



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



TESIS

“Efecto del residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas y de impermeabilidad de un suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023”

Línea de Investigación: Ciencia y tecnología de materiales

Presentado por:

Bach.: Condoma Mamani, Heberth Max

(Código ORCID) 0009-0007-1919-6735

Bach.: Espinoza Aragón, Einer Emilio

(Código ORCID) 0009-0001-2644-3008

Para optar al título profesional de ingeniero civil

Asesor:

Ing. Julio Benjamín Deza Cavero

(Código ORCID) 0009-0002-6498-3328

Cusco-Perú

2023



Datos del autor	
Nombres y apellidos	Heberth Max Condoma Mamani
Numero de documento de identidad	72187331
URL de Orcid	0009-0007-1919-6735
Nombres y apellidos	Einer Emilio Espinoza Aragón
Numero de documento de identidad	46134224
URL de Orcid	0009-0001-2644-3008
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	Ing. Julio Benjamín Deza Cavero
Numero de documento de identidad	23918608
URL de Orcid	0009-0002-6498-3328
Datos del jurado	
Presidente del jurado (jurado 1)	
Nombres y apellidos	Ing. Rode Luz Arohuanca Sosa
Numero de documento de identidad	
Jurado 2	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. José Luis Ríos Rabelo
Numero de documento de identidad	
Jurado 3	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. Ed Gutierrez Carlotto
Numero de documento de identidad	
Jurado 4	
Nombres y apellidos	Ing. Tito Gabriel Chacón Mendoza
Numero de documento de identidad	
Datos de la investigación	
Línea de investigación de la escuela profesional	Ciencia y tecnología de materiales



Efecto del residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas y de impermeabilidad de un suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023

por Einer Espinoza, Max Condoma

Fecha de entrega: 13-dic-2023 02:13p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2258122538

Nombre del archivo: uo_industrial_casta_ero_y_xanthan_Final_05_de_Diciembre_2023.pdf (18.03M)

Total de palabras: 36419

Total de caracteres: 179876



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



TESIS

“Efecto del residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas y de impermeabilidad de un suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023”

Línea de Investigación: Ciencia y tecnología de materiales

Presentado por:

Bach.: Condoma Mamani, Heberth Max

(Código ORCID) 0009-0007-1919-6735

Bach.: Espinoza Aragón, Einer Emilio

(Código ORCID) 0009-0001-2644-3008

Para optar al título profesional de ingeniero civil

Asesor:

Ing. Julio Benjamín Deza Cavero

(Código ORCID) 0009-0002-6498-3328

Cusco-Perú

2023



INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1 repositorio.unsaac.edu.pe 4%
Fuente de Internet

2 repositorio.ucv.edu.pe 1%
Fuente de Internet

3 idoc.pub 1%
Fuente de Internet

4 es.scribd.com 1%
Fuente de Internet

5 repositorio.uap.edu.pe 1%
Fuente de Internet

6 portal.mtc.gob.pe 1%
Fuente de Internet

7 Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador 1%
Trabajo del estudiante

8 qdoc.tips 1%
Fuente de Internet

9 Submitted to Universidad Privada Boliviana






Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Einer Espinoza, Max Condoma
Título del ejercicio: TESIS ESPINOZA-CONDOMA
Título de la entrega: Revisión 1 - Tesis de Pregrado
Nombre del archivo: uo_industrial_casta_ero_y_xanthan_Final_05_de_Diciembre_2...
Tamaño del archivo: 18.03M
Total páginas: 161
Total de palabras: 36,419
Total de caracteres: 179,876
Fecha de entrega: 13-dic.-2023 02:13p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2258122538

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



TESIS

"Efecto del residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas y de impermeabilidad de un suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023"

Línea de Investigación: Ciencia y tecnología de materiales

Presentado por:

Bach.: Condoma Mamani, Heberth Max
0009-0007-1919-6735
Bach.: Espinoza Aragón, Einer Emilio
0009-0001-2644-3008
Para optar al título profesional de ingeniero civil

Asesor:

Ing. Julio Benjamín Deza Cavero
0009-0002-6498-3328

Cusco-Perú
2023



Dedicatoria

Con mucho cariño a mis padres Mauricio Condoma Jaquehua y Placida Mamani Lozano a quienes les debo una gratitud eterna por darme la oportunidad de convertirme en profesional, por orientarme durante toda la vida, siendo ellos el principal cimiento de todos mis méritos conseguidos. A mi hermanito Edson Condoma, a quien quiero infinitamente y es una fuente de inspiración constante en mi vida. A Claudia por ser la persona que complementa mi vida. A mis familiares que me brindaron su apoyo y consejos en toda esta etapa. A todos ellos muchas gracias.

- [Heberth]

Esta tesis está dedicada a mis padres (Rómulo Espinoza y María Aragón) y hermanos (Jhon, Carlos y Mateo), que “fueron, son y serán” parte integral de mi vida hasta el día de mi muerte. Sus bendiciones y esfuerzos son la ejemplificación de la perseverancia, y espero retribuirlos a lo largo de mi vida profesional. Por tal dedicación hacia mi persona, ofrezco este trabajo como respuesta a su paciencia y amor.

- [Emilio]



Agradecimiento

Queremos agradecer, primeramente, a Dios por su guía; por lo bueno y lo malo, por sus bendiciones y lecciones. Y por cuidarnos en toda esta etapa de nuestras vidas.

. A nuestros padres, por estar siempre a nuestro lado, a pesar de las dificultades familiares, y que nunca se opusieron a nuestra formación académica. Su dedicación, esfuerzo y amor siempre estarán presente en nuestros logros.

A nuestros hermanos mayores, por ser comprensivos, tomando el papel de segundos padres. A nuestros hermanos menores, esperando sean personas de bien para si mismos y la sociedad.

A nuestros compañeros y amigos, por sus palabras de apoyo, por sus consejos, por las convivencias y su confianza hacia nosotros.

A nuestros catedráticos, asesores e involucrados con la conclusión de este trabajo. A todos ellos, que sin ningún interés nos brindaron su tiempo, conocimiento.

A nuestra alma mater “Universidad Andina del Cusco” por brindarnos una adecuada infraestructura, buena plana docente y una estructura administrativa eficiente.

- [Emilio y Heberth]



Resumen

La investigación de tesis titulada “Efecto de residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023” está enfocada en determinar la causa efecto de incorporar desechos industriales y xanthan en suelos limosos en laboratorio y buscar un cambio significativo en sus propiedades. La secuencia de la realización y evaluación fue la exploración de dos pozos a cielo abierto y la extracción de muestras alteradas, las mismas que serán ensayadas en laboratorio para determinar su clasificación dentro de los tipos de suelos, su densidad seca, cohesión, ascensión capilar y plasticidad, según los parámetros y normativas que las rigen – ASTM, UNE, Manual de ensayo de Materiales. Se ensayó la microfibras de cáscara de castaña, como subproducto del residuo industrial castaño, y xanthan en diferentes dosificaciones según un diseño factorial de cuatro puntos con una muestra y dos réplicas de los cuales resultaron diecinueve “recetas”. Esta investigación la rige un enfoque cuantitativo de un nivel explicativo causal para un método hipotético deductivo, del cual se logra confirmar la hipótesis de que la microfibras de cáscara de castaña tiene un aumento significativo a través de la experimentación con un número moderado de variables antes descritas. Así mismo los procesamientos de datos fueron determinados con análisis de variable ANOVA que permitió establecer la correlación de variables, regresión de variables, ecuaciones, modelos matemáticos y fórmulas condicionales que establecieron resultados estadísticos más exactos.

Palabras claves: Bertholletia Excelsa, Xhantan, Densidad Seca, Cohesión.



Abstract

The thesis research entitled "Effect of industrial chestnut and xanthan residue on the physical, mechanical, impermeability and plasticity properties for the stabilization of a silty soil in the subgrade of the Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023" is focused on determining the cause and effect of incorporating industrial waste and xanthan into silty soils in the laboratory and looking for a significant change in their properties. The sequence of the realization and evaluation was the exploration of two open pit wells and the extraction of altered samples, which will be tested in the laboratory to determine their classification within the types of soils, their dry density, cohesion, capillary ascension and plasticity, according to the parameters and regulations that govern them – ASTM, UNE, Materials Testing Manual. Chestnut shell microfiber was tested as a by-product of the chestnut industrial waste, and xanthan in different dosages according to a four-point factorial design with a sample and two replicas of which nineteen "recipes" resulted. This research is governed by a quantitative approach of a causal explanatory level for a hypothetical deductive method, from which it is possible to confirm the hypothesis that the microfiber of chestnut shell has a significant increase through experimentation with a moderate number of variables described above. Likewise, the data processing was determined with ANOVA variable analysis that allowed to establish the correlation of variables, regression of variables, equations, mathematical models and conditional formulas that established more accurate statistical results.

Key words: *Bertholletia excelsa*, Xhantan, Dry Density, Cohesion.



Introducción

El suelo limoso está dentro de los tipos de suelos problemáticos que son una preocupación constante en el aspecto geotécnico de todo tipo de infraestructura, su baja capacidad portante y su alta expansividad lo lleva a ser reemplazable con otros suelos de mejores características.

En el primer capítulo se expone el Planteamiento del Problema; Identificación del Problema, Justificación e Importancia de la Investigación, Limitaciones de la Investigación y Objetivo de la Investigación.

El segundo capítulo se abordará el Marco Teórico; Antecedentes de la Tesis, Aspectos Teóricos Pertinentes, Hipótesis y Definición de Variables. Que nos definen un sustento científico para respaldar el tema de investigación en sus bases teóricas.

El tercer capítulo se detalla la Metodología; la Metodología de la Investigación, Diseño de la Investigación, Población y Muestra, Instrumentos, Procedimiento de Recolección de Datos y Procedimiento de Análisis de Datos. Que nos permite analizar, interpretar, evaluar y comparar lógicamente todos los datos involucrados en la investigación.

El cuarto capítulo se muestra los Resultados. Un resumen apreciable del análisis de datos o lo más destacable.

El quinto capítulo abarcará la Discusión. En esta fase se interpretará, comentará, aportará y contrastará los resultados.



Índice General

<i>Capítulo I: Planteamiento del Problema.....</i>	<i>1</i>
<i>1.1. Identificación del Problema.</i>	<i>1</i>
<i>1.1.1. Descripción del problema.....</i>	<i>1</i>
<i>1.1.2. Formulación Interrogativa del Problema.....</i>	<i>2</i>
<i>1.1.2.1. Formulación Interrogativa del Problema General.</i>	<i>2</i>
<i>1.1.2.2. Formulación Interrogativa de los Problemas Específicos</i>	<i>3</i>
<i>1.2. Justificación e Importancia de la Investigación.....</i>	<i>4</i>
<i>1.2.1. Justificación Técnica.</i>	<i>4</i>
<i>1.2.2. Justificación Social.....</i>	<i>4</i>
<i>1.2.3. Justificación por Viabilidad.....</i>	<i>5</i>
<i>1.2.4. Justificación por Relevancia.</i>	<i>5</i>
<i>1.3. Limitaciones de la Investigación.</i>	<i>6</i>
<i>1.3.1. Limitaciones Geográficas.....</i>	<i>6</i>
<i>1.3.2. Limitaciones de Información.....</i>	<i>7</i>
<i>1.3.3. Limitaciones de Diseño.</i>	<i>7</i>
<i>1.4. Objetivos de la Investigación.</i>	<i>8</i>
<i>1.4.1. Objetivo General.</i>	<i>8</i>
<i>1.4.2. Objetivos Específicos.....</i>	<i>8</i>
<i>Capítulo II: Marco Teórico.....</i>	<i>10</i>
<i>2.1. Antecedentes de la Tesis.</i>	<i>10</i>
<i>2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional.....</i>	<i>10</i>
<i>2.1.1.1. Tesis N°01</i>	<i>10</i>
<i>2.1.1.2. Tesis N°02.....</i>	<i>10</i>
<i>2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional.....</i>	<i>11</i>
<i>2.1.2.1. Tesis N°03.....</i>	<i>11</i>
<i>2.1.2.2. Tesis N°04.....</i>	<i>12</i>
<i>2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes.....</i>	<i>13</i>
<i>2.2.1. Geotecnia.....</i>	<i>13</i>
<i>2.2.1.1. Origen del Suelo.....</i>	<i>13</i>
<i>2.2.1.2. Depósitos de Cinturones Meándricos.....</i>	<i>13</i>
<i>2.2.1.3. Tamaño de Partícula de Suelo.....</i>	<i>14</i>
<i>2.2.1.4. Densidad de un Suelo.</i>	<i>15</i>



2.2.1.5.	<i>Cohesión de un Suelo.</i>	15
2.2.1.6.	<i>Impermeabilidad de un Suelo.</i>	17
2.2.1.7.	<i>Consistencia de un Suelo.</i>	17
2.2.1.8.	<i>Exploración de suelos y criterios para la sub-rasante.</i>	19
2.2.2.	<i>Residuo Industrial Castaño.</i>	21
2.2.2.1.	<i>La castaña</i>	21
2.2.2.2.	<i>La Industria de la Castaña en el Perú.</i>	21
2.2.2.3.	<i>Residuos industriales.</i>	22
2.2.2.4.	<i>Residuo castaño.</i>	23
2.2.2.5.	<i>Fibras y microfibras</i>	25
2.2.2.6.	<i>Proceso de Deslignificación</i>	25
2.2.3.	<i>Biopolímeros.</i>	26
2.2.4.	<i>Normalización</i>	27
2.2.4.1.	<i>ASTM D427_04</i>	27
2.2.4.2.	<i>ASTM D7263_21</i>	27
2.2.4.3.	<i>ASTM D2166_06</i>	28
2.2.4.4.	<i>ASTM D4318_17</i>	28
2.2.4.5.	<i>UNE EN 772-11:2011</i>	29
2.3.	<i>Hipótesis.</i>	29
2.3.1.	<i>Hipótesis General.</i>	29
2.3.2.	<i>Sub Hipótesis</i>	29
2.4.	<i>Definición de Variables.</i>	31
2.4.1.	<i>Variables Independientes.</i>	31
2.4.2.	<i>Variables dependientes.</i>	31
2.4.3.	<i>Cuadro de operacionalización de variables.</i>	32
<i>Capítulo III: Metodología.</i>		33
3.1.	<i>Metodología de la Investigación.</i>	33
3.1.1.	<i>Enfoque de la Investigación.</i>	33
3.1.2.	<i>Nivel o Alcance de la Investigación.</i>	33
3.1.3.	<i>Método de Investigación.</i>	34
3.2.	<i>Diseño de la Investigación.</i>	34
3.2.1.	<i>Diseño Metodológico.</i>	34
3.2.2.	<i>Diseño de Ingeniería.</i>	36
3.3.	<i>Población y Muestra.</i>	37



3.3.1. Población.....	37
3.3.1.1. Descripción de la Población.	37
3.3.1.2. Cuantificación de la Población.	37
3.3.2. Muestra.....	39
3.3.2.1. Descripción de la Muestra.	39
3.3.2.2. Cuantificación de la Muestra.	39
3.3.2.3. Método de Muestreo.	39
3.3.2.4. Criterio de Evaluación de Muestra.	40
3.3.3. Criterios de Inclusión	41
3.4. Instrumentos	42
3.4.1. Instrumentos Metodológicos	42
3.4.1.1. Instrumento para Muestreo de Suelos y Rocas / MTC E-101.	42
3.4.1.2. Instrumento para la Determinación del Contenido de Humedad de un Suelo / MTC E-108.....	42
3.4.1.3. Instrumento para Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos / ASTM D4318_17 – Límite Líquido.	43
3.4.1.4. Instrumento para Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos / ASTM D4318_17 – Límite Plástico.	43
3.4.1.5. Instrumento para Clasificación de Suelos y Mezclas de Suelo-Agregado para Propósitos de Construcción de Carreteras / AASHTO M 145_17.	44
3.4.1.6. Instrumento para Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería (Sistema de Clasificación Unificada de Suelos) / ASTM D2487_11.....	45
3.4.1.7. Instrumento para Compactación de Suelos en Laboratorio Utilizando una energía Modificada (Proctor Modificado) / MTC E-115	46
3.4.1.8. Instrumento para Determinación en Laboratorio de la Densidad y Peso Unitario de las Muestras de Suelo / ASTM7263_21.....	47
3.4.1.9. Instrumento para Resistencia a la Compresión no Confinada de Suelo Cohesivo / ASTM2166_06.....	47
3.4.1.10. Instrumento para Determinación de Absorción de Agua por Capilaridad y de la Tasa de Absorción de Agua Inicial / UNE-EN 772-11_11	48
3.4.2. Instrumentos de Ingeniería.....	48
3.5. Procedimiento de Recolección de Datos	49
3.5.1. Microfibra de Cascara de Castaña (MFC)	49
3.5.2. Recolección de Datos para Muestreo de suelos (MTC E-101)	56



3.5.3.	<i>Recolección de Datos para Determinación del Contenido de Humedad (MTC E-108)</i>	59
3.5.4.	<i>Recolección de Datos para Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos / ASTM D4318_17 – Límite Líquido.....</i>	61
3.5.5.	<i>Recolección de Datos para Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos / ASTM D4318_17 – Límite Plástico.....</i>	65
3.5.6.	<i>Recolección de Datos para Compactación de Suelos en Laboratorio Utilizando una energía Modificada (Proctor Modificado) / MTC E-115.....</i>	67
3.5.7.	<i>Recolección de Datos para Determinación en Laboratorio de la Densidad y Peso Unitario de las Muestras de Suelo / ASTM7263_21.....</i>	69
3.5.8.	<i>Recolección de Datos para Resistencia a la Compresión no Confinada de Suelo Cohesivo / ASTM2166_06.....</i>	78
3.5.9.	<i>Recolección de Datos para Determinación de Absorción de Agua por Capilaridad y de la Tasa de Absorción de Agua Inicial / UNE-EN 772-11_11.....</i>	83
3.5.10.	<i>Recolección de Datos para Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos / ASTM D4318_17 – Límite Líquido.....</i>	87
3.5.11.	<i>Recolección de Datos para Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos / ASTM D4318_17 – Límite Plástico.....</i>	89
3.6.	<i>Procedimiento de Análisis de Datos.....</i>	91
3.6.1.	<i>Análisis de Datos para el Contenido de Humedad (MTC E-108).....</i>	91
3.6.2.	<i>Análisis de Datos para Ensayo Granulométrico de Suelos por Tamizado / ASTM D422.....</i>	92
3.6.3.	<i>Análisis de Datos para Ensayo Estándar para Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos / ASTM D4318_17.....</i>	94
3.6.4.	<i>Análisis de Datos para Compactación de Suelos en Laboratorio Utilizando una energía Modificada (Proctor Modificado) / MTC E-115.....</i>	103
3.6.5.	<i>Análisis de datos para Determinación en Laboratorio de la Densidad y Peso Unitario de las Muestras de Suelo / ASTM7263_21.....</i>	105
3.6.6.	<i>Análisis de datos para Resistencia a la Compresión no Confinada de Suelo Cohesivo / ASTM2166_06.....</i>	106
3.6.7.	<i>Análisis de datos para Determinación de Absorción de Agua por Capilaridad y de la Tasa de Absorción de Agua Inicial / UNE-EN 772-11_11.....</i>	107
3.6.8.	<i>Análisis de Datos para Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos / ASTM D4318_17.....</i>	108



<i>Capítulo IV: Resultados</i>	109
4.1. <i>Resultados en correspondencia a los objetivos específicos</i>	109
4.2. <i>Resultados en correspondencia a la hipótesis general</i>	114
<i>Capítulo V: Discusiones</i>	118
<i>Glosario</i>	120
<i>Conclusiones</i>	122
<i>Recomendaciones</i>	124
<i>Referencia</i>	126



Índice de Tablas

<i>Tabla 1 Cuadro de coordenadas y ubicación geográfica de la zona de estudio.....</i>	<i>6</i>
<i>Tabla 2 Límites de separación de tamaño de suelo.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 3 Determinación del número de calicatas para exploración de suelos.</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 4 Principales empresas exportadoras de 2021</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 5 Caracterización química de la ceniza de la cascara de castaña amazónica.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 6 Caracterización química de la cascara de castaña amazónica.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 7 Diseño factorial de 4 puntos, una central y 2 replicas.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 8 Dosificaciones para ensayos de laboratorio con microfibra y xanthan</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 9 Población de Estudio.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 10 Muestras de estudio.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 11 Cantidad de ensayos programados</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 11 Análisis de composición química de la microfibra de cáscara de castaña</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 12 Cuadro de coordenadas de calicatas de estudio</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 13 Recolección de datos para Muestreo de Suelos para calicatas</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 14 Perfil estratigráfico de la calicata C-01</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 15 Perfil estratigráfico de la calicata C-02</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 16 Recolección de datos para Contenido de Humedad</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 17 Recolección de datos para el análisis granulométrico</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 18 Cuadro de cantidades para la determinación de constantes de suelo</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 19 Recolección de datos para Límite Líquido C-01 y C-02</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 20 Recolección de datos para Límite Plástico</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 21 Recolección de datos para Proctor Modificado.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 22 Recolección de datos de laboratorio para densidad.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 23 Recolección de datos de laboratorio para cohesión</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 24 Recolección de datos de laboratorio para ascensión capilar.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 25 Recolección de datos de laboratorio para Límite Líquido.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 26 Recolección de datos de laboratorio para Límite Plástico.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 27 Análisis de datos para determinar el contenido de humedad para C-01 y C-02. 91</i>	
<i>Tabla 28 Análisis de datos para determinar el límite líquido C-01 y C-02</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 29 Análisis de datos para determinar el límite plástico 01.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 30 Análisis de datos para la determinación de los índices de plasticidad.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 31 Análisis de datos para determinar la clasificación AASHTO.....</i>	<i>100</i>



Tabla 32 <i>Análisis de datos para determinar la clasificación S.U.C.S.</i>	102
Tabla 33 <i>Análisis de datos para Proctor modificado</i>	103
Tabla 34 <i>Resumen de análisis de datos para densidad</i>	105
Tabla 35 <i>Resumen de análisis de datos para cohesión</i>	106
Tabla 36 <i>Resumen de análisis de datos para ascensión capilar inmediata</i>	107
Tabla 37 <i>Resumen de análisis de datos para índice de plasticidad</i>	108
Tabla 38 <i>Resumen de las propiedades dependientes: D_s, C, C_w y $I.P$</i>	109



Índice de Figuras

<i>Figura 1</i> Realidad de la infraestructura vial no pavimentada Jr. El Triunfo.	2
<i>Figura 2</i> Material residual de la industria castañera vertida en las vías.	2
<i>Figura 3</i> Vista satelital de la zona de estudio.	7
<i>Figura 4</i> Límites de Atterberg.....	17
<i>Figura 5</i> Estructura de la castaña amazónica: (A) fruto, (B) distribución y (C) semilla .	21
<i>Figura 6</i> Flujograma de una investigación con enfoque cuantitativo.....	33
<i>Figura 7</i> Croquis de ubicación de calicatas de estudio.....	38
<i>Figura 8</i> Instrumento para Muestreo de Suelos y Rocas.....	42
<i>Figura 9</i> Instrumento para la determinación del contenido de humedad de un suelo.	42
<i>Figura 10</i> Instrumento para la determinación del límite líquido.	43
<i>Figura 11</i> Instrumento para la determinación del límite plástico.	43
<i>Figura 12</i> Instrumento para la clasificación de suelos – AASHTO.....	44
<i>Figura 13</i> Instrumento para determinar la clasificación S.U.C.S.....	45
<i>Figura 14</i> Instrumento para determinar la relación de humedad y densidad Proctor.	46
<i>Figura 15</i> Instrumento para la determinación de la densidad seca.	47
<i>Figura 16</i> Instrumento para la determinación de la cohesión.	47
<i>Figura 17</i> Instrumento para determinar la ascensión capilar.....	48
<i>Figura 18</i> Lavado, pesaje y ablandamiento de la cascara de castaña.....	51
<i>Figura 19</i> Fibra de cáscara de castaña triturada – 5 mm aproximados.....	51
<i>Figura 20</i> Proceso químico con BioPolish Cla. Liq., saturado por 24 horas.....	52
<i>Figura 21</i> Muestra seca lavada de fibra de cascara de castaña.....	52
<i>Figura 22</i> Combinación de hidróxido de sodio al 98% y fibra de cáscara de castaña.....	53
<i>Figura 23</i> Saturación, lavado y filtrado de la fibra de cáscara de castaña.....	53
<i>Figura 24</i> Saturación de la fibra de cáscara de castaña con ácido acético al 5%.....	54
<i>Figura 25</i> Reposo de la fibra de cáscara de castaña por 24 horas.....	54
<i>Figura 26</i> Triturado a y tamizado de la fibra de cáscara de castaña - MFC.....	55
<i>Figura 27</i> Calicata 01, Jr. El Triunfo, Las Piedras, Tambopata, Madre de Dios.....	57
<i>Figura 28</i> Ensayo de Casagrande y muestras de límite líquido.....	63
<i>Figura 29</i> Ensayo de plasticidad y muestras límite plástico.	66
<i>Figura 30</i> Dosificación de la muestra de suelo, microfibras de castaña y xanthan gum	70
<i>Figura 31</i> Mezclado de la muestra de suelo, microfibras de castaña y xanthan gum.....	70
<i>Figura 32</i> Compactación de las dosificaciones de suelo.....	71



<i>Figura 33 Enrasado y eyección de la muestra.....</i>	73
<i>Figura 34 Impermeabilización de la muestra y etiquetado</i>	73
<i>Figura 35 Medición de los diámetros y pesos de la muestra.....</i>	78
<i>Figura 36 Muestras antes y después del secado al horno.</i>	78
<i>Figura 37 Muestra M-04 sometida a compresión simple.</i>	79
<i>Figura 38 Medición de las muestras y ascensión capilar inmediata.....</i>	83
<i>Figura 39 Comparación de muestras para contenido de humedad.....</i>	92
<i>Figura 40 Comparación de muestras para el límite líquido</i>	95
<i>Figura 41 Comparación de muestras para el límite plástico</i>	97
<i>Figura 42 Criterios para clasificación de suelos según AASHTO.</i>	99
<i>Figura 43 Criterios para clasificación de suelos según SUCS.</i>	101
<i>Figura 44 Curva de ensayo de compactación</i>	104
<i>Figura 45 Rangos para coeficientes de correlación.....</i>	109
<i>Figura 46 Efecto para la Microfibra de Castaña en la Densidad Seca.</i>	110
<i>Figura 47 Efecto para la Microfibra de Castaña en la Cohesión.</i>	110
<i>Figura 48 Efecto para la Microfibra de Castaña en la Absorción.</i>	111
<i>Figura 49 Efecto para la Microfibra de Castaña en el Índice de Plasticidad.....</i>	111
<i>Figura 50 Efecto para la Biopolímero Xhantan en la Densidad Seca.....</i>	112
<i>Figura 51 Efecto para la Biopolímero Xhantan en la Cohesión.</i>	112
<i>Figura 52 Efecto para la Biopolímero Xhantan en la Absorción.</i>	113
<i>Figura 53 Efecto para la Biopolímero Xhantan en IP.....</i>	113
<i>Figura 54 Efecto de la Microfibra, Biopolímero y Combinación en la Densidad Seca. ..</i>	114
<i>Figura 55 Efecto de la Microfibra, Biopolímero y Combinación en la Cohesión.....</i>	114
<i>Figura 56 Efecto de la Microfibra, Biopolímero y Combinación en la Absorción.....</i>	115
<i>Figura 57 Efecto de la Microfibra, Biopolímero y Combinación en su Índice de Plasticidad.....</i>	115
<i>Figura 58 Representación gráfica de interacciones entre las muestras MFC y BPX.....</i>	116
<i>Figura 59 Superficie de interacción entre las muestras MFC y BPX.....</i>	117



Capítulo I: Planteamiento del Problema.

1.1. Identificación del Problema.

1.1.1. Descripción del problema.

La red vial de un país es fundamental para su crecimiento y desarrollo, porque es el único medio que posibilita el transporte de personas y cargas, ahora bien, si las vías de comunicación de un país no son las adecuadas para que la población satisfaga sus necesidades básicas, es poco probable que los ciudadanos puedan encarar una situación de mejora económica y social, y de ese modo reducir los índices de pobreza que aquejan a un país o estado (Rivera, 2015).

Las particularidades geotécnicas de la región de Madre de Dios, específicamente en las cercanías del Jr. El Triunfo de la A.P.V. Villa Terrasol, tienden a caracterizarse por ser formaciones de depósitos fluviales con presencia de limos inorgánicos y arenas limosas de baja plasticidad consecuencia de las inundaciones recientes y antiguas.

Este tipo de suelo son inadecuados por tener mayor permeabilidad, es decir tiene una estructura macroporosa de granos pocamente distribuidos, y la alta precipitación presentada en la zona hace que el volumen inicial se vea disminuido haciendo presencia de asentamientos en edificaciones, pudiendo ser colapsables.

Para esto se utilizó materiales reciclados residuales de las industrias castañeras y añadidos para poder analizar su efecto en las características físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad. La cáscara de castaña fraccionada, producto de pelar la nuez, actualmente no tiene un plan sostenible definido para su manejo, tan solo menos del 40% de este residuo es reutilizado para generar calor en los hornos de secado que a su vez produce gases de CO₂ y vapores nauseabundos, más del 60% son acomodadas en los baches de caminos y trochas aledañas, otras son apiladas esperando su descomposición natural al aire libre. La ceniza producto de la quema de la cascara también encuentra su disposición en acopios que naturalmente van disminuyendo su volumen por el intemperismo de la zona. Concluyendo así que tiene un impacto notable en cuanto a calidad de aire, agua y suelo.

Figura 1

Realidad de la infraestructura vial no pavimentada Jr. El Triunfo.



Nota: Izq.: Se muestra la vía principal del Jr. El Triunfo y los daños presentes.
Der.: Se muestra la transitabilidad de vehículos menores.

Figura 2

Material residual de la industria castañera vertida en las vías.



Nota: Izq.: Se muestra el relleno con desecho castaño en el Jr. El Triunfo. Der.:
Se muestra el desecho castaño en el Jr. El Triunfo.

1.1.2. Formulación Interrogativa del Problema.

1.1.2.1. Formulación Interrogativa del Problema General.

¿Cuál es el efecto del residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas y de impermeabilidad de un suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023?



1.1.2.2. Formulación Interrogativa de los Problemas Específicos

Problema Específico N°01

¿Cuál es el efecto de la microfibras de la cáscara de castaña (MFC) en la densidad del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023?

Problema Específico N°02

¿Cuál es el efecto de la microfibras de la cáscara de castaña (MFC) en la cohesión del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023?

Problema Específico N°03

¿Cuál es el efecto de la microfibras de la cáscara de castaña (MFC) en la absorción capilar del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023?

Problema Específico N°04

¿Cuál es el efecto de la microfibras de la cáscara de castaña (MFC) en el índice plástico del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023?

Problema Específico N°05

¿Cuál es el efecto de la adición de biopolímero xhantan gum (BPX) en la densidad del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023?

Problema Específico N°06

¿Cuál es el efecto de la adición de biopolímero xhantan gum (BPX) en la cohesión del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023?

Problema Específico N°07

¿Cuál es el efecto de la adición de biopolímero xhantan gum (BPX) en la absorción capilar del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023?

Problema Específico N° 08

¿Cuál es el efecto de la adición de biopolímero xhantan gum (BPX) en el índice plástico del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023?



1.2. Justificación e Importancia de la Investigación.

1.2.1. Justificación Técnica.

La presente investigación considera la aplicación de nociones técnicas definidas dentro de la Ingeniería Geotécnica e ingeniería de transportes, ya que utiliza diversos principios y teorías para la evaluación y determinación de algunas de las características físicas, mecánicas de impermeabilidad y plasticidad de los suelos, siendo algunas de estas propiedades, la densidad, cohesión, absorción capilar y plasticidad como parte de la capacidad de resistencia de un suelo de fundación.

Estos parámetros determinan directamente sobre las acciones que deban realizarse para los proyectos sobre suelos marginales (Limos y Arcillas), ya que se puede proceder a estabilizar, mejorar o reemplazar. Por ende, se pretende evaluar los residuos industriales castañeros y añadidos como material de investigación en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad de los suelos del Jr. El Triunfo de la A.P.V. Villa Terrasol en el C.P: El Triunfo del distrito Las Piedras de la provincia de Tambopata de la región de Madre de Dios, zona que cuenta con suelos de fundación limosa según estudios de INDECI en relación a mapas de peligro. Para ello se pretende utilizar reglamentos y lineamientos que aborda un marco normativo, siendo estos: manuales, normas técnicas, pruebas y ensayos.

1.2.2. Justificación Social.

Los residuos industriales vienen siendo un problema actual, su manejo y disposición final aún son brechas notables para los gobiernos locales, las empresas dedicadas a este rubro están diseminadas en toda la región y aun no hay un plan integral para cubrir en totalidad su acopio, a consecuencia de esto se genera botaderos improvisados donde; son receptores de roedores, insectos y moscas. Entre sus disposiciones finales están: las depresiones de caminos y trochas “baches”, los terrenos bajos inundables “tahuampal”, cursos pequeños de agua, entre otros.

Los resultados y aportes de este trabajo de investigación contribuyen a la sociedad, ofreciendo una nueva alternativa para el manejo de los residuos de la industria castañera. La presente tesis es referente para futuras líneas de investigación en las instituciones públicas como privadas para poder implementar el uso de nuevos



materiales de bajo costo y accesible como mejoradores de las propiedades físicas y mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad de los suelos limosos.

En el caso este recurso sea evaluado y cumpla con mejorar las características de los suelos limos, resultará beneficioso para la población regional y nacional en los proyectos de edificaciones como de infraestructura vial, debido a que, al aplicar este insumo como mejorador, se realizará una mejor gestión y manejo adecuado de los desechos industriales, que, conforme al contexto actual de los gobiernos locales, como regionales buscan soluciones eco-sustentables y amigables con el medio ambiente.

1.2.3. Justificación por Viabilidad.

En relación al sitio de estudio, se tuvo acceso directo a la zona de estudio (Jr. El Triunfo, A.P.V. Villa Terrasol, C.P. El Triunfo, distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región de Madre de Dios), que es de interés.

En relación al material de estudio, éstos están distribuidos en 33 empresas emplazadas en toda la región de Madre de Dios dedicadas al comercio de la castaña amazónica, por lo que su obtención dentro del medio es factible. La goma xanthan es un producto manufacturado que actualmente tiene un mercado amplio en la industria alimentaria.

En relación a las instalaciones donde se realizó los controles y ensayos, están certificados, se contó con todos los equipos y herramientas necesarios para la realización de las diferentes pruebas y ensayos.

Del mismo modo se usaron lineamientos y normativas vigentes, la asesoría de especialidad del asesor de tesis y técnicos de laboratorio de especialidad que velaran por los procedimientos regularizados para cada uno de los ensayos, ya sea previo a la preparación de las muestras, como durante la ejecución de los ensayos de laboratorio y al momento de procesar y determinar los resultados de las distintas propiedades a evaluar.

1.2.4. Justificación por Relevancia.

El mercado actual ofrece diferentes alternativas para la estabilización o mejoramiento de suelos. Sin embargo, la fabricación de estos insumos requiere de



diversos procesos de combustión y alteración química o industrial. Por ello esta tesis presenta al residuo industrial castaño, como recurso para mejorar las propiedades físicas, mecánicas de impermeabilidad y plasticidad de los suelos de naturaleza limosa, ya que es un insumo orgánico producto del desecho de esta actividad económica.

A partir de esto, las sociedades actuales se esfuerzan por seguir la política y lineamientos que no sean tan agresivos para el medio ambiente, lo que lleva a la necesidad de buscar constantemente propuestas y soluciones para aumentar los recursos. Por lo tanto, el uso de la cascara de la castaña para mejorar las propiedades de suelos limos puede ser una opción práctica, económica y amigable con el medio ambiente.

1.3. Limitaciones de la Investigación.

1.3.1. Limitaciones Geográficas.

La investigación está estrechamente relacionada con el área de emplazamiento de la vía del Jr. El Triunfo, APV Villa Terrasol, C.P. El Triunfo, distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región de Madre de Dios.

Tabla 1

Cuadro de coordenadas y ubicación geográfica de la zona de estudio.

Ubicación Geográfica	
Región	Madre de Dios
Provincia	Tambopata
Distrito	Las Piedras
Coordenadas UTM (referencia)	
ESTE	NORTE
481025.52 m	8608959.10 m

Nota: Croquis de zona de estudio.

Figura 3 Vista satelital de la zona de estudio.



Nota: Vista Google Earth Pro

1.3.2. Limitaciones de Información.

El presente estudio se limitó a experimentar con residuos de la industria castañera y xanthan gum como agentes mejoradores, aplicadas a un suelo limoso. En específico, en la zona de estudio de esta investigación.

La extracción de la castaña amazónica es una actividad de temporada en la región de Madre de Dios. La goma xanthan es un producto alimentario importado que está en venta en las principales cadenas de supermercados.

1.3.3. Limitaciones de Diseño.

La presente investigación abordó el estudio sobre las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad del suelo mejorado; densidad seca, cohesión, absorción capilar y plasticidad.

Los porcentajes de diseño que se consideró para el trabajo de nuestras muestras de suelos limosos; 0.00% - 2.00% de microfibras obtenidas del residuo industrial castañero y para el Biopolímero xanthan fueron 0.00% - 2.50%. Para luego realizar un análisis comparativo entre el suelo natural, añadido con microfibras de castaña, añadido con biopolímero xanthan y sus combinaciones.



1.4. Objetivos de la Investigación.

1.4.1. Objetivo General.

Determinar el efecto del residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas y de impermeabilidad de un suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023.

1.4.2. Objetivos Específicos.

Objetivo Específico N°01

Determinar el efecto de la microfibra de la cáscara de castaña (MFC) en la densidad del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023.

Objetivo Específico N°02

Determinar el efecto de la microfibra de la cáscara de castaña (MFC) en la cohesión del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023.

Objetivo Específico N°03

Determinar el efecto de la microfibra de la cáscara de castaña (MFC) en la absorción capilar del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023.

Objetivo Específico N°04

Determinar el efecto de la microfibra de la cáscara de castaña (MFC) en el índice plástico del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023.

Objetivo Específico N°05

Determinar el efecto de biopolímero xanthan gum (BPX) en la densidad del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023.

Objetivo Específico N°06

Determinar el efecto de biopolímero xanthan gum (BPX) en la cohesión del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023.

Objetivo Específico N°07

Determinar el efecto de biopolímero xanthan gum (BPX) en la absorción capilar del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023.



Objetivo Especifico N°08

Determinar el efecto de biopolímero xanthan gum (BPX) en el índice plástico del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023



Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la Tesis.

2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional.

2.1.1.1. Tesis N°01

“Uso de Xantano como material cementante suplementario de suelo cemento en la calle principal de Urpay, Quispicanchi, Cusco, 2021”, presentado por los Bach. Achahuanco Silva, Russie y Huaman Ccorimanya, Reyner, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Lima, 2021.

Resumen:

La presente investigación titulada: Uso del xantano como material cementante suplementario de suelo cemento en la calle principal de Urpay, Quispicanchi, Cusco 2021 fijo por objetivo demostrar que el xantano tiene un efecto cementante suplementario en la calle principal Urpay. Como metodología, es del tipo aplicada, diseño experimental, los resultados obtenidos fueron las propiedades del suelo mejoran con el uso del xantano en 1% obteniendo la resistencia de 58.55 kg/ cm², al incorporar 2.5% de xantano la absorción de 28% y la ascensión capilar de 12%, logrando alcanzar con los objetivos planteados en la investigación. De los resultados obtenidos en la presente investigación y en concordancia con el objetivo general planteado se logró demostrar la viabilidad del Xantano para ser utilizado como cementante suplementario del cemento tradicional recurriendo a los resultados tomados del suelo de la calle principal de Urpay (Achahuanco & Huaman, 2021).

