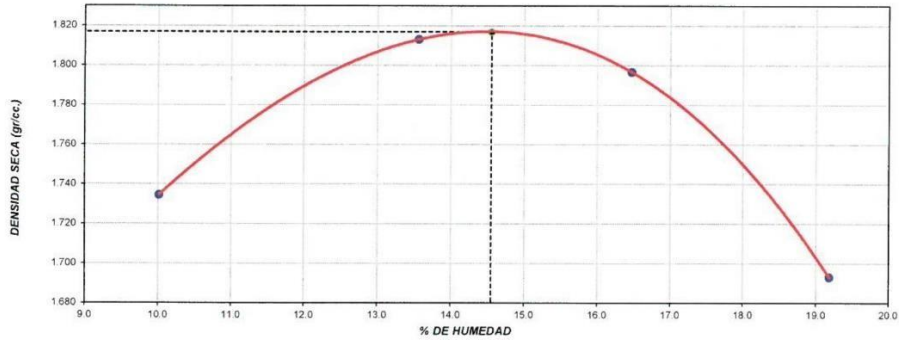
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR  
ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen Molde	948.93	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	3896	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.908	2.059	2.093	2.018
Contenido de agua	%	10.0	13.6	16.5	19.2
Densidad Seca	gr/cc	1.735	1.813	1.797	1.693

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	<b>1.817</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	<b>14.6</b>	<b>%</b>
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	-------------	----------


**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por equipo tecnico de GRUPO FC
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GRUPO FC
- \* ---

GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - CIP 162777 AREA DE GEOTECNIA	Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - CIP 162777 AREA DE GEOTECNIA

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Página	2 de 3

Proyecto	: Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima en la Carretera Iberia - Pacahuara - Madre de Dios	Registro N°:	GFC23-LEM-15-01
Propietario	: Bch. Rony Rozas Zamata	Muestreado por	: Tesisista
Código del Proyecto	: Proyecto de Tesis	Ensayado por	: Tesisista
Ubicación del Proyecto	: Carretera Iberia - Pacahuara - Tahumanu - Madre de Dios	Fecha de Ensayo:	19/07/2023
Material	: Terreno Natural	Turno:	Diurno
Identificación	: Terreno Natural + 2.0% Cemento + 0.06 Aditivo	Profundidad:	0.15 - 1.50 m
Procedencia	: C-1	Norte:	8740203 m
N° de Muestra	: M-1	Este:	445339 m
Progresiva	: km 01+100 LD	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	5		6		7	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	13.105		13.400		12.391	
Peso molde (gr.)	8.567		9.142		8.352	
Peso suelo compactado (gr.)	4.538		4.258		4.039	
Volumen del molde (cm³)	2.174		2.137		2.160	
Densidad húmeda (gr/cm³)	2.087		1.993		1.870	
Densidad Seca (gr/cm³)	1.827		1.736		1.629	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr.)	104.5		105.6		102.8	
Tara + suelo húmedo (gr.)	326.7		370.0		415.4	
Tara + suelo seco (gr.)	299.0		336.0		376.0	
Peso de agua (gr.)	27.7		34.0		40.4	
Peso de suelo seco (gr.)	194.5		230.4		273.2	
Humedad (%)	14.2		14.8		14.8	

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
18-Mar	14.00	0	10	0.00	0.00	12	0.00	0.00	11	0.00	0.00
19-Mar	14.00	24	11	0.03	0.02	14	0.05	0.04	13	0.05	0.04
20-Mar	14.00	48	12	0.05	0.04	15	0.08	0.07	15	0.10	0.09
21-Mar	14.00	72	16	0.15	0.13	16	0.10	0.09	20	0.23	0.19
22-Mar	14.00	96	15	0.13	0.11	20	0.20	0.17	24	0.33	0.28


Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 5				Molde N° 6				Molde N° 7			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025		117	5.8			109	5.4			75	3.7		
0.050		229	11.4			206	10.2			161	8.0		
0.075		383	19.0			309	15.3			219	10.8		
0.100	70.307	467	23.1	22.7	32.3	396	19.6	20.8	29.6	314	15.6	16.0	22.8
0.150		616	30.5			540	26.7			417	20.6		
0.200	105.460	740	36.7	36.5	34.6	652	32.3	33.2	31.5	519	25.7	26.5	25.1
0.300		912	45.2			827	40.9			607	30.1		
0.400		1048	51.9			998	49.4			695	34.4		
0.500		1160	57.4			1123	55.6			731	36.2		

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por equipo técnico de GRUPO FC
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GRUPO FC
- 
- 

GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC

TECNICO LEM	JEFE LEM	QCC - LEM
Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TÉCNICO LABORATORIO DE SUELOS	Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Alanoca</b> INO. CIVIL - CIP. 162723 AREA DE GEOTECNIA	Nombre y firma:  <b>Jesús Reynaldo Chura Alanoca</b> INO. CIVIL - CIP. 162723 AREA DE GEOTECNIA

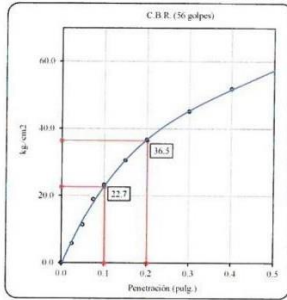
	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-15
	<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR</b>	Versión	01
		Página	3 de 3

Proyecto	: Optimización del Cemento en la Estabilización de Suelos Finos Usando Bioenzima en la Carretera Iberia - Pacahuara - Madre de Dios	Registro N°:	GFC23-LEM-15-01
Propietario	: Bch. Rony Rozas Zamata	Muestreado por	: Tesista
Código del Proyecto	: Proyecto de Tesis	Ensayado por	: Tesista
Ubicación de Proyecto	: Carretera Iberia - Pacahuara - Tahumanu - Madre de Dios	Fecha de Ensayo	: 19/07/2023
Material	: Terreno Natural	Turno	: Diurno
Identificación	: Terreno Natural + 2.0% Cemento + 0.06 Aditivo	Profundidad:	0.15 - 1.50 m
Procedencia	: C-1	Norte:	8740203 m
N° de Muestra	: M-1	Este:	445339 m
Progresiva	: km 01+100 LD	Cota:	---

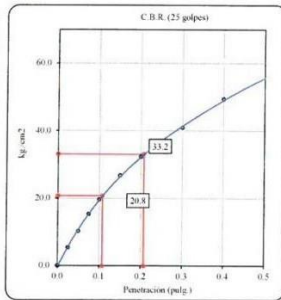
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**

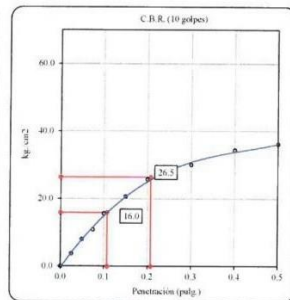
Máxima Densidad Seca \_\_\_\_\_ 1.817 gr/cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad \_\_\_\_\_ 14.6 %  
Máxima Densidad Seca al 95% \_\_\_\_\_ 1.726 gr/cm<sup>3</sup>



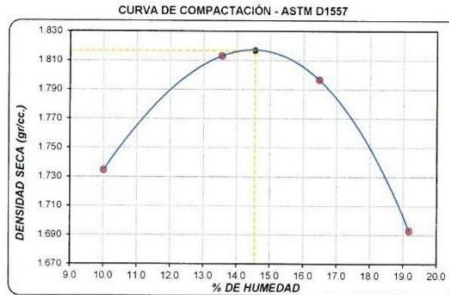
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES: 32.3 %



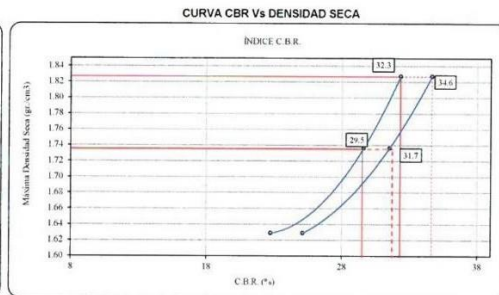
C.B.R. (0.1") 25 GOLPES: 29.6 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES: 22.8 %



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 32.3 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1": 29.5 %



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 34.6 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": 31.7 %

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por equipo técnico de GRUPO FC
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GRUPO FC

GRUPO FC CONSULTORES Y CONTRATISTAS SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:  <b>Alfonso Ramayo Meza Quispe</b> TECNICO LABORATORIO DE SUELOS	Nombre y firma:  <b>Jesús Revuelto Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - C.I.P. 162727 ARREDE GEOTECNIA	Nombre y firma:  <b>Jesús Revuelto Chura Alanoca</b> ING. CIVIL - C.I.P. 162727 ARREDE GEOTECNIA



**ANEXO N°9: Certificado de Laboratorio**



**CERTIFICADOS DE EQUIPOS  
2.- CALIBRACION DE  
EQUIPOS**

**GRUPO F.C. CONSULTORES Y CONTRATISTAS S.A.C.**

# Certificado



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

## CALIBRATEC S.A.C.

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Av. Chillón Lote 50 B Urb. Chacaracero, distrito de Comas, provincia de Lima y departamento de Lima.

