



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DE LA SUBRASANTE EN LA VÍA DE ACCESO AL C.P. BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD-2018.

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniera Civil**

**Autores:**

Br. Carranza Ortiz, Antonella Lizbeth  
Br. Fernandez Lojas, Delia Carolina del Milagro

**Asesor:**

Ing. Juan Paul Edward Henríquez Ulloa

Trujillo – Perú  
2018

## **ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS**

El asesor Ing. Juan Paul Edward Henríquez Ulloa, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA CIVIL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de las Bachilleres **Carranza Ortiz, Antonella Lizbeth y Fernandez Lojas, Delia Carolina del Milagro**, denominada:

**“APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA  
CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DE LA SUBRASANTE EN LA VÍA DE  
ACCESO AL C.P. BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD-2018”**

Para optar el título profesional de Ingeniería Civil por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual **AUTORIZA** a las interesadas para su presentación.

---

Ing. Juan Paul Edward Henríquez Ulloa  
**ASESOR**

## ACTA APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evolución de la tesis de las Bachilleres **Carranza Ortiz, Antonella Lizbeth y Fernandez Lojas, Delia Carolina del Milagro**, para optar el título profesional de Ingeniería Civil con la tesis denominada:

**“APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA  
CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DE LA SUBRASANTE EN LA VÍA DE  
ACCESO AL C.P. BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD-2018”**

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

**Aprobación por unanimidad**

**Aprobación por mayoría**

Calificativo:

Excelente [20 – 18]

Sobresaliente [17 – 15]

Bueno [14 – 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad

Calificativo:

Excelente [20 – 18]

Sobresaliente [17 – 15]

Bueno [14 – 13]

---

PhD. Ing. Heberth Diestra Cruz

**JURADO  
PRESIDENTE**

---

M.Sc. Ing. Wiston Azañedo Medina

**JURADO**

---

Mg. Ing. Roger Ramírez Mercado

**JURADO**

## DEDICATORIA

Esta tesis va dedicado en primer lugar a  
Dios, por los dones que ha atribuido  
hacia mi persona para culminar la  
presente tesis.

A mis padres Marisol Ortiz y Jaime Carranza,  
por su apoyo incondicional y el esfuerzo que  
han hecho para poder culminar mis estudios.  
Asímismo por estar conmigo en cada paso que  
doy, por su constante motivación y consejos  
que han permitido lograr una de mis metas  
profesionales.

A mi hermano Farid, por ser mi razón y  
motivo de seguir adelante. A Fernando,  
por ser parte de mi inspiración y fuerza  
en todo momento.

A mis amigos, los cuales compartimos  
momentos gratos, y por su tan valiosa amistad  
durante nuestra etapa universitaria. A mi  
compañera de tesis, por la confianza, perseverancia  
y compañerismo que mostró durante este tiempo.

**Carranza Ortiz, Antonella Lizbeth**



## DEDICATORIA

A Dios, por siempre guiarme en el camino  
correcto, dándome salud y sabiduría para ir  
logrando mis metas.

A mis padres, Julio Fernandez Dejo y Violeta Lojas Costa,  
por brindarme día a día todo su apoyo y confianza. Siendo  
ellos el pilar fundamental de mi vida durante mi carrera  
profesional.

A mis hermanos, Violeta y Humberto, a mis  
sobrinos, Nexar Humberto y Joan, quienes  
siempre me han apoyado en todas las cosas. A  
Hector por su paciencia y apoyo durante todo  
este tiempo, los quiero.

A mis amigos con los que comparti buenos momentos  
universitarios, en especial a mi compañera de tesis quien  
me dio la motivación para culminar nuestro proyecto.

**Fernandez Lojas, Delia Carolina del Milagro**

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos, en primer lugar a Dios, que es nuestra guía espiritual en todo momento al culminar con esta etapa profesional; la tesis, lo cual fue una meta más en nuestras vidas.