2.1.1.2. Tesis N°02

“Efecto de incorporación de desperdicio avícola en las propiedades físicas y mecánicas, en suelo limo-arcilloso de la subrasante, calle ciro alegría, San Sebastián, Cusco-2022”, presentado por los Bach.: Mendoza Gonzales, Luwi Gilbert y Bach.: Mendoza Villalobos, Fredy Américo. Universidad Andina del Cusco. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Cusco.2022



resumen

La presente investigación, titulada "Efecto de incorporación de desperdicio avícola en las propiedades físicas y mecánicas, en suelo limo-arcilloso de la subrasante, calle Ciro Alegría, San Sebastián, Cusco-2022", está enfocada en determinar los efectos significativos causantes por la incorporación de desperdicios avícolas (cáscara de huevo y plumas avícolas) en suelos de tipo limo-arcilloso que, sometidos a tratamientos diseñados en laboratorio, buscan mejorar tales propiedades. En tal sentido, la presente investigación tiene como finalidad demostrar los efectos significativos en las propiedades físicas y mecánicas del suelo de sustratos limo arcilloso al incorporar desperdicios avícolas. Para ello, se realizó un programa de evaluación mediante TRES (03) pozos o calicatas de exploración para la extracción de muestras representativas alteradas en la calle Ciro Alegría, distrito de San Sebastián, con la finalidad de realizar ensayos en laboratorio como la determinación de los Límites de Consistencia, Relación Humedad, Proctor Modificado, Esfuerzo de Compresión, Cohesión y Capacidad de Soporte CBR con PDC, según los parámetros del Manual de Ensayo de Materiales (2016). Para esto, se obtuvo el suelo natural, así como el suelo incorporado con los desperdicios avícolas considerados. Lográndose confirmar la hipótesis, de que los desperdicios avícolas (cáscara de huevo y plumas avícolas) causan efectos significativos a través de experimentos con un número moderado de variables, dada la cantidad de suelo en su estado natural y, finalmente, el suelo de la subrasante con agregados de desperdicios avícolas (Mendoza & Mendoza, 2022).

2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional.

2.1.2.1. Tesis N°03

“Estabilização de solo argiloso com adição de cimento e cinza de casca de arroz”, presentado por el Bach. Dione Marcelo Gertz, Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Cerro Largo, Rio Grande do sul, Brasil, 2021.

Resumen

El objetivo general de este trabajo es analizar el comportamiento mecánico (resistencia a la compresión y esfuerzo cortante) de un suelo arcilloso compactado con la adición de diferentes porcentajes de cemento (4%, 7% y 10%) y ceniza de cáscara de arroz (CCA) (5%, 10% y 15%), con el objetivo de su uso en vertederos



de suelo estabilizado. El uso de CCA incorporado al suelo presentó los mejores resultados en el ensayo de compactación con un patrón de comportamiento bien definido, con el aumento de la masa específica con la adición del residuo, teniendo buenos resultados con la adición de cemento al 4% hasta el 5% de CCA, y mejor aún con 7% y 10% de cemento hasta 5% de CCA. Los contenidos por encima del 5% de CCA pierden resistencia incluso a niveles de 7% y 10% de cemento. Puede ser necesario aumentar (2% a 4%) en el contenido de humedad como sugieren las bibliografías. En relación a las pruebas de compresión simples, los resultados obtenidos mostraron un aumento considerable en el estrés requerido para la ruptura de los moldes en relación con la muestra de suelo puro, en niveles de hasta 5% CCA a 4%, 7% y 10% CCA pero disminuyen si aumenta el contenido de CCA, por lo que el aumento en la cantidad de CCA no manifiesta la resistencia requerida para su uso en suelo de vertedero compactado (Dione, 2021).

2.1.2.2. Tesis N°04

“Avaliação da aplicação da cinza resultante da queima do bagaço da cana-de- açúcar sobre o potencial expansivo de uma argila proveniente do município de Paulista-PE”, presentado por el Bach. Magno Augusto Motta Macieira Drumond, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, Brasil, 2019.

Resumen

El objetivo principal de esta tesis es investigar el uso de la ceniza resultante de la quema de bagazo de caña de azúcar como material estabilizador para su aplicación en suelos expansivos y su contribución a la mejora de la resistencia. La adición de CBCA hizo que las mezclas se graduaran más a medida que aumentaba el contenido de cenizas, ya que hubo un aumento en el material más granular en las mezclas en comparación con su estado natural, concluyendo que CBCA causa cambios en el tamaño de partícula del suelo natural. El suelo natural tuvo una reducción en la expansión "libre" del 4.25% del material no deformado para compactado, esto se justifica por el hecho de que el suelo natural compactado tiene una humedad inicial (W_i) mayor que el suelo natural no deformado, es decir, el suelo que tiene un W_i más alto significa que la variación de humedad es menor hasta que se satura, en consecuencia, se expande menos. Tres cosas que suceden al mismo tiempo, contenido de humedad, densidad y material. El suelo natural no



deformado presentó una presión de expansión de 192,50 kPa y la adición de CBCA resultó en la reducción de la presión de expansión a medida que aumentaba el contenido de cenizas, excepto por el porcentaje del 10% que hubo un pequeño aumento en relación con el 5% y el contenido del 40% se mantuvo igual al del 30%. Para los niveles estudiados en este estudio, no fue posible poner a cero la presión de expansión, pero la adición de CBCA redujo considerablemente la expansividad, que se puede administrar dependiendo del diseño estructural al que estará expuesto el suelo (Motta, 2019).

2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes.

2.2.1. Geotecnia

2.2.1.1. Origen del Suelo.

Según (Braja M. Das, 2001) los suelos que cubren la tierra están formados por el intemperismo de varias rocas, siendo estas la mecánica y química. El intemperismo mecánico es el proceso por el cual las rocas se fracturan en piezas de menor tamaño bajo la acción de fuerzas físicas, como la corriente de agua de los ríos, viento, olas oceánicas, hielo glacial, acción de congelamiento, además de expansiones y contracciones causadas por ganancia y pérdida de calor. El intemperismo químico es el proceso de descomposición química de la roca original a otro totalmente diferente. Por ejemplo, el intemperismo químico de los feldespatos puede producir minerales arcillosos.

También (Crespo, 2004) define al suelo como una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan

La erosión física es producida por numerosos agentes, que se pueden integrar en dos grupos; Erosión Insitu y Transporte-erosión. La erosión física de las rocas sólo puede dar lugar a arenas o limos, pues la aparición de arcillas requiere transformaciones químicas (Jimenez & DeJusto, 2018).

2.2.1.2. Depósitos de Cinturones Meándricos.

El término meandro se deriva del trabajo griego maiandros, después del Río Maiandros (ahora Menderes) en Asia, famoso por su curso sinuoso. Las corrientes



maduras curvean el valle. El fondo del valle en el que un río serpentea se conoce como meandro. En un río serpenteante, el suelo de la orilla se erosiona continuamente en los puntos del banco que son de forma cóncava y se deposita en los puntos donde el banco es de forma convexa como se muestra en la figura. Estos depósitos se denominan depósitos de barras de punta, y por lo general son de arena y partículas de sedimento de tamaño de limo (Braja M. Das, 2013).

Para (Juárez & Rico, 1973) los ríos acarrean materiales de muy diversas graduaciones, depositándolos a lo largo de su perfil, según varíe la velocidad de su curso; al ir disminuyendo ésta, la capacidad de acarreo de la corriente se hace menor, depositándose los materiales más gruesos. De esta manera el río transporta y deposita suelos según sus tamaños decrecientes, correspondiendo las partículas más finas (limos y arcillas) a depósitos próximos a su desembocadura.

2.2.1.3. Tamaño de Partícula de Suelo.

Para (Braja M. Das, 2013) independientemente de su origen, los tamaños de partículas que conforman el suelo pueden variar en un amplio intervalo. Los suelos son generalmente llamados grava, arena, limo o arcilla, dependiendo del tamaño predominante de las partículas dentro del suelo. Para describir los suelos por su tamaño de partícula, varias organizaciones han desarrollado límites de separación de tamaño de suelo; **Las gravas** son fragmentos de rocas con partículas ocasionales de cuarzo, feldespato y otros minerales. En las partículas de **arena** predominan el cuarzo y el feldespato. A veces también pueden estar presentes granos de otros minerales. **Los limos** son las fracciones microscópicas del suelo que consisten en fragmentos de cuarzo muy finos y algunas partículas en forma laminar que son fragmentos de minerales micáceos. **Las arcillas** son en su mayoría partículas en forma de láminas microscópicas y submicroscópicas de mica, minerales de arcilla y otros minerales.

También (Crespo, 2004) define a los limos como suelos de grano fino con poca o ninguna plasticidad, pudiendo ser limo inorgánico como el producido en cantera, o limo orgánico como el que suele encontrarse en los ríos, siendo en este último caso de características plásticas. El diámetro de las partículas de los limos está comprendido entre 0.05 mm y 0.005 mm. Los limos sueltos y saturados son completamente inadecuados para soportar cargas por medio de zapatas. Su color varía desde gris claro a muy oscuro. La permeabilidad de los limos orgánicos es



muy baja y su compresibilidad muy alta. Los limos, de no encontrarse en estado denso, a menudo son considerados como suelos pobres para cimentar.

Tabla 2

Límites de separación de tamaño de suelo

Nombre de la organización	Tamaño de grano (mm)			
	Grava	Arena	limo	Arcilla
instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT)	>2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	<0.002
Departamento de Agricultura de E.U. (USDA)	>2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	<0.002
Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales del Transporte (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	<0.002
Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Cuerpo de ingenieros del Ejército de E.U. Oficina de Reclamación de E.U., Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	Finos (p.ej., limos y arcillas) <0.075	

Nota: Cuadro elaborado por (Braja M. Das, 2013)

2.2.1.4. Densidad de un Suelo.

El suelo como todo cuerpo poroso tiene dos densidades. La densidad real (densidad media de sus partículas sólidas) y la densidad aparente (teniendo en cuenta el volumen de poros). La densidad y el espacio poroso son dos propiedades físicas muy importantes del suelo ya que dependiendo de su condición se puede inferir la facilidad o no que tendrán las raíces para desarrollarse dentro del perfil y para tomar los nutrimentos que requieren entonces la medición que se haga de las mismas permite planear adecuadamente el manejo que se debe dar al suelo y el momento más adecuado para ellos (Bowies, 1981).

la densidad real está dada por la relación de la masa de “suelo seco” entre el “volumen compactado” expresados en gr/cm³. La densidad real es un indicador importante del suelo que nos ayuda a determinar el grado de compactación.

2.2.1.5. Cohesión de un Suelo.

La cohesión es una propiedad de los suelos que se da por la unión entre partículas, brindando una segmentación aparente a mayor tamaño de partículas menor cohesión, la forma de las partículas también es importante, pues una redonda



tiene menor cohesión que una angulosa, estas propiedades favorecidas por algunos minerales y la presión a largo plazo se puede aumentar con ayuda de agua pero en cantidades grandes es contraproducente ya que el líquido separa las partículas volviendo el suelo menos estable, los suelos con mayor cohesión aportan gran resistencia a la hora de construir son difíciles de atravesar en estado seco o con la humedad correcta lo que se traduce a la elección de base para la edificación.

Para la cohesión, sometemos la muestra a un estado de falla y según la “ASTM D2166”

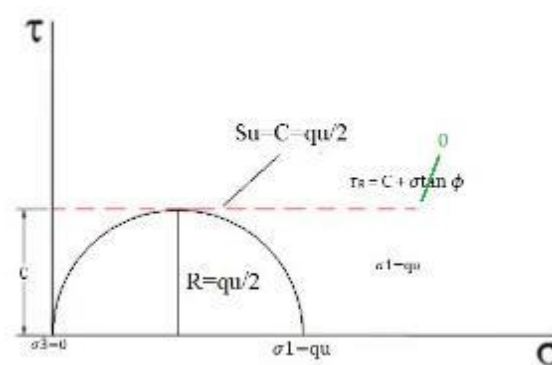
$Q_u = (P/A)$ donde:

P = carga aplicada dada, kPa (ton/pies²)

A = área transversal promedio correspondiente mm² (pulgadas²)

Método de Mohr Coulomb

En un sistema de coordenado σ vs τ considerado un sistema de esfuerzo sin confinamiento $\sigma_3=0$



La rapidez con que se aplica la carga incide en la resistencia al corte; ésta es conocida como S_u (resistencia al corte no drenado), donde ϕ es nulo y C es la mitad de q_u

$\tau_R = C + \sigma \tan \phi$; donde la envolvente de la resistencia es una línea horizontal y $\sigma \tan \phi$ tiende a cero al no tener pendiente, por lo tanto, la resistencia del material es función solamente de la cohesión.

2.2.1.6. Impermeabilidad de un Suelo.

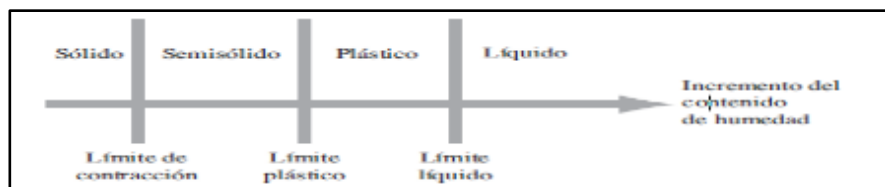
Se dice que un material es permeable cuando contiene vacíos continuos, estos vacíos existen en todos los suelos, incluyendo las arcillas más compactadas, y en todos los materiales de construcción no metálicos, incluido el granito sano y la pasta de cemento, por lo tanto, dichos materiales son permeables. La circulación de agua a través de la masa de estos obedece aproximadamente a las leyes idénticas, de modo que la diferencia entre una arena limpia y un granito es solo una diferencia de magnitud (Angelone, Garibay, & Cauhapé, 2006)

Si el agua se está filtrando, el esfuerzo efectivo en cualquier punto en una masa de suelo será diferente del caso estático, además de aumentar o disminuir, dependiendo de la dirección de la filtración (Braja M. Das, 2013).

2.2.1.7. Consistencia de un Suelo.

Cuando existen minerales de arcilla en un suelo de grano fino, éste puede ser remodelado en presencia de alguna humedad sin desmoronarse. Esta naturaleza cohesiva es debida al agua absorbida que rodea a las partículas de arcilla. A muy bajo contenido de agua, el suelo se comporta más como un líquido frágil. Cuando el contenido de agua es muy alto, el suelo y el agua fluyen como un líquido. Por lo tanto, dependiendo del contenido del agua, la naturaleza del comportamiento del suelo se clasifica arbitrariamente en cuatro estados básicos, denominados sólido, semisólido, plástico y líquido. Por lo tanto, sobre una base arbitraria, dependiendo del contenido de humedad, la naturaleza del comportamiento del suelo puede ser dividido en cuatro estados básicos: sólido, semisólido, plástico y líquido (Braja M. Das, 2013).

Figura 4
Límites de Atterberg



Nota: Elaborado por (Braja M. Das, 2013)

Los límites de Atterberg son para (Jimenez & DeJusto, 2018) una de las determinaciones que con más profusión se practican en los laboratorios de Mecánica



del Suelo. Su utilidad deriva de que, gracias a la experiencia acumulada en muchos miles de determinaciones, es suficiente conocer sus valores para poderse dar una idea del tipo de suelo y sus propiedades. Como, por otra parte, se trata de determinaciones sencillas y rápidas, permiten una pronta identificación de los suelos y la selección adecuada de muestras típicas para ser sometidas a ensayos más perfectos y complicados. Pertenecen, con el análisis granulométrico, al tipo de ensayos de identificación. Pero si el análisis granulométrico nos permite conocer la magnitud cuantitativa de la fracción fina, los límites de Atterberg nos indican su calidad, completando así el conocimiento del suelo.

Límite Líquido.

Según (Crespo, 2004) el límite líquido se define como el contenido de humedad expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra, con la cual el suelo cambia del estado líquido al plástico. De acuerdo con esta definición, los suelos plásticos tienen el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte, pero definida, y según Atterberg es de 25 g/cm². La cohesión de un suelo en límite líquido es prácticamente nula.

Límite Plástico.

Los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico. Para determinar el límite plástico, generalmente se hace uso del material que, mezclado con agua, ha sobrado de la prueba del límite líquido y al cual se le evapora humedad por mezclado hasta tener una mezcla plástica que sea fácilmente moldeable. Se forma luego una pequeña bola que deberá amasarse enseguida en la palma de la mano u una placa de vidrio formando filamentos (Crespo, 2004).

Índice de Plasticidad.

También (Crespo, 2004) denomina al índice de plasticidad o índice plástico (I.P.) a la diferencia numérica entre los límites líquido y plástico, e indica el margen de humedades dentro del cual se encuentra en estado plástico tal como definen los ensayos. Tanto el límite líquido como el plástico dependen de la cantidad y tipo de arcilla del suelo; sin embargo, el índice plástico depende generalmente de la cantidad de arcilla del suelo.



2.2.1.8. Exploración de suelos y criterios para la sub-rasante

Técnicas de investigación de campo. El número de puntos de investigación será de acuerdo al tipo de vía, específicamente en esta investigación se trabajará en vías locales que tiene un parámetro de 01 puntos de investigación por cada 1800m². Estos se ubicarán preferentemente en los cruces de vías. Tendrán una profundidad mínima de 1.50m por debajo de la cota rasante. Se tomará por lo menos una muestra representativa de cada tipo de suelo para su ensayo en laboratorio. (RNE, 2006)

Control y tolerancia en la subrasante. a) La humedad de compactación no deberá variar en $\pm 2\%$ del Optimo Contenido de Humedad a fin de lograr los porcentajes de compactación especificados. b) El grado de compactación requerido será del 95% de su Máxima Densidad Seca Teórica Proctor Modificado (NTP 339.141:1999) en suelos granulares y del 95% de su Máxima Densidad Seca Teórica Proctor Estándar (NTP 339.142:1999) en suelos finos. Se tolerará hasta dos puntos porcentuales menos en cualquier caso aislado, siempre que la media aritmética de 6 puntos de la misma compactación sea igual o superior al especificado. c) Se determinará el CBR in-situ según lo indicado en la Tabla 23. Esta información, conjuntamente con la densidad de campo, se usará para verificar el CBR de diseño. d) Respecto de las cotas del proyecto, se permitirá una tolerancia de ± 20 mm. e) La tolerancia por exceso en el bombeo será de hasta 20%. No se tolerarán errores por defecto en la flecha del bombeo. f) Donde se haya estabilizado la sub-rasante, se verificará los valores propuestos por el PR en el Proyecto para el agente estabilizador utilizado, con un mínimo de tres verificaciones por cada tipo de agente estabilizador. (RNE, 2006)

Soporte de la subrasante.: Excelente a Bueno. Los suelos de sub-rasante Excelentes no se ven afectados por la humedad o por el congelamiento. Ellos incluyen arenas o gravas limpias y angulosas, particularmente aquellas que son bien graduadas. Propiedades típicas: Módulo Resiliente ≥ 170 MPa (25,000 psi), CBR $\geq 17\%$. Los suelos de sub-rasante Buenos retienen una cantidad sustancial de su capacidad de soportar cargas cuando están húmedos. Incluyen las arenas limpias, arenas con gravas y suelos libres de cantidades perjudiciales de materiales plásticos. Propiedades típicas: 80 MPa (12,000 psi) < Módulo Resiliente <170 MPa (25,000 psi); $8\% < \text{CBR} < 17\%$. **Regular**, los suelos de sub-rasante son moderadamente estables bajo condiciones adversas de humedad. Incluye suelos como arenas



eólicas, arenas limosas y arenas gravosas que contienen cantidades moderadas de arcillas y limos. Propiedades típicas: 30 MPa (4,500 psi) < Módulo Resiliente < 80 MPa (12,000 psi) y 3% < CBR < 8%. **Pobre**, Suelos blandos y plásticos cuando están húmedos. Incluyen suelos con cantidades apreciables de arcillas y limos. Los limos gruesos y arenas eólicas arenosos también pueden mostrar pobres capacidades portantes en áreas donde la penetración por helada dentro de la sub-rasante es un factor. Propiedades típicas: Módulo Resiliente \leq 30 MPa (4,500 psi), CBR \leq 3%. (RNE, 2006)

Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada, dentro de la faja que cubre el ancho de la calzada, a distancias aproximadamente iguales; para luego, si se considera necesario, densificar la exploración en puntos singulares del trazo de la vía (MTC-Manual de Carreteras, 2014).

Tabla 3
Determinación del número de calicatas para exploración de suelos.

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
		Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido	
		Calzada 4 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido	
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido	
		Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido	
		Calzada 4 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	4 calicatas x km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	3 calicatas x km	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	2 calicatas x km	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA s 200 veh/día de una calzada.	1.50m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	1 calicata x km	

Nota: (MTC-Manual de Carreteras, 2014)

2.2.2. Residuo Industrial Castañoero.

2.2.2.1. La castaña

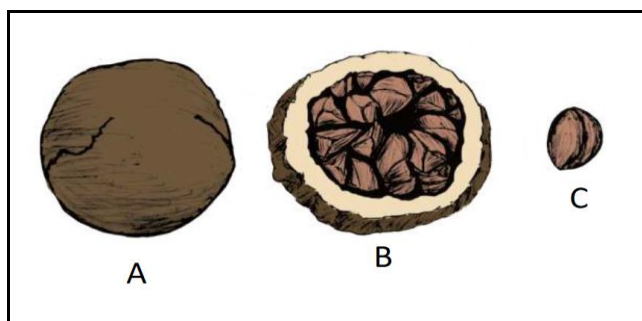
La castaña es la nuez representativa de la amazonia peruana exclusivamente de la región de Madre de Dios, trabajándose de forma artesanal e industrial, siendo una actividad sostenible, sustentable y no invasiva.

(Corvera, 2014) define a la castaña amazónica (*Bertholletia excelsa*) como perteneciente a la familia botánica Lecythidaceae, es una de las especies forestales más importantes del extractivismo en la Amazonía sur americana. Tiene una participación importante en la generación de divisas para la región mediante la exportación de sus semillas (nueces) a los mercados internacionales.

La castaña amazónica crece de manera silvestre en las regiones tropicales de América; principalmente en los bosques de la amazonia peruana, boliviana y brasileña (...) El fruto es una capsula de tipo pixidio incompleto llamado popularmente “coco”, en español; y “ouriço”, en portugués. Es esférico o ligeramente achatado, con cascara dura y leñosa (...) Las semillas tienen forma triangular-angulosa de 4 a 7 cm de longitud, con cascara coriácea y rugosa (MINAM, 2014).

Figura 5

Estructura de la castaña amazónica: (A) fruto, (B) distribución y (C) semilla



Nota: Nombre científico *Bertholletia Excelsa*

2.2.2.2. La Industria de la Castaña en el Perú.

La industria castañera hoy en día es una de las principales actividades económicas sostenibles del departamento de Madre de Dios, dando trabajo y sostén económico a las familias madreñosenses. Actualmente existen más 30 empresas dedicadas a la producción, comercialización de la castaña amazónica.

Madre de Dios es el único departamento – región - del Perú donde se encuentran árboles de castaña en densidad suficiente que permite el aprovechamiento económico de su nuez. Se estima que los bosques naturales con castaña ocupan aproximadamente un área de 2.5 millones de ha, que representa el 30% de la superficie del departamento (Corvera, 2014)

Pese a no existir una estadística oficial, según (MINAM, 2014) “se estima que el número de personas involucradas directa e indirectamente en esta actividad oscila entre 15000 y 20000 personas”, es decir, para esos años alrededor del 20% de la población de Madre de Dios estaba vinculada a la actividad castañera.

Tabla 4
Principales empresas exportadoras de 2021

EMPRESAS	2019	2020	2021	Var. % 2020/2019	Var. % 2021/2020	Part. % 2021
WHITE LION NUTS S.A.C.	816,330	4,246,990	14,651,354	420.3%	245.0%	30.7%
EL BOSQUE EMPRESA INDIVIDUAL DE R LTOA	6,764,933	4,468,899	8,175,788	-33.9%	82.9%	17.1%
AGRICOLAS V FORESTALES SAC	4,259,797	4,079,369	5,531,032	-4.2%	35.6%	11.6%
LA NUEZ S.R.L.	3,198,834	3,750,953	5,029,962	17.3%	34.1%	10.5%
COM ALT DE PROD NO TRAD Y DES EN LAT AME	2,461,934	2,625,284	3,646,955	6.6%	38.9%	7.6%
AGROFINO FOODS S.A.C.	3,277,893	2,767,138	3,188,175	-15.6%	15.2%	6.7%
NUTREE CORPORATION SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA-NUTREECORP.S.R.L.	1,428,826	807,700	2,424,798	-43.5%	200.2%	5.1%
COMERCIAL FOODS CORPORATION S.A.C	898,656	673,129	1,117,100	-25.1%	66.0%	2.3%
FAST-TRADE DEL PERU SRL	1,117,360	1,119,932	1,001,310	0.2%	-10.6%	2.1%
ASOCIACION FORESTAL INDIGENA MADRE DE DIOS - AFIMAO		600,453	450,903		-24.9%	0.9%
OTROS	9,351,387	3,801,202	2,570,610	-59.4%	-32.4%	5.4%
TOTAL	33575950.00	28941049.00	47787987.00	-13.8%	65.1%	100%

Nota: Cuadro elaborado por (MIDAGRI, 2021).

Según el reporte estadístico de (MIDAGRI, 2021) “se han registrado más de 30 países de destino para esta materia prima, principalmente; Corea del Sur, Estados Unidos y Federación Rusa donde estos representan el 75% del mercado actual”

2.2.2.3. Residuos industriales.

Según (Castells, 2012) todas las legislaciones suelen definir el residuo de una manera similar: como aquella sustancia u objeto que no resulta útil para su poseedor y por la cual tenga la intención, o bien la obligación de desprenderse de ella (...) Así, las diversas autoridades ambientales han dictado normas para reducir el efecto



de los vertederos a base de prohibir la apertura de nuevas instalaciones, aplicar un precio alto de vertido, establecer cánones o disposiciones que invaliden el vertido.

También (Castells, 2012) informa que la implementación de sistemas de minimización en la generación de residuos y emisiones contaminantes muchas veces lleva implícita una modificación técnica de los procesos productivos, mediante la sustitución de materiales y cambios en el diseño de nuevos productos. La posibilidad de disminuir los impactos medioambientales se realiza a través de la aplicación de las buenas prácticas medioambientales. Los manuales de buenas prácticas recogen los procedimientos destinados a evitar la formación de residuos generados en un proceso productivo, disminuyendo los impactos ambientales sobre el medio. Las buenas prácticas son adecuadas por su simplicidad y bajo coste, y por los rápidos resultados obtenidos sin afectar en los procesos productivos.

2.2.2.4. Residuo castaño

Cenizas de cascara de castaña

La cenizas producto de la combustión de la cascara de castaña son residuos generados en los hornos horizontales de secado, este polvo mineral es de color gris claro y están compuestos principalmente por sílice (SiO_2), alúmina (Al_2O_3), óxido férrico (Fe_2O_3), cal (CaO), carbón sin quemar y otros tantos elementos. Como producto residual no tiene un gran impacto sobre los suelos, pero en grandes cantidades vertidas en quebradas o cursos de aguas menores modifican el ecosistema afectando principalmente a la fauna acuática.

Tabla 5

Caracterización química de la ceniza de la cascara de castaña amazónica.

ID	COMPOSICION QUIMICA	CANTIDAD (%)
01	Óxido de Sílice (SiO_2)	4.3
02	Óxido de Potasio (K_2O)	8.77
03	Óxido de Hierro (Fe_2O_3)	1.4
04	Óxido de Calcio (CaO)	4.8
05	Óxido de Magnesio (MgO)	5.2
06	Otros	75.53

Nota: Análisis fisicoquímico



Cáscara de Natural de Castaña

La cáscara fraccionada producto de pelar el fruto de la castaña es una fuente reutilizable para generar energía en los hornos de secado, es un producto residual poco atractivo, ya que se caracteriza por ser un material leñoso de difícil descomposición a la intemperie. Se vierte principalmente en los ahuellamientos de trochas y caminos como material de relleno que con el tiempo se mezcla con el suelo natural proporcionando una solución improvisada en estas vías. También son apiladas y quemadas de forma no controlada para poder disminuir su volumen y ser desechadas más fácilmente.

Tabla 6

Caracterización química de la cascara de castaña amazónica.

	Cascara de castaña (% sobre base seca)
Cenizas	0.83
Extractos:	
Agua fría	3.85
Agua caliente	26.87
1% NaOH	71.32
Material libre de extractos	65.48
Lignina insoluble en ácido	29.15
Lignino soluble en ácido	2.83
Celulosa	19.20
Azúcares totales	33.82
Monosacáridos:	32.70
Glucosa	1.923
Galactosa	2.98
Xilosa	6.45
Arabinosa	2.52
Monosa	1.52

Nota: Elaborado por (Santos, 2013)

La cascara de castaña según (MINAM, 2014) tiene forma triangular angulosa de cascara coriácea y rugosa que se “asemeja” a la corteza de la madera. También se observa en la tabla 06 que las proporciones del lignina y celulosa están proporcionalmente en relación de 1/10 aproximadamente, es decir existe mayor aprovechamiento de la celulosa que la lignina. El proceso químico aplicado a la cascara de castaña en la investigación no es 100% la deslignificación del material,



más solamente reducir ese porcentaje para que la caracterización del producto sea de “fibra”. También para futuras investigaciones se podría utilizar el “polímero” lignina de la cascara de castaña como parte de otras aplicaciones a suelos marginales.

2.2.2.5. Fibras y microfibras

En la industria de la construcción se ha masificado la utilización de fibras sintéticas, como micro fibras y macro fibras para el mejoramiento de suelos y concreto mejorando en ciertos aspectos las propiedades de los materiales.

Las microfibras tienen un diámetro muy pequeño, aproximadamente entre 10 y 40 micrómetros y debido a este tamaño se distribuyen de manera uniforme en las mezclas de los materiales lo que permite un mejor control de fisuración y permeabilidad.

Aun se siguen ensayando tipos de microfibras en la actualidad siendo parte esencial la utilización de nuevos productos naturales que produzcan las industrias de cualquier tipo, de ahí podemos expresar: las plumas de las industrias avícolas, cerdas y pelos de las industrias ganaderas y ovinas, cascara de castaña de la industria castañera y un sinfín de productos residuales. Estos productos, son desechos industriales que a veces no tiene un manejo apropiado.

La novedad tecnológica más reciente en Latinoamérica son las microfibras aditivadas. Estas fibras, a las que se han agregado diversos compuestos, solucionan otras necesidades de los productores de concreto y los usuarios de alta tecnología. Esta versión nació de algunas deficiencias en la dosificación de las microfibras y en la conservación del asentamiento del concreto, dado que la dispersión y mezclado homogéneo de las microfibras es más difícil con una dosificación de 600 g/m³, y considerando también su mayor grosor, las dosificaciones de 300 g/m³ de microfibras HP representan no solo ventajas económicas, sino que garantizan, además, que el asentamiento original se mantenga sin cambio alguno (360 En Concreto , 2023)

2.2.2.6. Proceso de Deslignificación

La Lignina

La estructura básica de la lignina consiste principalmente en tres monómeros alcoholes fenilpropanos, a saber, alcoholes cólicos, coniferílicos y sinálicos. Es una



macromolécula formada por polimerización oxidativa de monómeros de tipo fenilpropano. La lignina es el polímero natural más abundante del mundo después de la celulosa (Dhia, 2021).

Hemicelulosa

Las hemicelulosas son un componente significativo de la pared de la célula vegetal. A diferencia de otros polisacáridos derivados de plantas como celulosa, almidón, pectinas y encías, las hemicelulosas no tienen un valor comercial comparable (Dhia, 2021)

Deslignificación

La madera presenta una composición compleja, la celulosa es el elemento básico de la pared de las células. Unos elementos fundamentales aseguran la unión de las fibras que son principalmente la lignina el terpeno, la resina, fenoles y taninos. De esto, el proceso de producción de la celulosa consiste principalmente a separar las fibras celulósicas mecánicamente o por eliminación de la lignina por reacciones químicas (Dhia, 2021).

Pasta termo mecánica (TMP)

Los troncos, cortados en astillas y lavadas para eliminar los restos de arenas y polvo, se calientan mediante vapor para ablandarlas y son introducidas con agua a presión en el refinador (Dhia, 2021).

Pasta química o pasta Kraft: Procedimiento al sulfato

Como en el proceso TMP, los troncos son cortados y lavados antes de pasar a la etapa de fabricación de pasta. Las astillas son introducidas en un recipiente de cocción llamado digestor. En este procedimiento se añade productos químicos por la eliminación de la lignina. La temperatura del digestor se aumenta hasta 150-200°C. Después, la pasta se criba y se elimina los haces de fibras que no se han separado. Las mayorías de las sustancias químicas utilizadas en este proceso serán recicladas para un posterior uso (Dhia, 2021).

2.2.3. Biopolímeros

Los biopolímeros se pueden catalogar en función de diferentes términos, incluida la biodegradabilidad (biodegradable y no biodegradable) y la fuente de materias primas. Se pueden considerar tres grupos al clasificar los biopolímeros en



función de su fuente de origen: biopolímeros de origen vegetal, biopolímeros de origen animal y biopolímeros producidos por microorganismos.

2.2.4. Normalización

2.2.4.1. ASTM D427_04

Este método de prueba cubre un procedimiento para la obtención de los datos que se utiliza para calcular el límite de contracción y la relación de encogimiento. Este método de prueba utiliza mercurio que es una peligrosas sustancia. Método de Prueba D 4943 no utiliza mercurio y es una alternativa aceptable para este procedimiento. El límite líquido, límite plástico, y límite de contracción son a menudo denominados colectivamente como la Atterberg Límites en reconocimiento de su formación por el científico de suelo sueco, A. Atterberg. Estos contenidos de agua se distinguen de los límites de los diversos estados de consistencia de los suelos cohesivos. Este método de ensayo se realiza sólo en la porción de un suelo que pasa el tamiz 425 mm (No. 40). La contribución relativa de esta porción del terreno debe ser considerado cuando se utiliza este método de ensayo para evaluar las propiedades de la tierra como un todo. Los valores indicados en unidades SI deben ser considerados como el estándar. Los valores indicados en unidades pulgada-libra son aproximados y dado por sólo orientación. Informe de los resultados de las pruebas en unidades distintas de la IS no se considerará como no conformidad con esta norma. Todos los valores observados y calculados se ajustarán a las directrices para dígitos significativos y las prácticas de redondeo establecidas en la norma ASTM D 6026 (ASTM D427, 2004).

2.2.4.2. ASTM D7263_21

Estos métodos de ensayo describen dos formas de determinar la densidad total/húmeda y seca (pesos unitarios) de especímenes de suelo intactos, alterados, remolcados y reconstituidos (compactados). Densidad (peso unitario) tal como se utiliza en este estándar significa la misma densidad aparente del suelo definida por la Soil Science Society of America. Se pueden obtener muestras intactas a partir de tubos de muestreo de paredes delgadas, muestras de bloques o terrones. También pueden medirse mediante estos métodos las especies que se remolcan mediante procedimientos de compactación dinámicos o estáticos. Estos métodos se aplican a los suelos que conservarán su forma durante el proceso de medición y también



pueden aplicarse a otros materiales como el suelo-cemento, la tierra-cal, la bentonita del suelo o los lodos solidificados del suelo-bentonita-cemento. Es común que la densidad (peso unitario) de las muestras tras su extracción de los tubos de muestreo y los moldes de compactación sea inferior al valor basado en volúmenes de tubo o molde, o de condiciones in situ. Esto se debe a la hinchazón de la muestra después de la eliminación de las presiones laterales (ASTM D7263, 2021).

$$\rho_m = \frac{M_t}{V}$$
$$\rho_d = \frac{P_m}{\left(1 + \frac{w}{100}\right)}$$

2.2.4.3. ASTM D2166_06

El propósito primario del ensayo de compresión no confinada es obtener lo más rápido posible una medición de la resistencia a la compresión de suelos que posean suficiente cohesión como para realizar ensayos en el estado no confinado. Para muestras no confinadas para resistencia a la compresión, la resistencia al corte se calcula como 1/2 de la resistencia a la compresión en la falla. Calcule la resistencia a la compresión, σ_c , a tres cifras significativas, o lo más cercano a 1 kPa (0.001 ton/pies²) para una carga determinada (ASTM D2166, 2006), como sigue:

$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$

P = carga aplicada dada, kPa (ton/pies²)

A = área transversal promedio correspondiente mm² (pulgadas²)

2.2.4.4. ASTM D4318_17

Estos métodos de prueba cubren la determinación del límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad de los suelos. Se proporcionan dos métodos para determinar el límite líquido de la siguiente manera: Método Límite Líquido A (Método Multipunto) y Método Límite Líquido B (Método de un punto). La prueba de límite de plástico, Método para límite de plástico, se realiza en material preparado para la prueba de límite de líquido. Al determinar el límite de plástico, se proporcionan dos procedimientos para extender porciones de la muestra de prueba



de la siguiente manera: Procedimiento de laminado de límite de plástico 1 (Balanceo manual) y Procedimiento de laminado de límite de plástico 2 (Uso del dispositivo de rodillo). El índice de plasticidad, Método para índice de plasticidad, se calcula utilizando los resultados del límite de líquidos y las pruebas de límite de plástico (ASTM D4318, 2017).

2.2.4.5. UNE EN 772-11:2011

El número mínimo de especímenes será seis, pero se puede especificar un número mínimo mayor en la especificación del producto, en cuyo caso se utilizará ese número mayor. Secar las muestras de ensayo a masa constante $m_{dry,s}$ seco en un horno ventilado a una temperatura de $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para piezas para fábrica de albañilería de hormigón, hormigón celular curado en autoclave, piedra natural y unidades de mampostería de piedra fabricada, o $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para unidades de mampostería de arcilla. Se alcanza una masa constante, si durante el proceso de secado en dos pesajes posteriores con un intervalo de 24 h, la pérdida de masa entre las dos determinaciones no es superior al 0,1 % de la masa total (UNE EN_772-11, 2011). La tasa inicial de absorción de agua por capilaridad (C_{ini}) se define como:

$$C_{ini} = \frac{m_{1\text{min}} - m_d}{A * t} * 10^3 \quad (kg * m^{-2} * min^{-1})$$

7 medidas durante una hora, a diferentes tiempos: 1, 3, 5, 10, 15, 30 y 60 minutos. Utilizando los datos de $t = 1$ minuto, como indica la norma para las piezas de arcilla cocida.

2.3. Hipótesis.

2.3.1. Hipótesis General.

El residuo industrial castaño y xhantan mejoran las propiedades físicas, mecánicas y de impermeabilidad de un suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023.

2.3.2. Sub Hipótesis

Sub Hipótesis N°01

La adición de microfibras de la cascara de castaña (MFC) afecta significativamente la densidad del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023.



Sub Hipótesis N°02

La adición de microfibras de la cascara de castaña (MFC) afecta significativamente la cohesión del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023.

Sub Hipótesis N°03

La adición de microfibras de la cascara de castaña (MFC) afecta significativamente la absorción capilar del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023.

Sub Hipótesis N°04

La adición de microfibras de la cascara de castaña (MFC) afecta significativamente el índice plástico del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023.

Sub Hipótesis N°05

La adición del biopolímero de biopolímero xanthan gum (BPX) afecta de manera la densidad del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023.

Sub Hipótesis N°06

La adición del biopolímero de biopolímero xanthan gum (BPX) afecta de manera la cohesión del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023.