Con base en la norma

**NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-22F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 26 de mayo de 2023

Fecha de Vencimiento: 25 de mayo de 2026



Firmado digitalmente por AGUILAR RODRIGUEZ Lidia Patricia FAU  
20600283015 soft  
Fecha: 2023.06.21 17:08:44  
Motivo: Soy el Autor del Documento

**PATRICIA AGUILAR RODRÍGUEZ**  
Directora (d t), Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 19 de junio de 2023

Cédula N° : 159-2023-INACAL/DA  
Contrato N° : 020-2023/INACAL-DA  
Registro N° : 1C - 071



El presente certificado de Acreditación es válido hasta la fecha de vencimiento indicada en el alcance de Acreditación y válida de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, modificaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia de la calibración en la página web [www.inacal.gob.pe/acreditacion/certificados/acreditados](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/certificados/acreditados). No a través del código QR, al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MRA) de Inter American Accreditation Co-operation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MRA) de la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-GSM Ver. 03





**CERTIFICADOS DE EQUIPOS  
DE CALIBRACION  
1.- ACREDITACION INACAL**

**GRUPO F.C. CONSULTORES Y CONTRATISTAS S.A.C.**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CA-LT-016-2023**

*Área de Metrología*  
*Laboratorio de Temperatura*

Página 1 de 7

- Expediente:** 0361
- Solicitante:** GRUPO F.C. CONSULTORES Y CONTRATISTAS S.A.C.
- Dirección:** MZA. 3-Q LOTE. 10-A URB. JR. ANCASH MADRE DE DIOS - TAMBOPATA - TAMBOPATA
- Equipo:** HORNO DE SECADO  
**Marca:** PINZUAR  
**Modelo:** PG190  
**N° de serie:** 263  
**Procedencia:** COLOMBIA  
**Identificación:** NO INDICA  
**Ubicación:** LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

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	Dispositivo de control	Instrumento de medición
Intervalo de indicación	0 °C a 300 °C	0 °C a 300 °C
Resolución	0,1	0,1 °C
Tipo	DIGITAL	DIGITAL

- Fecha de calibración** 2023-06-13

Fecha de Emisión

2023-06-20



Firmado digitalmente por:  
BARTOLO CHUQUIBALA JUAN  
CARLOS FIR 42443985 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 20/06/2023 16:41:55-0500



Jefe del Laboratorio

Revisión:00

RT03-F01

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

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



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CA-LT-016-2023**

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 7.

**6. Método de calibración**

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros calibrados que tiene trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90); se utilizó el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018 2da edición.

**7. Lugar de calibración**

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto Grupo FC Consultores y Contratistas S.A.C, con dirección en el Jr. ANCASH MZ Q3 Lote 10A - Puerto Maldonado - Tambopata - Madre de Dios

**8. Condiciones ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	18,8 °C	18,8 °C
Humedad relativa	64,0 %	64,0 %

**9. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
SAT	Termómetro digital con 10 sensores tipo K ( CH01 al CH10) con incertidumbre en el orden de 0,15 °C a 0,16 °C	LT-0417-2023

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
- Antes de la calibración no se realizó algún tipo de ajuste.
- La carga para la medición consistió de 6 tazones metálicos con muestras.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CA-LT-016-2023**

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 7.

**11. Resultados de la medición**

Temperatura ambiental promedio 18,8 °C  
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas  
El controlador se seteó en 110.0 °C

**TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C**

Tiempo min	Term. del equipo °C	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom °C	T <sub>max</sub> - T <sub>min</sub> °C
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110,0	105,9	107,2	106,6	105,7	106,0	106,8	110,2	110,1	113,1	112,0	108,4	7,4
02	110,0	105,7	106,9	106,4	105,5	105,8	106,4	109,7	109,6	112,2	111,4	108,0	6,7
04	110,0	105,8	107,2	106,5	105,6	105,9	106,9	110,6	110,3	113,7	112,3	108,5	8,1
06	110,0	106,1	107,4	106,8	105,8	106,2	107,4	110,7	110,5	113,9	112,7	108,8	8,1
08	109,9	105,9	107,2	106,6	105,7	106,0	106,9	110,3	110,1	113,1	112,1	108,4	7,4
10	110,0	105,7	106,9	106,4	105,5	105,8	106,4	109,8	109,6	112,3	111,3	108,0	6,8
12	109,9	106,0	107,3	106,6	105,7	106,0	107,4	110,7	110,5	114,0	112,6	108,7	8,3
14	110,0	105,8	107,0	106,6	105,5	105,9	107,0	110,1	110,0	112,9	111,8	108,3	7,4
16	110,0	105,7	106,9	106,5	105,5	105,8	106,8	109,9	109,8	112,7	111,6	108,1	7,2
18	110,0	105,9	107,3	106,6	105,8	106,0	107,2	110,8	110,4	113,9	112,5	108,7	8,1
20	110,0	106,0	107,4	106,8	105,8	106,1	107,2	110,8	110,4	113,6	112,4	108,7	7,8
22	109,9	106,0	107,4	106,8	105,9	106,1	107,4	110,5	110,3	113,3	112,3	108,6	7,4
24	110,0	105,8	107,0	106,5	105,5	105,9	107,2	109,9	109,9	112,9	111,8	108,3	7,4
26	109,9	105,7	107,0	106,5	105,5	105,8	107,1	110,3	109,9	113,2	111,9	108,3	7,7
28	110,0	106,1	107,4	106,7	105,7	106,1	107,2	110,7	110,5	113,8	112,5	108,7	8,1
30	109,9	105,9	107,2	106,6	105,6	106,0	107,1	110,2	110,0	112,7	111,8	108,3	7,1
32	110,0	105,9	107,3	106,7	105,8	106,0	107,4	110,6	110,4	113,5	112,3	108,6	7,7
34	109,9	106,0	107,3	106,7	105,7	106,0	107,3	110,5	110,3	113,5	112,3	108,6	7,8
36	110,0	105,9	107,3	106,7	105,7	106,0	107,5	110,4	110,2	113,6	112,4	108,6	7,9
38	109,9	105,7	107,0	106,5	105,5	105,9	107,0	110,0	109,9	112,9	111,7	108,2	7,4
40	110,0	105,7	107,1	106,5	105,6	105,8	107,1	110,4	110,1	113,5	112,1	108,4	7,9
42	110,0	105,8	107,1	106,6	105,6	105,9	107,0	110,1	110,1	113,0	111,9	108,3	7,4
44	110,0	105,9	107,3	106,7	105,7	106,0	107,5	110,6	110,4	113,8	112,4	108,6	8,1
46	110,0	106,1	107,3	106,8	105,6	106,2	107,3	110,4	110,3	113,3	112,2	108,6	7,7
48	110,0	105,7	107,0	106,5	105,5	105,9	107,1	109,8	109,9	112,6	111,6	108,2	7,1
50	110,0	106,0	107,4	106,7	105,8	106,1	107,4	110,6	110,5	113,8	112,5	108,7	8,0
52	110,0	106,0	107,4	106,8	105,8	106,1	107,5	110,5	110,4	113,5	112,4	108,7	7,7
54	110,0	105,7	107,0	106,5	105,5	105,8	107,1	110,0	109,8	112,8	111,7	108,2	7,3
56	110,0	105,9	107,3	106,6	105,6	106,0	107,5	110,6	110,4	113,8	112,6	108,6	8,2
58	110,0	106,0	107,2	106,7	105,7	106,1	107,3	110,3	110,3	113,0	112,1	108,5	7,3
60	110,0	105,9	107,1	106,6	105,6	106,0	107,4	110,3	110,2	113,1	112,1	108,4	7,5
T. PROM		105,9	107,2	106,6	105,7	106,0	107,2	110,3	110,2	113,3	112,1	108,5	
Temp. máxima		106,1	107,4	106,8	105,9	106,2	107,5	110,8	110,5	114,0	112,7		
Temp. mínima		105,7	106,9	106,4	105,5	105,8	106,4	109,7	109,6	112,2	111,3		
DTT		0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	1,1	1,1	0,9	1,8	1,4		

Revisión 00

RT03-F01

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

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



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CA-LT-016-2023**

*Área de Metrología*  
*Laboratorio de Temperatura*

Página 4 de 7

PARÁMETROS	Valor °C	Incertidumbre °C
Máxima Temperatura medida	114,0	0,3
Mínima Temperatura medida	105,5	0,4
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1,8	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	7,6	0,4
Estabilidad medida	0,9	0,05
Uniformidad medida	8,3	0,4

- 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<sub>MAX</sub> : Temperatura máxima.  
 T<sub>MIN</sub> : 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 CUMPLE con los límites especificados de temperatura**