A nuestros padres, hermanos y amigos quienes son nuestro gran motivo, por el amor y confianza que han demostrado hacia nosotras a lo largo nuestra vida universitaria.

Al Ing. David Tello Villarruel por su atención y orientación en el inicio y proceso de la presente tesis.

A nuestro jurado el PhD. Heberth Diestra Cruz por su confianza, por sus enseñanzas y motivación de ser unas buenas profesionales.

A nuestro asesor Juan Paul Henríquez, por su confianza y atención durante el proceso de culminación de tesis.

A nuestras amistades Andrea, William y Julio por apoyarnos durante este tiempo de aprendizaje y crecimiento profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>DEDICATORIA .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>AGRADECIMIENTO.....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>  | <b>10</b> |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>   | <b>12</b> |
| <b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>CAPÍTULO 1.INTRODUCCIÓN .....</b>   | <b>17</b> |
| 1.1. Realidad problemática.....  | 17        |
| 1.1.1. Antecedentes.....   | 20        |
| 1.1.2. Bases teóricas .....  | 23        |
| 1.1.3. Estabilización de suelos.....   | 24        |
| 1.1.4. Estabilizador Iónico: PROES .....   | 32        |
| 1.1.5. Estabilizador Iónico: Aditivo CONAID.....   | 33        |
| 1.1.6. Pavimento.....  | 34        |
| 1.1.7. Análisis Químicos por EDS (ESPECTROSCOPIA DE DISPERSIÓN DE ENERGÍA DE RAYOS X)..... | 36        |
| 1.1.8. Carreteras no Pavimentadas .....  | 37        |
| 1.2. Formulación del problema .....  | 42        |
| 1.3. Justificación.....  | 42        |
| 1.4. Limitaciones .....  | 44        |
| 1.5. Objetivos .....   | 44        |
| 1.5.1. Objetivo general.....   | 44        |
| 1.5.2. Objetivos específicos.....  | 45        |
| 1.6. Hipótesis.....  | 45        |
| Formulación de la Hipótesis .....  | 45        |
| 1.6.1. Hipótesis General: .....  | 45        |
| 1.7. Operacionalización de variables.....  | 46        |
| 1.7.1. Variable Independiente .....  | 46        |
| 1.7.2. Variable dependiente .....  | 46        |
| <b>CAPÍTULO 2.METODOLOGÍA .....</b>  | <b>48</b> |
| 2.1. Diseño de investigación .....   | 48        |
| 2.2. Unidad de estudio:.....   | 48        |
| 2.3. Población.....  | 48        |
| 2.3.1. Muestra .....   | 49        |
| 2.4. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos .....                 | 50        |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 2.6.   | Procedimiento.....  | 55 |
| 2.6.1. | <i>Procedimiento de muestreo.....</i>   | 61 |
| 2.6.2. | <i>Ensayos de Laboratorio del suelo a estudiar.....</i>   | 62 |
| 2.6.3. | <i>Determinación de la dosificación según la ficha técnica del aditivo PROES para la mejora de la subrasante. ....</i>  | 84 |
| 2.6.4. | <i>Determinación de la dosificación según la ficha técnica del aditivo CONAID para la mejora de la subrasante. ....</i> | 84 |
| 2.6.5. | <i>Análisis Estadístico .....</i>   | 85 |