Sub Hipótesis N°07

La adición del biopolímero de biopolímero xanthan gum (BPX) afecta de manera la absorción capilar del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023.

Sub Hipótesis N°08

La adición del biopolímero de biopolímero xanthan gum (BPX) afecta de manera el índice plástico del suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023.



2.4. Definición de Variables.

2.4.1. Variables Independientes.

Variable X-1:

Microfibra de cáscara de castaña resultado de un proceso químico de los residuos naturales derivadas de la industria de la castaña.

Subdimensión X-1:

Microfibra de castaña (MFC) en Kg y según porcentajes de los materiales

Variable X-2:

Biopolímero Xanthan gum, es producto con propiedades gelificantes y espesante usado en la industria alimentaria

Subdimensión X-2:

Biopolímero Xanthan gum (BPX) en Kg y según porcentajes de los materiales

2.4.2. Variables dependientes.

Variable Y-1:

Propiedad Física, densidad Seca en gr/cm^3

Variable Y-2:

Propiedad mecánica, cohesión en kg/cm^2

Variable Y-3:

Propiedad de Impermeabilidad, ascensión capilar en $\text{gr}/(\text{m}^2*\text{s})$

Variable Y-4:

Propiedad de Plasticidad, índice plasticidad en %



2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables

Variable	Tipo	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Sub Dimensiones	Indicador	Técnica	Instrumento metodológico	Validación	Instrumento y/o equipo de ingeniería	Calibración del equipo de ingeniería	Escala	Rango de valores esperados			
Residuo Industrial Castaño y Xhantán gum	Independiente	Los residuos industriales son desechos que muy difícilmente son manejados por las empresas, y a través de un tratamiento químico se obtuvo una microfibras como derivado de la cáscara de castaña. El xanthan gum es un biopolímero utilizado en la industria alimentaria.		Residuo Tratado	Microfibras de cáscara de castaña (MFC)	Microfibras de castaña 1:1:1 $% MFC = W_{MFC} / W_{SS}$	Observación estructurada	Peso de las sustancias según el Manual de procedimientos analíticos para suelos y agregados de construcción de la Universidad de Piura.	Norma técnica ASTM C123	Horno estufa de tiro forzado con termostato controlado de precisión +/- 5°C, calibrado Balanza de precisión con capacidad de 2000 g y lectura mínima de 0,1 gramo, calibrada. Batidora de mezclas de suelo de 1300 watts de potencia y 140 rev/min. Gato hidráulico de 8 tn, prensador de muestras.	Fabricante o vendedor	Razón	0% 1.00% 2.00%			
				Biopolímero	Biopolímero xanthan gum (BPX)	Biopolímero xhantán $%BPX = W_{ABX} / W_{SS}$							0% 1.25% 2.50%			
Propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad de un suelo limoso	Dependiente	Son las propiedades que se pueden medir tales como la geometría y el peso arenoso (Braja M. Das, 2013).	Resulta de dividir el peso seco del espécimen entre el volumen del espécimen	Propiedad Física		Densidad seca $D_S = W_{esp} / Vol_{esp}$	Experimentación	Diseño experimental D—Optimizado con réplicas y puntos centrales	ASTM D7263	Vernier calibrado. Balanza de 2000 g y lectura mínima de 0,1 gramo, calibrada. Horno estufa de tiro forzado con termostato controlado de precisión +/- 5°C, calibrado	Fabricante o vendedor	Razón	1.6 a 1.9 g/cm ³			
				Propiedad mecánica		Cohesión $C = 1/2 * F_v$ F_v : resistencia a la compresión simple del espécimen							ASTM D2166	Máquina de compresión simple calibrada	Fabricante o vendedor	1 a 20 kg/cm ²
				Propiedad de impermeabilidad		Ascensión capilar: C_w : coeficiente de absorción de agua debida a la capilaridad M_{iso} : peso de la muestra humedad M_{dry} : peso de la muestra seca. A_s : área de la sección de la muestra. t_{so} : tiempo de la succión en minutos							EN 772-11:2011	Vernier calibrado Balanza de 2000 g y lectura mínima de 0,1 gramo, calibrada. Horno estufa de tiro forzado con termostato controlado de precisión +/- 5°C, calibrado. Cronómetro.	Fabricante o vendedor	10% a 40%
				Propiedad de plasticidad		Índice de Plasticidad $LL_{esp} = w\%$ $LP_{esp} = w\%$ $I.P._{esp} = (LL-LP) \%$							ASTM D4318	Cuchara de Casagrande Vernier calibrado Balanza de 2000 g y lectura mínima de 0,1 gramo, calibrada. Horno estufa de tiro forzado con termostato controlado de precisión +/- 5°C, calibrado.	Fabricante o vendedor	4% a 9%

Capítulo III: Metodología.

3.1. Metodología de la Investigación.

3.1.1. Enfoque de la Investigación.

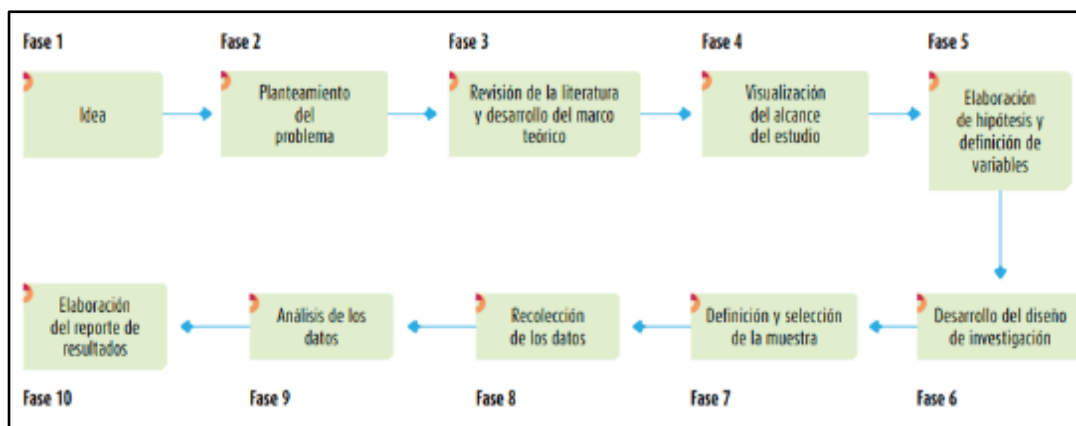
Según (Hernandez Sampieri & Mendoza Torres, 2018) la investigación a realizar será una investigación **Cuantitativa** ya que deduciremos, mediremos y/o calcularemos las propiedades de cohesión, densidad, capilaridad y plasticidad.

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, para poder demostrar la hipótesis con base a la medición numérica y un análisis estadístico, las cuales nos permitirán probar teorías, definiendo pautas y modelos del comportamiento (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2014)

Nuestra investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que se obtendrán y procesarán datos numéricos de los ensayos: densidad, cohesión, absorción capilar y plasticidad. Produciéndose resultados que validen las hipótesis que son formuladas a través de las conclusiones.

Figura 6

Flujograma de una investigación con enfoque cuantitativo



Nota: Elaborado por (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2014)

3.1.2. Nivel o Alcance de la Investigación.

Según (Hernandez Sampieri & Mendoza Torres, 2018) el nivel de investigación será Explicativa Causal, ya que se conocerá el comportamiento de las variables.



Nos ayuda a determinar los rasgos, características y particularidades más importantes de cualquier hecho analizado, también es posible generalizar resultados de manera amplia, nos brinda un control de los hechos; asimismo podemos emitir replicas y comparación de estudios. Esta presente investigación determina cuantificar y observar el incremento de las particularidades de carácter mecánico y físico de conformidad a la incorporación de los residuos castañeros (MFC) y xhantan (BPX) que se desarrollara en el suelo de la subrasante del suelo limoso, que se formuló con la deducción, verificando su veracidad con procesos de investigativos experimentales.

3.1.3. Método de Investigación.

Según (Hernandez Sampieri & Mendoza Torres, 2018) la investigación será Hipotética-Deductiva ya que primero haremos hipótesis del comportamiento y luego la validaremos o negaremos con los ensayos cuantitativos que se realizarán en los laboratorios con los instrumentos validados.

La presente investigación viene hacer hipotética – deductiva por que al inicio se formularon teorías, y preguntas que posteriormente se usó la lógica y el razonamiento deductivo lo cual nos resultan expresiones lógicas que se denominan hipótesis, con los datos respectivos llevarlos a prueba y obtener resultados comparables.

3.2. Diseño de la Investigación.

3.2.1. Diseño Metodológico.

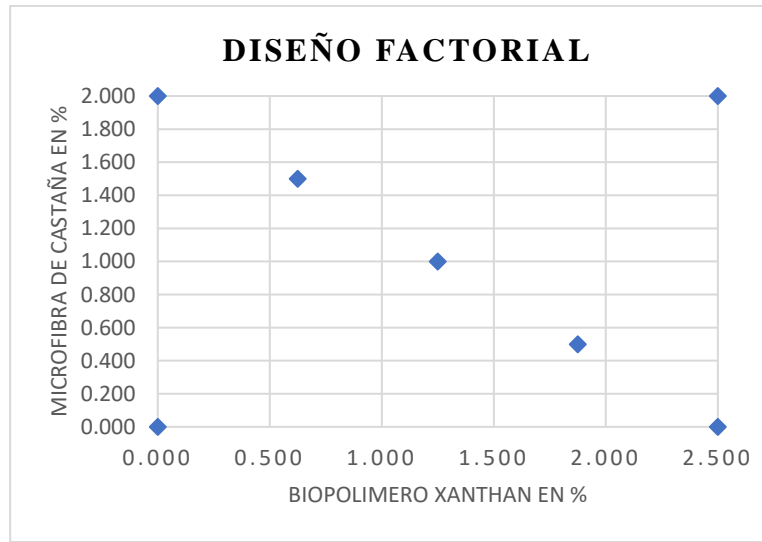
Nuestro diseño experimental implica un control en el cual se manipulan, de forma intencionada las variables independientes (Causas) para así llegar a estudiar las consecuencias de tal manipulación en las variables dependientes (efectos).

Dado que la presente investigación presenta un diseño metodológico experimental, donde se puede ver la influencia del mejorador Microfibra de Cascara de Castaña (causa) en función de porcentajes controlados al 0.00%, a 2.00% y biopolímero xhantan de 0.00% a 2.50% dentro de las propiedades físico, mecánicas, impermeabilidad y plasticidad de suelos limos (efecto), considerado para la subrasante.

El número de muestra fue calculado mediante el software MODDE 13 PRO aplicando un método factorial completo de 2 niveles, ortogonal y balanceado, con un punto central y dos replicas, con el cual se alcanza un poder de 88%. Los factores de diseño han sido para BPX (0.00% – 2.50%) y MFC (0.00% – 2.00%) y respuestas en Ds, C, Cw y IP.

Tabla 7

Diseño factorial de 4 puntos, una central y 2 replicas



Nota: MFC (0% -2%) y BPX (0%-2.5).

Tabla 8

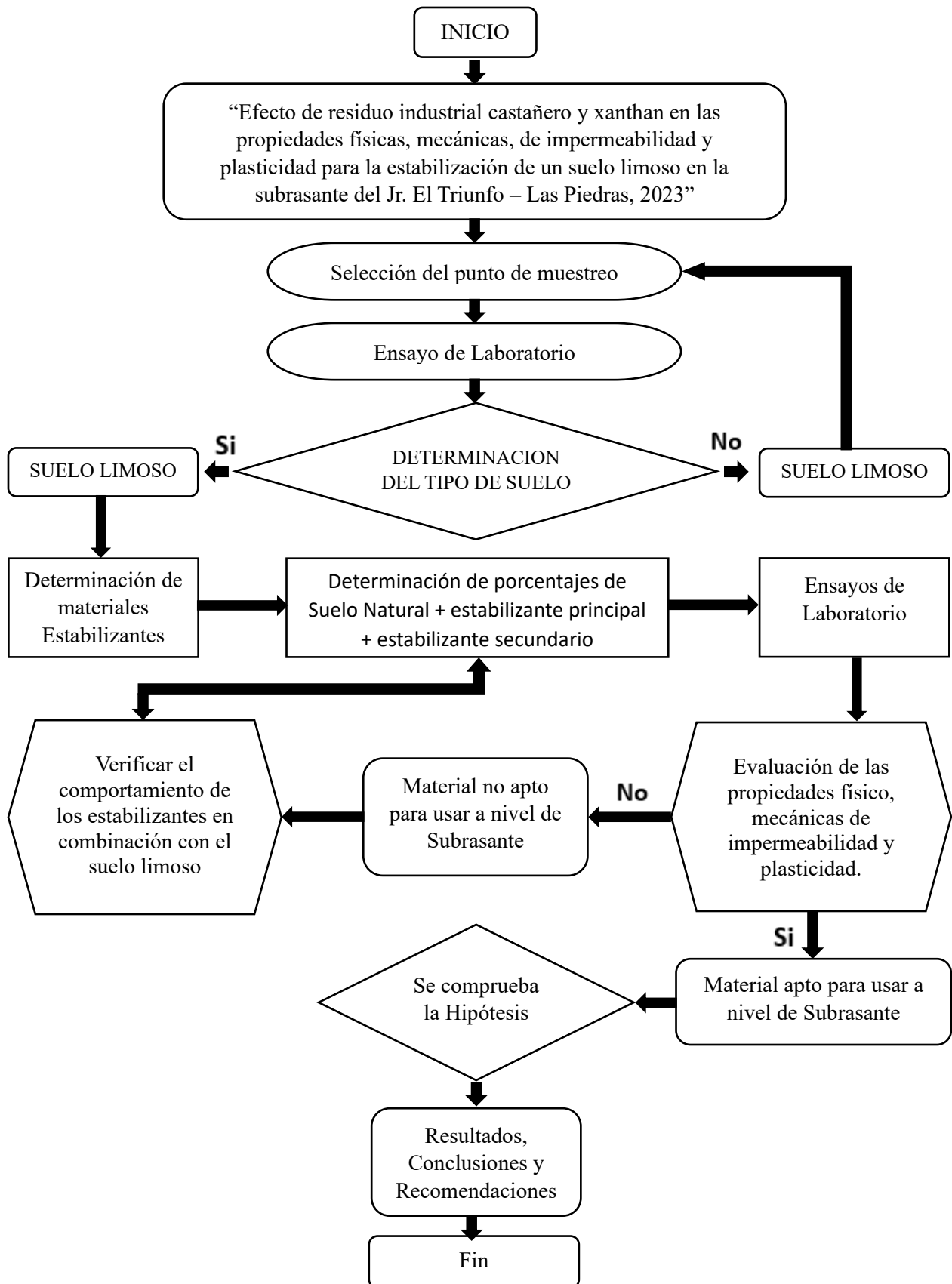
Dosificaciones para ensayos de laboratorio con microfibrilla y xantano

M	Xanthan (%)	MicroCasta (%)	SueloNat (g)	Agua (g)
M-01	2.500	0.000	799.5	3.9
M-02	2.500	0.000	799.5	3.9
M-03	2.500	0.000	799.5	3.9
M-04	0.000	2.000	803.6	3.9
M-05	2.500	2.000	783.1	3.9
M-06	0.000	0.000	820.0	3.9
M-07	2.500	2.000	783.1	3.9
M-08	1.250	1.000	801.6	3.9
M-09	1.250	1.000	801.6	3.9
M-10	1.250	1.000	801.6	3.9
M-11	0.000	0.000	820.0	3.9
M-12	0.000	2.000	803.6	3.9
M-13	0.000	0.000	820.0	3.9
M-14	2.500	2.000	783.1	3.9
M-15	0.000	2.000	803.6	3.9
M-16	0.625	1.500	804.4	3.9
M-17	0.625	1.500	804.4	3.9
M-18	1.875	0.500	798.7	3.9
M-19	1.875	0.500	798.7	3.9

Nota: Cuadro resumen de cantidades en porcentajes de la MFC y BPX. Asimismo, el suelo natural y agua en gramos de los 19 especímenes.



3.2.2. Diseño de Ingeniería.





3.3. Población y Muestra.

3.3.1. Población.

La presente investigación se delimita la población a los suelos limos que existen en el Jr. El Triunfo en la A.P.V. Villa Terrasol C.P. El Triunfo del distrito Las Piedras -Tambopata – Madre de Dios. Tramo que no está pavimentado.

La población o universo es el conjunto de todos los datos que presenten similitudes o concuerden con una serie de semejanzas (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2014)

3.3.1.1. Descripción de la Población.

La población está conformada por suelos limos que está comprendida dentro del Jr. El Triunfo en la APV Villa Terrasol C.P. El Triunfo del distrito Las Piedras - Tambopata – Madre de Dios con una distancia aproximada de 300.00 m., El cual no se encuentra pavimentada. El Jr. El Triunfo en este caso presenta suelos Limos, los cuales serán considerados para los fines de esta presente investigación.

3.3.1.2. Cuantificación de la Población.

La población está conformada por suelos limos que tienen clasificación mediante el sistema SUCS como limos de baja plasticidad (OL) o mediante el sistema AASHTO en los rangos A-04 para toda la extensión del Jr. El Triunfo, Las Piedras, Tambopata, Madre de Dios

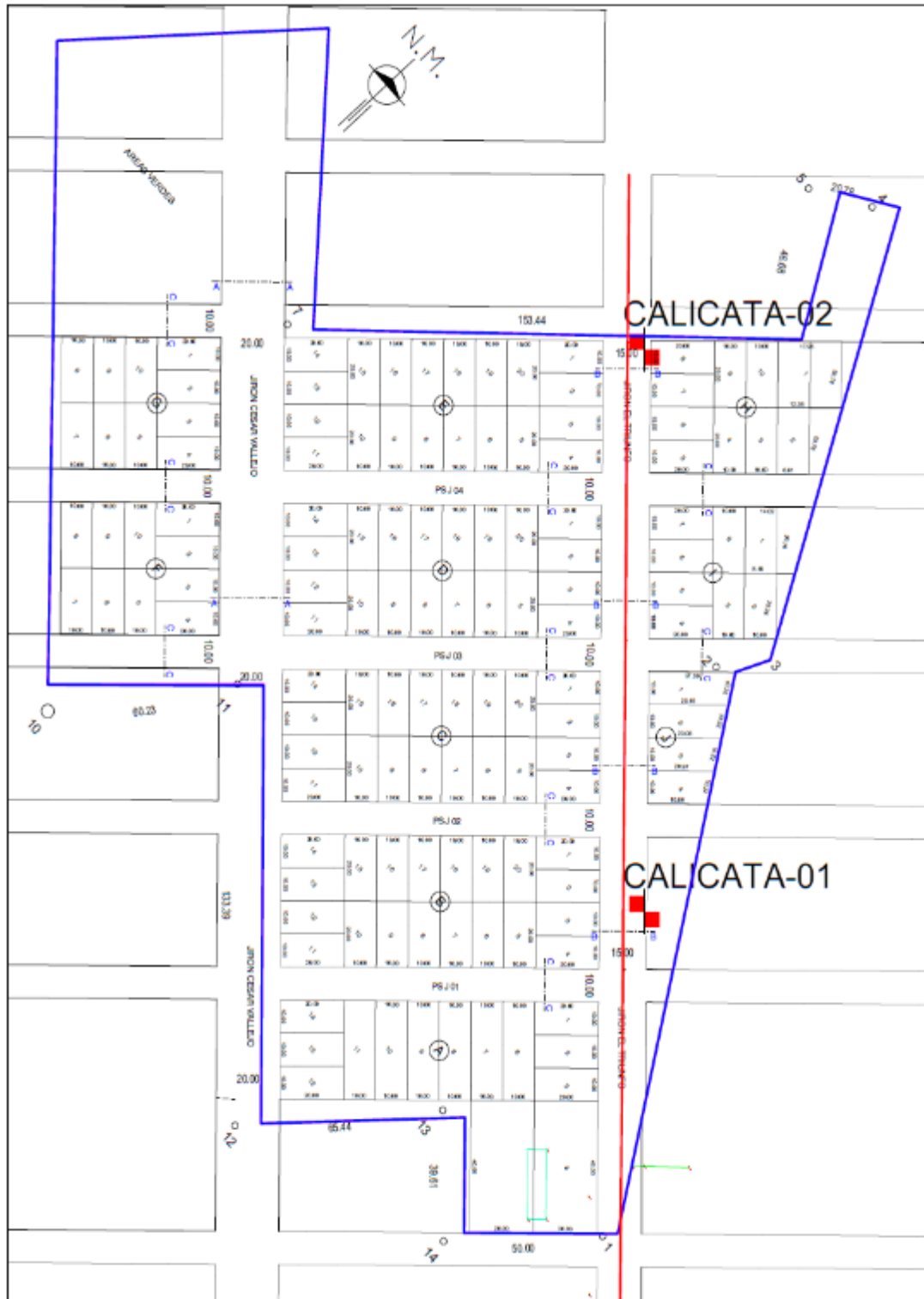
Tabla 9
Población de Estudio

MARCO MUESTRAL			
APV	AREA	AREA DE AFECTACION	OBSERVACIONES
Villa terrasol	5.3 ha	4050 m2	APTO
Pv. Florencio Q.	1.66 ha	750 m2	NO APTO
Noremi	3.51 ha	1800 m2	NO APTO
Naranjal	0.88 ha	1275 m2	NO APTO
El triunfo (A)	38.9 ha	11625 m2	NO APTO
Helena rivero	8.3 ha	1500 m2	NO APTO

Nota: Se realizó la documentación pertinente la cual fueron negados, por fuerza mayor se realizó los estudios para esta investigación en el jirón El Triunfo sector APV Villa Terrasol al tener los permisos correspondientes.

Las Ubicaciones de los puntos de Prospección están detalladas de mejor manera en el siguiente plano de Ubicación.

Figura 7
Croquis de ubicación de calicatas de estudio



Nota: Plano de la Apv. Villa Terrasol.



3.3.2. Muestra.

La muestra es en naturaleza un sub grupo o sub conjunto de elementos que pertenecen a un conjunto definido llamado población. Se pretende que este sub conjunto sea un reflejo fiel de la población, a través de una muestra representativa de ésta (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2014).

3.3.2.1. Descripción de la Muestra.

En la investigación usaremos el suelo que se extrajo de las calicatas en base a la cuantificación de la población dicha muestra será delimitada por la estratigrafía in situ del perfil edáfico (Corte vertical del suelo), que se obtendrán a través de muestras calicatas C-01, C-02, según la clasificación AASHTO que están dentro del grupo A - 4 (Suelos Limosos), en el Jr. El triunfo de la A.P.V. Villa Terrasol, C.P. El Triunfo, Las Piedras -Tambopata – Madre de Dios.

3.3.2.2. Cuantificación de la Muestra.

Las presentes muestras de investigación, fueron obtenidas de los estratos de fondo de cada una de las calicatas de investigación. La muestra está conformada por suelos limos que tienen clasificación mediante el sistema SUCS como limos de baja plasticidad (OL) o mediante el sistema AASHTO en los rangos A-04.

Tabla 10
Muestras de estudio

Nº Calicata	Coordenadas
C - 01	481025.52 m E – 8608959.10 m N
C - 02	480919.88 m E – 8609052.30 m N

Nota: Se realizaron 02 pozos de exploración para esta investigación.

3.3.2.3. Método de Muestreo.

La muestra no probabilística o dirigida es un sub grupo de la población, la elección de sus elementos no obedece a la probabilidad (selecciona aleatorio o mecánica), si no a principios relacionados con las características del estudio o finalidad de los investigadores. Para el presente estudio, el método de muestreo seleccionado fue el no probabilístico o dirigido, la ubicación de los puntos fue a criterio de los investigadores, luego de haber realizado las exploraciones visuales y una minuciosa lectura de la geología de la zona de estudio se determinaron zonas



críticas, que tengan la presencia de materiales arcillosos, los cuales son objeto de estudio para la presente investigación (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2014).

(Babbie, 1999) nos dice que muestreo aleatorio simple requiere una lista de elementos. Cuando se tiene una lista los Investigadores prefieren el muestreo sistemático en lugar del aleatorio. Durante la fase de muestreo, no ha sido posible confeccionar una lista de elementos a ser muestreados dado que el suelo es anisótropo, heterogéneo y con propiedades que cambian con el contenido de humedad según la dirección y profundidad, por tanto, se ha ejecutado un muestreo por conveniencia, cuya definición nos la da (McMillan & Schumacher, 2005): una muestra por conveniencia es un grupo de sujetos [objetos] seleccionados sobre la base de ser accesibles o adecuados. De manera que para la presente tesis se ha optado por una muestra de suelo accesible y adecuada para la aplicación del aditivo estudiado. Se debe señalar que, el hecho de realizar un muestreo por conveniencia imposibilita la inferencia de resultados a otras zonas del suelo, es decir, los resultados encontrados son sólo válidos para el suelo ensayado.

3.3.2.4. Criterio de Evaluación de Muestra.

Para la presente investigación se evaluó en el Jr. El triunfo en la A.P.V Villa Terrasol C.P. El Triunfo del distrito las piedras -Tambopata – Madre de Dios, las muestras se obtuvieron a través de las calicatas C-01 y C-02 con una profundidad de 1.70m y 1.80m respectivamente.

Las calicatas o excavaciones para carreteras, deberá ser por lo menos de 1.50 m por debajo del nivel proyectado para la sub rasante. Con las muestras obtenidas en la manera descrita, se efectuarán ensayos en laboratorio de Mecánica de Suelos según el (MTC, 2016) del suelo natural con la adición del aditivo mejorador Micro fibra de Castaña en los porcentajes de 0.0% - 2.0% y Biopolímero xhantan de 0.0% - 2.5%, posteriormente con los datos obtenidos se pasó a la fase de gabinete, para consignar en forma gráfica y escrita, los resultados obtenidos que fueron analizados según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, que establece que los materiales aptos para la sub rasante de un pavimento deben de contar con valores de CBR mayores o iguales al 6% para ser considerados como subrasante regulares (MTC, 2016).



Tabla 11
Cantidad de ensayos programados

ENSAYOS	NORMA	S.Nat.	(MFC)	(BPX)	TOTAL
Muestreo de Suelo	MTC E 101	1	0	0	1
Límite de Consistencia (Atterberg)	MTC E 110-2016	1	0	0	1
Proctor modificado	MTC E 115-2016	1	0	0	1
Densidad	ASTM -7263_21	3	8	8	19
Cohesión	ASTM -2166_06	3	8	8	19
Ascensión capilar	UNE EN-772_11	3	8	8	19
Índice de Plasticidad	ASTM-4318_17	3	8	8	19
				Total	79

Nota: Cuadro resumen de ensayos realizados en el laboratorio.

3.3.3. Criterios de Inclusión

Las muestras del suelo se extrajeron de las calicatas ejecutadas en el Jr. El triunfo en la A.P.V. Villa Terrasol Centro Poblado Las piedras -Tambopata - Puerto Maldonado, del estrato limoso de la zona principal. Con la ejecución de los ensayos de laboratorio se podrá determinar el tipo de suelo, la densidad seca, cohesión, coeficiente de absorción capilar inmediato y plasticidad. Con el cual podremos tener un contraste para poder realizar la comparativa respecto al suelo estabilizado con los distintos porcentajes. Se considera los estratos de fondo de cada calicata como componente de estudio. Se considera la adición de los componentes - MFC y BPX - estudiados en los porcentajes de 0-2% y 0-2.5% respectivamente.



3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos Metodológicos

3.4.1.1. Instrumento para Muestreo de Suelos y Rocas / MTC E-101.

Figura 8

Instrumento para Muestreo de Suelos y Rocas

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS	Efecto del residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023		
TE S I S T A S	ESPINOZA ARAGÓN, Einer Emilio CONDOMA MAMANI, Heberth Max	LUGAR:	Jr. El Triunfo - C.P. El Triunfo - Las Piedras - Tambopata - Madre de Dios
LABORATORIO		FECHA	
MUESTREO DE SUELOS / MTC E-101			
CALICATA	:	-----	
ZONA	:	-----	
COORDENADAS	:	-----	
ESTRATOS	:	-----	
PROFUNDIDAD	:	-----	
NIVEL FREATICO	:	-----	
CANTIDAD	:	-----	

Nota: Hoja para la determinación de muestreo de suelos.

3.4.1.2. Instrumento para la Determinación del Contenido de Humedad de un Suelo / MTC E-108.

Figura 9

Instrumento para la determinación del contenido de humedad de un suelo.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS	Efecto del residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023			
TE S I S T A S	ESPINOZA ARAGÓN, Einer Emilio CONDOMA MAMANI, Heberth Max	LUGAR:	Jr. El Triunfo - C.P. El Triunfo - Las Piedras - Tambopata - Madre de Dios	
LABORATORIO		FECHA		
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO / MTC E-108				
CALICATA:				
DESCRIPCION		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Peso de Capsula en gr.	W_{rn}			
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	$W_{cd} + W_{dt}$			
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	$W_{rn} + W_{s}$			
Peso de Agua en gr.	W_{smp}			
Peso de Muestra Seca en gr.	W_{s}			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %	W			

Nota: Hoja de determinación del contenido de humedad de un suelo.

3.4.1.3. Instrumento para Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos / ASTM D4318_17 – Límite Líquido.

Figura 10

Instrumento para la determinación del límite líquido.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS	Efecto del residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023			
TESISTAS	ESPINOZA ARAGÓN, Einer Emilio CONDOMA MAMANI, Heberth Max	LUGAR:	Jr. El Triunfo - C.P. El Triunfo - Las Piedras - Tambopata - Madre de Dios	
LABORATORIO		FECHA		
ENSAYO ESTANDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS / ASTM D4318_17 LÍMITE LÍQUIDO				
CODIGO DE MUESTRA:				
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	
Numero de Golpes	n			
Peso de Capsula en gr.	W_{cap}			
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	$W_{cap} + W_h$			
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	$W_{cap} + W_s$			
Peso de Agua en gr.	W_{agua}			
Peso de Muestra Seca en gr.	W_s			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %	W			
			LL	

Nota: Hoja para ensayo estándar para limite líquido.

3.4.1.4. Instrumento para Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos / ASTM D4318_17 – Límite Plástico.

Figura 11

Instrumento para la determinación del límite plástico.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS	Efecto del residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023			
TESISTAS	ESPINOZA ARAGÓN, Einer Emilio CONDOMA MAMANI, Heberth Max	LUGAR:	Jr. El Triunfo - C.P. El Triunfo - Las Piedras - Tambopata - Madre de Dios	
LABORATORIO		FECHA		
ENSAYO ESTANDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS / ASTM D4318_17 LÍMITE PLÁSTICO				
CODIGO DE MUESTRA:				
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	
Peso de Capsula en gr.	W_{cap}			
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	$W_{cap} + W_h$			
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	$W_{cap} + W_s$			
Peso de Agua en gr.	W_{agua}			
Peso de Muestra Seca en gr.	W_s			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %	W			
			LP	

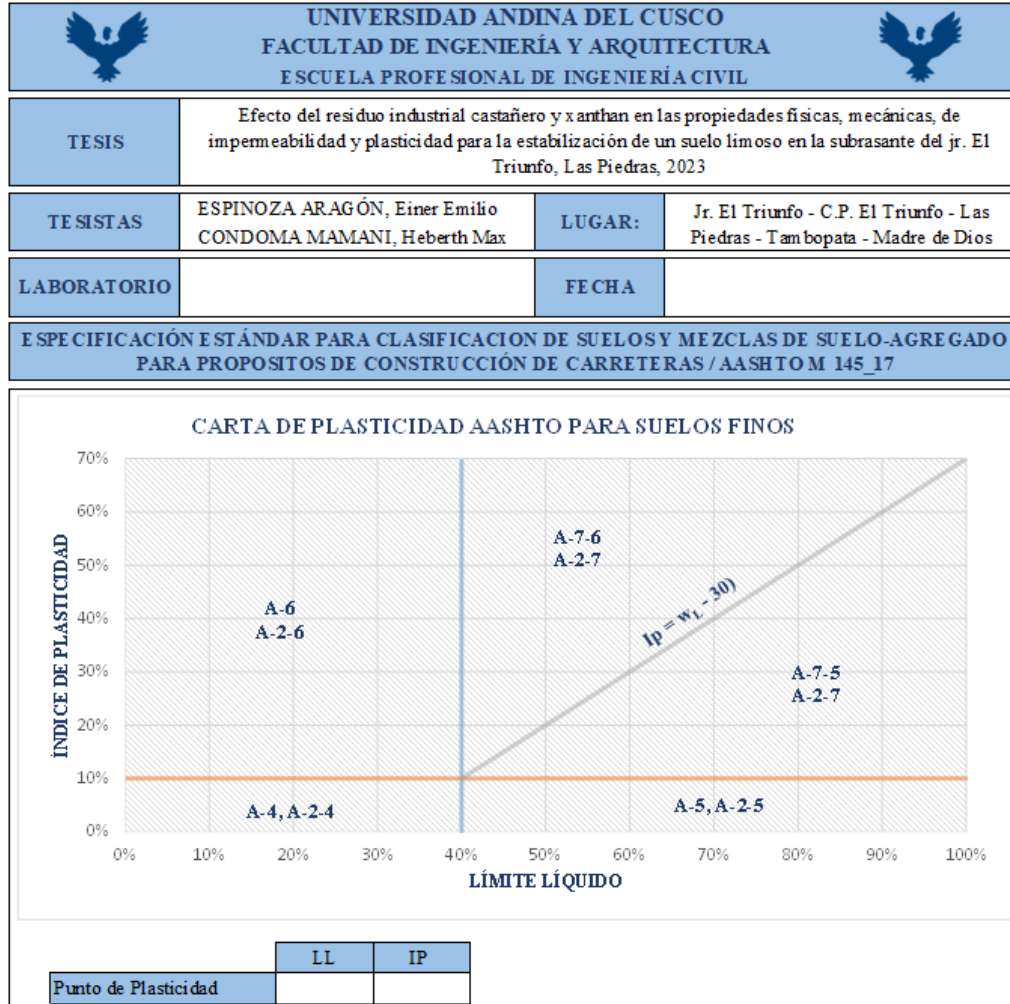
Nota: Hoja de Ensayo estándar para el límite plástico.



3.4.1.5. Instrumento para Clasificación de Suelos y Mezclas de Suelo-Agregado para Propósitos de Construcción de Carreteras / AASHTO M 145_17.

Figura 12

Instrumento para la clasificación de suelos – AASHTO.



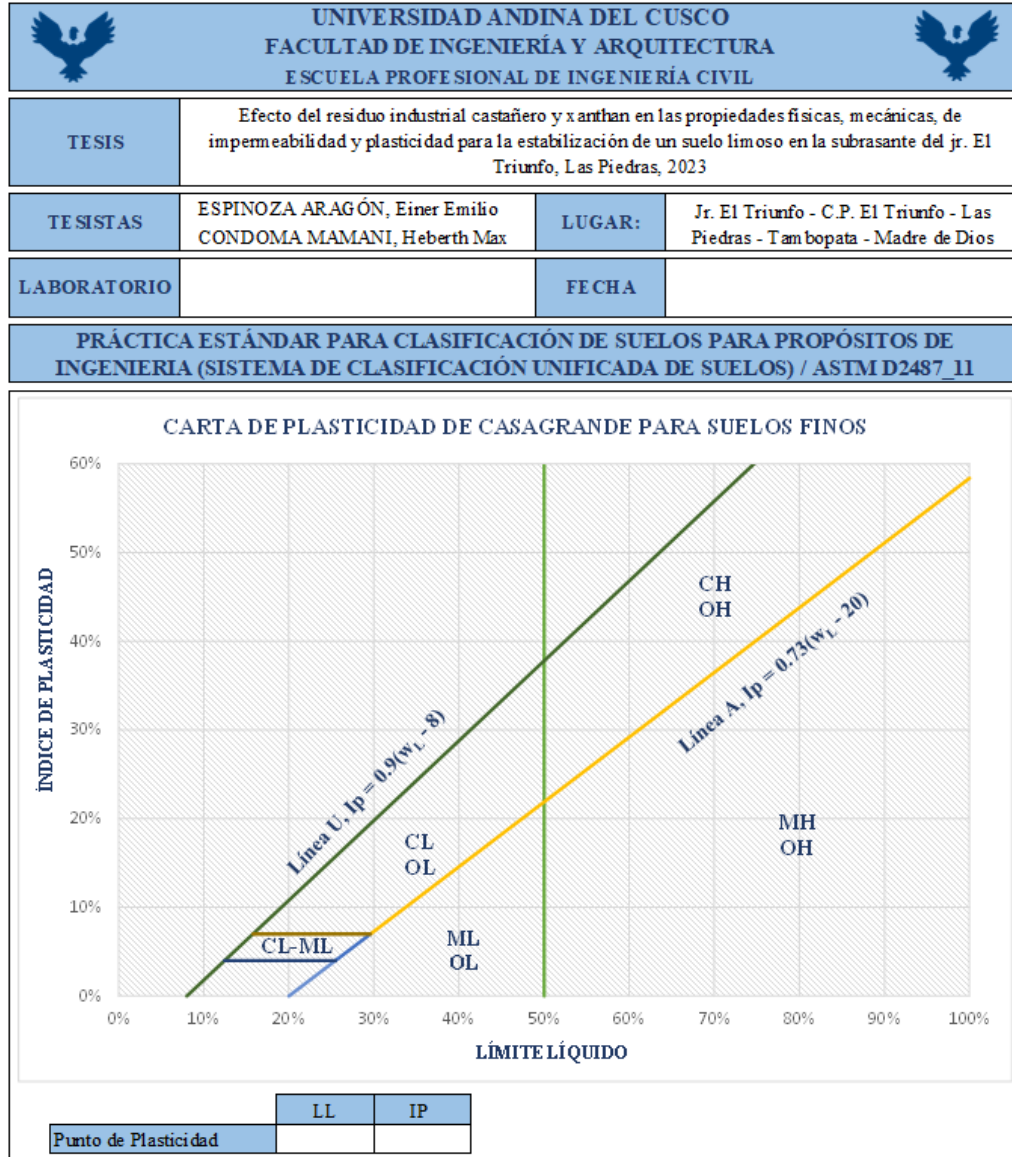
Nota: Hoja para determinar la clasificación de suelos según AASHTO.



3.4.1.6. Instrumento para Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería (Sistema de Clasificación Unificada de Suelos) / ASTM D2487_11

Figura 13

Instrumento para determinar la clasificación S.U.C.S.



Nota: Hoja para determinar la clasificación de suelos según S.U.C.S.

3.4.1.7. Instrumento para Compactación de Suelos en Laboratorio Utilizando una energía Modificada (Proctor Modificado) / MTC E-115

Figura 14

Instrumento para determinar la relación de humedad y densidad Proctor.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TE SIS:	"Efecto del residuo industrial castañero y xhantan en las propiedades físicas, mecánicas de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023"		
RESPONSABLES :	ESPINOZA ARAGÓN, Einer Emilio CONDOMA MAMANI, Heberth Max	LUGAR	Jr. El Triunfo - Las Piedras - Tambovata - Madre de Dios
LABORATORIO		FECHA	
COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) / MTC E-115			
Características del Ensayo de Compactación		Metodo:	
Número de Capas:		Golpes por Capa:	
Altura de Caída del Martillo:		Peso del Martillo:	
Obtención de la Densidad		Punto N° 01	
Codigo de Ensayo			
Diámetro del Molde (cm)			
Altura del molde (cm)			
Volumen del Molde (cm ³)			
Peso del Molde (gr)			
Peso del Molde + Muestra Humeda (gr)			
Peso de la Muestra Compactada (gr)			
Densidad Humeda (gr/cm³)			
Contenido de Humedad		Arriba	Medio
Codigo de Cápsula			
Peso de Capsula (gr)			
Peso de Capsula + Muestra Humeda (gr)			
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)			
Peso del Agua (gr)			
Peso sólidos (gr)			
Contenido de Humedad - w%			
Densidad Seca del suelo (Ds) - gr/cm ³			
Promedio - Contenido de Humedad w%			
Promedio - Densidad Seca del Suelo (Ds) - gr/cm³			

Nota: Hoja para determinar la relación de humedad y densidad Proctor.