Revisión 00

RT03-F01

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

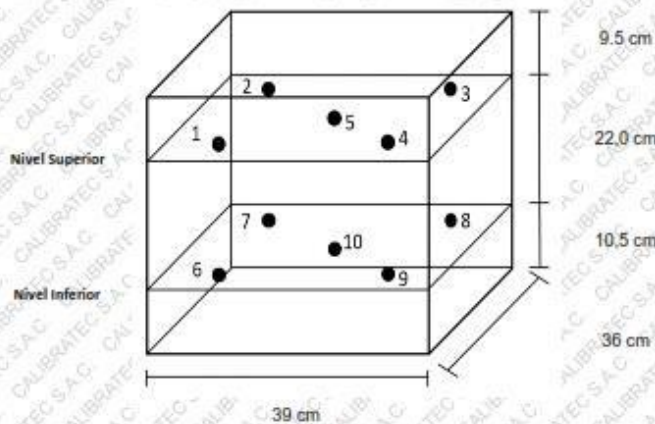
📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ comercial@calibratec.com.pe  
🏢 CALIBRATEC SAC

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CA-LT-016-2023**

Página 5 de 7

**DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES DEL EQUIPO**



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

Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 1,5 cm por encima de la carga más alta

Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior

Los sensores del 1 al 4 y 6 al 9 están ubicados 9,5 cm de las paredes laterales y a 8 cm del frente y fondo del equipo.

**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%.

Revisión 00

RT03-F01

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

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



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CA-LT-016-2023**

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 6 de 7

**TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C**



Revisión:00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621  
☎ 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-016-2023**

Página 7 de 7

**FOTOGRAFÍA INTERNA DEL EQUIPO**



FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

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

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



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CA-LM-071-2023**

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

**ENSAYO DE PESAJE**

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	18,2 °C	18,3 °C	Humedad	63,0 %	63,0 %

Carga L	Carga creciente				Carga decreciente				EMP
	I	ΔL	E	Ec	I	ΔL	E	Ec	
g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
E <sub>0</sub> 1,00	1,0	0,07	-0,02						
5,00	5,0	0,07	-0,02	0,00	5,1	0,07	0,08	0,10	0,1
600,00	600,0	0,05	0,00	0,02	600,0	0,07	-0,02	0,00	0,2
1 200,00	1 200,1	0,08	0,07	0,09	1 200,0	0,05	0,00	0,02	0,2
1 800,00	1 799,9	0,06	-0,11	-0,09	1 800,0	0,09	-0,04	-0,02	0,2
2 500,00	2 500,0	0,04	0,01	0,03	2 499,9	0,08	-0,13	-0,11	0,3
3 000,00	3 000,1	0,07	0,08	0,10	3 000,0	0,05	0,00	0,02	0,3
3 500,00	3 499,9	0,04	-0,09	-0,07	3 500,0	0,07	-0,02	0,00	0,3
3 999,99	4 000,0	0,06	0,00	0,02	4 000,0	0,09	-0,03	-0,01	0,3
5 000,00	5 000,0	0,04	0,01	0,03	5 000,1	0,05	0,10	0,12	0,3
6 000,00	6 000,0	0,08	-0,03	-0,01	6 000,0	0,08	-0,03	-0,01	0,3

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza

I: Lectura de indicación de la balanza

E: Error encontrado

EMP: Error máximo permitido

E<sub>0</sub>: Error en cero

Ec: Error corregido

ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,0067 \text{ g}^2 + 0,000000024 \cdot R^2}$$

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,0000037 \cdot R$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

**13. 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%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

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

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



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CA-LM-071-2023**

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

**11. Inspección Visual**

Ajuste a cero	Tiene	Escala	No tiene
Oscilación libre	Tiene	Cursor	No tiene
Plataforma	No tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de traba	No tiene		

**12. Resultados de la medición**

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	18,1 °C	18,1 °C	Humedad	63,0 %	63,0 %
<b>Carga L1</b> 3 000,00 g			<b>Carga L2</b> 6 000,00 g		
I g	$\Delta L$ g	E g	I g	$\Delta L$ g	E g
3 000,0	0,05	0,00	6 000,0	0,09	-0,04
3 000,0	0,05	0,00	6 000,0	0,09	-0,04
2 999,9	0,07	-0,12	6 000,0	0,05	0,00
3 000,0	0,02	0,03	6 000,0	0,05	0,00
3 000,0	0,04	0,01	6 000,0	0,07	-0,02
3 000,0	0,06	-0,01	6 000,0	0,08	-0,03
3 000,1	0,07	0,08	6 000,0	0,09	-0,04
3 000,0	0,06	-0,01	6 000,0	0,05	0,00
3 000,0	0,04	0,01	6 000,1	0,07	0,08
2 999,9	0,05	-0,10	6 000,0	0,09	-0,04
Dif Máx. Encontrada		0,20	Dif Máx. Encontrada		0,12
EMP		0,3	EMP		0,3