### **CAPÍTULO 3. RESULTADOS ..... 90**

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 3.1.    | Caracterización del Suelo Fino .....  | 90  |
| 3.1.1.  | <i>Granulometría, clasificación SUCS y AASHTO .....</i>   | 90  |
| 3.1.1.  | <i>Límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP). ....</i>                               | 91  |
| 3.1.2.  | <i>Análisis Granulométrico por Hidrómetro.....</i>  | 94  |
| 3.1.3.  | <i>Clasificación SUCS y AASHTO .....</i>  | 94  |
| 3.1.4.  | <i>Contenido de humedad.....</i>  | 96  |
| 3.1.5.  | <i>Gravedad específica de Sólidos .....</i>   | 97  |
| 3.1.6.  | <i>Proctor Modificado.....</i>  | 97  |
| 3.1.7.  | <i>Adición del aditivo PROES Y CONAID: Resultados de Proctor Modificado con la dosificación .....</i>             | 98  |
| 3.1.8.  | <i>Valor Relativo de Soporte (CBR).....</i>   | 99  |
| 3.1.9.  | <i>Adición del aditivo PROES y CONAID: Resultados de CBR con la dosificación .....</i>                            | 100 |
| 3.1.10. | <i>Compresión Simple no Confinada .....</i>   | 102 |
| 3.1.11. | <i>Adición del aditivo PROES y CONAID: Resultados de Compresión Simple no Confinada con la dosificación .....</i> | 102 |
| 3.1.12. | <i>Análisis Químico por medio del Análisis de EDS (ESPECTROSCOPIA DE DISPERSIÓN DE ENERGÍA DE RAYOS X) .....</i>  | 104 |
| 3.1.13. | <i>Resultados estadísticos del análisis de datos.....</i>   | 105 |

### **CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES..... 108**

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 4.1.   | Discusión.....   | 108 |
| 4.1.1. | <i>Análisis Granulometría por tamizado.....</i>                                    | 108 |
| 4.1.2. | <i>Límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP) ....</i> | 109 |
| 4.1.3. | <i>Clasificación SUCS y AASHTO .....</i>   | 112 |
| 4.1.4. | <i>Contenido de Humedad.....</i>   | 112 |
| 4.1.5. | <i>Gravedad específica de los Sólidos .....</i>                                    | 115 |
| 4.1.6. | <i>Proctor Modificado.....</i>   | 116 |
| 4.1.7. | <i>Proctor Modificado para el suelo con los aditivos PROES Y CONAID. ....</i>      | 117 |
| 4.1.8. | <i>Relación de Soporte California (CBR) .....</i>                                  | 120 |
| 4.1.9. | <i>CBR para el suelo con los aditivos PROES Y CONAID.....</i>                      | 121 |