3.4.1.8. Instrumento para Determinación en Laboratorio de la Densidad y Peso Unitario de las Muestras de Suelo / ASTM7263_21.

Figura 15

Instrumento para la determinación de la densidad seca.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS	Efecto del residuo industrial castañero y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023			
TE S I S T A S	ESPINOZA ARAGÓN, Einer Emilio CONDOMA MAMANI, Heberth Max	LUGAR:	Jr. El Triunfo - C.P. El Triunfo - Las Piedras - Tambopata - Madre de Dios	
LABORATORIO		FECHA		
ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DE LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DE LAS MUESTRAS DE SUELO / ASTM7263_21				
CODIGO DE MUESTRA:				
DESCRIPCION		Dato 01	Dato 02	Dato 03
Altura de la muestra en mm.	$h_{muestra}$			
Diametro de la muestra en mm.	$\phi_{muestra}$			
Peso de la muestra en gr.	$W_{muestra}$			
Altura promedio de la muestra en cm.	$W_{muestra}$			
Diametro promedio de la muestra en cm.	$\phi_{muestra}$			
Volumen de la muestra en cm ³ .	$V_{muestra}$			
Densidad Seca de la muestra en gr/cm ³ .		$\rho d_{muestra}$		
Peso Unitario Seco de la muestra en KN/m ³ .		$\gamma d_{muestra}$		

Nota: Hoja para determinar la densidad seca.

3.4.1.9. Instrumento para Resistencia a la Compresión no Confinada de Suelo Cohesivo / ASTM2166_06

Figura 16

Instrumento para la determinación de la cohesión.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS	Efecto del residuo industrial castañero y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023			
TE S I S T A S	ESPINOZA ARAGÓN, Einer Emilio CONDOMA MAMANI, Heberth Max	LUGAR:	Jr. El Triunfo - C.P. El Triunfo - Las Piedras - Tambopata - Madre de Dios	
LABORATORIO		FECHA		
ENSAYO PARA RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELO COHESIVO / ASTM2166_06				
CODIGO DE MUESTRA:				
DESCRIPCION		Dato 01	Dato 02	Dato 03
Diametro de la muestra en mm.	$\phi_{muestra}$			
Esfuerzo máximo sobre la muestra en kg.	$F_{muestra}$			
Diametro promedio de la muestra en cm.	$\phi_{muestra}$			
Area transversal de la muestra en cm ² .	$A_{muestra}$			
Resistencia a la Compresion en kg/cm ²		$f'c_{muestra}$		
Cohesión de la muestra en Mpa.		$c_{muestra}$		

Nota: Hoja para determinar la cohesión.



3.4.1.10. Instrumento para Determinación de Absorción de Agua por Capilaridad y de la Tasa de Absorción de Agua Inicial / UNE-EN 772-11_11

Figura 17

Instrumento para determinar la ascensión capilar.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS	Efecto del residuo industrial castañero y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023			
TE S I S T A S	ESPINOZA ARAGÓN, Einer Emilio CONDOMA MAMANI, Heberth Max	LUGAR:	Jr. El Triunfo - C.P. El Triunfo - Las Piedras - Tambopata - Madre de Dios	
LABORATORIO		FECHA		
DETERMINACIÓN DE ABSORCIÓN DE AGUA POR CAPILARIDAD Y DE LA TASA DE ABSORCIÓN DE AGUA INICIAL / UNE-EN 772-11_11				
CODIGO DE MUESTRA:				
DESCRIPCION		Dato 01	Dato 02	Dato 03
Diametro de la muestra en mm.	$\phi_{muestra}$			
Peso de la muestra seca en gr.	$W_s_{muestra}$			
Peso de la muestra húmeda en gr.	$W_h_{muestra}$			
Diametro promedio de la muestra en cm.	$\phi_{muestra}$			
Sección la muestra en m ² .	$A_{muestra}$			
Tiempo de absorción inmediata en seg.	$T_{muestra}$			
Ascension Capilar en kg/(m ² .min)		$C_{W_s}_{muestra}$		
Coeficiente de Absorción en %		$W,S\%_{muestra}$		

Nota: Hoja para determinar la ascensión capilar.

3.4.2. Instrumentos de Ingeniería

Instrumentos de campo y laboratorio

- Cámara fotográfica y Dispositivos móviles
- Equipos de Protección Personal (cascos, chalecos reflectivos, zapatos punta de acero y otros)
- Maquinaria pesada (retroexcavadora)
- Flexómetros, Mira topográfica
- Conos y Señalización vial
- Libreta de apuntes
- Normativa actual y manuales (American Society for Testing and Materials – ASTM, Asociación española de Normalización – UNE (EN), Manual de ensayo de Materiales – MTC, Manual de procedimientos analíticos para suelos y agregados de construcción, entre otros)



- Horno estufa de tiro forzado con termostato controlado de precisión +/- 5°C, calibrado
- Balanza de precisión con capacidad de 2000 g y lectura mínima de 0,1 gramo, calibrada.
- Batidora de mezclas de suelo de 1300 watts de potencia y 140 rev/min.
- Gato hidráulico de 8 tn, prensador de muestras.
- Vernier calibrado.
- Máquina de compresión simple calibrada
- Cuchara de Casagrande
- Cronómetro
- Otros

Instrumentos de gabinete

- Microsoft Word v2019
- Microsoft Excel v2019
- Modde®13 Pro v13.0.1.27179.
- AutoCAD Civil 3D v2021

3.5. Procedimiento de Recolección de Datos

3.5.1. Microfibra de Cascara de Castaña (MFC)

Finalidad de Alcance:

Este método de ensayo tiene como alcance los procedimientos para la preparación de la Microfibra de la Cascara de Castaña (MFC) expuesta a 3 procesos químicos equivalentes a su peso.

Microfibra de castaña (MFC) al 100% en peso, Biopolish Cla Liq al 50% del peso, Hidróxido de Sodio 98% al 50% de peso y Ácido Acético 5% al 50% del peso.



Referencia Normativa:

Manual de Procedimientos Analíticos para Suelos y Agregados de Construcción / ASTM C123

Campo de Aplicación:

Aplicada a la Cascara de Castaña (Pericarpio) y muestras de suelo.

Equipos, Materiales e Insumos:

- Equipos de Protección Personal (Guarda polvo, zapatos punta de acero, lentes de seguridad, mascarillas de doble villa, guantes de látex, goma, lona)
- Cocina a Gas
- Herramientas Manuales (comba de goma, comba de 4lb, recipientes metálicos y polietileno, malla filtro, cucharones)
- Molino de 8 HP
- Horno estufa de tiro forzado con termostato controlado de precisión +/- 5°C calibrada
- Balanza de precisión con capacidad de 2000g y lectura mínima de 0.1g, calibrada
- Tamiz número 60 y 40 con abertura de 0.260 μm y 0.425 μm
- Enzima Bipolish Cla liq, Hidróxido de Sodio al 98% y Ácido Acético al 5%
- Agua desionizada
- Ácido clorhídrico

Preparación de la muestra

Se escogió una muestra de 4 kilogramos de cascara de castaña, se vertió a un recipiente con dicha capacidad con agua al nivel de la muestra, para luego ponerla a hervir durante 5 horas para ablandar las fibras. Transcurrido el tiempo se extrajo la muestra y se procedió a realizar un secado a temperatura ambiente.

Una vez seca la muestra por de 24 horas se procedió a triturar de forma mecánica con una comba hasta alcanzar fibras de 5mm.



Figura 18

Lavado, pesaje y ablandamiento de la cascara de castaña.



Nota: Izq.: Se muestra el lavado de la cascara de la castaña. Der.: proceso de ablandamiento

Figura 19

Fibra de cáscara de castaña triturada – 5 mm aproximados.



Nota: Resultado de la muestra triturada a 5mm aproximado.

1er proceso químico - BIOPOLISH CLA. LIQ. - En un recipiente de polietileno hermético poner 4 Kg de cascara de castaña y saturar con 2 Kg de BIOPOLISH CLA. LIQ. durante 24 horas. Pasado el tiempo, se realizará un lavado de la muestra con agua desionizada a través de una malla filtradora - con 05 repeticiones - para así poder evitar el desperdicio de la muestra. Por último, se procede al secado de la muestra en el horno a 110°C por 24 horas.

Figura 20

Proceso químico con BioPolish Cla. Liq., saturado por 24 horas



Nota: Izq.: Se muestra el BioPolish Cla. Liq. Der.: El proceso de la adherencia del producto.

Figura 21

Muestra seca lavada de fibra de cascara de castaña



Nota: Secado de la cascara de la castaña una vez realizado el proceso químico por 24 hrs.

2do proceso químico - HIDROXIDO DE SODIO AL 98% - En un recipiente de polietileno abierto poner la fibra de cáscara de castaña secada y mezclarla con 2 Kg de HIDROXIDO DE SODIO AL 98% hasta alcanzar una mezcla casi homogénea, seguidamente saturar la mezcla con agua desionizada. Este proceso dará como resultado una reacción térmica, se deberá de tener cuidado con los gases nocivos y quemaduras. Una vez terminada la reacción se pondrá en un recipiente a reposo durante 24 horas. Pasado el tiempo, se realizará un lavado de la muestra con agua desionizada a través de una malla filtradora - con cinco repeticiones - para así poder

evitar el desperdicio de la muestra. Por último, se procede al secado de la muestra en el horno a 110°C por 24 horas.

Figura 22

Combinación de hidróxido de sodio al 98% y fibra de cáscara de castaña



Nota: Izq.: Se muestra la adición del hidróxido de sodio al 98%. Der.: El proceso de la combinación del producto y la cascara de la castaña.

Figura 23

Saturación, lavado y filtrado de la fibra de cáscara de castaña



Nota: Izq.: Se muestra el resultado de la combinación para el secado. Der.: Se muestra el proceso del lavado y filtrado.

3er proceso químico - ACIDO ACETICO AL 5% En un recipiente de polietileno abierto poner la fibra de cáscara de castaña seca y saturarla con 2 Lt de ACIDO ACETICO AL 5% durante 24 horas. Pasado el tiempo, se realizará un lavado de la muestra con agua desionizada a través de una malla filtradora - con 05 repeticiones - para así poder evitar el desperdicio de la muestra. Por último, se procede al secado de la muestra en el horno a 110°C por 24 horas.

Figura 24

Saturación de la fibra de cáscara de castaña con ácido acético al 5%



Nota: Izq.: Se muestra el ácido acético al 5%. Der.: El proceso de la adherencia del producto.

Figura 25

Reposo de la fibra de cáscara de castaña por 24 horas



Nota: Izq.: Se muestra la combinación. Der.: Una vez lavado se pone secar el producto.

Terminado los procesos químicos sometidos a la fibra de cáscara de castaña se triturará y/ molerá hasta obtener microfibras de tamaños menores a 250, para seleccionar mejor los tamaños de partículas de la microfibra se pasará por un tamiz N60.

Figura 26

Triturado a y tamizado de la fibra de cáscara de castaña - MFC



Nota: Izq.: Se muestra el triturado de la cascara de castaña. Der.: El proceso de tamizado de la cascara de la castaña.

Resultados:

- Micro fibra de castaña (M.F.C.) en gramos. 776.00 g.

Tabla 12

Análisis de composición química de la microfibra de cáscara de castaña

Composición química de Microfibra de Cáscara de Castaña - MFC	
Silicio % - (Si)	0.21
Aluminio % - (Al)	0.12
Calcio % - (Ca)	0.54
Magnesio % - (Mg)	0.38

Nota: Análisis fisicoquímico.



3.5.2. Recolección de Datos para Muestreo de suelos (MTC E-101)

Finalidad y Alcance

Establecer los procedimientos adecuados de muestreo de suelos y rocas, que permitirán la correlación de los respectivos datos con las propiedades del suelo, tales como plasticidad, permeabilidad, peso unitario, compresibilidad, resistencia y gradación; y de la roca, tales como resistencia, estratigrafía, estructura y morfología (MTC, 2016).

Equipos Materiales e Insumos

- Equipos de Protección Personal (cascos, chalecos reflectivos, zapatos punta de acero y otros)
- Herramientas manuales (Picos y Palas)
- Equipos y Maquinarias (Retroexcavadora)
- Materiales (yeso, cordel, estacas y/o clavos, cuchara metálica, baldes c/tapa, otros)
- Herramientas de Medidas (Flexómetros, Mira topográfica)

Procedimiento

Se realizaron dos excavaciones para pozos exploratorios, según la tabla N°03, para carreteras de bajo volumen de tránsito nos recomienda solo una calicata por kilómetro, por efecto de una mejor caracterización se realizaron 02 calicatas a conveniencia; al inicio y final de nuestra limitante geográfica.

Tabla 13

Cuadro de coordenadas de calicatas de estudio

N° Calicata	Coordenadas
C - 01	481025.52 m E – 8608959.10 m N
C - 02	480919.88 m E – 8609052.30 m N

Nota: Ubicación de las calicatas – coordenadas.

Figura 27

Calicata 01, Jr. El Triunfo, Las Piedras, Tambopata, Madre de Dios



Nota: Izq.: Se muestra el perfilado de la calicata. Der.: Se realiza a medir la profundidad de la calicata.

Tabla 14

Recolección de datos para Muestreo de Suelos para calicatas

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS	Efecto del residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023		
TESISTAS	ESPINOZA ARAGÓN, Einer Emilio CONDOMA MAMANI, Heberth Max	LUGAR	Jr. El Triunfo - C.P. El Triunfo - Las Piedras - Tambopata - Madre de Dios
LABORATORIO	ITHENDA E.I.R.Lta	FECHA	10 de abril de 2023
MUESTREO DE SUELOS / MTC E-101			

CALICATA	: C-01
ZONA	: L-19
COORDENADAS	: 481025.52m E : 8608959.10m N
ESTRATOS	: Turba: 30cm / E-01: 140cm
PROFUNDIDAD	: 1.70 m
NIVEL FREÁTICO	: NO, filtración
CANTIDAD	: 50 kg

CALICATA	: C-02
ZONA	: L-19
COORDENADAS	: 480919.88m E : 8609052.30m N
ESTRATOS	: Turba: 25cm / E-01: 155cm
PROFUNDIDAD	: 1.80 m
NIVEL FREÁTICO	: NO, filtración
CANTIDAD	: 50 kg

Nota: Datos para el muestreo de suelos.



Tabla 15
Perfil estratigráfico de la calicata C-01

TESIS: "Efecto de residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023"						
PROFUNDIDAD: 1.7 metros de profundidad COORDENADAS: 481025.52 m E - 8608959.10 m N NIVEL FREÁTICO: No Presenta						C - 01
Profundidad	Descripción	Simbolo	Color	Clasificación SUCS	Estrato	Observación
0.10	Turba			Pt	E - 01	El material organico, color pardo oscuro conformado por una masa esponjosa y ligera que aun se aprecian los componentes vegetales que la originaron.
0.20						
0.30						
0.40	Limo			OL	E - 01	Material limo organico con presencia de arcilla de baja plasticidad, se encontró en estado semihumedo. Posee coloración marrón oscuro.
...						
1.20						
1.30						
1.40						
1.50						
1.60						
1.70						

Nota: Perfil de estratigrafía a 1.70 m de profundidad.

Tabla 16
Perfil estratigráfico de la calicata C-02

TESIS: "Efecto de residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023"						
PROFUNDIDAD: 1.7 metros de profundidad COORDENADAS: 480919.88 m E - 8609052.30 m N NIVEL FREÁTICO: No Presenta						C - 02
Profundidad	Descripción	Simbolo	Color	Clasificación SUCS	Estrato	Observación
0.10	Turba			Pt	E - 01	El material organico, color pardo oscuro conformado por una masa esponjosa y ligera que aun se aprecian los componentes vegetales que la originaron.
0.20						
0.30						
0.40	Limo			OL	E - 01	Material limo organico con presencia de arcilla de baja plasticidad, se encontró en estado semihumedo. Posee coloración marrón oscuro.
...						
1.20						
1.30						
1.40						
1.50						
1.60						
1.70						
1.80						

Nota: Perfil de estratigrafía a 1.80 m de profundidad.



3.5.3. Recolección de Datos para Determinación del Contenido de Humedad (MTC E-108)

Finalidad y Alcance

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas (MTC, 2016).

Equipos, Materiales e Insumos:

- Balanza de 0.01 g de precisión
- Horno de Secado $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Recipientes
- Guantes de Cuero

Procedimientos

Se procede a pesar las taras metálicas en la balanza de precisión de ± 0.01 y registrar el número de recipiente de acuerdo a la ficha de toma de datos, para luego una vez con las muestras en el laboratorio extraer el material en cantidades representativas que establecen esta norma, para así poder determinar su contenido de humedad.

Tabla 17
Recolección de datos para Contenido de Humedad

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS	Efecto del residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023		
TESISTAS	ESPINOZA ARAGÓN, Einer Emilio CONDOMA MAMANI, Heberth Max	LUGAR	Jr. El Triunfo - C.P. El Triunfo - Las Piedras - Tambopata - Madre de Dios
LABORATORIO	ITHENDA E.I.R.Lta	FECHA	24 de abril de 2023
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO / MTC E-108			

CALICATA: C-01			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula en gr.	19.90	21.40	10.80
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	80.70	77.90	91.70
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	67.20	65.40	73.40
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			



CALICATA: C-02			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula en gr.	18.00	19.80	20.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	92.80	89.40	85.70
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	76.20	74.60	71.30
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			

Nota: Datos de las 3 muestras de las calicatas C-01 y C-02.

Tabla 18

Recolección de datos para el análisis granulométrico

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS	Efecto del residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023		
TESISTAS	ESPINOZA ARAGÓN, Einer Emilio CONDOMA MAMANI, Heberth Max	LUGAR	Jr. El Triunfo - C.P. El Triunfo - Las Piedras - Tambopata - Madre de Dios
LABORATORIO	ITHENDA E.I.R.Lta	FECHA	24 de abril de 2023
ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO / MTC E-107 / ASTM D-422			

Peso de la Muestra Seca (Antes de Lavar) =	1500.00 gr	Peso de la Muestra Seca (Despues de Lavar) =	26.30 gr	C-01
--	------------	--	----------	-------------

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso que pasa (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4"	100	0.00				
3"	75	0.00				
2"	50	0.00				
1½"	37.5	0.00				
1"	25	0.00				
¾"	19	0.00				
⅜"	9.5	0.00				
Nº 4	4.75	0.00				
Nº 10	2	0.00				
Nº 20	0.850	0.00				
Nº 40	0.425	0.00				
Nº 60	0.250	2.40				
Nº 100	0.150	41.50				
Nº 200	0.075	110.30				
Fondo	-	1318.00				



	Total de la muestra retenida =	154.20
--	---------------------------------------	--------

Error	
--------------	--

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO / MTC E-107 / ASTM D-422

Peso de la Muestra Seca (Antes de Lavar) =	1500.00 gr	Peso de la Muestra Seca (Después de Lavar) =	26.30 gr	C-02
--	------------	--	----------	-------------

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso que pasa (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4"	100	0.00				
3"	75	0.00				
2"	50	0.00				
1½"	37.5	0.00				
1"	25	0.00				
¾"	19	0.00				
⅜"	9.5	0.00				
Nº 4	4.75	0.00				
Nº 10	2	0.00				
Nº 20	0.850	0.00				
Nº 40	0.425	0.00				
Nº 60	0.250	2.40				
Nº 100	0.150	42.60				
Nº 200	0.075	135.20				
Fondo	-	1299.30				
	Total de la muestra retenida =	180.20				

Error	
--------------	--

Nota: Datos del análisis granulométrico del total de la muestra retenida en las calicatas C-01 y C-02.

3.5.4. Recolección de Datos para Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos / ASTM D4318_17 – Límite Líquido.

Finalidad y Alcance

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo (MTC, 2016).



Equipos, Materiales e Insumos:

- Cuchara de Casa Grande
- Balanza de 0.01 g de precisión
- Ranurador o Acanalador
- Recipientes para almacenaje
- Calibrador
- Pipeta
- Recipientes Metálicos
- Horno de Secado $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Espatula de hoja flexible y mortero
- Tamiz N°40

Procedimiento

Una vez calibrado la cuchara de Casa Grande, haciendo que tenga una caída de 1 cm, para la preparación de la muestra, llegamos a obtener una muestra representativa de 100g de material.

Tabla 19

Cuadro de cantidades para la determinación de constantes de suelo

ENSAYO	CANTIDAD EN GRAMOS
Limite Liquido	100
Limite Plástico	15
Límite de Contracción	30
Ensayos de Verificación	65

Nota: Cuadro del (MTC, 2016)

Dicha muestra se mezcla con agua en un recipiente de porcelana y con la ayuda de una espátula procedemos a homogenizar

Procedemos a colocar el material mezclado en la cuchara de Casa Grande, aproximadamente 1cm de espesor para luego darle un acabado nivelado con

superficie regular, cabe indicar que es importante tratar de pasar la menor cantidad de veces con la espátula.

Luego hacemos una línea con el acanalador por medio de la cuchara, esta línea debe de esta limpia, separando el material de la cuchara en dos partes. Girando la manija a una velocidad constante, la cuchara se elevará a 1 cm y caerá golpeándola esto genera que el material separado se junte, los golpes necesarios para juntar el material dichos golpes se proceden a anotar.

Tomamos una porción de muestra, de la ranura (perpendicular) de aproximadamente una pulgada de ancho el cual colocamos en un recipiente metálico, procedemos a registrar para determinar el contenido de humedad

Dicho proceso se repite con el material restante, para así obtener los datos necesarios y cumplir con los intervalos de golpes que quiere la ficha de toma de datos, podemos quitar o agregar humedad según sea conveniente.

Registramos la cantidad de números de golpes y se extraerá la muestra representativa en cada ensayo, el cual se procede a pesar y secar en el horno $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por un periodo de 24 horas y así poder determinar el contenido de humedad.

Figura 28

Ensayo de Casagrande y muestras de límite líquido



Nota: Izq.: Realizamos el ensayo de Casagrande. Der.: Resultados de los límites plásticos.



Tabla 20
Recolección de datos para Límite Líquido C-01 y C-02

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS	Efecto del residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023		
TESISTAS	ESPINOZA ARAGÓN, Einer Emilio CONDOMA MAMANI, Heberth Max	LUGAR	Jr. El Triunfo - C.P. El Triunfo - Las Piedras - Tambopata - Madre de Dios
LABORATORIO	ITHENDA E.I.R.Lta	FECHA	26 de abril de 2023
ENSAYO ESTANDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS / ASTM D4318_17			
LÍMITE LÍQUIDO			

CALICATA: C-01 COD: B-01			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Numero de Golpes	35	21	14
Peso de Capsula en gr.	19.80	18.80	19.40
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	41.70	35.30	31.10
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	36.40	30.90	27.80
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
			LÍMITE LÍQUIDO (LL)

CALICATA: C-01 COD: B-02			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Numero de Golpes	28	16	13
Peso de Capsula en gr.	19.50	18.40	19.60
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	35.40	31.50	34.70
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	31.30	28.00	30.40
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
			LÍMITE LÍQUIDO (LL)

CALICATA: C-02 COD: B-03			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Numero de Golpes	38	17	13
Peso de Capsula en gr.	19.40	18.90	19.50
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	39.90	39.30	43.90
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	35.00	34.10	37.40
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
			LÍMITE LÍQUIDO (LL)



CALICATA: C-02 COD: B-04			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Numero de Golpes	33	21	11
Peso de Capsula en gr.	19.50	19.40	19.50
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	28.80	35.20	33.10
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	26.50	31.10	29.50
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
	LÍMITE LÍQUIDO (LL)		

Nota: Datos registrados de muestras de las calicatas C-01 y C-02.

3.5.5. Recolección de Datos para Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos / ASTM D4318_17 – Límite Plástico.

Finalidad y Alcance

Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen (MTC, 2016).

Equipos, Materiales e Insumos:

- Balanza de 0.01 g de precisión
- Vidrio de Porcelana
- Vasija de Porcelana para almacenado
- Recipientes Metalicos
- Espatula y Mortero
- Horno de Secado $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$

Procedimientos:

Una vez obtenido la muestra del ensayo del Limite Liquido, se procede a tomar muestras de 1.5 a 2.0g para asi poder deslizar en el vidrio esmerilado, usando las yemas de los dedos que dan en forma de cilindros de un aproximado de 3.2mm y cuidando que sean regulares y uniformes de inicio a fin.

Cuando llegan a perder la humedad los cilindros se desmoronarán aproximadamente en su diámetro total (3.2mm) es ahí cuando el ensayo termina.

Luego de realizar la primera muestra, se repite el proceso hasta tener el peso adecuado en los recipientes de igual manera se realiza con la otra mitad de la muestra agregando agua de ser necesario.

Se tiene que pesar los recipientes y se toman dato de ello, luego se procede a secar las muestras durante un periodo de 24 horas en el horno de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$

Pasada las 24hrs se toma el registro del peso seco y se procede a determinar el contenido de humedad.

Figura 29

Ensayo de plasticidad y muestras límite plástico.



Nota: Izq.: Realizamos el ensayo de índice de plasticidad. Der.: Toma de datos de los pesos de las muestras.

Tabla 21

Recolección de datos para Límite Plástico

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS	Efecto del residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023		
TESISTAS	ESPINOZA ARAGÓN, Einer Emilio CONDOMA MAMANI, Heberth Max	LUGAR	Jr. El Triunfo - C.P. El Triunfo - Las Piedras - Tambopata - Madre de Dios
LABORATORIO	ITHENDA E.I.R.Lta	FECHA	26 de abril de 2023
ENSAYO ESTANDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS / ASTM D4318_17			
LÍMITE PLÁSTICO			
CALICATA: C-01 COD: B-01			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula en gr.	10.90	11.10	11.20
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	12.20	14.50	23.10



Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	11.90	13.80	20.60
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
	LÍMITE PLÁSTICO (LP)		

CALICATA: C-01 COD: B-02			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula en gr.	10.80	10.60	10.60
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	24.20	25.90	25.70
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	21.20	22.40	22.20
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
	LÍMITE PLÁSTICO (LP)		

CALICATA: C-02 COD: B-03			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula en gr.	10.90	10.60	10.60
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	28.10	26.30	26.50
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	24.50	22.90	23.20
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
	LÍMITE PLÁSTICO (LP)		

CALICATA: C-02 COD: B-04			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula en gr.	10.60	10.60	10.60
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	30.10	28.80	28.60
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	26.20	24.80	24.30
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
	LÍMITE PLÁSTICO (LP)		

Nota: Datos registrados de muestras de las calicatas C-01 y C-02.

3.5.6. Recolección de Datos para Compactación de Suelos en Laboratorio Utilizando una energía Modificada (Proctor Modificado) / MTC E-115

Finalidad Y Alcance

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³)) (MTC, 2016).



Tabla 22
Recolección de datos para Proctor Modificado

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS	Efecto del residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023			
TESISTAS	ESPINOZA ARAGÓN, Einer Emilio CONDOMA MAMANI, Heberth Max	LUGAR	Jr. El Triunfo - C.P. El Triunfo - Las Piedras - Tambopata - Madre de Dios	
LABORATORIO	ITHENDA E.I.R.Lta	FECHA	27 de abril de 2023	
COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) / MTC E-115				
ENSAYO PROCTOR				
Características del Ensayo de Compactación		Método:	A	
Número de Capas:	5	Golpes por Capa:	25	
Altura de Caída del Martillo:	45.72 cm	Peso del Martillo:	4.54 kg	
Diámetro del Molde (cm)	101.60	Altura del molde (cm)	116.40	
Volumen del Molde (cm³)	943.69	Peso del Molde (gr)	3758.00	
CODIGO DE ENSAYO: N-01				
Densidad				
Descripción		Proctor N-01		
Peso del Molde + Muestra Húmeda en gr.		5590.00		
Peso de la Muestra Compactada en gr.		1832.00		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)				
Contenido de Humedad				
Descripción		Arriba	Medio	Abajo
Código de Cápsula		7-A	Z-21	T-20
Peso de Cápsula en gr.		19.90	21.40	10.80
Peso de Cápsula + Muestra Húmeda en gr.		80.70	77.90	91.70
Peso de Cápsula + Muestra Seca en gr.		67.20	65.40	73.40
Peso del Agua en gr.				
Peso de sólidos en gr.				
Contenido de Humedad - w%				
Densidad Seca del suelo (Ds) - gr/cm ³				
Promedio - Contenido de Humedad w%				
Promedio - Densidad Seca del Suelo (Ds) - gr/cm ³				
CODIGO DE ENSAYO: N-02				
Densidad				
Descripción		Proctor N-02		
Peso del Molde + Muestra Húmeda en gr.		5642.00		
Peso de la Muestra Compactada en gr.		1884.00		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)				
Contenido de Humedad				
Descripción		Arriba	Medio	Abajo
Código de Cápsula		3-B	B-2	1-B
Peso de Cápsula en gr.		18.90	21.70	17.80
Peso de Cápsula + Muestra Húmeda en gr.		73.00	62.50	87.90
Peso de Cápsula + Muestra Seca en gr.		62.00	54.10	73.40
Peso del Agua en gr.				



Peso de sólidos en gr.			
Contenido de Humedad - w%			
Densidad Seca del suelo (Ds) - gr/cm3			
Promedio - Contenido de Humedad w%			
Promedio - Densidad Seca del Suelo (Ds) - gr/cm³			
CODIGO DE ENSAYO: N-03			
Densidad			
Descripción	Proctor N-02		
Peso del Molde + Muestra Húmeda en gr.	5714.00		
Peso de la Muestra Compactada en gr.	1956.00		
Densidad Húmeda (gr/cm3)			
Contenido de Humedad			
Descripción	Arriba	Medio	Abajo
Código de Cápsula	T-07	T-05	T-30
Peso de Capsula en gr.	10.50	10.80	11.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	53.10	49.80	54.10
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	45.60	38.90	46.50
Peso del Agua en gr.			
Peso de sólidos en gr.			
Contenido de Humedad - w%			
Densidad Seca del suelo (Ds) - gr/cm3			
Promedio - Contenido de Humedad w%			
Promedio - Densidad Seca del Suelo (Ds) - gr/cm³			

Nota: Datos del contenido de humedad aplicando el método A.

3.5.7. Recolección de Datos para Determinación en Laboratorio de la Densidad y Peso Unitario de las Muestras de Suelo / ASTM7263_21

Dosificación, mezclado, compactación, eyección y curado de especímenes para el ensayo de resistencia a la compresión simple.

Dosificación:

Colocar el envase de mezclado en una balanza

Tarar la balanza

Introducir los materiales a mezclar en el siguiente orden:

Suelo natural

Aditivos Sólidos

Aditivos Líquidos

Agua (Pulverizar el agua hasta llegar el peso requerido)

Colocar el envase en el mezclador

Bajar el cabezal del mezclador

Sincronizar el cronometro en CERO

Figura 30

Dosificación de la muestra de suelo, microfibra de castaña y xanthan gum



Nota: Izq.: Realizamos a sacar la muestra de suelo inalterada. Der.: Procedemos a realizar la dosificación de la microfibra de castaña y el biopolímero xanthan gum.

Mezclado:

Iniciar el mezclado al nivel CINCO al mismo tiempo que el cronometro

Mezclar durante 1 minuto y medio

Pausar el cronometro, levantar el cabezal y juntar el material que se quede pegado en el envase

Bajar nuevamente el cabezal y encender la mezcladora durante 1 minuto y medio

Figura 31

Mezclado de la muestra de suelo, microfibra de castaña y xanthan gum



Nota: Izq.: Añadimos el biopolímero Xanthan Gum. Der.: Añadimos la Microfibra de la cascara de castaña.



Compactación:

Lubricar el molde con vaselina

Armado del molde, base y collar

Rellenar con el material la 5ta parte de la altura total (Sin Compactar)

Colocar miniatura de harvard

Colocar el pedestal y verificar que el martillo este limpio

Introducir el martillo Proctor en el molde

Darle 3 golpes al material (los 3 Golpes son equivalentes a la energía Proctor modificado de 5700 KN/m³)

Repetir el proceso para la 2da, 3ra, 4ta y 5ta capa

Figura 32

Compactación de las dosificaciones de suelo



Nota: Izq.: Una vez realizado la dosificación añadimos la muestra a la miniatura de harvard. Der.: Realizamos la compactación de 3 golpes.

Eycción:

Aflojar las mariposas superiores del molde

Girar el collar, sacar el collar y sacar el molde de la base

Cortar la parte superior del espécimen



Corregir las imperfecciones de la superficie, si hay agujeros rellenarlos, si hay protuberancias cortarlas.

Envolver (IMPERMEABILIZAR) con plástico film e introducir la bolsa pequeña en una bolsa Ziploc

Etiquetar la bolsa pequeña

Colocar la muestra embolsada y etiquetada en un recipiente hermético.

Colocar el molde en el embolso eyector

Centrar el molde en el embolo

Cerrar el gato hidráulico.

Limpiar el extrusor.

Lubricar la boca del extrusor con vaselina

Aplicar la presión al gato hidráulico.

Empujar la muestra por debajo y sacar la muestra.

Envolver la muestra con plástico film

Introducirlo en la bolsa Ziploc

Etiquetar

Limpiar todos los instrumentos

Figura 33
Enrasado y eyección de la muestra



Nota: Izq.: Procedemos a cortar la parte superior del espécimen. Der.: Aplicamos la presión del gato hidráulico.

Figura 34
Impermeabilización de la muestra y etiquetado



Nota: Izq.: Retiramos el espécimen. Der.: Procedemos a envolver la muestra con plástico film.

Tabla 23
Recolección de datos de laboratorio para densidad

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS	Efecto del residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023		
TESISTAS	ESPINOZA ARAGÓN, Einer Emilio CONDOMA MAMANI, Heberth Max	LUGAR	Jr. El Triunfo - C.P. El Triunfo - Las Piedras - Tambopata - Madre de Dios
LABORATORIO	ITHENDA E.I.R.Lta	FECHA	04 de mayo de 2023



ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DE LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DE LAS MUESTRAS DE SUELO / ASTM7263_21

ENSAYO DE DENSIDAD

MUESTRA: M-01 / (2.50 - 0.00)

DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Altura de la muestra en mm.	104.00	103.20	102.90
Diámetro de la muestra en mm.	60.06	60.04	60.02
Peso de la muestra en gr.	486.00		
Altura promedio de la muestra en cm.			
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Volumen de la muestra en cm³.			
Densidad Seca de la muestra en gr/cm³.			
Peso Unitario Seco de la muestra en KN/m³.			

MUESTRA: M-02 / (2.50 - 0.00)

DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Altura de la muestra en mm.	104.40	103.30	104.90
Diámetro de la muestra en mm.	60.00	60.30	60.50
Peso de la muestra en gr.	483.30		
Altura promedio de la muestra en cm.			
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Volumen de la muestra en cm³.			
Densidad Seca de la muestra en gr/cm³.			
Peso Unitario Seco de la muestra en KN/m³.			

MUESTRA: M-03 / (2.50 - 0.00)

DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Altura de la muestra en mm.	104.59	105.96	105.17
Diámetro de la muestra en mm.	59.87	60.09	60.21
Peso de la muestra en gr.	483.00		
Altura promedio de la muestra en cm.			
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Volumen de la muestra en cm³.			
Densidad Seca de la muestra en gr/cm³.			
Peso Unitario Seco de la muestra en KN/m³.			

MUESTRA: M-04 / (0.00 - 2.00)

DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Altura de la muestra en mm.	102.57	102.63	102.43
Diámetro de la muestra en mm.	59.26	59.20	50.25
Peso de la muestra en gr.	492.50		
Altura promedio de la muestra en cm.			
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Volumen de la muestra en cm³.			
Densidad Seca de la muestra en gr/cm³.			
Peso Unitario Seco de la muestra en KN/m³.			

MUESTRA: M-05 / (2.50 - 2.00)

DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Altura de la muestra en mm.	104.54	105.04	104.74
Diámetro de la muestra en mm.	60.08	60.38	60.14
Peso de la muestra en gr.	478.00		
Altura promedio de la muestra en cm.			
Diámetro promedio de la muestra en cm.			



Volumen de la muestra en cm³.	
Densidad Seca de la muestra en gr/cm³.	
Peso Unitario Seco de la muestra en KN/m³.	

MUESTRA: M-06 / (0.00 - 0.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Altura de la muestra en mm.	101.83	101.03	101.76
Diámetro de la muestra en mm.	58.20	58.26	58.74
Peso de la muestra en gr.	488.50		
Altura promedio de la muestra en cm.			
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Volumen de la muestra en cm³.			
Densidad Seca de la muestra en gr/cm³.			
Peso Unitario Seco de la muestra en KN/m³.			

MUESTRA: M-07 / (2.50 - 2.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Altura de la muestra en mm.	104.71	103.72	104.36
Diámetro de la muestra en mm.	60.15	60.33	61.02
Peso de la muestra en gr.	478.00		
Altura promedio de la muestra en cm.			
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Volumen de la muestra en cm³.			
Densidad Seca de la muestra en gr/cm³.			
Peso Unitario Seco de la muestra en KN/m³.			

MUESTRA: M-08 / (1.25 - 1.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Altura de la muestra en mm.	103.02	102.95	102.98
Diámetro de la muestra en mm.	59.75	60.06	60.28
Peso de la muestra en gr.	477.50		
Altura promedio de la muestra en cm.			
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Volumen de la muestra en cm³.			
Densidad Seca de la muestra en gr/cm³.			
Peso Unitario Seco de la muestra en KN/m³.			

MUESTRA: M-09 / (1.25 - 1.00)			
DESCRIPCIÓN	MEDIDA 01	MEDIDA 02	MEDIDA 03
Altura de la muestra en mm.	104.21	103.71	103.65
Diámetro de la muestra en mm.	59.81	60.06	60.41
Peso de la muestra en gr.	480.00		
Altura promedio de la muestra en cm.			
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Volumen de la muestra en cm³.			
Densidad Seca de la muestra en gr/cm³.			
Peso Unitario Seco de la muestra en KN/m³.			

MUESTRA: M-10 / (1.25 - 1.00)			
DESCRIPCIÓN	MEDIDA 01	MEDIDA 02	MEDIDA 03
Altura de la muestra en mm.	103.43	103.80	104.08
Diámetro de la muestra en mm.	59.73	59.82	60.25
Peso de la muestra en gr.	483.50		
Altura promedio de la muestra en cm.			
Diámetro promedio de la muestra en cm.			



Volumen de la muestra en cm³.	
Densidad Seca de la muestra en gr/cm³.	
Peso Unitario Seco de la muestra en KN/m³.	

MUESTRA: M-11 / (0.00 - 0.00)			
DESCRIPCIÓN	MEDIDA 01	MEDIDA 02	MEDIDA 03
Altura de la muestra en mm.	101.04	101.32	101.72
Diámetro de la muestra en mm.	58.43	58.46	58.87
Peso de la muestra en gr.	490.00		
Altura promedio de la muestra en cm.			
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Volumen de la muestra en cm³.			
Densidad Seca de la muestra en gr/cm³.			
Peso Unitario Seco de la muestra en KN/m³.			

MUESTRA: M-12 / (0.00 - 2.00)			
DESCRIPCIÓN	MEDIDA 01	MEDIDA 02	MEDIDA 03
Altura de la muestra en mm.	102.11	102.41	102.50
Diámetro de la muestra en mm.	59.23	59.30	59.35
Peso de la muestra en gr.	488.50		
Altura promedio de la muestra en cm.			
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Volumen de la muestra en cm³.			
Densidad Seca de la muestra en gr/cm³.			
Peso Unitario Seco de la muestra en KN/m³.			