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

	Inicial	Final		Inicial	Final				
Temperatura	18,1 °C	18,1 °C	Humedad	63,0 %	63,0 %				
Pos. Carga	Determinación del Error en Cero $E_0$			Determinación del Error Corregido $E_c$					
	C. mínima g	I g	$\Delta L$ g	$E_0$ g	Carga L g	I g	$\Delta L$ g	E g	$E_c$ g
1	1,00	1,0	0,07	-0,02	2 000,00	1 999,8	0,07	-0,22	-0,20
2		1,0	0,09	-0,04		1 999,9	0,08	-0,13	-0,09
3		1,0	0,04	0,01		2 000,0	0,09	-0,04	-0,05
4		1,0	0,07	-0,02		1 999,9	0,05	-0,10	-0,08
5		0,9	0,05	-0,10		1 999,9	0,05	-0,10	0,00
Error máximo permitido ( $\pm$ )									0,2

Revisión 00

RT03-F01

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-071-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

### 6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indiciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) de INDECOPI

### 7. Lugar de calibración

Laboratorio de mecánica de Suelos y Concreto Grupo FC Consultores y Contratistas S.A.C., con dirección en el Jr. ANCASH MZ Q3 Lote 10A- Puerto Maldonado- Tambopata- Madre de Dios

### 8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	18,0 °C	18,2 °C
Humedad relativa	65 %	65 %

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
ELICROM	Juego de pesas de 1 kg a 5 kg de clase F1	CCP-0938-001-22
ELICROM	Juego de pesas de 1 mg a 1 kg de clase F1	CCP-0908-001-22

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 6000 g la balanza indicaba 5999,8 g)
- El valor de "e", capacidad mínima y la clase de exactitud han sido determinados por el fabricante.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 13 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a 0,00001 °C<sup>-1</sup> según el procedimiento PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) de INDECOPI.
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente cuenta con el último certificado de calibración de la balanza. Donde el máximo error de medición es de 0,08 g cercano a la capacidad máxima.

Revisión 00

RT03-F01

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

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



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-071-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	0361	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).
2. Solicitante	GRUPO F.C. CONSULTORES Y CONTRATISTAS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	
3. Dirección	MZA. 3-Q LOTE. 10-A URB. JR. ANCASH MADRE DE DIOS - TAMBOPATA - TAMBOPATA	Los resultados son validos 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.
4. Instrumento calibrado	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>	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.
Marca	OHAUS	
Modelo	SPL6001	
N° de serie	B536397473	
Identificación	No indica	
Procedencia	China	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Capacidad máxima:	6000 g	
División de escala (d)	0,1 g	
Div. de verificación (e)	0,1 g	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Capacidad mínima	5 g	
Clase de exactitud	II	
5. Fecha de calibración	2023-06-13	

Fecha de Emisión

2023-06-20



Firmado digitalmente por:  
ASTETE SORIANO LUCIO FIR  
42817545 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 2023/06/20 14:51:40-0500

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

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

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



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-072-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	0361	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).
2. Solicitante	GRUPO F.C. CONSULTORES Y CONTRATISTAS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	
3. Dirección	MZA. 3-Q LOTE. 10-A URB. JR. ANCASH MADRE DE DIOS - TAMBOPATA - TAMBOPATA	Los resultados son validos 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.
4. Instrumento calibrado	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>	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.
Marca	OHAUS	
Modelo	R31P30	
N° de serie	8336370716	
Identificación	No indica	
Procedencia	China	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Capacidad máxima:	30000 g	
División de escala (d)	1 g	
Div. de verificación (e)	10 g	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Capacidad mínima	200 g	
Clase de exactitud	III	
5. Fecha de calibración	2023-06-13	

Fecha de Emisión

2023-06-20



Firmado digitalmente por:  
ASTETE SORIANO LUCIO FIR  
42017545 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 20/06/2023 14:52:22-0500

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

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

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



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-072-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

### 6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM

### 7. Lugar de calibración

Laboratorio de mecánica de Suelos y Concreto Grupo FC Consultores y Contratistas S.A.C., con dirección en el Jr. ANCASH MZ Q3 Lote 10A- Puerto Maldonado- Tambopata- Madre de Dios

### 8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	18,2 °C	18,2 °C.
Humedad relativa	65 %	65 %

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESATEC	Juego de pesas de 1 mg a 2 kg de clase M1	1492-MPES-C-2022