|         |  |            |
|---------|--|------------|
| 4.1.10. | <i>Compresión Simple no Confinada</i> .....  | 124        |
| 4.1.11. | <i>Compresión Simple no Confinada para el suelo con los aditivos PROES Y CONAID.</i> ..... | 125        |
| 4.1.12. | <i>Análisis Químico por EDS</i> .....  | 128        |
| 4.1.13. | <i>Resultados estadísticos del Análisis de datos</i> .....                                 | 129        |
| 4.1.14. | <i>Prueba de Normalidad</i> .....  | 129        |
| 4.1.15. | <i>Prueba de hipótesis de investigación: Análisis de varianza</i> .....                    | 129        |
| 4.1.16. | <i>Prueba de Tukey</i> .....   | 129        |
| 4.2.    | CONCLUSIONES .....   | 130        |
| 4.3.    | RECOMENDACIONES .....  | 131        |
|         | <b>REFERENCIAS</b> .....   | <b>132</b> |
|         | <b>ANEXOS</b> .....  | <b>137</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla n° 1:</b> Guía Referencial para la Selección del Tipo de Estabilizador.....   | 26 |
| <b>Tabla n° 2:</b> Tipos de estabilización de suelos .....   | 28 |
| <b>Tabla n° 3:</b> <i>Categorías de Subrasante</i> .....   | 36 |
| <b>Tabla n° 4:</b> Hipótesis.....  | 46 |
| <b>Tabla n° 5:</b> <i>Operacionalización de variables</i> .....  | 47 |
| <b>Tabla n° 6:</b> <i>Matriz de diseño de Variable Independiente</i> .....   | 48 |
| <b>Tabla n° 7:</b> <i>Población de probetas</i> .....  | 48 |
| <b>Tabla n° 8:</b> Número de Calicatas para Exploración de Suelos .....  | 49 |
| <b>Tabla n° 9:</b> Números de Ensayos CBR.....   | 49 |
| <b>Tabla n° 10:</b> <i>Formato del Contenido de Humedad</i> .....  | 63 |
| <b>Tabla n° 11:</b> Clasificación de suelos según Tamaño de partículas .....   | 64 |
| <b>Tabla n° 12:</b> Formato de Granulometría de agregados .....  | 64 |
| <b>Tabla n° 13:</b> <i>Formato del Análisis Granulométrico por Hidrómetro</i> .....  | 66 |
| <b>Tabla n° 14:</b> <i>Formato del Límite Líquido y el Límite Plástico</i> .....   | 68 |
| <b>Tabla n° 15:</b> <i>Determinación cualitativamente el potencial expansivo del suelo</i> .....   | 69 |
| <b>Tabla n° 16:</b> Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad .....  | 71 |
| <b>Tabla n° 17:</b> Prefijos y sufijos para cada tipo de suelo .....   | 71 |
| <b>Tabla n° 18:</b> Combinaciones en función de los prefijos y sufijos del suelo. ....   | 72 |
| <b>Tabla n° 19:</b> <i>Clasificación SUCS (ASTM D-2487)</i> .....  | 73 |
| <b>Tabla n° 20:</b> <i>Clasificación AASHTO M-145</i> .....  | 77 |
| <b>Tabla n° 21:</b> <i>Formato de la Gravedad Específica de Sólidos</i> .....  | 78 |
| <b>Tabla n° 22:</b> <i>Tabla de Resumen de los Cálculos para la G<sub>s</sub></i> .....  | 79 |
| <b>Tabla n° 23:</b> <i>Formato del Ensayo de CBR vs Densidad Seca</i> .....  | 81 |
| <b>Tabla n° 24:</b> Calificación de la consistencia del suelo.....   | 83 |
| <b>Tabla n° 25:</b> Cuadro de resumen del ensayo de granulometría y clasificación SUCS y AASHTO, de los Posteos Estrato 1.....               | 90 |
| <b>Tabla n° 26:</b> Cuadro de resumen del ensayo de granulometría y clasificación SUCS y AASHTO, de los posteos para los estratos 2.....     | 90 |
| <b>Tabla n° 27:</b> <i>Cuadro de resumen del ensayo de granulometría y clasificación SUCS y AASHTO, de las Calicatas Estrato 1</i> .....     | 91 |
| <b>Tabla n° 28:</b> <i>Cuadro de resumen del ensayo de granulometría y clasificación SUCS y AASHTO, de las Calicatas Estrato 2</i> .....     | 91 |
| <b>Tabla n° 29:</b> <i>Cuadro de resumen del ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad posteos Estrato 1</i> .....   | 92 |