MUESTRA: M-13 / (0.00 - 0.00)			
DESCRIPCIÓN	MEDIDA 01	MEDIDA 02	MEDIDA 03
Altura de la muestra en mm.	100.26	100.20	100.32
Diámetro de la muestra en mm.	58.34	58.72	58.68
Peso de la muestra en gr.	481.00		
Altura promedio de la muestra en cm.			
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Volumen de la muestra en cm³.			
Densidad Seca de la muestra en gr/cm³.			
Peso Unitario Seco de la muestra en KN/m³.			

MUESTRA: M-14 / (2.50 - 2.00)			
DESCRIPCIÓN	MEDIDA 01	MEDIDA 02	MEDIDA 03
Altura de la muestra en mm.	105.95	106.06	105.99
Diámetro de la muestra en mm.	60.11	61.14	60.29
Peso de la muestra en gr.	477.00		
Altura promedio de la muestra en cm.			
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Volumen de la muestra en cm³.			
Densidad Seca de la muestra en gr/cm³.			
Peso Unitario Seco de la muestra en KN/m³.			

MUESTRA: M-15 / (0.00 - 2.00)			
DESCRIPCIÓN	MEDIDA 01	MEDIDA 02	MEDIDA 03
Altura de la muestra en mm.	102.26	102.57	102.32
Diámetro de la muestra en mm.	59.09	59.33	59.37
Peso de la muestra en gr.	492.00		
Altura promedio de la muestra en cm.			
Diámetro promedio de la muestra en cm.			



Volumen de la muestra en cm³.	
Densidad Seca de la muestra en gr/cm³.	
Peso Unitario Seco de la muestra en KN/m³.	

MUESTRA: M-16 / (0.63 - 1.50)			
DESCRIPCIÓN	MEDIDA 01	MEDIDA 02	MEDIDA 03
Altura de la muestra en mm.	102.36	102.83	102.38
Diámetro de la muestra en mm.	59.67	59.76	59.73
Peso de la muestra en gr.	484.50		
Altura promedio de la muestra en cm.			
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Volumen de la muestra en cm³.			
Densidad Seca de la muestra en gr/cm³.			
Peso Unitario Seco de la muestra en KN/m³.			

MUESTRA: M-17 / (0.63 - 1.50)			
DESCRIPCIÓN	MEDIDA 01	MEDIDA 02	MEDIDA 03
Altura de la muestra en mm.	103.02	103.74	103.73
Diámetro de la muestra en mm.	59.69	59.84	59.90
Peso de la muestra en gr.	483.00		
Altura promedio de la muestra en cm.			
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Volumen de la muestra en cm³.			
Densidad Seca de la muestra en gr/cm³.			
Peso Unitario Seco de la muestra en KN/m³.			

MUESTRA: M-18 / 1.87 - 0.50)			
DESCRIPCIÓN	MEDIDA 01	MEDIDA 02	MEDIDA 03
Altura de la muestra en mm.	103.89	103.99	103.85
Diámetro de la muestra en mm.	59.84	60.44	60.37
Peso de la muestra en gr.	480.00		
Altura promedio de la muestra en cm.			
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Volumen de la muestra en cm³.			
Densidad Seca de la muestra en gr/cm³.			
Peso Unitario Seco de la muestra en KN/m³.			

MUESTRA: M-19 / 1.87 - 0.50)			
DESCRIPCIÓN	MEDIDA 01	MEDIDA 02	MEDIDA 03
Altura de la muestra en mm.	101.33	101.93	101.39
Diámetro de la muestra en mm.	59.93	59.99	60.01
Peso de la muestra en gr.	472.00		
Altura promedio de la muestra en cm.			
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Volumen de la muestra en cm³.			
Densidad Seca de la muestra en gr/cm³.			
Peso Unitario Seco de la muestra en KN/m³.			

Nota: Datos del Ensayo de Densidad altura, diámetro y peso de la muestra en gr.

Figura 35

Medición de los diámetros y pesos de la muestra



Nota: Izq.: Medimos los diámetros de los 19 especímenes. Der.: Procedemos a pesar y tomar datos de los 19 especímenes.

3.5.8. Recolección de Datos para Resistencia a la Compresión no Confinada de Suelo Cohesivo / ASTM2166_06

Figura 36

Muestras antes y después del secado al horno.



Nota: Izq.: Muestras de los 19 especímenes antes del secado al horno.
Der.: Muestras de los 19 especímenes después del secado al horno.

Figura 37
Muestra M-04 sometida a compresión simple.



Nota: Izq. Resultado de la muestra sometida a compresión simple Der. Procedemos a realizar la ruptura de la muestra.

Tabla 24
Recolección de datos de laboratorio para cohesión

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS	Efecto del residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023		
TESISTAS	ESPINOZA ARAGÓN, Einer Emilio CONDOMA MAMANI, Heberth Max	LUGAR	Jr. El Triunfo - C.P. El Triunfo - Las Piedras - Tambopata - Madre de Dios
LABORATORIO	ITHENDA E.I.R.Lta	FECHA	30 de mayo de 2023
ENSAYO PARA RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELO COHESIVO / ASTM2166_06			
ENSAYO DE COMPRESIÓN			
MUESTRA: M-01 / (2.50 - 0.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	60.06	60.04	60.02
Esfuerzo máximo sobre la muestra en kg.	1140.00		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Área transversal de la muestra en cm².			
Resistencia a la Compresión en kg/cm²			
Cohesión de la muestra en Mpa.			



MUESTRA: M-02 / (2.50 - 0.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	60.00	60.30	60.50
Esfuerzo máximo sobre la muestra en kg.	900.00		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Área transversal de la muestra en cm².			
Resistencia a la Compresión en kg/cm²			
Cohesión de la muestra en Mpa.			

MUESTRA: M-03 / (2.50 - 0.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	59.87	60.09	60.21
Esfuerzo máximo sobre la muestra en kg.	670.00		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Área transversal de la muestra en cm².			
Resistencia a la Compresión en kg/cm²			
Cohesión de la muestra en Mpa.			

MUESTRA: M-04 / (0.00 - 2.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	59.26	59.20	50.25
Esfuerzo máximo sobre la muestra en kg.	1150.00		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Área transversal de la muestra en cm².			
Resistencia a la Compresión en kg/cm²			
Cohesión de la muestra en Mpa.			

MUESTRA: M-05 / (2.50 - 2.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	60.08	60.38	60.14
Esfuerzo máximo sobre la muestra en kg.	710.00		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Área transversal de la muestra en cm².			
Resistencia a la Compresión en kg/cm²			
Cohesión de la muestra en Mpa.			

MUESTRA: M-06 / (0.00 - 0.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	58.20	58.26	58.74
Esfuerzo máximo sobre la muestra en kg.	880.00		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Área transversal de la muestra en cm².			
Resistencia a la Compresión en kg/cm²			
Cohesión de la muestra en Mpa.			

MUESTRA: M-07 / (2.50 - 2.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	60.15	60.33	61.02
Esfuerzo máximo sobre la muestra en kg.	990.00		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Área transversal de la muestra en cm².			
Resistencia a la Compresión en kg/cm²			
Cohesión de la muestra en Mpa.			



MUESTRA: M-08 / (1.25 - 1.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	59.75	60.06	60.28
Esfuerzo máximo sobre la muestra en kg.	690.00		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Área transversal de la muestra en cm².			
Resistencia a la Compresión en kg/cm²			
Cohesión de la muestra en Mpa.			

MUESTRA: M-09 / (1.25 - 1.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	59.81	60.06	60.41
Esfuerzo máximo sobre la muestra en kg.	660.00		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Área transversal de la muestra en cm².			
Resistencia a la Compresión en kg/cm²			
Cohesión de la muestra en Mpa.			

MUESTRA: M-10 / (1.25 - 1.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	59.73	59.82	60.25
Esfuerzo máximo sobre la muestra en kg.	570.00		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Área transversal de la muestra en cm².			
Resistencia a la Compresión en kg/cm²			
Cohesión de la muestra en Mpa.			

MUESTRA: M-11 / (0.00 - 0.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	58.43	58.46	58.87
Esfuerzo máximo sobre la muestra en kg.	810.00		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Área transversal de la muestra en cm².			
Resistencia a la Compresión en kg/cm²			
Cohesión de la muestra en Mpa.			

MUESTRA: M-12 / (0.00 - 2.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	59.23	59.30	59.35
Esfuerzo máximo sobre la muestra en kg.	930.00		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Área transversal de la muestra en cm².			
Resistencia a la Compresión en kg/cm²			
Cohesión de la muestra en Mpa.			

MUESTRA: M-13 / (0.00 - 0.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	58.34	58.72	58.68
Esfuerzo máximo sobre la muestra en kg.	910.00		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Área transversal de la muestra en cm².			
Resistencia a la Compresión en kg/cm²			
Cohesión de la muestra en Mpa.			



MUESTRA: M-14 / (2.50 - 2.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	60.11	61.14	60.29
Esfuerzo máximo sobre la muestra en kg.	740.00		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Área transversal de la muestra en cm².			
Resistencia a la Compresión en kg/cm²			
Cohesión de la muestra en Mpa.			

MUESTRA: M-15 / (0.00 - 2.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	59.09	59.33	59.37
Esfuerzo máximo sobre la muestra en kg.	1210.00		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Área transversal de la muestra en cm².			
Resistencia a la Compresión en kg/cm²			
Cohesión de la muestra en Mpa.			

MUESTRA: M-16 / (0.63 - 1.50)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	59.67	59.76	59.73
Esfuerzo máximo sobre la muestra en kg.	790.00		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Área transversal de la muestra en cm².			
Resistencia a la Compresión en kg/cm²			
Cohesión de la muestra en Mpa.			

MUESTRA: M-17 / (0.63 - 1.50)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	59.69	59.84	59.90
Esfuerzo máximo sobre la muestra en kg.	700.00		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Área transversal de la muestra en cm².			
Resistencia a la Compresión en kg/cm²			
Cohesión de la muestra en Mpa.			

MUESTRA: M-18 / 1.87 - 0.50)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	59.84	60.44	60.37
Esfuerzo máximo sobre la muestra en kg.	710.00		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Área transversal de la muestra en cm².			
Resistencia a la Compresión en kg/cm²			
Cohesión de la muestra en Mpa.			

MUESTRA: M-19 / 1.87 - 0.50)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	59.93	59.99	60.01
Esfuerzo máximo sobre la muestra en kg.	1190.00		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Área transversal de la muestra en cm².			
Resistencia a la Compresión en kg/cm²			
Cohesión de la muestra en Mpa.			

Nota: Medidas de sus diámetros de cada espécimen para el ensayo de compresión.

3.5.9. Recolección de Datos para Determinación de Absorción de Agua por Capilaridad y de la Tasa de Absorción de Agua Inicial / UNE-EN 772-11_11

Figura 38

Medición de las muestras y ascensión capilar inmediata



Nota: Izq. Procedemos a pesar nuestras muestras. Der.: Colocamos la muestra en una película de agua por 1 minuto.

Tabla 25

Recolección de datos de laboratorio para ascensión capilar

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS	Efecto del residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023		
TESISTAS	ESPINOZA ARAGÓN, Einer Emilio CONDOMA MAMANI, Heberth Max	LUGAR	Jr. El Triunfo - C.P. El Triunfo - Las Piedras - Tambopata - Madre de Dios
LABORATORIO	ITHENDA E.I.R.Lta	FECHA	31 de mayo de 2023
DETERMINACIÓN DE ABSORCIÓN DE AGUA POR CAPILARIDAD Y DE LA TASA DE ABSORCIÓN DE AGUA INICIAL / UNE-EN 772-11_11			
ENSAYO DE ASCENSIÓN CAPILAR			
MUESTRA: M-01 / (2.50 - 0.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	59.92	59.8	60.31
Peso de la muestra seca en gr.	140.10		
Peso de la muestra húmeda en gr.	141.50		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Sección la muestra en m².			
Tiempo de absorción inmediata en seg.			
Ascensión Capilar en kg/(m².min)			
Coefficiente de Absorción en %			
MUESTRA: M-02 / (2.50 - 0.00)			



DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	60.59	60.47	60.33
Peso de la muestra seca en gr.	151.80		
Peso de la muestra húmeda en gr.	153.00		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Sección la muestra en m².			
Tiempo de absorción inmediata en seg.			
Ascensión Capilar en kg/(m².min)			
Coefficiente de Absorción en %			

MUESTRA: M-03 / (2.50 - 0.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	61.09	59.91	60.5
Peso de la muestra seca en gr.	83.90		
Peso de la muestra húmeda en gr.	88.10		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Sección la muestra en m².			
Tiempo de absorción inmediata en seg.			
Ascensión Capilar en kg/(m².min)			
Coefficiente de Absorción en %			

MUESTRA: M-04 / (0.00 - 2.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	59.3	60.69	59.54
Peso de la muestra seca en gr.	142.50		
Peso de la muestra húmeda en gr.	147.30		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Sección la muestra en m².			
Tiempo de absorción inmediata en seg.			
Ascensión Capilar en kg/(m².min)			
Coefficiente de Absorción en %			

MUESTRA: M-05 / (2.50 - 2.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	60.07	60.01	60.19
Peso de la muestra seca en gr.	157.10		
Peso de la muestra húmeda en gr.	158.40		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Sección la muestra en m².			
Tiempo de absorción inmediata en seg.			
Ascensión Capilar en kg/(m².min)			
Coefficiente de Absorción en %			

MUESTRA: M-06 / (0.00 - 0.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	58.95	58.87	58.16
Peso de la muestra seca en gr.	141.50		
Peso de la muestra húmeda en gr.	143.40		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Sección la muestra en m².			
Tiempo de absorción inmediata en seg.			
Ascensión Capilar en kg/(m².min)			
Coefficiente de Absorción en %			



MUESTRA: M-07 / (2.50 - 2.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	60.57	60.49	60.73
Peso de la muestra seca en gr.	152.50		
Peso de la muestra húmeda en gr.	153.90		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Sección la muestra en m².			
Tiempo de absorción inmediata en seg.			
Ascensión Capilar en kg/(m².min)			
Coefficiente de Absorción en %			

MUESTRA: M-08 / (1.25 - 1.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	60.94	59.77	59.81
Peso de la muestra seca en gr.	124.50		
Peso de la muestra húmeda en gr.	126.10		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Sección la muestra en m².			
Tiempo de absorción inmediata en seg.			
Ascensión Capilar en kg/(m².min)			
Coefficiente de Absorción en %			

MUESTRA: M-09 / (1.25 - 1.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	60.00	60.20	59.99
Peso de la muestra seca en gr.	156.80		
Peso de la muestra húmeda en gr.	158.10		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Sección la muestra en m².			
Tiempo de absorción inmediata en seg.			
Ascensión Capilar en kg/(m².min)			
Coefficiente de Absorción en %			

MUESTRA: M-10 / (1.25 - 1.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	59.58	60.17	59.66
Peso de la muestra seca en gr.	133.70		
Peso de la muestra húmeda en gr.	135.50		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Sección la muestra en m².			
Tiempo de absorción inmediata en seg.			
Ascensión Capilar en kg/(m².min)			
Coefficiente de Absorción en %			

MUESTRA: M-11 / (0.00 - 0.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	58.62	60.23	59.10
Peso de la muestra seca en gr.	116.80		
Peso de la muestra húmeda en gr.	119.60		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Sección la muestra en m².			
Tiempo de absorción inmediata en seg.			
Ascensión Capilar en kg/(m².min)			
Coefficiente de Absorción en %			



MUESTRA: M-12 / (0.00 - 2.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	58.87	60.78	59.10
Peso de la muestra seca en gr.	144.30		
Peso de la muestra húmeda en gr.	150.60		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Sección la muestra en m².			
Tiempo de absorción inmediata en seg.			
Ascensión Capilar en kg/(m².min)			
Coefficiente de Absorción en %			

MUESTRA: M-13 / (0.00 - 0.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	58.70	58.91	59.15
Peso de la muestra seca en gr.	145.60		
Peso de la muestra húmeda en gr.	148.90		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Sección la muestra en m².			
Tiempo de absorción inmediata en seg.			
Ascensión Capilar en kg/(m².min)			
Coefficiente de Absorción en %			

MUESTRA: M-14 / (2.50 - 2.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	60.08	60.10	59.95
Peso de la muestra seca en gr.	157.90		
Peso de la muestra húmeda en gr.	159.20		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Sección la muestra en m².			
Tiempo de absorción inmediata en seg.			
Ascensión Capilar en kg/(m².min)			
Coefficiente de Absorción en %			

MUESTRA: M-15 / (0.00 - 2.00)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	60.29	59.84	59.47
Peso de la muestra seca en gr.	149.60		
Peso de la muestra húmeda en gr.	153.90		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Sección la muestra en m².			
Tiempo de absorción inmediata en seg.			
Ascensión Capilar en kg/(m².min)			
Coefficiente de Absorción en %			

MUESTRA: M-16 / (0.63 - 1.50)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	59.95	60.47	59.61
Peso de la muestra seca en gr.	144.20		
Peso de la muestra húmeda en gr.	147.10		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Sección la muestra en m².			
Tiempo de absorción inmediata en seg.			
Ascensión Capilar en kg/(m².min)			
Coefficiente de Absorción en %			



MUESTRA: M-17 / (0.63 - 1.50)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	60.40	60.30	59.89
Peso de la muestra seca en gr.	131.90		
Peso de la muestra húmeda en gr.	135.00		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Sección la muestra en m².			
Tiempo de absorción inmediata en seg.			
Ascensión Capilar en kg/(m².min)			
Coefficiente de Absorción en %			

MUESTRA: M-18 / 1.87 - 0.50)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	60.16	60.15	60.63
Peso de la muestra seca en gr.	140.70		
Peso de la muestra húmeda en gr.	142.10		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Sección la muestra en m².			
Tiempo de absorción inmediata en seg.			
Ascensión Capilar en kg/(m².min)			
Coefficiente de Absorción en %			

MUESTRA: M-19 / 1.87 - 0.50)			
DESCRIPCIÓN	MED. 01	MED. 02	MED. 03
Diámetro de la muestra en mm.	60.78	60.23	60.61
Peso de la muestra seca en gr.	145.40		
Peso de la muestra húmeda en gr.	146.90		
Diámetro promedio de la muestra en cm.			
Sección la muestra en m².			
Tiempo de absorción inmediata en seg.			
Ascensión Capilar en kg/(m².min)			
Coefficiente de Absorción en %			

Nota: Toma de datos de sus diámetros de los 19 especímenes.

3.5.10. Recolección de Datos para Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos / ASTM D4318_17 – Límite Líquido.

Tabla 26

Recolección de datos de laboratorio para Límite Líquido

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS	Efecto del residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023		
TESISTAS	ESPINOZA ARAGÓN, Einer Emilio CONDOMA MAMANI, Heberth Max	LUGAR	Jr. El Triunfo - C.P. El Triunfo - Las Piedras - Tambopata - Madre de Dios
LABORATORIO	ITHENDA E.I.R.Lta	FECHA	09 de junio de 2023
ENSAYO ESTANDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS / ASTM D4318_17			



LÍMITE LÍQUIDO			
-----------------------	--	--	--

DOSIFICACIÓN 0.00 - 0.00			
DESCRIPCIÓN	M-06	M-11	M-13
Numero de Golpes	14	14	19
Peso de Capsula en gr.	10.60	6.40	6.20
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	34.00	31.10	32.90
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	27.72	24.20	25.96
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
			LÍMITE LÍQUIDO (LL)

DOSIFICACIÓN 2.50 - 0.00			
DESCRIPCIÓN	M-01	M-02	M-03
Numero de Golpes	21	8	9
Peso de Capsula en gr.	10.90	10.80	10.80
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	34.00	36.30	36.30
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	24.38	40.30	27.58
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
			LÍMITE LÍQUIDO (LL)

DOSIFICACIÓN 0.00 - 2.00			
DESCRIPCIÓN	M-04	M-12	M-15
Numero de Golpes	9	16	17
Peso de Capsula en gr.	10.50	5.80	6.10
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	32.50	38.30	37.40
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	26.58	29.98	29.26
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
			LÍMITE LÍQUIDO (LL)

DOSIFICACIÓN 2.50 - 2.00			
DESCRIPCIÓN	M-05	M-07	M-14
Numero de Golpes	30	12	38
Peso de Capsula en gr.	10.70	10.80	6.20
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	44.30	35.00	37.10
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	30.28	26.40	25.32
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
			LÍMITE LÍQUIDO (LL)

DOSIFICACIÓN 1.25 - 1.00			
DESCRIPCIÓN	M-08	M-09	M-10
Numero de Golpes	16	25	17
Peso de Capsula en gr.	11.00	11.00	11.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	38.20	37.20	28.60
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	29.82	28.60	27.96
Peso de Agua en gr.			



Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
	LÍMITE LÍQUIDO (LL)		

DOSIFICACIÓN 0.63 - 1.50			
DESCRIPCIÓN	M-16	M-17	
Numero de Golpes	15	17	
Peso de Capsula en gr.	6.20	5.90	
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	31.70	32.50	
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	24.72	25.46	
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
	LÍMITE LÍQUIDO (LL)		

DOSIFICACIÓN 0.63 - 1.50			
DESCRIPCIÓN	M-18	M-19	
Numero de Golpes	14	19	
Peso de Capsula en gr.	10.60	10.20	
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	38.60	35.20	
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	30.68	27.98	
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
	LÍMITE LÍQUIDO (LL)		

Nota: Datos obtenidos en laboratorio de las diferentes dosificaciones para el límite líquido.

3.5.11. Recolección de Datos para Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos / ASTM D4318_17 – Límite Plástico.

Tabla 27 Recolección de datos de laboratorio para Límite Plástico

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS	Efecto del residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023		
TESISTAS	ESPINOZA ARAGÓN, Einer Emilio CONDOMA MAMANI, Heberth Max	LUGAR	Jr. El Triunfo - C.P. El Triunfo - Las Piedras - Tambopata - Madre de Dios
LABORATORIO		FECHA	09 de junio de 2023
ENSAYO ESTANDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS / ASTM D4318_17			
LÍMITE PLÁSTICO			
DOSIFICACIÓN 0.00 - 0.00			
DESCRIPCIÓN	M-06	M-11	M-13



Peso de Capsula en gr.	11.00	5.60	5.90
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	16.90	11.70	13.20
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	15.66	10.36	11.52
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
	LÍMITE PLÁSTICO (LP)		

DOSIFICACIÓN 2.50 - 0.00			
DESCRIPCIÓN	M-01	M-02	M-03
Peso de Capsula en gr.	10.60	10.80	10.50
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	13.70	14.80	14.70
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	12.40	14.70	13.18
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
	LÍMITE PLÁSTICO (LP)		

DOSIFICACIÓN 0.00 - 2.00			
DESCRIPCIÓN	M-04	M-12	M-15
Peso de Capsula en gr.	10.30	9.40	5.70
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	16.20	16.50	12.90
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	14.88	14.94	11.26
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
	LÍMITE PLÁSTICO (LP)		

DOSIFICACIÓN 2.50 - 2.00			
DESCRIPCIÓN	M-05	M-07	M-14
Peso de Capsula en gr.	10.80	11.00	6.10
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	15.90	16.00	12.10
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	13.50	14.24	9.86
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
	LÍMITE PLÁSTICO (LP)		

DOSIFICACIÓN 1.25 - 1.00			
DESCRIPCIÓN	M-08	M-09	M-10
Peso de Capsula en gr.	10.60	10.80	10.90
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	18.00	17.60	17.40
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	15.90	15.52	15.10
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
	LÍMITE PLÁSTICO (LP)		

DOSIFICACIÓN 0.63 - 1.50			
DESCRIPCIÓN	M-16	M-17	
Peso de Capsula en gr.	7.20	6.10	
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	13.90	13.70	
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	12.22	11.82	



Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
	LÍMITE PLÁSTICO (LP)		

DOSIFICACIÓN 0.63 - 1.50			
DESCRIPCIÓN	M-18	M-19	
Peso de Capsula en gr.	10.70	10.90	
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	16.90	17.80	
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	15.24	15.94	
Peso de Agua en gr.			
Peso de Muestra Seca en gr.			
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %			
	LÍMITE PLÁSTICO (LP)		

Nota: Datos obtenidos en laboratorio de las diferentes dosificaciones para el límite plástico.

3.6. Procedimiento de Análisis de Datos

3.6.1. Análisis de Datos para el Contenido de Humedad (MTC E-108)

$$W_{agua} = (W_{cap} + W_{sh}) - (W_{cap} + W_{ss})$$

$$W_{\%} = \frac{W_{agua}}{W_{ss}} * 100$$

Donde:

W_{cap} : Peso de Capsula en gr.

W_{sh} : Peso de Muestra Húmeda en gr.

W_{ss} : Peso de Muestra Seca en gr.

W_{agua} : Peso de Agua en gr.

$W_{\%}$: Contenido de Humedad en %

Tabla 28

Análisis de datos para determinar el contenido de humedad para C-01 y C-02

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO / MTC E-108			
CALICATA: C-01			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula en gr.	19.90	21.40	10.80
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	80.70	77.90	91.70
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	67.20	65.40	73.40
Peso de Agua en gr.	13.50	12.50	18.30
Peso de Muestra Seca en gr.	47.30	44.00	62.60
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %	28.54%	28.41%	29.23%

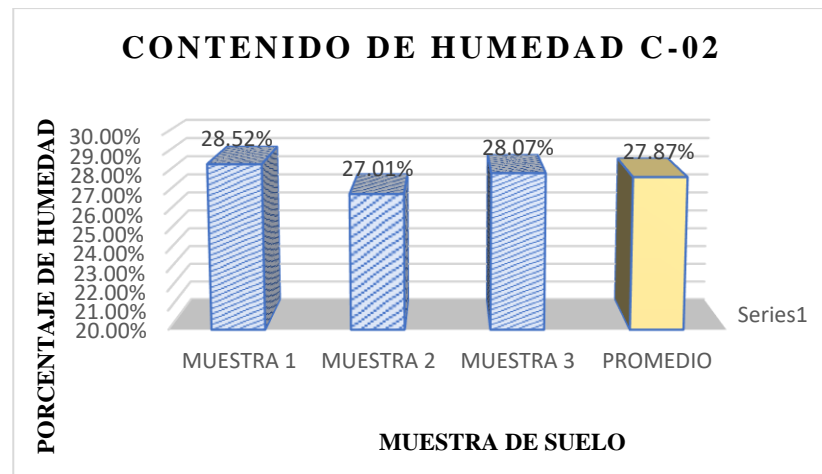
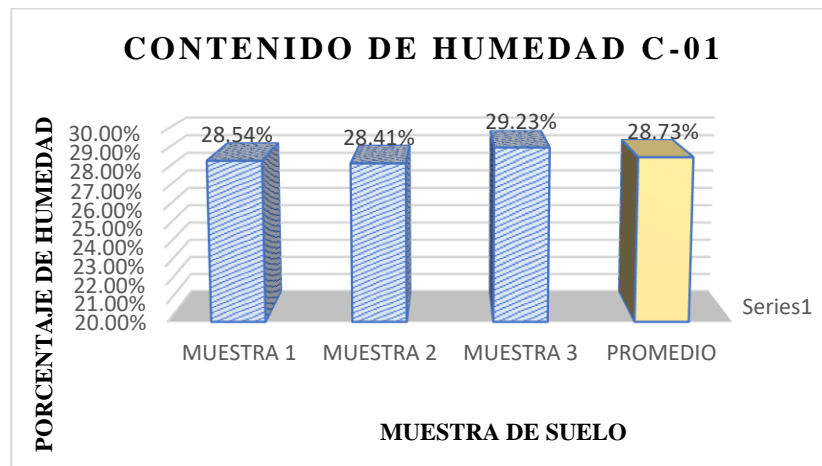


CALICATA: C-02			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula en gr.	18.00	19.80	20.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	92.80	89.40	85.70
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	76.20	74.60	71.30
Peso de Agua en gr.	16.60	14.80	14.40
Peso de Muestra Seca en gr	58.20	54.80	51.30
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %	28.52%	27.01%	28.07%

Nota: Datos obtenidos en el laboratorio de 3 muestras de la calicata C-01 y C-02.

Figura 39

Comparación de muestras para contenido de humedad



Nota: Contenido de humedad de la C-01 y C-02.

3.6.2. Análisis de Datos para Ensayo Granulométrico de Suelos por Tamizado / ASTM D422

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO / MTC E-107 / ASTM D-422			
Peso de la Muestra Seca (Antes de Lavar) =	1500.00 gr	Peso de la Muestra Seca (Después de Lavar) =	26.30 gr
			C-01



Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso que pasa (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4"	100	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
¾"	19	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
⅜"	9.5	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 4	4.75	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 10	2	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 20	0.850	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 40	0.425	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 60	0.250	2.40	1497.60	0.16%	0.16%	99.84%
Nº 100	0.150	41.50	1456.10	2.82%	2.98%	97.02%
Nº 200	0.075	110.30	1345.80	7.48%	10.46%	89.54%
Fondo	-	1318.00		89.43%	99.90%	
	Total de la muestra retenida =	154.20		99.90%		

Error	0.102%
--------------	--------

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO / MTC E-107 / ASTM D-422

Peso de la Muestra Seca (Antes de Lavar) =	1500.00 gr	Peso de la Muestra Seca (Después de Lavar) =	26.30 gr	C-02
--	------------	--	----------	-------------

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso que pasa (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4"	100	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
¾"	19	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
⅜"	9.5	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 4	4.75	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 10	2	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 20	0.850	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 40	0.425	0.00	1500.00	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 60	0.250	2.40	1497.60	0.16%	0.16%	99.84%
Nº 100	0.150	42.60	1455.00	2.88%	3.04%	96.96%
Nº 200	0.075	135.20	1319.80	9.13%	12.17%	87.83%
Fondo	-	1299.30		87.77%	99.94%	
	Total de la muestra retenida =	180.20		99.94%		

Error	0.061%
--------------	--------



3.6.3. Análisis de Datos para Ensayo Estándar para Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos / ASTM D4318_17

Tabla 29

Análisis de datos para determinar el límite líquido C-01 y C-02

ENSAYO ESTANDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS / ASTM D4318_17			
LÍMITE LÍQUIDO			

CALICATA: C-01 COD: B-01			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Numero de Golpes	35	21	14
Peso de Capsula en gr.	19.80	18.80	19.40
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	41.70	35.30	31.10
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	36.40	30.90	27.80
Peso de Agua en gr.	5.30	4.40	3.30
Peso de Muestra Seca en gr.	16.60	12.10	8.40
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %	31.93%	36.36%	39.29%
LÍMITE LÍQUIDO (LL)			35.28%

CALICATA: C-01 COD: B-02			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Numero de Golpes	28	16	13
Peso de Capsula en gr.	19.50	18.40	19.60
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	35.40	31.50	34.70
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	31.30	28.00	30.40
Peso de Agua en gr.	4.10	3.50	4.30
Peso de Muestra Seca en gr.	11.80	9.60	10.80
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %	34.75%	36.46%	39.81%
LÍMITE LÍQUIDO (LL)			35.31%

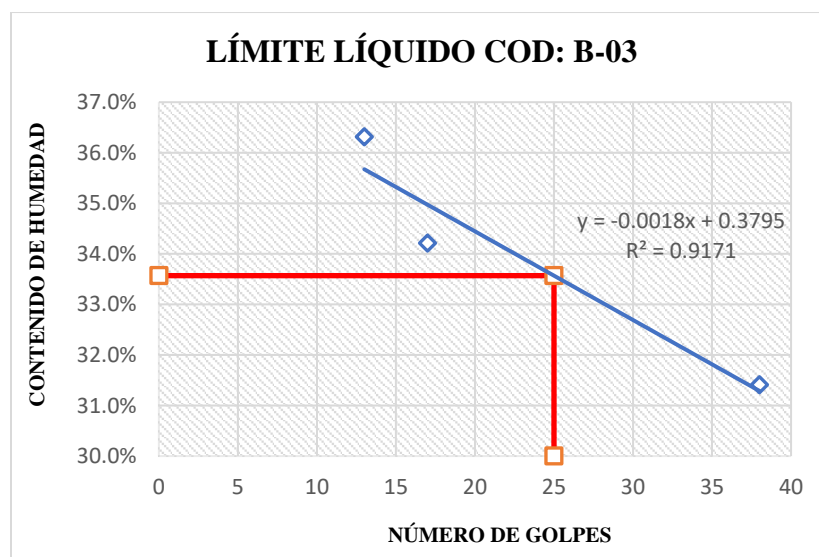
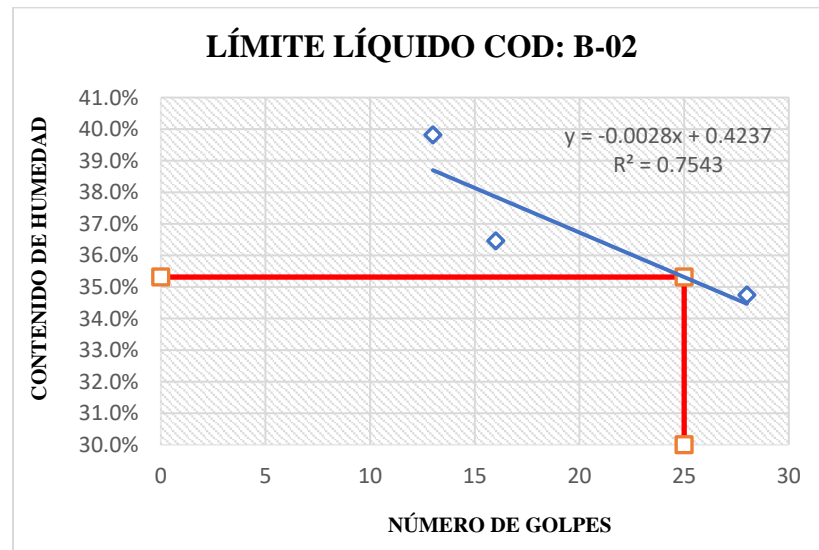
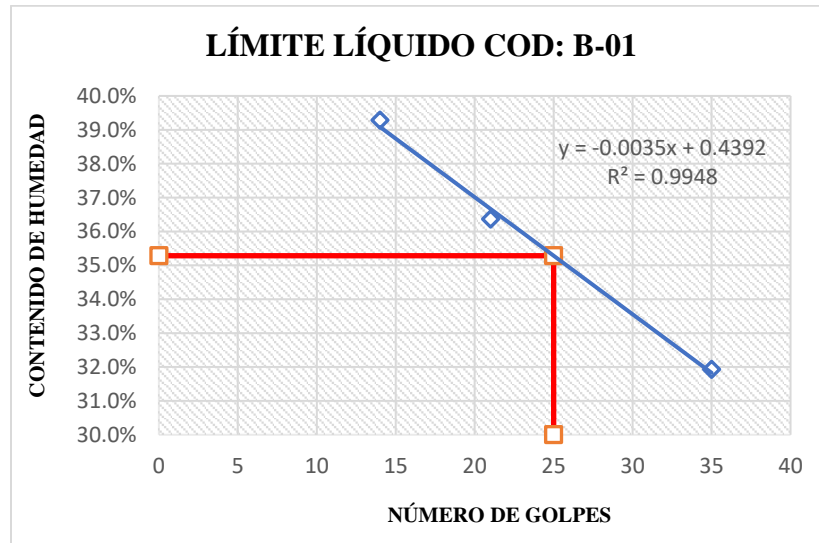
CALICATA: C-02 COD: B-03			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Numero de Golpes	38	17	13
Peso de Capsula en gr.	19.40	18.90	19.50
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	39.90	39.30	43.90
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	35.00	34.10	37.40
Peso de Agua en gr.	4.90	5.20	6.50
Peso de Muestra Seca en gr.	15.60	15.20	17.90
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %	31.41%	34.21%	36.31%
LÍMITE LÍQUIDO (LL)			33.57%

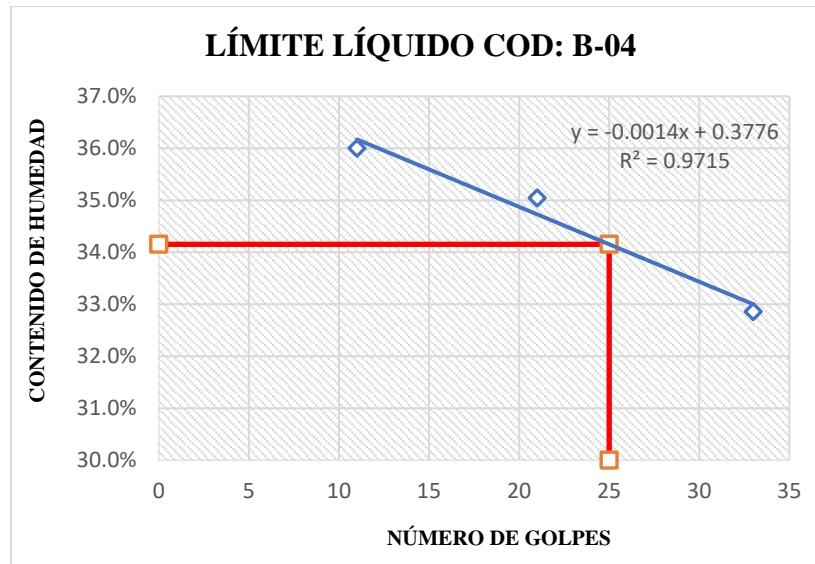
CALICATA: C-02 COD: B-04			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Numero de Golpes	33	21	11
Peso de Capsula en gr.	19.50	19.40	19.50
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	28.80	35.20	33.10
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	26.50	31.10	29.50
Peso de Agua en gr.	2.30	4.10	3.60
Peso de Muestra Seca en gr.	7.00	11.70	10.00
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %	32.86%	35.04%	36.00%
LÍMITE LÍQUIDO (LL)			34.15%

Nota: Determinación del límite líquido de la C-01 y C-02.



Figura 40
Comparación de muestras para el límite líquido





Nota: Datos obtenidos a los 25 golpes.