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 30000 g la balanza indicaba 29990 g)
- El valor de "e", capacidad mínima y la clase de exactitud han sido determinados por el fabricante.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 13 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a 0,00001 °C<sup>-1</sup> según el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM.
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente cuenta con el último certificado de calibración de la balanza. Donde el máximo error de medición es de 0 g cercano a la capacidad máxima.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CA-LM-072-2023**

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

**11. Inspección Visual**

Ajuste a cero	Tiene	Escala	No tiene
Oscilación libre	Tiene	Cursor	No tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de traba	Tiene		

**12. Resultados de la medición**

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

	Inicial	Final
Temperatura	18,3 °C	18,3 °C

	Inicial	Final
Humedad	63,0 %	63,0 %

Carga L1		15 000,3 g	
I	ΔL	E	
g	g	g	
15 000	0,1	0,1	
15 000	0,4	-0,2	
15 000	0,5	-0,3	
15 000	0,4	-0,2	
15 000	0,6	-0,4	
15 000	0,4	-0,2	
15 000	0,5	-0,3	
15 000	0,4	-0,2	
15 000	0,3	-0,1	
15 000	0,6	-0,4	
Dif Máx. Encontrada		0,5	
EMP		20	

Carga L2		30 001,2 g	
I	ΔL	E	
g	g	g	
30 000	0,6	-1,3	
30 000	0,7	-1,4	
30 000	0,4	-1,1	
29 999	0,5	-2,2	
30 000	0,7	-1,4	
30 000	0,5	-1,2	
30 000	0,7	-1,4	
30 000	0,4	-1,1	
29 999	0,8	-2,5	
30 000	0,6	-1,3	
Dif Máx. Encontrada		1,4	
EMP		30	

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

3	4
2	5

	Inicial	Final
Temperatura	18,3 °C	18,3 °C

	Inicial	Final
Humedad	63,0 %	63,0 %

Pos. Carga	Determinación del Error en Cero E <sub>0</sub>				Determinación del Error Corregido E <sub>c</sub>				
	C. mínima g	I g	ΔL g	E <sub>0</sub> g	Carga L g	I g	ΔL g	E g	E <sub>c</sub> g
1		100	0,5	0,0		10 000	0,8	-0,3	-0,3
2		100	0,9	-0,4		9 999	0,3	-0,8	-0,4
3	100,0	100	0,7	-0,2	10 000,0	10 000	0,8	-0,3	-0,1
4		100	0,7	-0,2		10 001	0,7	0,8	1,0
5		100	0,6	-0,1		9 999	0,4	-0,9	-0,8
Error máximo permitido ( ± )									20

Revisión 00

RT03-F01

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

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

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**CA-LM-072-2023**

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

**ENSAYO DE PESAJE**

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	18,3 °C	18,3 °C	Humedad	63,0 %	63,0 %

Carga L	Carga creciente				Carga decreciente				EMP
	I	ΔL	E	Ec	I	ΔL	E	Ec	
g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
E <sub>0</sub> 100,0	100	0,7	-0,2	-0,2					
200,0	200	0,9	-0,4	-0,2	201	0,4	1,1	1,3	10
3 000,0	3 001	0,6	0,9	1,1	3 000	0,7	-0,2	0,0	10
6 000,3	6 000	0,4	-0,2	0,0	5 999	0,6	-1,4	-1,2	20
9 000,3	9 000	0,4	-0,2	0,0	9 000	0,5	-0,3	-0,1	20
12 000,0	11 999	0,6	-1,1	-0,9	12 000	0,9	-0,4	-0,2	20
15 000,3	15 001	0,8	0,4	0,6	15 000	0,4	-0,2	0,0	20
20 001,2	20 000	0,5	-1,2	-1,0	19 999	0,7	-2,4	-2,2	20
22 001,2	22 000	0,7	-1,4	-1,2	22 000	0,5	-1,2	-1,0	30
25 001,5	25 001	0,5	-0,5	-0,3	25 000	0,6	-1,6	-1,4	30
30 001,2	30 000	0,9	-1,6	-1,4	30 000	0,9	-1,6	-1,4	30

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza

I: Lectura de indicación de la balanza

E: Error encontrado

EMP: Error máximo permitido

E<sub>0</sub>: Error en cero

Ec: Error corregido

ΔL: Carga incrementada

**Incertidumbre expandida de medición**

$$U_k = 2 \times \sqrt{0,58 \text{ g}^2 + 0,0000000033 \cdot R^2}$$

**Lectura corregida de la balanza**

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,000028 \cdot R$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

**13. 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%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

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

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



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-053-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