| <b>Tabla n° 30:</b> <i>Cuadro de resumen del ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad posteos Estrato 2</i> .....   | 92 |
| <b>Tabla n° 31:</b> <i>Cuadro de resumen del ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad calicatas Estrato 1</i> ..... | 93 |
| <b>Tabla n° 32:</b> <i>Cuadro de resumen del ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad calicatas Estrato 2</i> ..... | 93 |
| <b>Tabla n° 33:</b> Cuadro de resumen del ensayo de Análisis Granulométrico por medio del Hidrómetro .....                                   | 94 |
| <b>Tabla n° 34:</b> <i>Clasificación SUCS y AASHTO para los posteos estrato 1</i> .....  | 94 |
| <b>Tabla n° 35:</b> <i>Clasificación SUCS y AASHTO para los posteos estrato 2</i> .....  | 95 |
| <b>Tabla n° 36:</b> <i>Clasificación SUCS y AASHTO para la calicatas estrato 1</i> .....   | 95 |
| <b>Tabla n° 37:</b> <i>Clasificación SUCS y AASHTO para las calicatas estrato 2</i> .....  | 95 |
| <b>Tabla n° 38:</b> Cuadro de resumen del ensayo de Contenido de Humedad de Posteos para los estratos 1 y 2.....                             | 96 |
| <b>Tabla n° 39:</b> Cuadro de resumen del ensayo de Contenido de Humedad de Calicatas para los estratos 1 y 2.....                           | 96 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla n° 40:</b> Cuadro de resumen del ensayo de Gravedad Específica de las Calicatas en el estrato 1 .....  | 97  |
| <b>Tabla n° 41:</b> Cuadro de resumen del ensayo de Proctor Modificado sin aditivo .....  | 97  |
| <b>Tabla n° 42:</b> Cuadro resumen del Ensayo Proctor Modificado acorde a los Aditivos PROES y CONAID sólo Líquido. ....                                    | 98  |
| <b>Tabla n° 43:</b> Cuadro resumen del Ensayo Proctor Modificado acorde a los Aditivos Proes y Conaid con Cemento Portland Tipo MS. ....                    | 99  |
| <b>Tabla n° 44:</b> Cuadro resumen del ensayo CBR sin aditivo.....  | 99  |
| <b>Tabla n° 45:</b> Cuadro de resumen del ensayo de CBR con los Aditivos PROES y CONAID sólo Líquidos.....  | 100 |
| <b>Tabla n° 46:</b> Cuadro de resumen del ensayo de CBR de los Aditivos PROES y CONAID con Cemento Portland Tipo MS.....                                    | 101 |
| <b>Tabla n° 47:</b> Cuadro de Resumen de los resultados del ensayo de Compresión no confinada sin aditivo.....  | 102 |
| <b>Tabla n° 48:</b> Cuadro de Resumen del Ensayo de Compresión Simple no Confinada de los Aditivos sólo Líquidos PROES y CONAID. ....                       | 103 |
| <b>Tabla n° 49:</b> Cuadro de Resumen del Ensayo de Compresión Simple no Confinada de los Aditivos Líquidos PROES y CONAID + Cemento Portland Tipo MS. .... | 103 |
| <b>Tabla n° 50:</b> Análisis de EDS .....   | 104 |
| <b>Tabla n° 51:</b> Prueba de Normalidad Aditivos Líquidos.....   | 105 |
| <b>Tabla n° 52:</b> Análisis de Varianza (ANOVA) de Aditivos Líquidos.....  | 105 |
| <b>Tabla n° 53:</b> Prueba de Tukey de Aditivos Líquidos .....  | 105 |
| <b>Tabla n° 54:</b> Comparaciones Múltiples de Aditivos Líquidos .....  | 106 |
| <b>Tabla n° 55:</b> Análisis de Varianza (ANOVA) de Aditivos Líquidos + Cemento.....  | 106 |
| <b>Tabla n° 56:</b> Homogeneidad de Varianzas de Aditivos Líquidos + Cemento .....  | 106 |
| <b>Tabla n° 57:</b> Prueba de Tukey de Aditivos Líquidos + Cemento .....  | 106 |
| <b>Tabla n° 58:</b> Comparaciones Múltiples de Aditivos Líquidos + Cemento .....  | 107 |
| <b>Tabla n° 59:</b> Matriz de Consistencia.....   | 158 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura n°. 1:</b> <i>Composición Química de la arcilla</i> .....  | 24  |