Tabla 30

Análisis de datos para determinar el límite plástico 01

ENSAYO ESTANDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS / ASTM D4318_17			
LÍMITE PLÁSTICO			
CALICATA: C-01 COD: B-01			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula en gr.	10.90	11.10	11.20
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	12.20	14.50	23.10
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	11.90	13.80	20.60
Peso de Agua en gr.	0.30	0.70	2.50
Peso de Muestra Seca en gr.	1.00	2.70	9.40
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %	30.00%	25.93%	26.60%
			LÍMITE PLÁSTICO (LP)
			27.51%
CALICATA: C-01 COD: B-02			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula en gr.	10.80	10.60	10.60
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	24.20	25.90	25.70
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	21.20	22.40	22.20
Peso de Agua en gr.	3.00	3.50	3.50
Peso de Muestra Seca en gr.	10.40	11.80	11.60
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %	28.85%	29.66%	30.17%
			LÍMITE PLÁSTICO (LP)
			29.56%
CALICATA: C-02 COD: B-03			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula en gr.	10.90	10.60	10.60
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	28.10	26.30	26.50
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	24.50	22.90	23.20
Peso de Agua en gr.	3.60	3.40	3.30

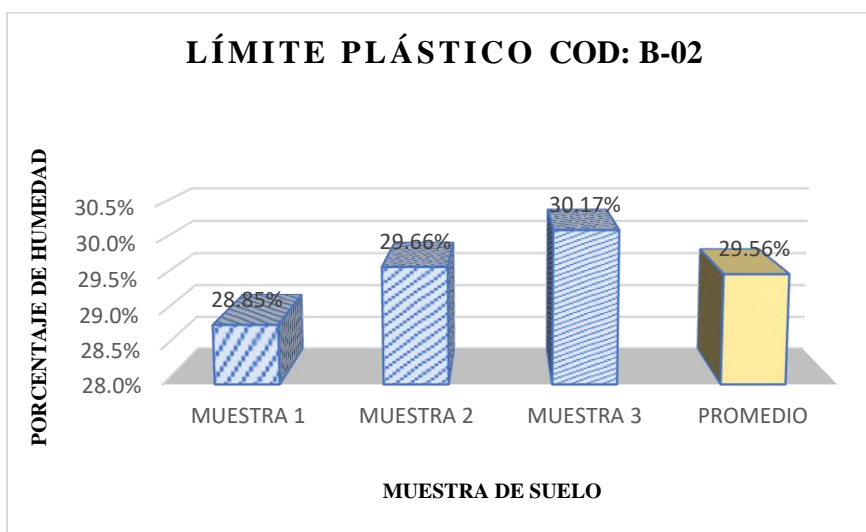
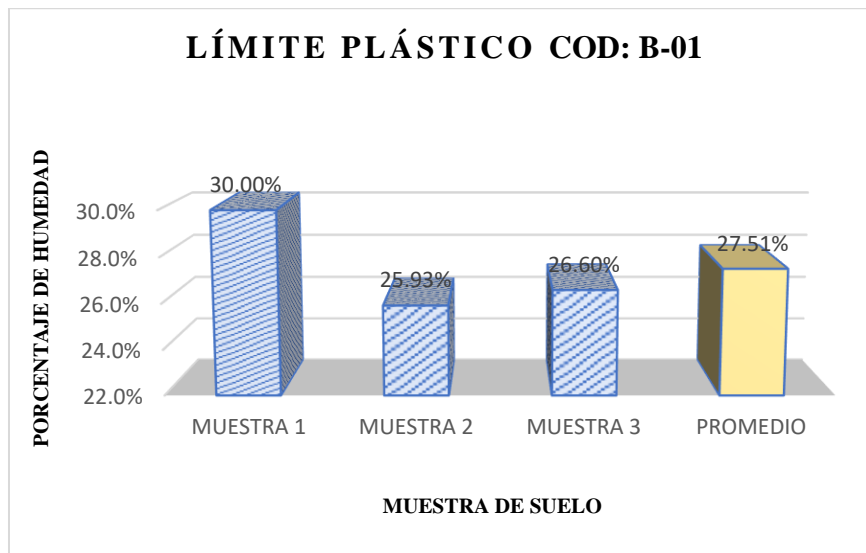


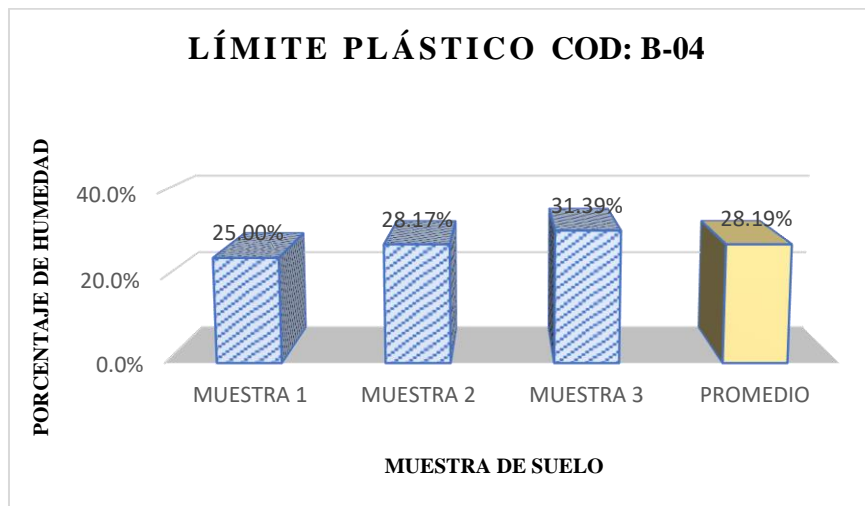
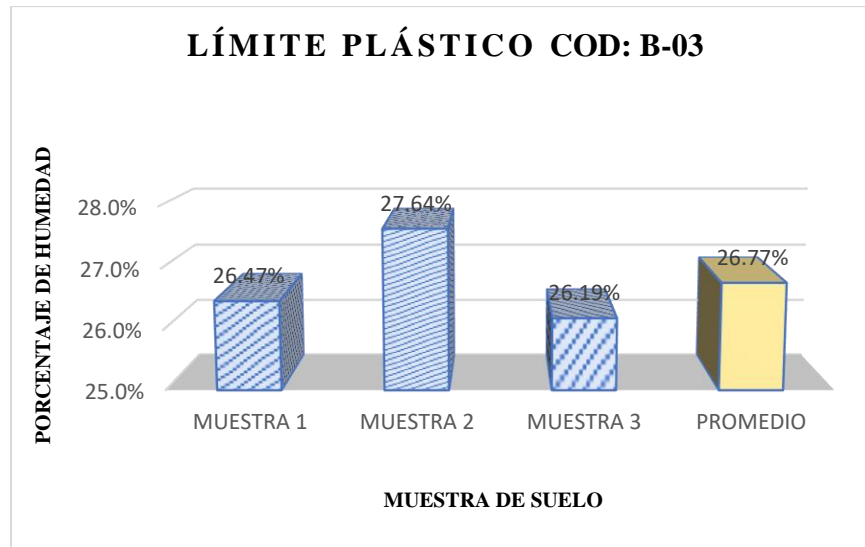
Peso de Muestra Seca en gr.	13.60	12.30	12.60
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %	26.47%	27.64%	26.19%
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	26.77%		

CALICATA: C-02 COD: B-04			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula en gr.	10.60	10.60	10.60
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	30.10	28.80	28.60
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	26.20	24.80	24.30
Peso de Agua en gr.	3.90	4.00	4.30
Peso de Muestra Seca en gr.	15.60	14.20	13.70
CONTENIDO DE HUMEDAD EN %	25.00%	28.17%	31.39%
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	28.19%		

Nota: Datos obtenidos para determinar el límite plástico.

Figura 41
Comparación de muestras para el límite plástico





Nota: Datos de los promedios de los límites plásticos.

Tabla 31

Análisis de datos para la determinación de los índices de plasticidad

ENSAYO ESTANDAR PARA LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS / ASTM D4318_17	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
COD: B-01	
Límite Líquido	35.28%
Límite Plástico	27.51%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	7.78%
COD: B-02	
Límite Líquido	35.31%
Límite Plástico	29.56%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	5.75%



COD: B-03	
Límite Líquido	33.57%
Límite Plástico	26.77%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	6.80%

COD: B-04	
Límite Líquido	34.15%
Límite Plástico	28.19%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	5.97%

Nota: Resultados del Índice de Plasticidad.

Figura 42

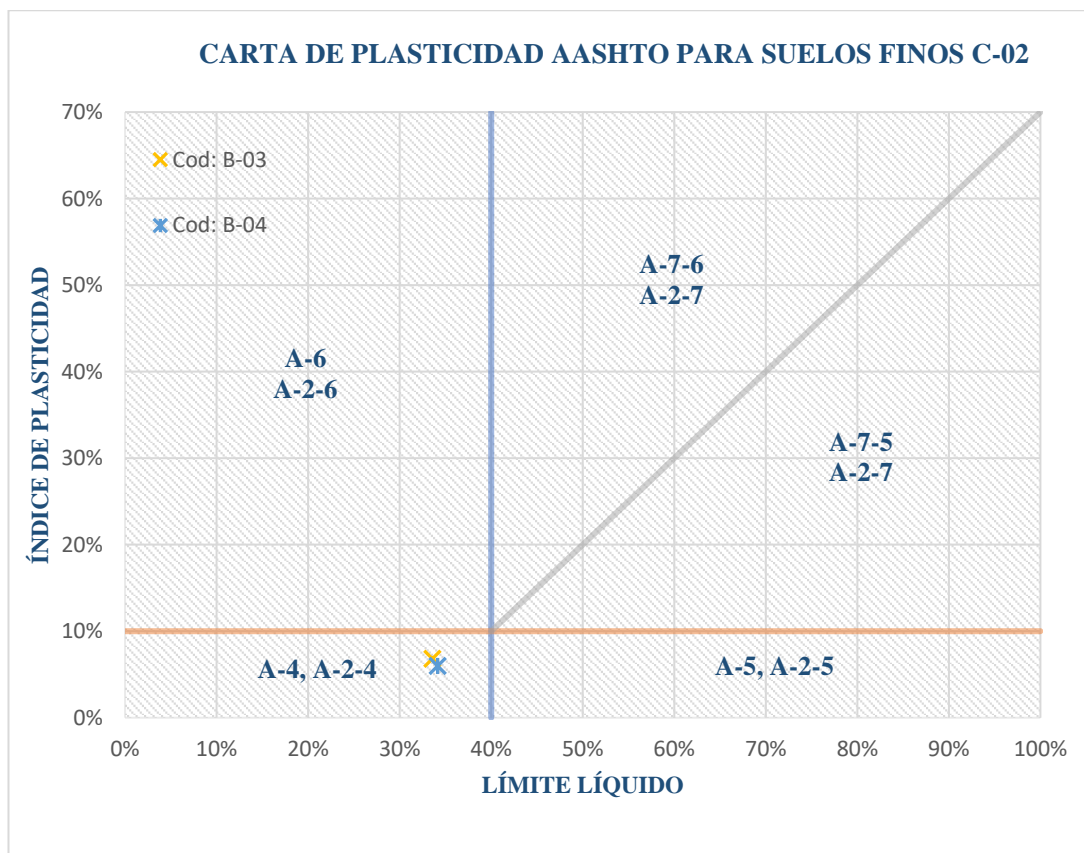
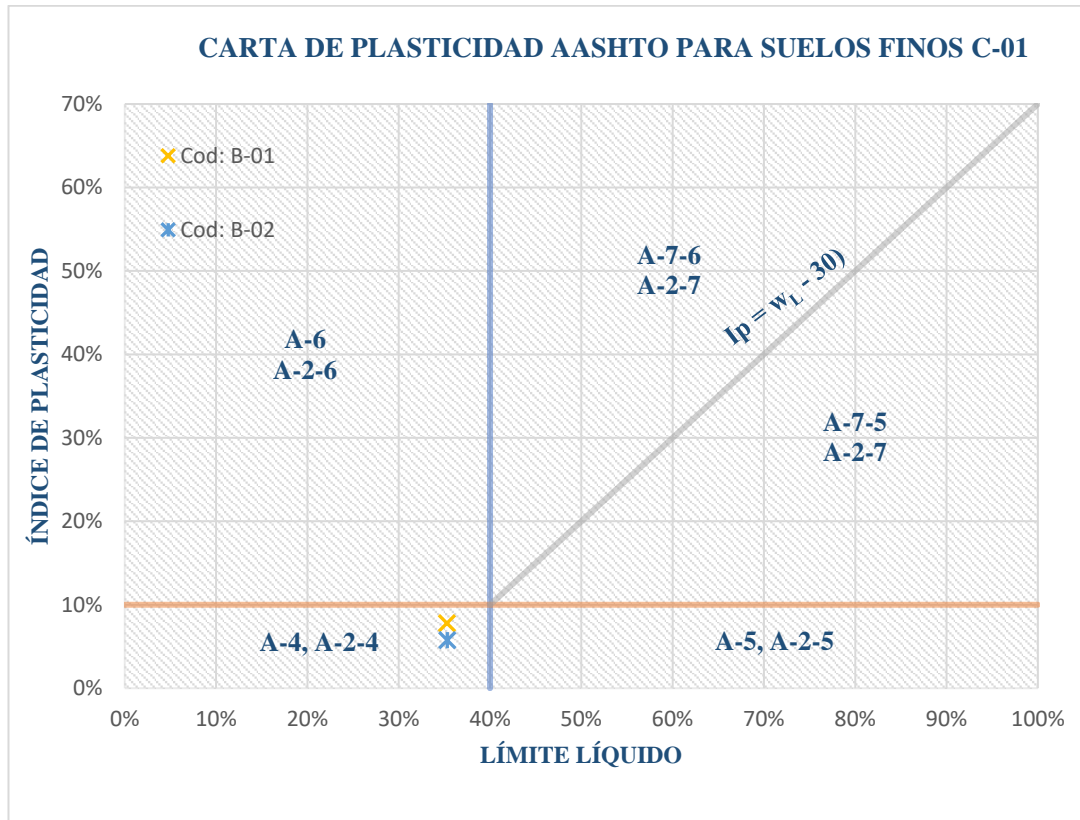
Criterios para clasificación de suelos según AASHTO.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra total pasa la malla núm. 200)						
	A-1			A-2			
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis por mallas (% que pasa)							
Malla núm. 10	50 máx						
Malla núm. 40	30 máx	50 máx	51 mín				
Malla núm. 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx
Para la fracción que pasa Malla núm. 40							
Límite líquido (LL)				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad (IP)	6 máx		No plástico	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipo usual de material	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			
Clasificación de la capa	Excelente a buena						
Clasificación general	Materiales de limo y arcilla (más de 35% de la muestra total pasa la malla núm. 200)						
Clasificación de grupo	A-4		A-5	A-6		A-7	
Análisis por mallas (% que pasa)							
Malla núm. 10							
Malla núm. 40							
Malla núm. 200	36 mín		36 mín	36 mín			36 mín
Para la fracción que pasa Malla núm. 40							
Límite líquido (LL)	40 máx		41 mín	40 máx			41 mín
Índice de plasticidad (IP)	10 máx		10 máx	11 mín			11 mín
Tipo usual de material	Principalmente suelos limosos			Principalmente suelos arcillosos			
Calificación subrasante	Regular a malo						
^a Si $IP \leq LL - 30$, la clasificación es A-7-5. ^b Si $IP > LL - 30$, la clasificación es A-7-6.							

Nota: Elaborado por (Braja M. Das, 2013)



Tabla 32
Análisis de datos para determinar la clasificación AASHTO



Nota: Se determina que está dentro de los rangos A-4, A-2-4 según AASTHO.



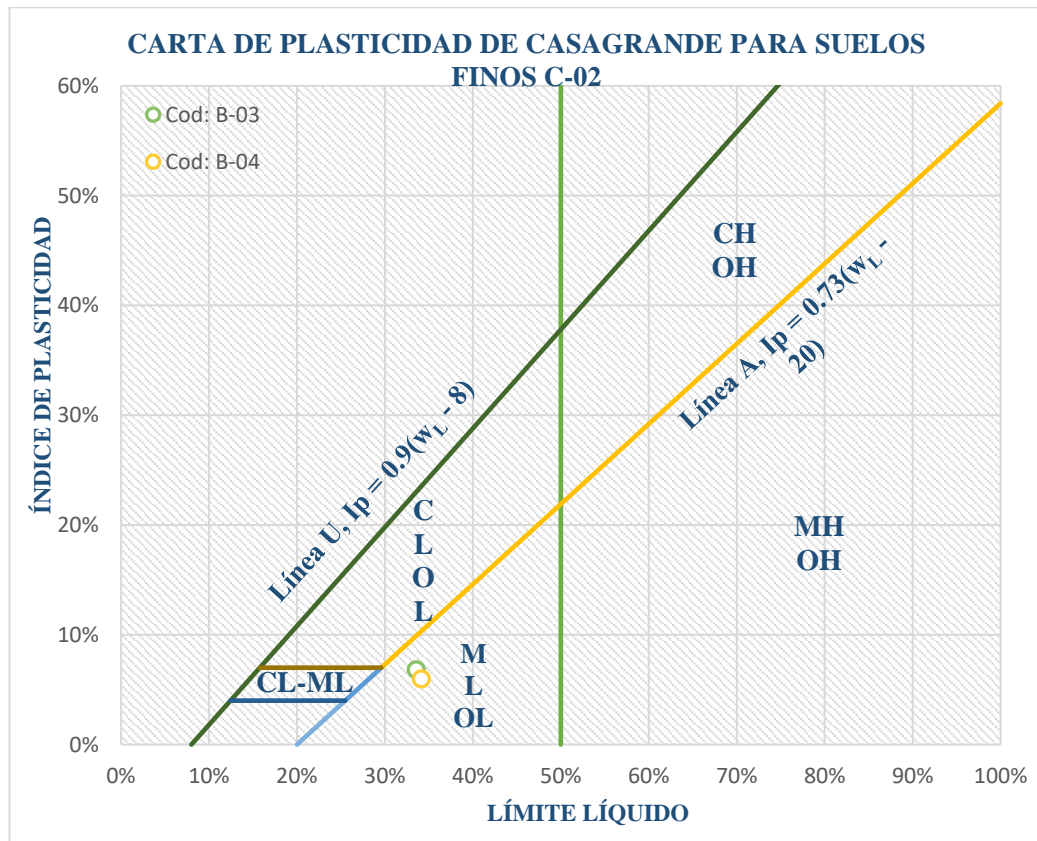
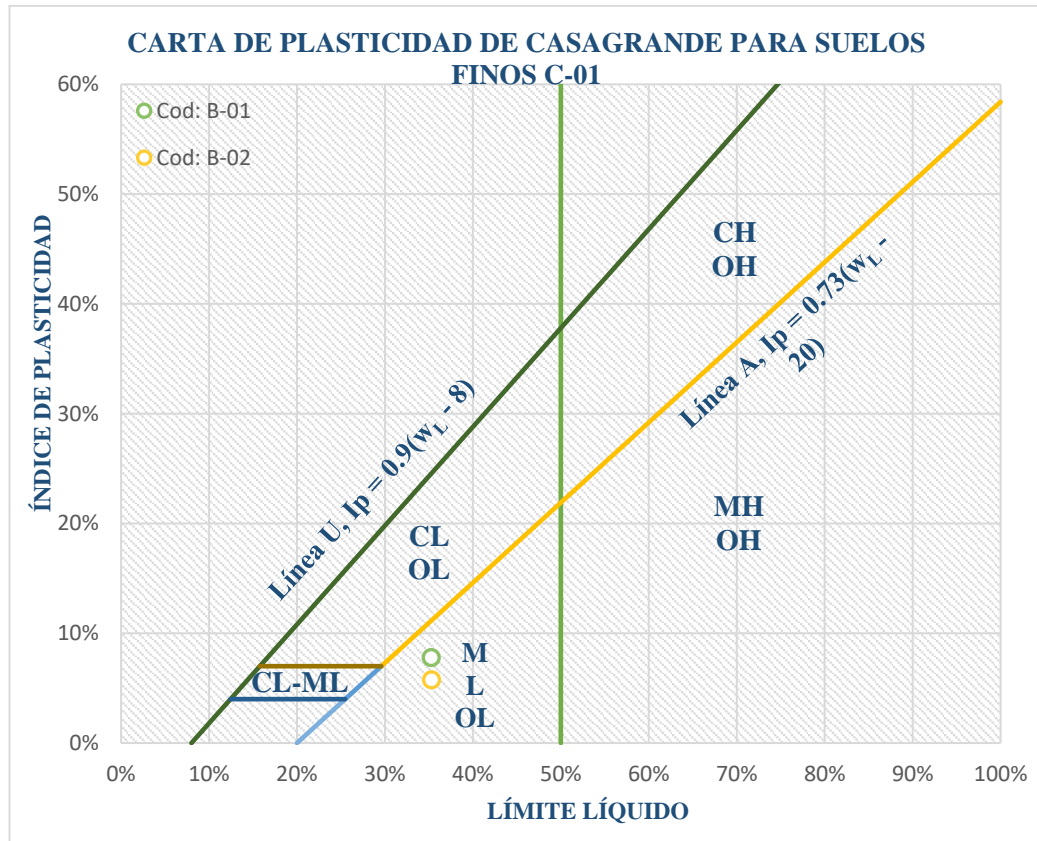
Figura 43
Criterios para clasificación de suelos según SUCS.

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio			Clasificación de suelos			
			Símbolo de grupo	Nombre del grupo		
Suelos de partículas gruesas mas del 50% es retenido en la malla No. 200	Gravas Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada	
			$Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada	
		Gravas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	$IP < 4$ o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa	
			$IP > 7$ o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa	
	Gravas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM	Grava bien graduada con limo		
		Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla		
		Cumple los criterios para GP y GM	GP-GM	Grava mal graduada con limo		
		Cumple los criterios para GP y GC	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla		
	Arenas El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada	
			$Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada	
		Arenas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	$IP < 4$ o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa	
			$IP > 7$ o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa	
		Arenas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM	Arena bien graduada con limo	
			Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC	Arena bien graduada con arcilla	
Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200	Limos y arcillas Limite Liquido menor que 50	Inorgánicos	$IP > 7$ y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad	
			$IP < 4$ y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad	
		Orgánicos	Limite liquido - secado al horno	< 0.75	OL	Arcilla orgánica
			limite liquido - no secado		Limo orgánico	
	Limos y arcillas Limite Liquido mayor que 50	Inorgánicos	$IP > 7$ y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad	
			$IP < 4$ y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad	
		Orgánicos	Limite liquido - secado al horno	< 0.75	OH	Arcilla orgánica
			limite liquido - no secado		Limo orgánica	
		Suelos altamente orgánicos	Principalmente materia orgánica de color oscuro		PT	Turba

Nota: Elaborado por (ASTM D2487, 2011)



Tabla 33
Análisis de datos para determinar la clasificación S.U.C.S.



Nota: Se determina que está dentro de los rangos ML, OL según S.U.C.S.

3.6.4. Análisis de Datos para Compactación de Suelos en Laboratorio Utilizando una energía Modificada (Proctor Modificado) / MTC E-115

Tabla 34

Análisis de datos para Proctor modificado

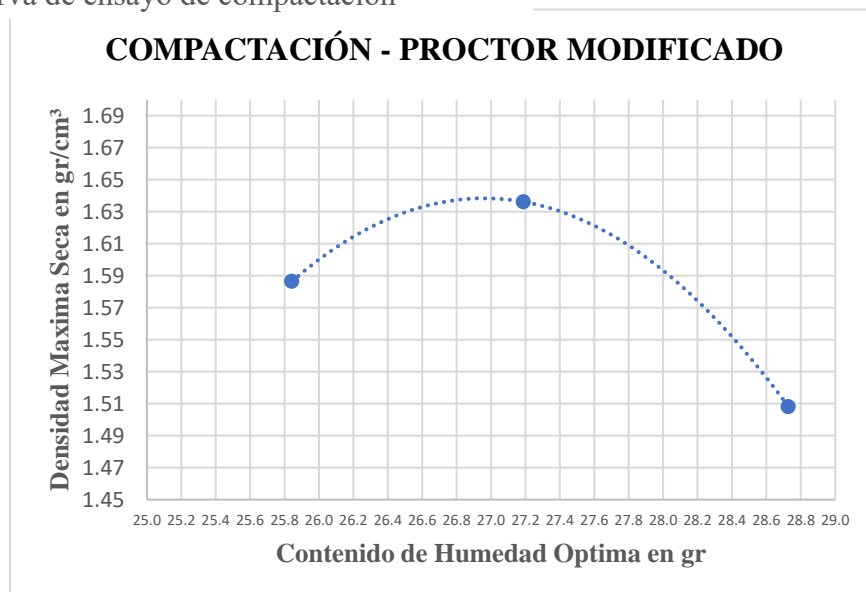
COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) / MTC E-115			
ENSAYO PROCTOR			
Características del Ensayo de Compactación		Método:	
Número de Capas:	5	Golpes por Capa:	25
Altura de Caída del Martillo:	45.72 cm	Peso del Martillo:	4.54 kg
Diámetro del Molde (cm)	101.60	Altura del molde (cm)	116.40
Volumen del Molde (cm ³)	943.69	Peso del Molde (gr)	3758.00
CODIGO DE ENSAYO: N-01			
Densidad			
Descripción		Proctor N-01	
Peso del Molde + Muestra Húmeda en gr.		5590.00	
Peso de la Muestra Compactada en gr.		1832.00	
Densidad Húmeda (gr/cm³)		1.94	
Contenido de Humedad			
Descripción		Arriba	Medio
Código de Cápsula		7-A	Z-21
Peso de Capsula en gr.		19.90	21.40
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.		80.70	77.90
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.		67.20	65.40
Peso del Agua en gr.		13.50	12.50
Peso de sólidos en gr.		47.30	44.00
Contenido de Humedad - w%		28.54	28.41
Densidad Seca del suelo (Ds) - gr/cm³		1.51	1.51
Promedio - Contenido de Humedad w%		28.73	
Promedio - Densidad Seca del Suelo (Ds) - gr/cm³		1.51	
CODIGO DE ENSAYO: N-02			
Densidad			
Descripción		Proctor N-02	
Peso del Molde + Muestra Húmeda en gr.		5642.00	
Peso de la Muestra Compactada en gr.		1884.00	
Densidad Húmeda (gr/cm³)		2.00	
Contenido de Humedad			
Descripción		Arriba	Medio
Código de Cápsula		3-B	B-2
Peso de Capsula en gr.		18.90	21.70
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.		73.00	62.50
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.		62.00	54.10
Peso del Agua en gr.		11.00	8.40
Peso de sólidos en gr.		43.10	32.40
Contenido de Humedad - w%		25.52	25.93
Densidad Seca del suelo (Ds) - gr/cm³		1.59	1.59



Promedio - Contenido de Humedad w%		25.84	
Promedio - Densidad Seca del Suelo (Ds) - gr/cm³		1.59	
CODIGO DE ENSAYO: N-03			
Densidad			
Descripción		Proctor N-02	
Peso del Molde + Muestra Húmeda en gr.		5714.00	
Peso de la Muestra Compactada en gr.		1956.00	
Densidad Húmeda (gr/cm³)		2.07	
Contenido de Humedad			
Descripción	Arriba	Medio	Abajo
Código de Cápsula	T-07	T-05	T-30
Peso de Capsula en gr.	10.50	10.80	11.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda en gr.	53.10	49.80	54.10
Peso de Capsula + Muestra Seca en gr.	45.60	38.90	46.50
Peso del Agua en gr.	7.50	10.90	7.60
Peso de sólidos en gr.	35.10	28.10	35.50
Contenido de Humedad - w%	21.37	38.79	21.41
Densidad Seca del suelo (Ds) - gr/cm³	1.71	1.49	1.71
Promedio - Contenido de Humedad w%		27.19	
Promedio - Densidad Seca del Suelo (Ds) - gr/cm³		1.64	

N	w%	Ds
N-01	28.73	1.51
N-02	25.84	1.59
N-03	27.19	1.64
COH	27.2 %	
DMS	1.63 g/cm ³	

Figura 44
Curva de ensayo de compactación



Nota: Se determina que el contenido de humedad optima es de 27.2%.



3.6.5. Análisis de datos para Determinación en Laboratorio de la Densidad y Peso Unitario de las Muestras de Suelo / ASTM7263_21

Tabla 35

Resumen de análisis de datos para densidad

M	1. Propiedad física							
	1.1 Densidad seca							
	Xanthan (%)	MFC (%)	Peso seco (gr)	ϕ prom.	sección (cm ²)	h prom.	Volumen (cm ³)	Densidad Seca en g/cm ³
M-06	0.000	0.000	488.50	58.40	26.79	101.54	271.99	1.80
M-11	0.000	0.000	490.00	58.59	26.96	101.36	273.25	1.79
M-13	0.000	0.000	481.00	58.58	26.95	100.26	270.22	1.78
M-01	2.500	0.000	486.00	60.04	28.31	103.37	292.65	1.66
M-02	2.500	0.000	483.50	60.27	28.53	104.20	297.24	1.63
M-03	2.500	0.000	483.00	60.06	28.33	105.24	298.12	1.62
M-04	0.000	2.000	492.50	56.24	24.84	102.54	254.70	1.93
M-12	0.000	2.000	488.50	59.29	27.61	102.34	282.58	1.73
M-15	0.000	2.000	492.00	59.26	27.58	102.38	282.42	1.74
M-05	2.500	2.000	478.00	60.20	28.46	104.77	298.22	1.60
M-07	2.500	2.000	478.00	60.50	28.75	104.26	299.73	1.59
M-14	2.500	2.000	477.00	60.51	28.76	106.00	304.86	1.56
M-08	1.250	1.000	477.50	60.03	28.30	102.98	291.47	1.64
M-09	1.250	1.000	480.00	60.09	28.36	103.86	294.56	1.63
M-10	1.250	1.000	483.50	59.93	28.21	103.77	292.75	1.65
M-16	0.625	1.500	484.50	59.72	28.01	102.52	287.18	1.69
M-17	0.625	1.500	483.00	59.81	28.10	103.50	290.78	1.66
M-18	1.875	0.500	480.00	60.22	28.48	103.91	295.91	1.62
M-19	1.875	0.500	472.00	59.98	28.25	101.55	286.90	1.65

Nota: Las muestras 06, 11, 13 están consideradas como “patrón”, es decir, no tienen añadido de ninguno de los mejoradores de esta investigación. También se muestra en el cuadro los porcentajes añadidos en cada muestra con sus respectivas replicas.

los valores de 1.6-1.9gr/cm² son los parámetros de laboratorio para determinar el grado de compactación del suelo ensayado, para esta investigación tenemos como primer parámetro 1.6gr/cm² que es nuestra densidad relativa que representa un 50% de comparación y una máxima de 1.9gr/cm³ como un 100% todos éstos, datos de laboratorio.

3.6.6. Análisis de datos para Resistencia a la Compresión no Confinada de Suelo Cohesivo / ASTM2166_06

Tabla 36

Resumen de análisis de datos para cohesión

M	2. Propiedades mecánicas								
	2. 1 Cohesión								
	Xanthan (%)	MFC (%)	Peso seco (gr)	ϕ prom.	seccion (cm ²)	Esfuerzo máximo (kg)	f'c	C kgf/cm ²	C (Mpa)
M-06	0.000	0.000	488.50	58.40	26.79	880	32.85	16.43	1.61
M-11	0.000	0.000	490.00	58.59	26.96	810	30.05	15.02	1.47
M-13	0.000	0.000	481.00	58.58	26.95	910	33.76	16.88	1.66
M-01	2.500	0.000	486.00	60.04	28.31	1140	40.27	20.13	1.97
M-02	2.500	0.000	483.50	60.27	28.53	900	31.55	15.77	1.55
M-03	2.500	0.000	483.00	60.06	28.33	670	23.65	11.83	1.16
M-04	0.000	2.000	492.50	56.24	24.84	1150	46.30	23.15	2.27
M-12	0.000	2.000	488.50	59.29	27.61	930	33.68	16.84	1.65
M-15	0.000	2.000	492.00	59.26	27.58	1210	43.87	21.93	2.15
M-05	2.500	2.000	478.00	60.20	28.46	710	24.94	12.47	1.22
M-07	2.500	2.000	478.00	60.50	28.75	990	34.44	17.22	1.69
M-14	2.500	2.000	477.00	60.51	28.76	740	25.73	12.86	1.26
M-08	1.250	1.000	477.50	60.03	28.30	690	24.38	12.19	1.20
M-09	1.250	1.000	480.00	60.09	28.36	660	23.27	11.64	1.14
M-10	1.250	1.000	483.50	59.93	28.21	570	20.20	10.10	0.99
M-16	0.625	1.500	484.50	59.72	28.01	790	28.20	14.10	1.38
M-17	0.625	1.500	483.00	59.81	28.10	700	24.91	12.46	1.22
M-18	1.875	0.500	480.00	60.22	28.48	710	24.93	12.47	1.22
M-19	1.875	0.500	472.00	59.98	28.25	1190	42.12	21.06	2.07

Nota: Las muestras 06, 11, 13 están consideradas como “patrón”, es decir, no tienen añadido de ninguno de los mejoradores de esta investigación. También se muestra en el cuadro los porcentajes añadidos en cada muestra con sus respectivas replicas.

Cohesión: Según (Hoek y Bray, 1991) se obtiene la cohesión a través de la resistencia a compresión simple. Dándonos un referente de valores esperados para suelos cohesivos, limos y arcillas, de 1 a 20 Mpa que son principalmente arcillas y limos blandas.

3.6.7. Análisis de datos para Determinación de Absorción de Agua por Capilaridad y de la Tasa de Absorción de Agua Inicial / UNE-EN 772-11_11

Tabla 37

Resumen de análisis de datos para ascensión capilar inmediata

M	3. Propiedad de impermeabilidad						
	3.1 Coeficiente de Absorción Capilar inmediato						
	Xanthan (%)	MFC (%)	Peso seco (g)	P.húmedo al min. (g)	ϕ Prom. (m)	Sección (m ²)	cws (g/m ² .seg)
M-06	0.000	0.000	141.50	143.40	0.0587	0.0027	11.71
M-11	0.000	0.000	116.80	119.60	0.0593	0.0028	16.88
M-13	0.000	0.000	145.60	148.90	0.0589	0.0027	20.17
M-01	2.500	0.000	140.10	141.50	0.0600	0.0028	8.24
M-02	2.500	0.000	151.80	153.00	0.0605	0.0029	6.96
M-03	2.500	0.000	83.90	88.10	0.0605	0.0029	24.34
M-04	0.000	2.000	142.50	147.30	0.0598	0.0028	28.44
M-12	0.000	2.000	144.30	150.60	0.0596	0.0028	37.65
M-15	0.000	2.000	149.60	153.90	0.0599	0.0028	25.45
M-05	2.500	2.000	157.10	158.40	0.0601	0.0028	7.64
M-07	2.500	2.000	152.50	153.90	0.0606	0.0029	8.09
M-14	2.500	2.000	157.90	159.20	0.0600	0.0028	7.65
M-08	1.250	1.000	124.50	126.10	0.0602	0.0028	9.37
M-09	1.250	1.000	156.80	158.10	0.0601	0.0028	7.64
M-10	1.250	1.000	133.70	135.50	0.0598	0.0028	10.68
M-16	0.625	1.500	144.20	147.10	0.0600	0.0028	17.08
M-17	0.625	1.500	131.90	135.00	0.0602	0.0028	18.15
M-18	1.875	0.500	140.70	142.10	0.0603	0.0029	8.16
M-19	1.875	0.500	145.40	146.90	0.0605	0.0029	8.68

Nota: Las muestras 06, 11, 13 están consideradas como “patrón”, es decir, no tienen añadido de ninguno de los mejoradores de esta investigación. También se muestra en el cuadro los porcentajes añadidos en cada muestra con sus respectivas replicas.

Las fuerzas (o succiones) con las cuales esta agua es retenida variará de acuerdo al tamaño de los poros. Los poros más grandes retienen agua a una tensión de cerca de un décimo a un tercio de la presión atmosférica (0,1 a 0,33 bar) (10-40%), dependiendo de que succión corresponde a la capacidad de campo del suelo; esto varía con el tipo de suelo y la profundidad de la capa freática.



3.6.8. Análisis de Datos para Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos / ASTM D4318_17

Tabla 38

Resumen de análisis de datos para índice de plasticidad

M	4. Plasticidad											
	Límite Líquido							Límite plástico				
	Xanthan (%)	MFC (%)	Nro. golpes	Wcap	Wcap + Sh	Wcap + Ss	w%	Wcap	Wcap + Sh	Wcap + Ss	w%	Índice de plasticidad
M-06	0.000	0.000	14	10.60	34.00	27.72	36.68%	11.00	16.90	15.66	26.61%	10.07%
M-11	0.000	0.000	14	6.40	31.10	24.2	38.76%	5.60	11.70	10.36	28.15%	10.61%
M-13	0.000	0.000	19	6.20	32.90	25.96	35.12%	5.90	13.20	11.52	29.89%	5.23%
M-01	2.500	0.000	21	10.90	34.00	24.38	71.36%	10.60	13.70	12.40	72.22%	0.00%
M-02	2.500	0.000	8	10.80	36.30	27.58	51.97%	10.80	14.80	13.44	51.52%	0.45%
M-03	2.500	0.000	9	10.80	40.30	29.06	61.56%	10.50	14.70	13.18	56.72%	4.84%
M-04	0.000	2.000	9	10.50	32.50	26.48	37.67%	10.30	16.20	14.88	28.82%	8.85%
M-12	0.000	2.000	16	5.80	38.30	29.98	34.41%	9.40	16.50	14.94	28.16%	6.25%
M-15	0.000	2.000	17	6.10	37.40	29.26	35.15%	5.70	12.90	11.26	29.50%	5.65%
M-05	2.500	2.000	30	10.70	44.30	30.28	71.60%	10.80	15.90	13.50	88.89%	0.00%
M-07	2.500	2.000	12	10.80	35.00	26.4	55.13%	11.00	16.00	14.24	54.32%	0.81%
M-14	2.500	2.000	38	6.20	37.10	25.32	61.61%	6.10	12.10	9.86	59.57%	2.04%
M-08	1.250	1.000	16	11.00	38.20	29.82	44.53%	10.60	18.00	15.90	39.62%	4.90%
M-09	1.250	1.000	25	11.00	37.20	28.6	48.86%	10.80	17.60	15.52	44.07%	4.80%
M-10	1.250	1.000	17	11.00	37.10	27.96	53.89%	10.90	17.40	15.10	54.76%	0.00%
M-16	0.625	1.500	15	6.20	31.70	24.72	37.69%	7.20	13.90	12.22	33.47%	4.22%
M-17	0.625	1.500	17	5.90	32.50	25.46	35.99%	6.10	13.70	11.82	32.87%	3.12%
M-18	1.875	0.500	14	10.60	38.60	30.68	39.44%	10.70	16.90	15.24	36.56%	2.88%
M-19	1.875	0.500	19	10.20	35.20	27.98	40.61%	10.90	17.80	15.94	36.90%	3.70%

Nota: Las muestras 06, 11, 13 están consideradas como “patrón”, es decir, no tienen añadido de ninguno de los mejoradores de esta investigación. También se muestra en el cuadro los porcentajes añadidos en cada muestra con sus respectivas replicas.

Índice de plasticidad: según la (ASTM D4318, 2017) la gama de resultados aceptables para suelos finos en porcentajes de puntos estaría de <4,9> como caracterización para esto tipos de suelo.

Capítulo IV: Resultados

4.1. Resultados en correspondencia a los objetivos específicos

Tabla 39

Resumen de las propiedades dependientes: Ds, C, Cw y I.P

M	Xanthan (%)	MFC (%)	Densidad Seca en g/cm ³	Cohesión (Mpa)	cws (g/m ² .seg)	Índice de plasticidad (%)
M-06	0.000	0.000	1.80	1.61	11.71	10.07
M-11	0.000	0.000	1.79	1.47	16.88	10.61
M-13	0.000	0.000	1.78	1.66	20.17	5.23
M-01	2.500	0.000	1.66	1.97	8.24	0.00
M-02	2.500	0.000	1.63	1.55	6.96	0.45
M-03	2.500	0.000	1.62	1.16	24.34	4.84
M-04	0.000	2.000	1.93	2.27	28.44	8.85
M-12	0.000	2.000	1.73	1.65	37.65	6.25
M-15	0.000	2.000	1.74	2.15	25.45	5.65
M-05	2.500	2.000	1.60	1.22	7.64	0.00
M-07	2.500	2.000	1.59	1.69	8.09	0.81
M-14	2.500	2.000	1.56	1.26	7.65	2.04
M-08	1.250	1.000	1.64	1.20	9.37	4.90
M-09	1.250	1.000	1.63	1.14	7.64	4.80
M-10	1.250	1.000	1.65	0.99	10.68	0.00
M-16	0.625	1.500	1.69	1.38	17.08	4.22
M-17	0.625	1.500	1.66	1.22	18.15	3.12
M-18	1.875	0.500	1.62	1.22	8.16	2.88
M-19	1.875	0.500	1.65	2.07	8.68	3.70

Nota: Se presenta un resumen de todas las variables involucradas en la tesis de investigación con un orden de porcentajes añadidos; ejemplo (06, 11, 13) representan el suelo natural ensayado.