- Expediente: 0361
- Solicitante: GRUPO F.C. CONSULTORES Y CONTRATISTAS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
- Dirección: MZA. 3-Q LOTE 10-A URB. JR. ANCASH MADRE DE DIOS - TAMBOPATA - TAMBOPATA
- Instrumento calibrado: MAQUINA DE ENSAYO UNIAIXIAL (PRENSA CBR)
  - Marca: PINZUAR
  - Modelo: PS-9
  - N° de serie: P-1002
  - Identificación: No indica
  - Procedencia: No indica
  - Intervalo de indicación: 0 kN a 45 kN
  - Resolución: 1 unidad
  - Clase de exactitud: No indica
  - Modo de fuerza: Compresion
  - Indicador Digital
    - Marca: BAKER Serie: 2FB811
    - Modelo: K62 Resolución: 0,0001 in
  - Transductor de Presión
    - Marca: No indica Serie: No indica
    - Modelo: No indica
- Fecha de calibración: 2023-06-13

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 validos 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.

Fecha de Emisión

2023-06-20



Firmado digitalmente por:  
ASTETE SORIANO LUCIO FIR  
42017545 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 2023/06/20 15:07:10-0500



Jefe de Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01

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

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-053-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 4

### 6. Método de calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM

### 7. Lugar de calibración

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto Grupo FC Consultores y Contratistas S.A.C., con dirección en el Jr. Ancash MZ Q3 Lote 10A - Puerto Maldonado - Tambopata - Madre de Dios

### 8. Condiciones de calibración

	Inicial	Final
Temperatura	18,3 °C	18,3 °C
Humedad relativa	63 %	63 %

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PUCP	Celda de carga de 10 t con una incertidumbre de 34 kg	INF-LE N° 093-23 A/C

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- El instrumento a calibrar no indica la clase, sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase 1 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

Revision 00

RT03-F01

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

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-053-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 4

### 11. Resultados de medición

Indicación de la máquina de ensayo		Indicación del transductor de fuerza patrón					Promedio
		1ra Serie	2da Serie	3ra Serie		4ta Serie Accesorios	
		Ascenso kN	Ascenso kN	Ascenso kN	Descenso kN	Ascenso kN	
%	Unidades						kN
10	70	4,1	4,1	4,1	--	--	4,1
20	140	8,3	8,2	8,3	--	--	8,3
30	210	12,4	12,4	12,4	--	--	12,4
40	280	16,6	16,6	16,6	--	--	16,6
50	350	20,7	20,7	20,7	--	--	20,7
60	420	24,8	24,8	24,8	--	--	24,8
70	290	28,9	28,9	28,9	--	--	28,9
80	560	33,0	33,0	33,0	--	--	33,0
90	630	37,1	37,1	37,1	--	--	37,1
100	700	41,3	41,2	41,3	--	--	41,2

Lectura de la máquina es:  $A \times \text{INDICACIÓN}^2 + B \times \text{INDICACIÓN} + C$

Donde:

A = -0,0000285

B = 0,0791

C = -1,210

Indicación de la máquina de ensayo		Errores relativos de medición					Incertidumbre de medición relativa
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Error con accesorios	
		q %	b %	v %	a %	%	
%	Unidades						%
10	70	0,04	0,12	--	0,50	--	0,85
20	140	0,16	0,24	--	0,50	--	0,73
30	210	0,08	0,12	--	0,33	--	0,61
40	280	0,02	0,03	--	0,25	--	0,57
50	350	0,03	0,05	--	0,20	--	0,55
60	420	0,04	0,06	--	0,17	--	0,55
70	290	0,01	0,03	--	0,14	--	0,54
80	560	0,05	0,07	--	0,13	--	0,54
90	630	0,03	0,04	--	0,11	--	0,53
100	700	0,02	0,04	--	0,10	--	0,53

Revision 00

RT03-F01

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

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-053-2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 4 de 4

Clase de la escala de la maquina de ensayo	Valor máximo permitido (ISO 7500 - 1)				
	Indicación q %	Repetibilidad b %	Reversibilidad v %	Resolución relativa a %	Cero f0 %
0,5	± 0,50	0,5	± 0,75	± 0,25	± 0,05
1	± 1,00	1,0	± 1,50	± 0,50	± 0,10
2	± 2,00	2,0	± 3,00	± 1,00	± 0,20
3	± 3,00	3,0	± 4,50	± 1,50	± 0,30

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ )	0,00 %
---	--------

### 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%.

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.

FIN DEL DOCUMENTO

Revision 00

RT03-F01

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

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventascalibratec@gmail.com  
🏢 CALIBRATEC SAC