Figura 45

Rangos para coeficientes de correlación

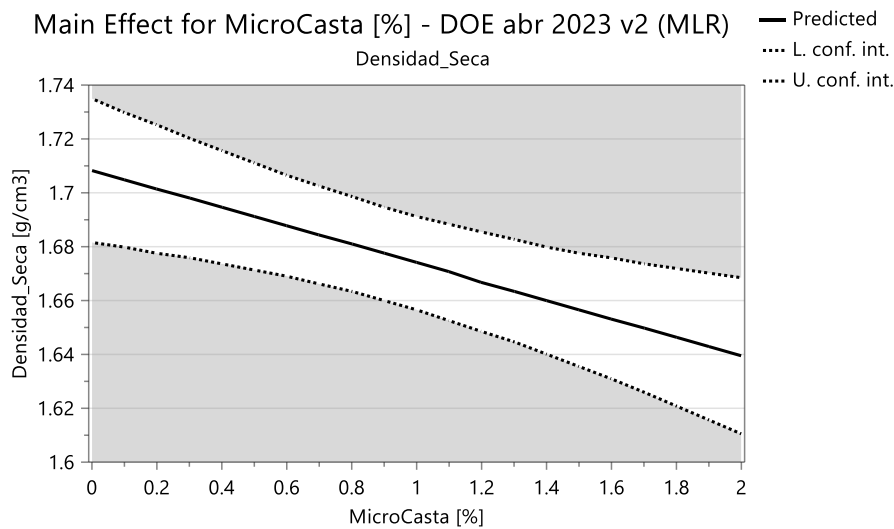
Correlation Coefficient Scale			
+ r values	Positive	- r values	Negative
	1.0 Perfect +		-1.0 Perfect -
	.8 to .99 Very strong+		-.8 to -.99 Very strong-
	.6 to .8 Strong +		-.6 to -.8 Strong -
	.4 to .6 Moderate +		-.4 to -.6 Moderate -
	.2 to .4 Weak +		-.2 to -.4 Weak -
	0 to .2 Very weak +		0 to -.2 Very weak -

Nota: (englishforums.com, 2023)

Interpretación para MFC, Ds

Figura 46

Efecto para la Microfibra de Castaña en la Densidad Seca.

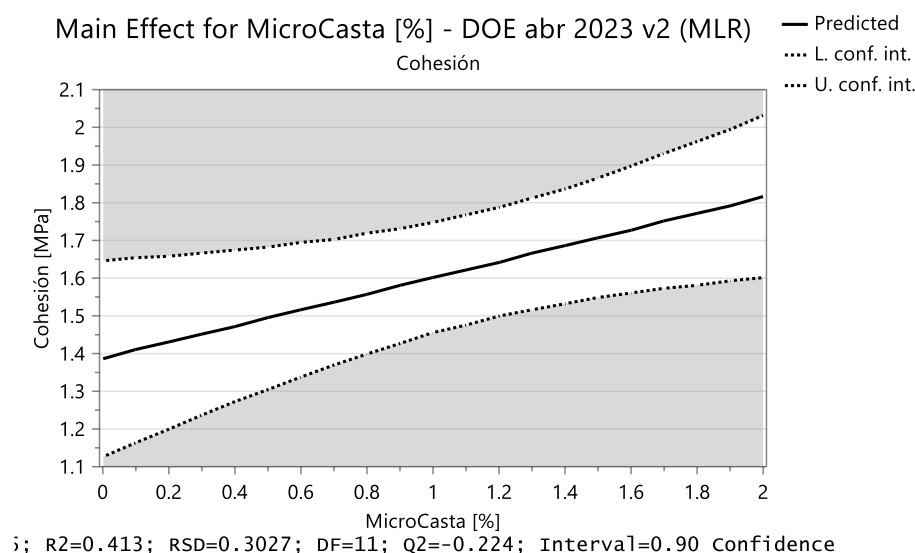


Nota: A mayor micro fibra de castaña (MFC) disminuye la Densidad seca (Ds) este efecto se visualiza de forma LINEAL en la gráfica. Con un R² de 0.747 de coeficiente de correlación FUERTE. Muestra un decremento de 4.09% haciendo que este tipo de suelo no se vea mejorado significativamente con esta adicción.

Interpretación para MFC, C

Figura 47

Efecto para la Microfibra de Castaña en la Cohesión.

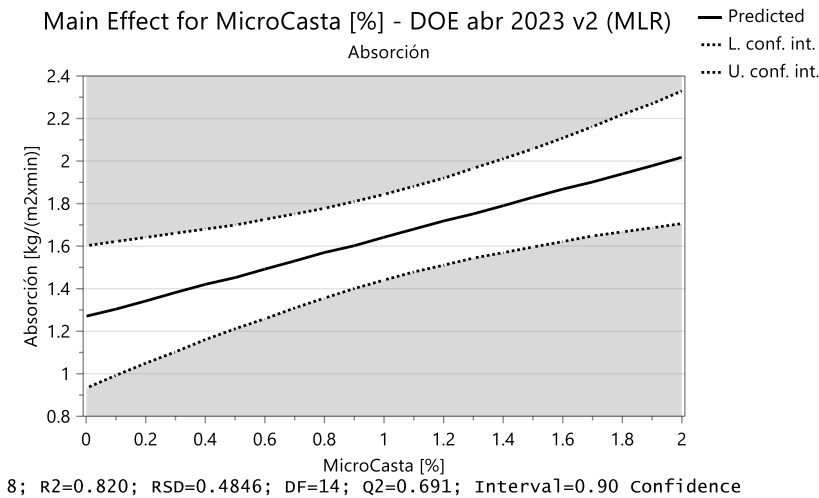


Nota: A mayor micro fibra de castaña (MFC) aumenta la Cohesión (C) este efecto se visualiza de forma LINEAL en la gráfica. Con un R² de 0.413 de coeficiente de correlación MODERADO. Muestra un incremento de 22.65% haciendo que este tipo de suelo se vea mejorado significativamente con esta adicción.

Interpretación para MFC, Cw

Figura 48

Efecto para la Microfibra de Castaña en la Absorción.

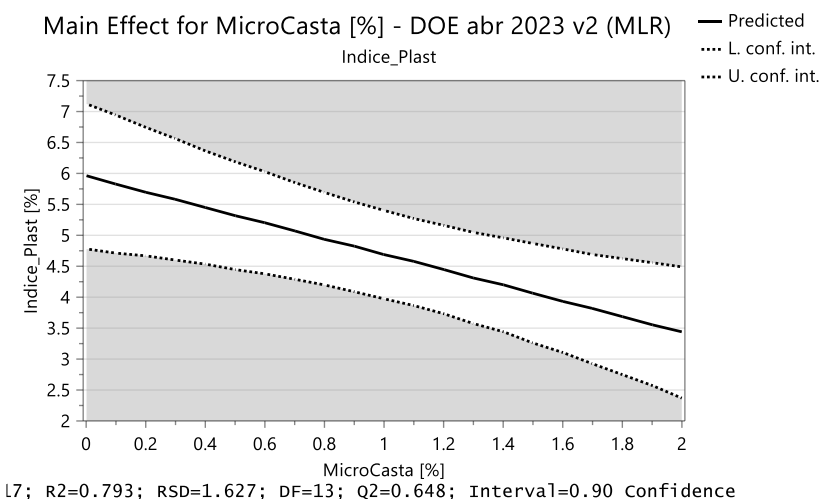


Nota: A mayor micro fibra de castaña (MFC) absorbe más cantidad agua (Cw) este efecto se visualiza de forma LINEAL en la gráfica. Con un R² de 0.820 de coeficiente de correlación MUY FUERTE. Muestra un incremento de 36.00% haciendo que este tipo de suelo no se vea mejorado significativamente con esta adicción. Es decir, el suelo absorbe inmediatamente más agua.

Interpretación para MFC, IP

Figura 49

Efecto para la Microfibra de Castaña en el Índice de Plasticidad.

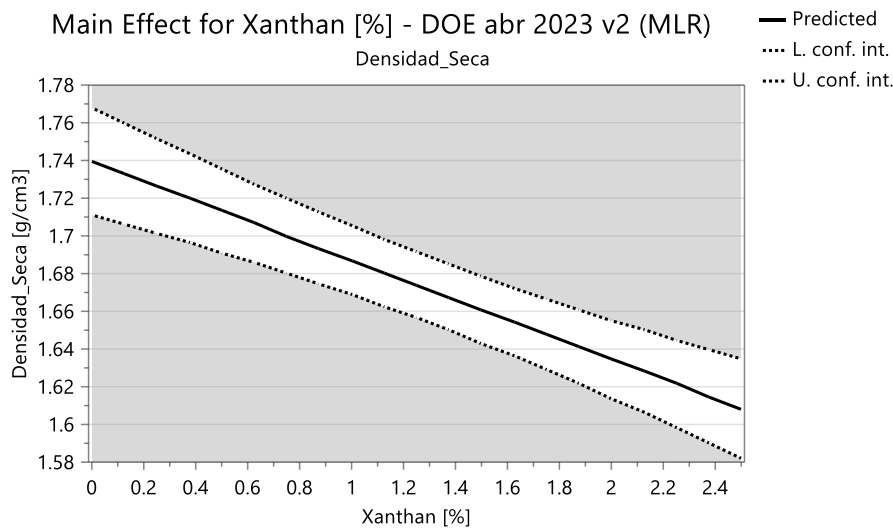


Nota: A mayor micro fibra de castaña (MFC) menor plasticidad (IP) este efecto se visualiza de forma LINEAL en la gráfica. Con un R² de 0.793 de coeficiente de correlación FUERTE. Se reduce la plasticidad y la deformabilidad. muestra un decremento de 41.67% haciendo que este tipo de suelo se vea mejorado significativamente con esta adicción. Es decir, se reduce la plasticidad y deformabilidad.

Interpretación para BPX, Ds

Figura 50

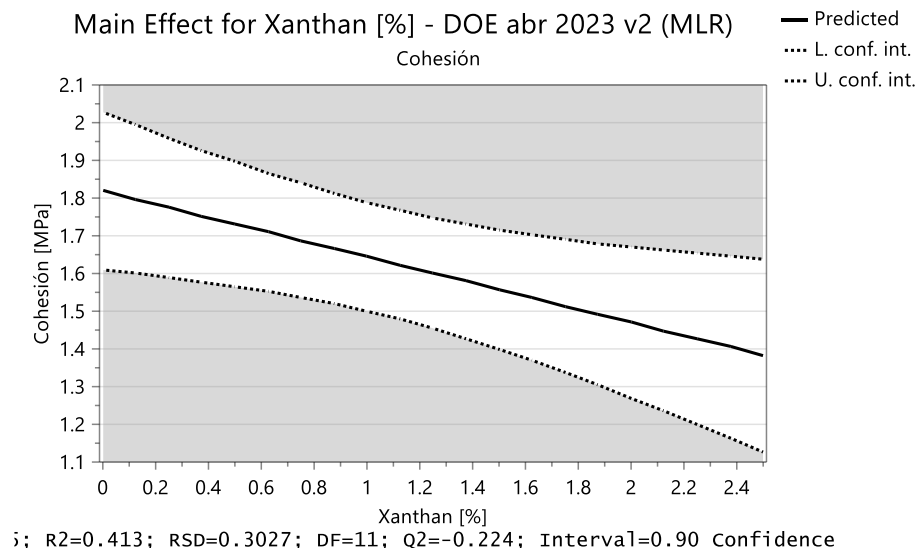
Efecto para la Biopolímero Xhantan en la Densidad Seca.



Nota: A mayor biopolímero xhantan (BPX) disminuye la Densidad seca (Ds) este efecto se visualiza de forma LINEAL en la gráfica. Con un R^2 de 0.747 de coeficiente de correlación FUERTE. muestra un decremento de 7.47% haciendo que este tipo de suelo no se vea mejorado significativamente con esta adicción.

Interpretación para BPX, C

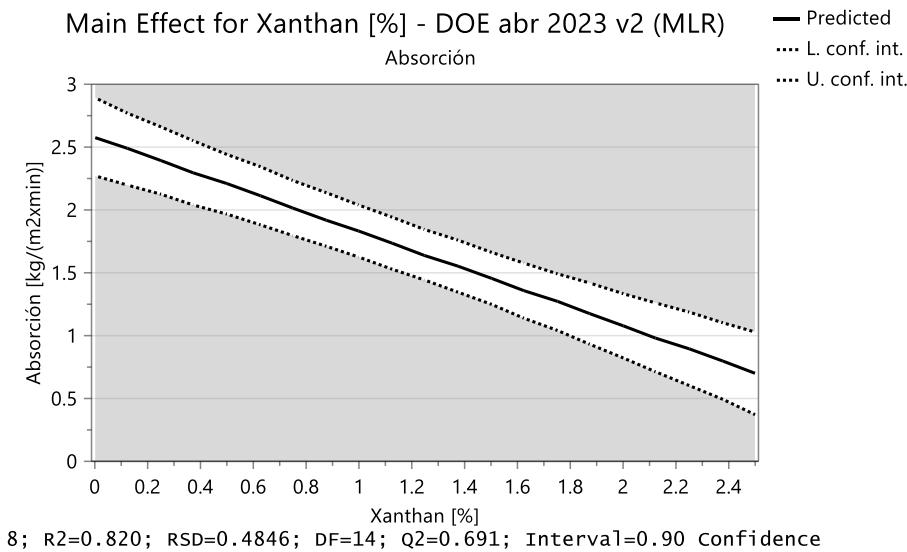
Figura 51 Efecto para la Biopolímero Xhantan en la Cohesión.



Nota: A mayor biopolímero xhantan (BPX) disminuye la Cohesión (C) este efecto se visualiza de forma LINEAL en la gráfica. Con un R^2 de 0.413 de coeficiente de correlación MODERADO. muestra un decremento de 24.86% haciendo que este tipo de suelo no se vea mejorado significativamente con esta adicción

Interpretación para BPX, Cw

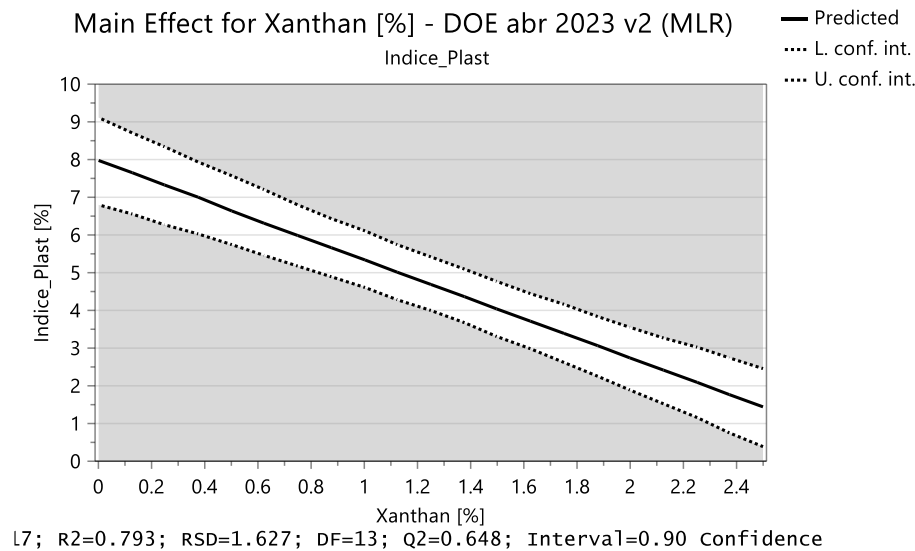
Figura 52 Efecto para la Biopolímero Xhantan en la Absorción.



Nota: A mayor biopolímero xhantan (BPX) absorbe menos cantidad agua (Cw) este efecto se visualiza de forma LINEAL en la gráfica. Con un R² de 0.820 de coeficiente de correlación MUY FUERTE. muestra un decremento de 70.24% haciendo que este tipo de suelo se vea mejorado significativamente con esta adicción

Interpretación para BPX, IP

Figura 53 Efecto para la Biopolímero Xhantan en IP.



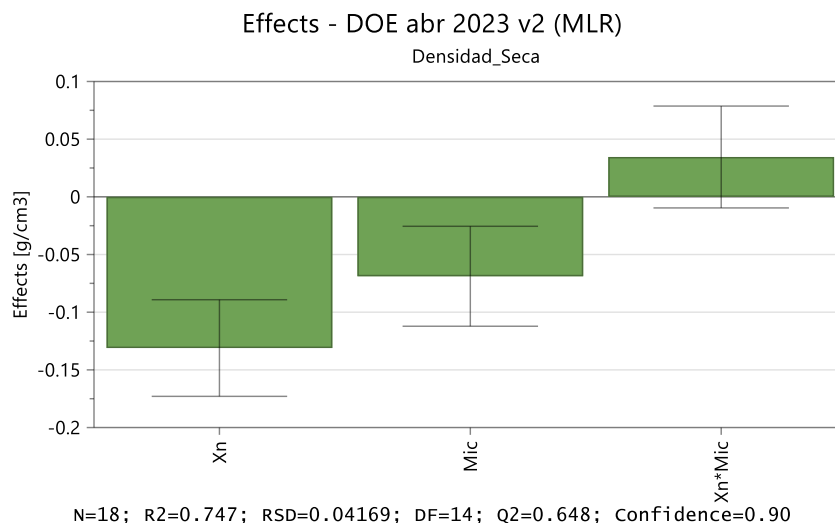
Nota: A mayor biopolímero xhantan (BPX) menor plasticidad (IP) este efecto se visualiza de forma LINEAL en la gráfica. Con un R² de 0.793 de coeficiente de correlación FUERTE. Se reduce la plasticidad y la deformabilidad. muestra un decremento de 81.41% haciendo que este tipo de suelo se vea mejorado significativamente con esta adicción

4.2. Resultados en correspondencia a la hipótesis general

Interpretación 1: Propiedad Física (Densidad Seca)

Figura 54

Efecto de la Microfibra, Biopolímero y Combinación en la Densidad Seca.

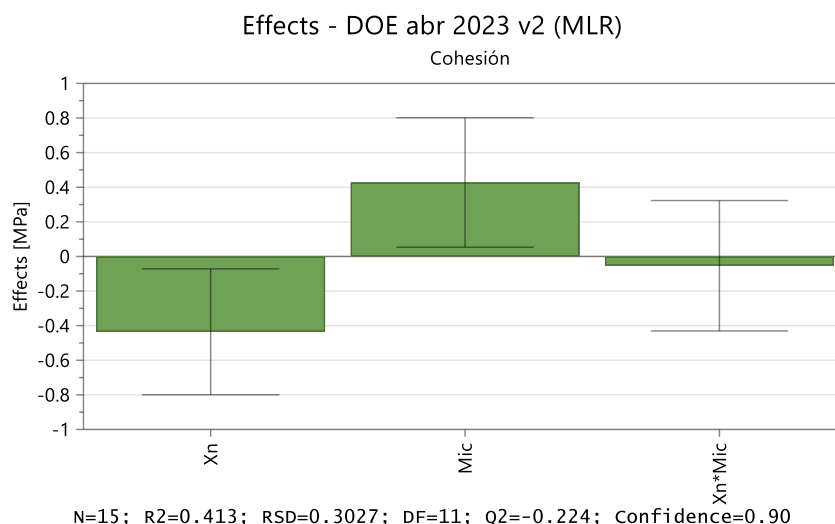


Nota: El biopolímero xhantan (Xn) y la microfibra de castaña (Mic) tienen un efecto significativo en la densidad seca (Ds), la combinación de ambas (Xn*Mic) no tienen efecto. Los gráficos muestran que los ensayos son suficientes para decir que no mejoran al suelo de estudio para ambos añadidos.

Interpretación 2: Propiedad Mecánica (Cohesión)

Figura 55

Efecto de la Microfibra, Biopolímero y Combinación en la Cohesión.

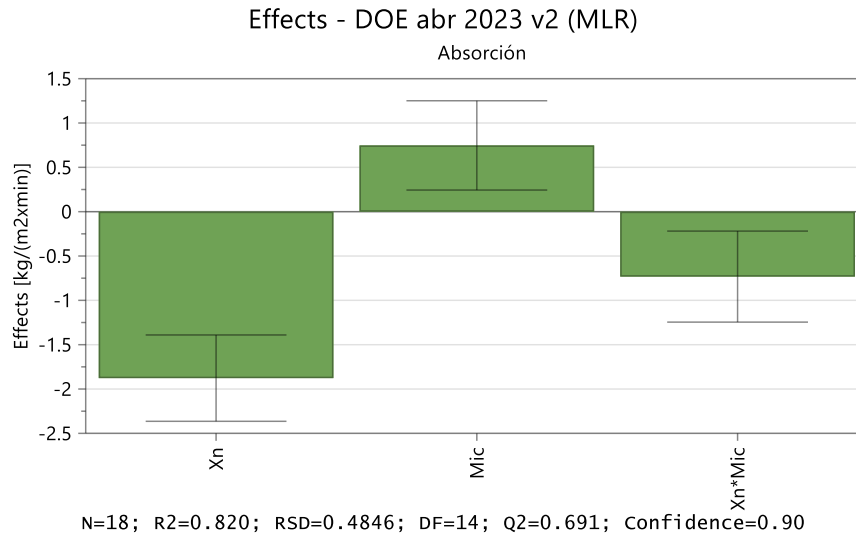


Nota: El biopolímero xhantan (Xn) y la microfibra de castaña (Mic) tienen un efecto significativo en la cohesión (C), la combinación de ambas (Xn*Mic) no tienen efecto. Los gráficos muestran que los ensayos son suficientes para decir que no mejora con el biopolímero y si mejora con la microfibra.

Interpretación 3: Propiedad de Impermeabilidad (Ascensión capilar inmediata)

Figura 56

Efecto de la Microfibra, Biopolímero y Combinación en la Absorción

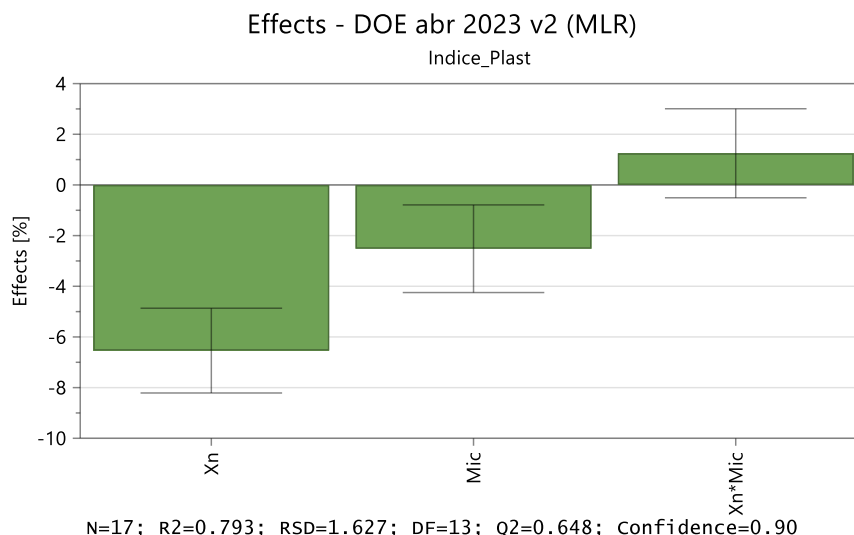


Nota: El biopolímero xhantan (Xn), la microfibra de castaña (Mic) y la combinación de ambas (Xn*Mic) tienen un efecto significativo en la absorción capilar (Cw). Los gráficos muestran que los ensayos son suficientes para decir que mejora con el biopolímero y no mejora con la microfibra.

Interpretación 4: Propiedad Plástica (Índice de Plasticidad)

Figura 57

Efecto de la Microfibra, Biopolímero y Combinación en su Índice de Plasticidad.



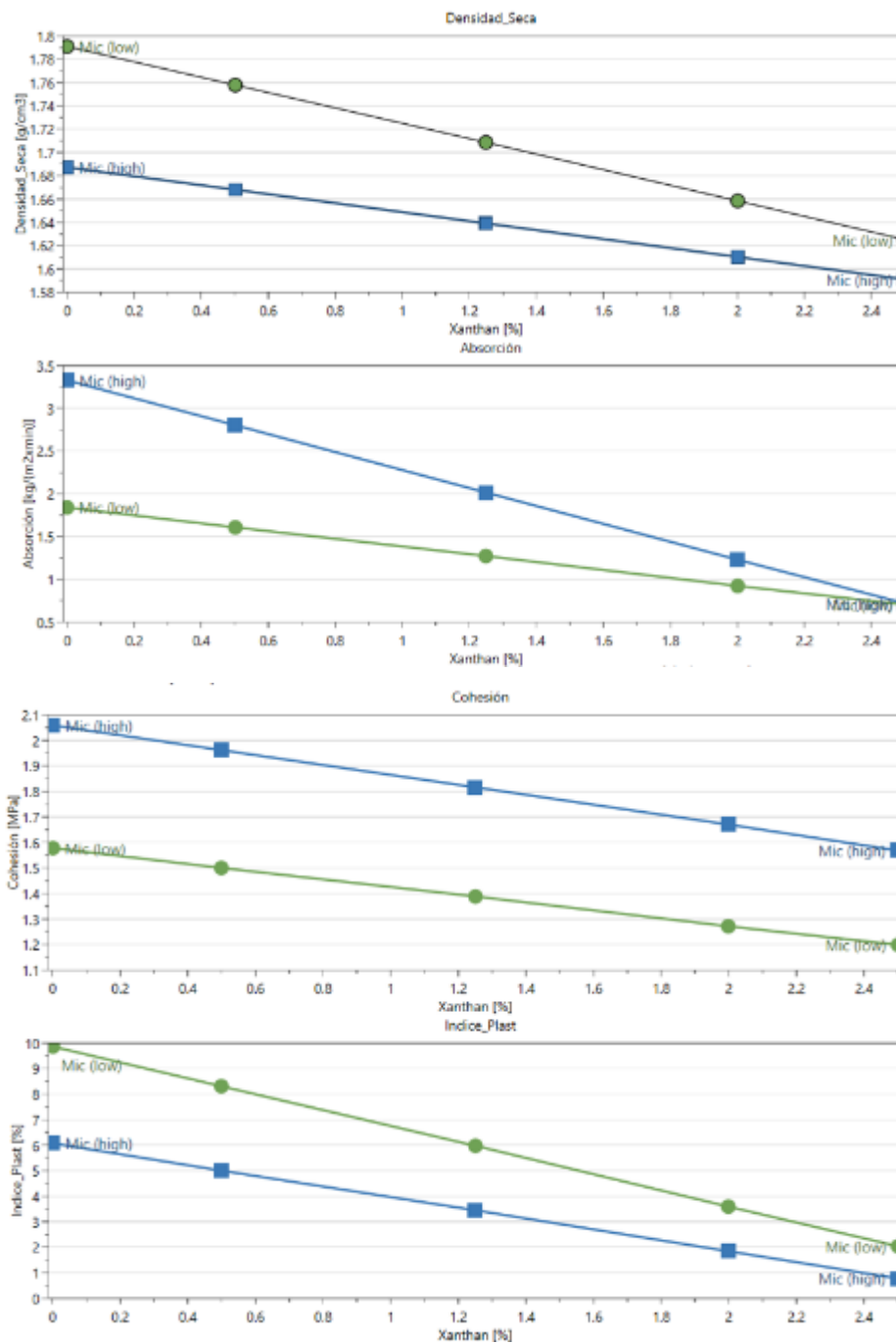
Nota: El biopolímero xhantan (Xn) y la microfibra de castaña (Mic) tienen un efecto significativo en el índice de plasticidad (IP), la combinación de ambas (Xn*Mic) no tienen efecto. Los gráficos muestran que los ensayos son suficientes para decir que mejoran al suelo de estudio para ambos añadidos.



Interpretación 5: Interacciones

Figura 58

Representación gráfica de interacciones entre las muestras MFC y BPX

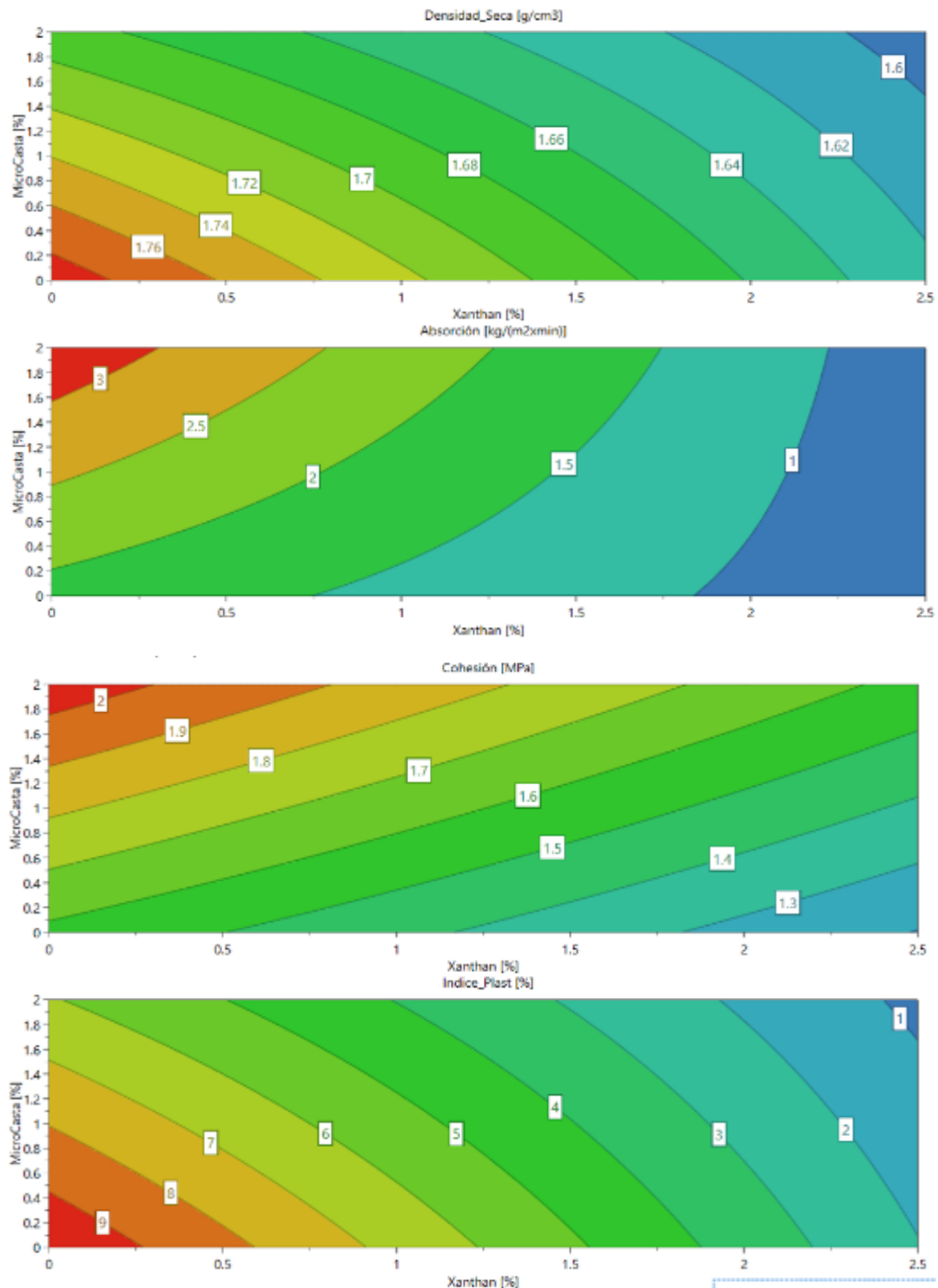


Nota: No hay interacción en ninguna variable dependiente, por parte de ninguna variable independiente.

Interpretación 6: Superficies de Respuesta

Figura 59

Superficie de interacción entre las muestras MFC y BPX



Nota: MLR, Regresión lineal múltiple. La representación gráfica y estadística de la figura está dada directamente proporcional a las cantidades añadidas de MFC y BPX, es decir la D_s aumenta mientras menos añadidas MFC y BPX, la C_w disminuye mientras más BPX se le agrega al suelo.



Capítulo V: Discusiones

El suelo natural ensayado, en el Jr. El Triunfo, fue determinado como suelo limoso en contraste a los antecedentes y estudios de INDECI en el reporte de mapa de peligro de la ciudad de Puerto Maldonado declara de baja capacidad de soporte a este tipo de suelo, siendo las características simétricas a los encontrados en laboratorio.

Los parámetros y el diseño factorial con la adición de biopolímero xanthan y microfibras de cáscara de castaña son datos expresados en los antecedentes, estos fueron corroborados a través de artículos científicos, tesis de grado y otros.

La microfibras de castaña para la densidad (D_s) muestra un decremento de 4.09% haciendo que este tipo de suelo no se vea mejorado significativamente con esta adición.

La microfibras de castaña para la cohesión (C) muestra un incremento de 22.65% haciendo que este tipo de suelo se vea mejorado significativamente con esta adición.

La microfibras de castaña para la absorción capilar (C_w) muestra un incremento de 36.00% haciendo que este tipo de suelo no se vea mejorado significativamente con esta adición. Es decir, el suelo absorbe inmediatamente más agua.

La microfibras de castaña para el índice de plasticidad (IP) muestra un decremento de 41.67% haciendo que este tipo de suelo se vea mejorado significativamente con esta adición. Es decir, se reduce la plasticidad y deformabilidad lo que me indica que serían un excelente añadido para carreteras.

El biopolímero xanthan para la densidad (D_s) muestra un decremento de 7.47% haciendo que este tipo de suelo no se vea mejorado significativamente con esta adición. Lo cual quiere decir que la disminución de la densidad, no necesariamente implica una reducción en su resistencia.

El biopolímero xanthan para la cohesión (C) muestra un decremento de 24.86% haciendo que este tipo de suelo no se vea mejorado significativamente con esta adición. Lo cual es un punto a discutir con respecto a otras investigaciones que



dieron al biopolímero xhantan como favorables a este tipo de suelo, se tendría que realizar mayor número de estudios sobre el mismo suelo para poder determinar dicho efecto.

El biopolímero xhantan para la absorción capilar (C_w) muestra un decremento de 70.24% haciendo que este tipo de suelo se vea mejorado significativamente con esta adicción. Es decir, hace al suelo más impermeable al agua, evitando la inmediata absorción capilar ocurridas para estos suelos.

El biopolímero xhantan para el índice de plasticidad (IP) muestra un decremento de 81.41% haciendo que este tipo de suelo se vea mejorado significativamente con esta adicción. Es decir, se reduce la plasticidad y deformabilidad lo que me indica que serían un excelente añadido para carreteras.

Los último años la ingeniería del transporte ha ido encontrando diferentes formas de mejorar los suelos con sub rasante mala, con baja capacidad de soporte, viendo por conveniente realizar la estabilización de esta subrasantes con la incorporación de cemento, cal y otros agentes estabilizadores, sin embargo estos elementos son propios de la naturaleza, recursos agotables o en su defecto causan gastos ostentosos, ante ello se presenta una propuesta sostenible y eco amigable con el medio ambiente, ya que se propone hacer uso de residuos, en este caso los de la industria avícola, en ese contexto se obtendrían aportes significativos tanto económicos y sustentables.

Es un antecedente haber demostrado y sostenido los efectos de la adición del residuo industrial y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso sustituyendo aditivos o estabilizadoras tradicionales que pueden generar gastos económicos, no sostenibles y no viables por la lejanía o zona.

Aprovechamiento de desechos industriales del sector castaño con la posibilidad de un beneficio del 100% de desperdicio.



Glosario

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials o Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte.

Cohesión: La resistencia al corte de un suelo, a una tensión normal.

Aditivo: Sustancia o elemento que modifica las características de un cuerpo, para mejorar sus propiedades intrínsecas.

ASTM: American Society for Testing and Materials o Sociedad Americana para ensayos de Materiales.

Compactación: Densificación de un suelo por medio de una manipulación mecánica.

DCPI: Índice de penetrómetro de cono dinámico

Densidad: Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo.

DMS: Densidad Máxima Seca del Suelo.

Material fino: Porción del Suelo que pasa por el tamiz N° 04.

Material tratado: Definición de material estabilizado con alguna adición que cumplirá una finalidad estructural.

MDS: Máxima Densidad Seca del Suelo.

MTC: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

NTP: Norma Técnica Peruana.

Sub rasante: La subrasante es la superficie final de la carretera después de las labores de corte y relleno, sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.

SUCS: Unified Soil Classification System (USCS) o Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.



Suelos estabilizados: Se refiere a suelos que no tienen la suficiente estabilidad y para mejorar su calidad es necesario agregarles algún tipo de estabilizador, que puede ser cal, cemento, aditivos químicos, iónicos o no convencionales.

Tamiz: En un laboratorio, se utiliza un tamiz para separar materiales según su tamaño. Este equipo cuenta con aberturas cuadradas.



Conclusiones

CONCLUSIONES N°01

Los factores de diseño para cada una de los agentes mejoradores fueron de Microfibra de cascara de castaña (MFC) de 0.00% al 2.00% y del Biopolímero xanthan (BPX) de 0.00% al 2.50% aplicándole un diseño factorial completo con un punto central y dos replicas, con el cual se alcanza con un poder de 88%. Con una respuesta de 19 ensayos con sus respectivas dosificaciones en porcentajes de peso.

CONCLUSIONES N°02

Se concluye que la incorporación de microfibra de cáscara de castaña influye lo suficiente en las propiedades mecánicas y de plasticidad. También se concluye que la incorporación del biopolímero xhantan influye lo suficiente en las propiedades de impermeabilidad y de plasticidad del suelo. Excluyendo un mejoramiento porcentual e independiente de las propiedades según el aditivo, podemos decir que el material MFC y BPX no mejoran este tipo de suelos individualmente, esto representaría una mayor investigación en porcentajes añadidos de estos aditivos.

CONCLUSIONES N°03

Se concluye que; la microfibra de castaña y el biopolímero xhantan tienen un efecto significativo en la densidad seca (D_s) decrece en 4.09% y 7.47% respectivamente, la interacción de estas no tiene efecto; la microfibra de castaña y el biopolímero xhantan tienen un efecto significativo en la cohesión (C) crece en 22.65% y decrece en 24.86% respectivamente, la interacción de estas no tiene efecto; la microfibra de castaña, el biopolímero xhantan y la interacción de las mismas tienen un efecto significativo en la absorción (C_w) aumenta su permeabilidad en 36.00% y aumenta su impermeabilidad en 70.24% respectivamente; la microfibra de castaña y el biopolímero xhantan tienen un efecto significativo en índice de plasticidad (IP) baja en

CONCLUSIONES N°04

Cumple lo suficiente con la hipótesis general donde se indica: Efecto de residuo industrial castaño y xanthan en las propiedades físicas, mecánicas, de impermeabilidad y plasticidad para la estabilización de un suelo limoso en la subrasante del Jr. El Triunfo, Las Piedras, 2023. De igual manera independientemente



los resultados para cada propiedad (su validación o negación) no representan a la hipótesis general, se estima que en otras áreas de la geotecnia podría ser de interés la aplicación de estos materiales. Afirmamos que no es de momento validar en su totalidad la hipótesis general, se necesita mas estudios.



Recomendaciones

RECOMENDACIÓN N°01

Para efectuar una adecuada elaboración de todos los ensayos en laboratorio es necesario realizar una adecuada inspección de los equipos y materiales a usar, para tener unos resultados imprescindibles y tengan mayor credibilidad Optar por laboratorios certificados y laboratoristas que te ayuden a manipular de mejor manera los equipos de especialidad

RECOMENDACIÓN N°02

Esta investigación es de gran interés y utilidad, para estudiantes e ingenieros civiles que buscan alternativas constructivas con materiales que no tienen un fin específico y que generan una problemática en la sociedad. Éstas puedan ser usadas o manejadas como desechos reciclables para mejorar las propiedades de suelos limosos, con el fin de que las investigaciones sean más amplias y contemplen todo tipo de alternativas para aprovechar los residuos industriales y que las empresas tengan un mejor manejo de las mismas.

RECOMENDACIÓN N°03

Tomar las medidas de seguridad al realizar manipulación con productos químicos (elaboración de microfibras de cascara de castaña), donde se puede correr el riesgo de quemaduras, inhalación de partículas perjudiciales para la salud o proyectiles que puedan afectar la visión de los involucrados en laboratorio.

RECOMENDACIÓN N°04

Seguir investigando las propiedades de la cascara de la castaña como subproducto de la industria castañera y buscar alternativas de su manejo como residuo industrial. Aún queda la investigación de la componente lignina como polímero que ayuda a la resistencia de los materiales leñosos o con características similares, también necesario buscar referencias que proporcionen una información concerniente a las propiedades técnicas de la cascara de la castaña, donde se pueda precisar los posibles riesgos y peligros para la salud

RECOMENDACIÓN N°05

Faltan mas investigaciones para poder afirmar que la microfibras de cascara de castaña sea un buen aditamento para suelos limosos y de esta forma aseverar que sea



una propuesta económica y amigable con el ambiente. El biopolímero xanthan tiene unas características gelificantes destacables que ayudan a la impermeabilización de los suelos, también sería necesario seguirla estudiando en suelos cohesivos en las zonas de selva ya que parte de esta investigación obtuvo resultados que se contradicen con otras investigaciones de suelos parecidos en zonas de costa y sierra, específicamente la cohesión e índice de plasticidad.

RECOMENDACIÓN N°06

Para todos los estudiantes o personas interesadas en la investigación de efectos de incorporación de residuos orgánicos dentro de las propiedades físico – mecánicas del suelo a investigar, es recomendable tener en cuenta un análisis de correlación como estudio previo a la investigación para poder hallar una parábola y tomar la variación de los porcentajes o valores esperados de los añadidos al suelo.



Referencia

- 360 En Concreto . (mayo de 2023). *Argos 360*. Obtenido de 360enconcreto.com
- Achahuanco, R., & Huaman, R. (2021). Uso de Xantano como material cementante suplementario de suelo cemento en la calle principal de Urpay, Quispicanchi, Cusco, 2021. (*Tesis de Postgrado*). Universidad Cesar Vallejo, Lima.
- Angelone, S., Garibay, T., & Cauhapé, M. (2006). *Permeabilidad de Suelos*. Ciudad de Rosario: Universidad Nacional de Rosario.
- ASTM D2166. (2006). *Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil*. U.S.A.: ASTM International.
- ASTM D2487. (2011). *Práctica Estándar para la Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería*. U.S.A.: ASTM International.
- ASTM D427. (2004). *Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Mercury Method (Withdrawn 2008)*. U.S.A.: ASTM International.
- ASTM D4318. (2017). *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*. U.S.A.: ASTM International.
- ASTM D7263. (2021). *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Density and Unit Weight of Soil Specimens*. U.S.A.: ASTM International.
- Babbie, E. (1999). *Fundamentos de la Investigación Social*. Madrid: Thomson Editores S.A.
- Bowies, J. (1981). *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil*. México D.F.: McGRAW-Hill de México S.A.
- Braja M. Das. (2001). *Principios de Ingeniería de Cimentaciones* (4 ed.). Sacramento: International Thomson Editores S.A.
- Braja M. Das. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (4 ed.). México: Cengage Learning Editores S.A.
- Castells, X. E. (2012). *Reciclaje de Residuos Industriales: Residuos Sólidos Urbanos y Fangos de Depuradora*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Corvera, R. (2014). *Servicio para la Integración de la Información del Estado Actual de la Diversidad Biológica y Genética de la Castaña en el Perú*. Madre de Dios: Segundo Informe Final.
- Crespo, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones* (5 ed.). Monterrey: Limusa Noriega Editores.
- Dhia, M. (2021). Estudios de fuentes alternativas a la madera para obtención de la celulosa. (*Tesis de Maestría*). Universidad Politecnica de Valencia, Valencia.
- Dione, M. (2021). Estabilização de solo argiloso com adição de cimento e cinza de casca de arroz. (*Tesis de postgrado*). Universidade Federal da Fronteira Sul, Rio Grande do Sul.



- englishforums.com. (04 de 06 de 2023). *EnglishForward.com*. Obtenido de The Internet's Largest Learn English Community:
<https://www.englishforums.com/English/IeltsWritingTaskInputsNeeded/bnjxxk/post.htm>
- Hernandez Sampieri, E., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill Education.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6 ed.). Mexico: Mc Graw Hill Education.
- Jimenez, A., & DeJusto, L. (2018). *Geotecnia Y Cimientos I* (2 ed.). Madrid: Editorial Rueda.
- Juárez, E., & Rico, A. (1973). *Mecánica de Suelos* (2 ed., Vol. 1). Mexico: Editorial Limusa.
- McMillan, J., & Schumacher, S. (2005). *Investigación Educativa* (5 ed.). Madrid: Pearson Educación S.A.
- Mendoza, L., & Mendoza, F. (2022). Efecto de incorporación de desperdicio avícola en las propiedades físicas y mecánicas, en suelo limo-arcilloso de la subrasante, calle ciro alegría, San Sebastián, Cusco-2022. (*Tesis de Postgrado*). Universidad Andina del Cusco, Cusco.
- MIDAGRI. (2021). *Reporte Estadístico Castaña Diciembre 2021*. Lima: Sierra y Selva Exportadora.
- MINAM. (2014). *La Castaña Amazonica Regalo de la Biodiversidad*. Lima: Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural.
- Motta, M. (2019). Avaliação da aplicação da cinza resultante da queima do bagaço da cana-de-açúcar sobre o potencial expansivo de uma argila proveniente do município de Paulista-PE. (*Tesis de postgrado*). Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco.
- MTC. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima: Peru.
- MTC-Manual de Carreteras. (2014). *Sección Suelos y Pavimentos*. Lima: Peru.
- Rivera, J. (Diciembre de 2015). *Camara Argentina de la Construcción*. Obtenido de CamArCo:
<https://www.udep.edu.pe/hoy/2015/12/la-red-vial-es-imprescindible-para-el-desarrollo-y-crecimiento-de-un-pais/>
- RNE. (2006). *Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos*. Lima: Decreto Supremo 001-2010-Vivienda.
- Santos, J. (2013). *Formulación y caracterización de adhesivos para tableros de madera empleando taninos de la cáscara de castaña y la corteza de eucalipto*. Santiago de Compostela: Tesis Doctoral.
- UNE EN_772-11. (2011). *Methods of test for masonry units - Part 11: Determination of water absorption of aggregate concrete, autoclaved aerated concrete, manufactured stone and natural stone masonry units due to capillary action and the initial rate of water absorption of clay*. España: Normalización Española.



ANEXOS

M	1. Propiedad física											
	1.1 Densidad seca											
	Peso seco (gr)	diam 1 (mm)	diam 2 (mm)	diam 3 (mm)	ϕ prom.	sección (cm ²)	Alt 1 (mm)	Alt 2 (mm)	Alt 2 (mm)	h prom.	Volumen (cm ³)	Densidad Seca en g/cm ³
M-01	486.00	60.06	60.04	60.02	60.04	28.31	104.00	103.20	102.90	103.37	292.65	1.66
M-02	483.50	60.00	60.30	60.50	60.27	28.53	104.40	103.30	104.90	104.20	297.24	1.63
M-03	483.00	59.87	60.09	60.21	60.06	28.33	104.59	105.96	105.17	105.24	296.12	1.62
M-04	492.50	59.26	59.20	50.25	56.24	24.84	102.57	102.63	102.43	102.54	254.70	1.93
M-05	478.00	60.08	60.38	60.14	60.20	28.46	104.54	105.04	104.74	104.77	296.22	1.60
M-06	488.50	58.20	58.26	58.74	58.40	26.79	101.83	101.03	101.76	101.54	271.99	1.80
M-07	478.00	60.15	60.33	61.02	60.50	28.75	104.71	103.72	104.36	104.26	299.73	1.59
M-08	477.50	59.75	60.06	60.28	60.03	28.30	103.02	102.95	102.98	102.98	291.47	1.64
M-09	480.00	59.81	60.06	60.41	60.09	28.36	104.21	103.71	103.65	103.86	294.56	1.63
M-10	483.50	59.73	59.82	60.25	59.93	28.21	103.43	103.80	104.08	103.77	292.75	1.65
M-11	490.00	58.43	58.46	58.87	58.59	26.96	101.04	101.32	101.72	101.36	273.25	1.79
M-12	488.50	59.23	59.30	59.35	59.29	27.61	102.11	102.41	102.50	102.34	282.58	1.73
M-13	481.00	58.34	58.72	58.68	58.58	26.95	100.26	100.20	100.32	100.26	270.22	1.78
M-14	477.00	60.11	61.14	60.29	60.51	28.76	105.95	106.06	105.99	106.00	304.86	1.56
M-15	492.00	59.09	59.33	59.37	59.26	27.58	102.26	102.57	102.32	102.38	282.42	1.74
M-16	484.50	59.67	59.76	59.73	59.72	28.01	102.36	102.83	102.38	102.52	287.18	1.69
M-17	483.00	59.69	59.84	59.90	59.81	28.10	103.02	103.74	103.73	103.50	290.78	1.66
M-18	480.00	59.84	60.44	60.37	60.22	28.48	103.89	103.99	103.84	103.91	295.91	1.62
M-19	472.00	59.93	59.99	60.01	59.98	28.25	101.33	101.93	101.39	101.55	286.90	1.65

CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 115764

M	2. Propiedades mecánicas									
	2.1 Cohesión									
	Peso seco (gr)	diam 1 (mm)	diam 2 (mm)	diam 3 (mm)	ϕ prom.	sección (cm ²)	Esfuerzo máximo (kg)	f_c	C kgf/cm ²	C (Mpa)
M-01	486.00	60.06	60.04	60.02	60.04	28.31	1140	40.27	20.13	1.97
M-02	483.50	60.00	60.30	60.50	60.27	28.53	900	31.55	15.77	1.55
M-03	483.00	59.87	60.09	60.21	60.06	28.33	670	23.65	11.83	1.16
M-04	492.50	59.26	59.20	50.25	56.24	24.84	1150	46.30	23.15	2.27
M-05	478.00	60.08	60.38	60.14	60.20	28.46	710	24.94	12.47	1.22
M-06	488.50	58.20	58.26	58.74	58.40	26.79	880	32.85	16.43	1.61
M-07	478.00	60.15	60.33	61.02	60.50	28.75	990	34.44	17.22	1.69
M-08	477.50	59.75	60.06	60.28	60.03	28.30	690	24.38	12.19	1.20
M-09	480.00	59.81	60.06	60.41	60.09	28.36	660	23.27	11.64	1.14
M-10	483.50	59.73	59.82	60.25	59.93	28.21	570	20.20	10.10	0.99
M-11	490.00	58.43	58.46	58.87	58.59	26.96	810	30.05	15.02	1.47
M-12	488.50	59.23	59.30	59.35	59.29	27.61	930	33.68	16.84	1.65
M-13	481.00	58.34	58.72	58.68	58.58	26.95	910	33.76	16.88	1.66
M-14	477.00	60.11	61.14	60.29	60.51	28.76	740	25.73	12.86	1.26
M-15	492.00	59.09	59.33	59.37	59.26	27.58	1210	43.87	21.93	2.15
M-16	484.50	59.67	59.76	59.73	59.72	28.01	790	28.20	14.10	1.38
M-17	483.00	59.69	59.84	59.90	59.81	28.10	700	24.91	12.46	1.22
M-18	480.00	59.84	60.44	60.37	60.22	28.48	710	24.93	12.47	1.22
M-19	472.00	59.93	59.99	60.01	59.98	28.25	1190	42.12	21.06	2.07

CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 115764



M	3. Propiedad de impermeabilidad							
	3.1 Coeficiente de Absorción Capilar inmediato							
	Peso seco (g)	P. húmedo al min. (g)	diam 1 (mm)	diam 2 (mm)	diam 3 (mm)	ϕ Prom. (m)	Sección (m ²)	ϵ_{WS} (g/m ² .seg)
M-01	140.10	141.50	59.92	59.80	60.31	0.0600	0.0028	8.24
M-02	151.80	153.00	60.59	60.47	60.33	0.0605	0.0029	6.96
M-03	83.90	88.10	61.09	59.91	60.50	0.0605	0.0029	24.34
M-04	142.50	147.30	59.30	60.69	59.54	0.0598	0.0028	28.44
M-05	157.10	158.40	60.07	60.01	60.19	0.0601	0.0028	7.64
M-06	141.50	143.40	58.95	58.87	58.16	0.0587	0.0027	11.71
M-07	152.50	153.90	60.57	60.49	60.73	0.0606	0.0029	8.09
M-08	124.50	126.10	60.94	59.77	59.81	0.0602	0.0028	9.37
M-09	156.80	158.10	60.00	60.20	59.99	0.0601	0.0028	7.64
M-10	133.70	135.50	59.58	60.17	59.66	0.0598	0.0028	10.68
M-11	116.80	119.60	58.62	60.23	59.10	0.0593	0.0028	16.88
M-12	144.30	150.60	58.87	60.78	59.10	0.0596	0.0028	37.65
M-13	145.60	148.90	58.70	58.91	59.15	0.0589	0.0027	20.17
M-14	157.90	159.20	60.08	60.10	59.95	0.0600	0.0028	7.65
M-15	149.60	153.90	60.29	59.84	59.47	0.0599	0.0028	25.45
M-16	144.20	147.10	59.95	60.47	59.61	0.0600	0.0028	17.08
M-17	131.90	135.00	60.40	60.30	59.89	0.0602	0.0028	18.15
M-18	140.70	142.10	60.16	60.15	60.63	0.0603	0.0029	8.16
M-19	145.40	146.90	60.78	60.23	60.61	0.0605	0.0029	8.68

CESAR EDILBERTO ARBULLU JURADO
INGENIERO CIVIL
Reg. CP. N° 115754

M	4. Plasticidad									
	Nro. de golpes	Limite Líquido				Limite plástico				Índice de plasticidad
		W_{cap}	$W_{cap} + Sh$	$W_{cap} + Ss$	w%	W_{cap}	$W_{cap} + Sh$	$W_{cap} + Ss$	w%	
M-01	21	10.90	34.00	24.88	71.86%	10.60	13.70	12.40	72.22%	0.00%
M-02	3	10.60	36.80	27.56	51.97%	10.80	14.60	13.44	51.52%	0.45%
M-03	8	10.60	40.80	29.00	61.50%	10.50	14.70	13.18	50.72%	4.84%
M-04	9	10.50	32.50	26.48	37.67%	10.30	16.20	14.88	28.82%	8.85%
M-05	30	10.70	44.80	30.28	71.60%	10.80	15.80	13.50	58.89%	0.00%
M-06	14	10.60	34.00	27.72	30.68%	11.00	16.80	15.00	20.01%	10.07%
M-07	12	10.80	35.00	26.4	55.13%	11.00	16.00	14.24	54.32%	0.81%
M-08	16	11.00	38.20	28.62	44.58%	10.60	13.00	13.80	39.62%	4.80%
M-09	25	11.00	37.20	28.0	48.80%	10.80	17.00	15.52	44.07%	4.80%
M-10	17	11.00	37.10	27.96	53.89%	10.90	17.40	15.10	54.76%	0.00%
M-11	14	6.40	31.10	24.2	38.76%	5.60	11.70	10.86	28.15%	10.61%
M-12	10	5.80	38.30	29.98	34.41%	9.40	10.50	14.04	28.10%	0.25%
M-13	18	6.20	32.90	25.90	35.12%	5.80	13.20	11.52	29.89%	5.28%
M-14	38	6.20	37.10	25.32	61.61%	6.10	12.10	9.86	59.57%	2.04%
M-15	17	6.10	37.40	28.24	35.15%	5.70	12.80	11.26	29.50%	5.45%
M-16	15	6.20	31.70	24.72	37.09%	7.20	13.80	12.22	33.47%	4.22%
M-17	17	5.90	32.50	25.46	35.09%	6.10	13.70	11.82	32.87%	3.12%
M-18	14	10.60	38.60	30.68	39.44%	10.70	16.80	15.24	36.56%	2.89%
M-19	19	10.20	35.20	27.98	40.61%	10.90	17.80	15.94	36.90%	3.70%

CESAR EDILBERTO ARBULLU JURADO
INGENIERO CIVIL
Reg. CP. N° 115754



Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Página 1 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CLM-575-2022

Solicitante : ARBULU JURADO CESAR EDILBERTO

Dirección : AV. MICAELA BASTIDAS 258 OF. 704 -
WANCHAQ - CUSCO

Instrumento de Medición : COPA CASA GRANDE

Marcas : PINZUAR

Modelo : PS 11

Serie : 1846

Identificación : NO INDICA

Procedencia : COLOMBIA

Contador : ANALOGO

División mínima : 1

Lugar de Calibración : Lab. Longitud de Metrotest E.I.R.L.

Fecha de Calibración : 2022-01-21

Fecha de Emisión : 2022-01-21

Misión:
Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:
Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios. Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó por comparación directa usando un tacómetro y un Cronometro Patrón certificados, empleando el método de comparación entre las indicaciones de lectura del equipo Casagrande a calibrar versus las revoluciones por minuto medidas con el tacómetro patrón en un tiempo determinado. Tomando Como referencia la Norma ASTM D 4318 y el Manual de Ensayos de Materiales (EM2000) Determinación de Límite Líquido de los Suelos MTC E 110 - 2000.

Observaciones:

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- Base endurecida Cumple con su referencia a rebote Seco

Los errores encontrados son menores a los Errores Máximos Permitidos (e.m.p) para su Clase de Exactitud. Los resultados indicados en el presente documentos son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto. METROTEST E.I.R.L. No se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento. El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes. El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

- (*) Código inscrito en una etiqueta adherida al instrumento.



Luggu Atarajo G.
Jefe de Metrología



Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración
CLM-575-2022 Página 2 de 3

Condiciones Ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura	21,2 °C	21,0 °C
Humedad Relativa	51 %	52,0 %

PATRONES DE REFERENCIA:

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa del Servicio Nacional de Metrología SNM – INDECOPi en concordancia con el sistema internacional de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de METROTEST E.I.R.L.	Pie de rey Patrón	CLM-001-2018
Patrones de referencia del DM-INACAL	Cronometro Patrón de 0,01 seg de resolución	LTF-C-111-2018
Patrones de referencia del DM-INACAL	Tacómetro Patrón de 0,1 RPM de resolución	LTF-C-108-2018

RESULTADOS

APARATO DE LIMITE LIQUIDO


Descripción	Medico	Dimensiones			
		Tolerancia (mm)	Inglés (in)	Tolerancia (in)	
Conjunto de la cazuela	Radio de la copa A	54,472	54 ±0,5	2,14	0,020
	Espesor de la copa B	1,938	2 ±0,1	0,08	0,004
	Profundidad de la copa C	26,554	27 ±0,5	1,06	0,020
Base	Copa desde la guía del elevador hasta la base N	47,8	47 ±1	1,88	0,039
	Espesor K	50,86	50 ±2	2,00	0,08
	Largo L	149,65	150 ±2	5,89	0,08
	Ancho M	125,228	125 ±2	4,93	0,08

RANURADOR

Espesor a	10,06	0,1	0,40	0,004
Borde Cortante b	2,47	0,1	0,10	0,004
Ancho c	13,48	0,1	0,53	0,004



Luigi Asarjo G.
Jefe de Metrologia

Certificado de Calibración
CLM-575-2022 Página 3 de 3

CONTOMETRO


N° Cuentas del Patrón	N° Cuentas del Instrumento	Error de N° de cuentas	Incertidumbre de N° cuentas
2	2	0	1
5	5	0	1
10	10	0	1
15	15	0	1
20	20	0	1
25	25	0	1
30	30	0	1

Incertidumbre

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con las Guías OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100: 2008) y OIML G1-104-en: 2009 (JCGM 104: 2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las Mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante La incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La incertidumbre de medición reportada se denomina incertidumbre expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un actor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del Certificado de Calibración



Jc Arequipa Sologuren 484 Dpto. 102 Urb. Parque de Villa Sol - Los Olivos www.metrotestEiRl.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotestEiRl.com
 Tel.: 528-7898 Teletax: 528-3324 Entel: 997 045 343 / #962 889 991
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL



 **PINZUAR** LTDA
AS. TECHNOLOGIA Y SERVICIOS

**INSPECTION CERTIFICATE
CERTIFICADO DE INSPECCIÓN**

CAZUELA CASAGRANDE MANUAL

CONFORME CON LA NORMA

NORMA: INV E-125 REFERENCIA: PS11

CERTIFICA QUE CUMPLE CON
LOS SIGUIENTES REQUERIMIENTOS

CARACTERISTICAS	RESULTADO	UNIDAD
Peso de la copa y el soporte	203,80	g
Espesor de la copa	2,01	mm
Profundidad de la copa.	26,94	mm
Altura de la base	50,84	mm
Ancho de la base	124,91	mm
Longitud de la base	149,80	mm

No Serie / Lote: 1846 / N.P.

FECHA: 2022-02-06 FIRMA: 

PINZUAR LTDA AC.P-01-E-14/Rev 01/Válido desde 2017-11-15

Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.

Pinzuar Ltda. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento.

TEL: (57 1) 7454555 | Calle 18 No. 103 B 72
www.pinzuar.com.co | Bogotá - Colombia



Metrotest
E.I.R.L.
LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIDAD

El presente documento garantiza la calidad y detalla las especificaciones técnicas de nuestro producto.

PRODUCTO	MOLDE PROCTOR MODIFICADO
NORMA	ASTM D-1557
MODELO	MS-40
SERIE	652
MARCA	METROTEST
PROCEDENCIA	PERU
MATERIAL	Molde fabricado en hierro zincado Diámetro interior 6" (152,4mm) y altura de 116,43mm. Incluye base y collar.

* Certificamos que los datos corresponden a lo indicado por nuestro proveedor.

Atentamente



Jr. Anádes Sologuren 484 Dpto. 102 Urb. Parques de Villa Sol - Los Olivos www.metrotestir.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotestir.com
Telf.: 528-7888 Teletax: 528-3324 Extel: 997 045 343 / #962 889 991

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL



Metrottest E.I.R.L.
LABORATORIO DE METROLOGÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CTM-100-2022**

Página 1 de 5

Solicitante : CONSULTORA ITHENDA E.I.R.L.
Dirección : AV. MICAELA BASTIDAS NRO. 258 INT. 704
CERCADO DE WANCHAQ - CUSCO - WANCHAQ
Equipo de Medición : HORNO ELECTRICO
Marca : METROTEST
Modelo : MS-H1
Procedencia : PERÚ
Código de Identificación : NO INDICA
Número de Serie : 839
Temperatura de trab : 110 °C ± 10 °C
Ventilación : Natural
Lugar de Calibración : Lab. Temperatura de Metrottest E.I.R.L.

Misión:

Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:

Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios. Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Instrumento de Med :

Nombre	Marca	Modelo	Código de Identificación	Alcance de indicación	División mínima	Tipo de Indicación
Termometro controlador	AUTONICS	TCN45	NO INDICA	200°C	1°C	Digital

Fecha de Calibración : 2022-01-21

Fecha de Emisión : 2022-01-21

Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó tomando como referencia el Método de Comparación entre las indicaciones de lectura del termometro controlador del equipo a calibrar con Termometro patrón con 10 termopares utilizando el "Procedimiento de INDECOPI/SNM PC-005 1ª Ed. "Procedimiento para la Calibración de Hornos".

Observaciones

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



Luigi Aserijo G.
Jefe de Metrologia



Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACION CTM-100-2018

Página 2 de 5

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROTEST E.I.R.L.	Termómetro de indicación Digital con 10 sensores	CTM-001-2022
Patrones de referencia de DM-INACAL	Termómetro de indicación digital	LT-539-2017

Condiciones Ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	19,9	20,3
Humedad (%)	43	45

Resultados de la calibración:

CALIBRACIÓN PARA 110 °C ± 10 °C

TIEMPO (min.)	T ind (°C) Termómetro del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICION (°C)										T prom. (°C)	Tmax-Tmin. (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110	111,3	112,2	112,3	110,1	112,1	111,6	111,6	110,6	110,2	112,5	111,5	2,4
02	110	111,3	112,2	112,3	110,1	112,1	111,6	111,6	110,6	110,2	112,5	111,5	2,4
04	110	111,3	112,2	112,3	110,1	112,1	111,6	111,6	110,6	110,2	112,5	111,5	2,4
06	110	111,3	112,2	112,3	110,1	112,2	111,7	111,6	110,7	110,3	112,5	111,5	2,4
08	110	111,4	112,3	112,4	110,1	112,2	111,7	111,7	110,7	110,3	112,6	111,5	2,5
10	110	111,4	112,3	112,4	110,2	112,2	111,7	111,7	110,8	110,4	112,6	111,6	2,4
12	110	111,4	112,3	112,4	110,2	112,2	111,8	111,7	110,8	110,4	112,6	111,6	2,4
14	110	111,4	112,3	112,4	110,2	112,3	111,9	111,7	110,9	110,4	112,6	111,6	2,4
16	110	111,5	112,3	112,4	110,2	112,3	111,9	111,8	110,9	110,5	112,6	111,6	2,4
18	110	111,5	112,4	112,4	110,3	112,4	111,9	111,8	111,0	110,5	112,7	111,7	2,4
20	110	111,5	112,4	112,4	110,3	112,4	111,9	111,8	111,1	110,5	112,7	111,7	2,4
22	110	111,5	112,4	112,4	110,3	112,4	112,0	111,9	111,1	110,5	112,7	111,7	2,4
24	110	111,6	112,4	112,4	110,3	112,4	112,0	111,9	111,1	110,6	112,7	111,7	2,4
26	110	111,6	112,4	112,4	110,4	112,5	112,0	112,0	111,2	110,6	112,7	111,8	2,3
28	110	111,6	112,4	112,4	110,4	112,5	112,0	112,0	111,2	110,6	112,7	111,8	2,3
30	110	111,6	112,4	112,4	110,4	112,5	112,0	112,0	111,2	110,6	112,7	111,8	2,3
32	110	111,6	112,4	112,4	110,4	112,5	112,1	112,0	111,3	110,6	112,7	111,8	2,3
34	110	111,7	112,4	112,4	110,5	112,6	112,1	112,1	111,3	110,7	112,7	111,9	2,2
36	110	111,7	112,4	112,5	110,5	112,6	112,1	112,2	111,3	110,7	112,7	111,9	2,2
38	110	111,7	112,4	112,5	110,5	112,6	112,1	112,2	111,3	110,7	112,7	111,9	2,2
40	110	111,7	112,5	112,5	110,5	112,6	112,1	112,2	111,3	110,7	112,7	111,9	2,2
42	110	111,8	112,5	112,5	110,6	112,6	112,1	112,2	111,3	110,8	112,7	111,9	2,1
44	110	111,8	112,5	112,5	110,6	112,6	112,2	112,2	111,4	110,8	112,7	111,9	2,1
46	110	111,9	112,5	112,6	110,6	112,6	112,2	112,2	111,4	110,8	112,6	111,9	2,0
48	110	111,9	112,5	112,6	110,7	112,6	112,2	112,2	111,4	110,9	112,6	112,0	1,9
50	110	112,0	112,5	112,6	110,7	112,7	112,3	112,2	111,4	110,9	112,6	112,0	2,0
52	110	112,0	112,7	112,6	110,7	112,7	112,3	112,3	111,5	110,9	112,6	112,0	2,0
54	110	112,1	112,5	112,6	110,8	112,7	112,4	112,4	111,5	110,9	112,6	112,1	1,9
56	110	112,1	112,5	112,6	110,8	112,7	112,4	112,4	111,5	111,0	112,5	112,1	1,9
58	110	112,1	112,5	112,6	110,9	112,7	112,4	112,4	111,5	111,0	112,5	112,1	1,8
60	110	112,1	112,5	112,6	110,9	112,7	112,4	112,5	111,5	111,0	112,5	112,1	1,8
T.PROM	110	111,7	112,4	112,5	110,4	112,5	112,0	112,0	111,1	110,6	112,6	111,8	
T.MAX	110	112,1	112,7	112,6	110,9	112,7	112,4	112,5	111,5	111,0	112,7		
T.MIN	110	111,3	112,2	112,3	110,1	112,1	111,6	111,6	110,6	110,2	112,5		
DTT	0,0	0,8	0,5	0,3	0,8	0,6	0,8	0,9	0,9	0,8	0,2		



Jr. Artistas 304, Urb. 184 Dpto. 102 Urb. Parques de Villa Sol - Los Olivos www.metrotesteirl.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotesteirl.com
Telf.: 528-7898 Telefax: 528-3324 Entel: 997 045 343 / #962 889 991

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST E.I.R.L.



Metrotest E.I.R.L.
LABORATORIO DE METROLOGÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CTM-100-2018**

Página 3 de 5

PARÁMETRO	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	112,7	0,3
Mínima Temperatura Medida	110,1	0,3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,9	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	2,2	0,3
Estabilidad	± 0,45	0,04
Uniformidad	2,5	0,3

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

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas 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 isotérmico: **0,5 °C**

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 $\pm 1/2$ máx. DTT.

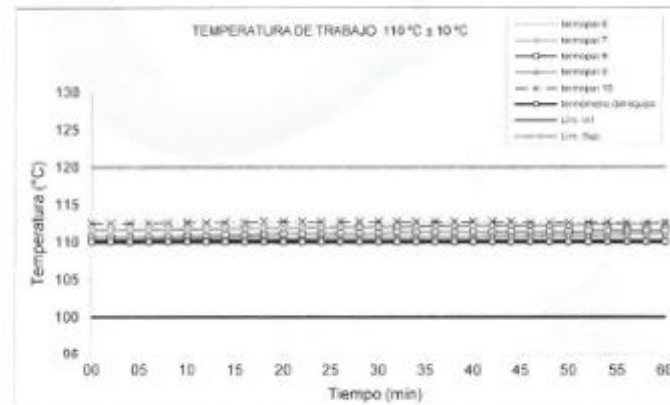
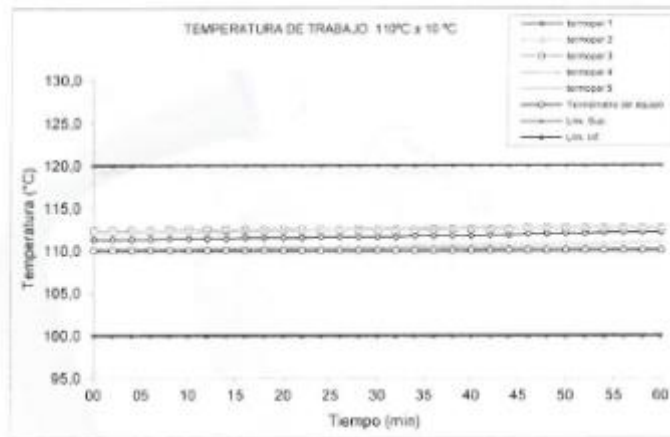




Metrotest E.I.R.L.
LABORATORIO DE METROLOGÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CTM-100-2018**

Página 4 de 5



Jr. Aníbal Bolognesi 484 Dpto. 102 Urb. Parque de Villa Sol - Los Olivos www.metrotesteir.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotesteir.com
Tel.: 525-7898 Telefax: 525-3324 Entel: 997 045 343 / #962 899 091

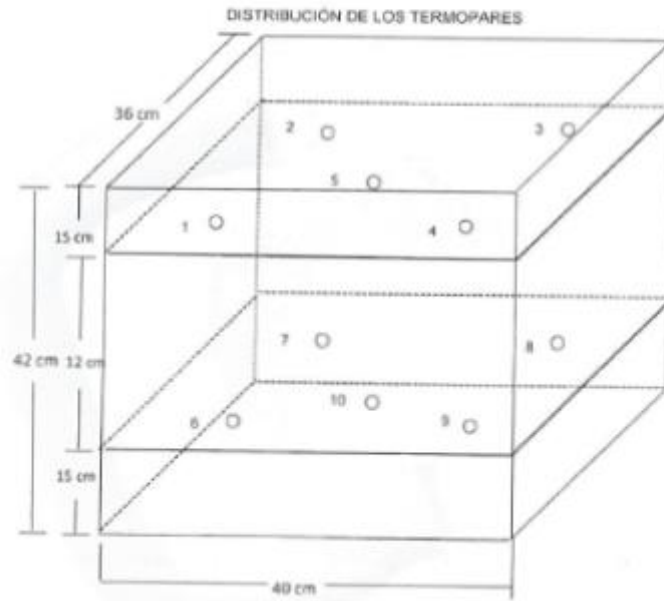
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL



Metrotest E.I.R.L.
LABORATORIO DE METROLOGÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CTM-100-2018**

Página 5 de 5



Los termopares 5 y 10 están ubicados en el centro de los planos inferior y superior.
Los termopares del 1 al 4 y del 5 al 10 están ubicados a 9 cm de las paredes laterales.
Los termopares del 1 al 4 y del 5 al 10 están ubicados a 10 cm y a 12 cm respectivamente de la parte superior e inferior del horno tal como se muestra en el dibujo.



Jr. Aristides Solaguren 484 Dpto. 102 Urb. Pincos de Villa Sol - Los Olivos www.metrotesteir.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotesteir.com
Telf: 528-7898 Telefax: 528-2324 Extal: 097 045 343 / #962 880 001

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 1425-145-2022

Página 1 de 3

Arsou Group

Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2023/03/30

Solicitante **CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO**

Dirección AV. MICAELA BASTIDAS 258- WANCHAQ - CUZCO-PERU

Instrumento de medición **PRENSA HIDRAULICA PARA ROTURA DE CONCRETO**

Identificación 1425-145-2020

Marca ARSOU

Modelo PR701

Serie 2138

Capacidad 120000KG

Indicador DIGITAL

Bomba MANUAL

Procedencia PERÚ

Ubicación Laboratorio de Suelos y Concreto

Lugar de calibración Laboratorio de ARSOU GROUP SAC

Fecha de calibración 2022/03/30

Método/Procedimiento de calibración

El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines", Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida 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 recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 1425-145-2022

Página 2 de 3

Arsou Group

Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión: 27/03/2022

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de PUCP	Celda de Carga de 100 TN	192-19 con trazabilidad INF-LE 250-18.

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 20,3 °C	Final: 20,5 °C
Humedad Relativa	Inicial: 63 %hr	Final: 65 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

TABLA N° 01

CALIBRACION DE PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO

SISTEMA DIGITAL "A" KG	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON (Kg)				PROMEDIO "B" kg	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE (1) kg	SERIE (2) kg	ERROR %	ERROR (2) %			
10000	10001.4	10000.9	0.0	0.0	10001.2	0.0115	0.00
20000	19999.0	19999.5	0.0	0.0	19999.3	0.00	0.00
30000	30000.0	29999.8	0.0	0.0	29999.9	0.00	0.00
40000	40000.5	39999.4	0.0	0.0	40000.0	0.00	0.00
50000	50000.0	50000.0	0.0	0.0	50000.0	0.00	0.00
60000	60000.4	59999.4	0.0	0.0	59999.9	0.00	0.00
70000	69998.8	69999.4	0.0	0.0	69999.1	0.00	0.00
80000	80000.0	79999.5	0.0	0.0	79999.8	0.00	0.00

NOTAS SOBRE CALIBRACION

- 1.- La Calibración se hizo según el Método C de la norma ISO 7500-1
- 2.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:
 $Ep = ((A-B) / B) * 100$ $Rp = Error(2) - Error(1)$
- 3.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %
- 4.- Incertidumbre expandida del Error (Ep) = 0,35 % (1,73 kg)



ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 1425-145-2022

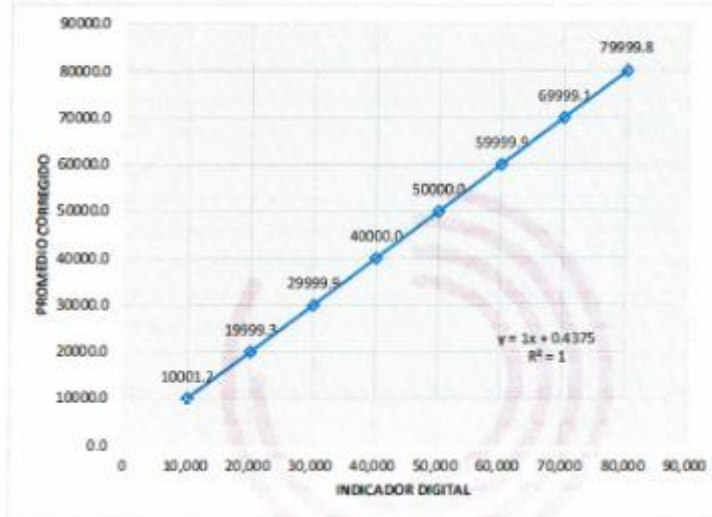
Página 3 de 3

Arsou Group

Laboratorio de Metrología

Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRAFICO N° 01



Ecuación de ajuste:

Donde: $y = 1x + 0,4375$

Coeficiente Correlación $R^2 = 1$

X: Lectura de la pantalla (kg)

Y: fuerza promedio (kg)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura $k=2$.
3. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica
METROLOGÍA



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com



PANEL FOTOGRAFICO

ACTIVIDAD EN CAMPO



Industria Castañera MANUTATA



Industria Castañera AMAZON NUTTS



Industria Castañera ASCAR



Muestreo de Suelos en Calicata N°1





Muestreo de Suelos en Calicata N°2



Muestras de Cascara de Castaña (Jr. El Triunfo)



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAJ DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
 Av. de la Guadalupe 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú

 UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA
INFORME DE ANÁLISIS
 N90152-23-LAQ

SOLICITANTE : ESPINOZA ARAGON EINER EMILIO
 CONDOMA MAMANI HERBERTH MAX



MUESTRA : CASCARA DE CASTAÑA PROCESADO CON 1 DE BIOPOLISH
 1 DE HIDROXIDO DE SODIO Y 1 DE ACIDO ACETICO.

FECHA : 02/25/04/2023

RESULTADO ANALISIS:

=====	
Silicio % (Si)	0.21
Aluminio % (Al)	0.12
Calcio % (Ca)	0.54
Magnesio % (Mg)	0.38
=====	

QUIMICA ANALITICA CUANTITATIVA II, H.A. FLASCHKA,
 Cusco, 12 de Mayo 2023

 
 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Decanato de Prestación de Servicios Académicos
 Melitón Herrera Arística
 JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutierrez
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE
RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN CEL: 974 673993 - 946 688776

INFORME N°LQ 0584-22
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE CENIZA

SOLICITA :
 - Bach. Einer Emilio Espinoza Aragón.
 - Bach. Heberth Max Condoma Mamani.

PROYECTO : "Efecto de residuo industrial castaño en las propiedades físicas, mecánicas y de impermeabilidad"

MUESTRA : M₁: Ceniza de cáscara de castaña.

DISTRITO : Cusco

PROVINCIA : Cusco

DEPARTAMENTO : Cusco

FECHA DE INFORME : 14/10/2022

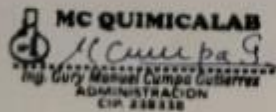
RESULTADOS :

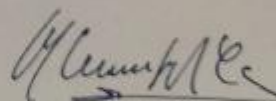
DETERMINACIONES		UNIDAD	M ₁
Silice	SiO ₂	%	4.3
Calcio	CaO	%	4.8
Magnesio	MgO	%	5.2
Potasio	K ₂ O	%	8.77
Hierro	Fe	%	1.40
Fosforo	P	%	1.20

METODO DE ANALISIS: Fluorescencia de Rayos X.

NOTA:

- Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada.
- La muestra fue tomada por el solicitante.




MARIO CUMPA CAYURI
 INGENIERO QUÍMICO
 REG. COLEGIO DE INGENIEROS N° 18108