| <b>Figura n°. 2:</b> <i>Guía Complementaria Referencial para la Selección del Tipo de Estabilizador.</i> .....       | 27  |
| <b>Figura n°. 3:</b> <i>Reacción Química por Ionización</i> .....  | 31  |
| <b>Figura n°. 4:</b> <i>Estructura tradicional del pavimento</i> .....   | 35  |
| <b>Figura n°. 5:</b> <i>Difracción de rayos X</i> .....  | 37  |
| <b>Figura n°. 6:</b> <i>Sección transversal impropia</i> .....   | 39  |
| <b>Figura n°. 7:</b> <i>Drenaje inadecuado</i> .....   | 39  |
| <b>Figura n°. 8:</b> <i>Ondulaciones</i> .....   | 40  |
| <b>Figura n°. 9:</b> <i>Generación de Polvo en la vía de Barraza, Laredo</i> .....                                   | 40  |
| <b>Figura n°. 10:</b> <i>Presencia de Baches en la vía de Barraza, Laredo.</i> .....                                 | 41  |
| <b>Figura n°. 11:</b> <i>Ahuellamientos</i> .....  | 41  |
| <b>Figura n°. 12:</b> <i>Pérdida de agregados</i> .....  | 42  |
| <b>Figura n°. 21:</b> <i>Resumen de Guía de Observación</i> .....  | 51  |
| <b>Figura n°. 13:</b> <i>Inspección visual de la vía</i> .....   | 55  |
| <b>Figura n°. 14:</b> <i>Extracción de muestra de suelo</i> .....  | 56  |
| <b>Figura n°. 15:</b> <i>Extracción de muestra de suelo.</i> .....   | 56  |
| <b>Figura n°. 16:</b> <i>Ensayo de granulometría por tamizado</i> .....  | 57  |
| <b>Figura n°. 17:</b> <i>Ensayo de Límite Líquido y Límite Plástico</i> .....  | 58  |
| <b>Figura n°. 18:</b> <i>Ensayo de Proctor Modificado</i> .....  | 59  |
| <b>Figura n°. 19:</b> <i>Ensayo de CBR</i> .....   | 60  |
| <b>Figura n°. 20:</b> <i>Ensayo de Compresión</i> .....  | 61  |
| <b>Figura n°. 22:</b> <i>Curva Granulométrica de suelo fino.</i> .....   | 65  |
| <b>Figura n°. 23:</b> <i>Curva Granulométrica de la Hidrometría.</i> .....   | 67  |
| <b>Figura n°. 24:</b> <i>Resultados del Límite Líquido</i> .....   | 69  |
| <b>Figura n°. 25:</b> <i>Carta de Plasticidad Casagrande</i> .....   | 75  |
| <b>Figura n°. 26:</b> <i>Clasificación del suelo según Índice de Grupo</i> .....                                     | 76  |
| <b>Figura n°. 27:</b> <i>Curva de Compactación</i> .....   | 80  |
| <b>Figura n°. 28:</b> <i>Gráfico del CBR vs Densidad Seca</i> .....  | 82  |
| <b>Figura n°. 29:</b> <i>Curva de la Compresión Simple no Confinada</i> .....  | 84  |
| <b>Figura n°. 30:</b> <i>Curva Granulométrica de la calicata 4 estrato 1</i> .....                                   | 108 |
| <b>Figura n°. 31:</b> <i>Análisis de resultados del Índice de Plasticidad para Posteos</i> .....                     | 110 |
| <b>Figura n°. 32:</b> <i>Análisis de resultados del Índice de Plasticidad para Calicatas</i> .....                   | 110 |
| <b>Figura n°. 33:</b> <i>Análisis de resultados del Índice de Grupo de los Posteos. Clasificación AASHTO</i> .....   | 111 |
| <b>Figura n°. 34:</b> <i>Análisis de resultados del Índice de Grupo de las Calicatas. Clasificación AASHTO</i> ..... | 111 |
| <b>Figura n°. 35:</b> <i>Contenido de Humedad para Posteos Estrato 1.</i> .....                                      | 114 |
| <b>Figura n°. 36:</b> <i>Contenido de Humedad para Posteos Estrato 2.</i> .....                                      | 114 |
| <b>Figura n°. 37:</b> <i>Contenido de Humedad para Calicatas Estrato 1.</i> .....                                    | 115 |
| <b>Figura n°. 38:</b> <i>Contenido de Humedad para Calicatas Estrato 2.</i> .....                                    | 115 |
| <b>Figura n°. 39:</b> <i>Densidad a una Temperatura de 20°.</i> .....  | 116 |
| <b>Figura n°. 40:</b> <i>Curva de Proctor Modificado de la calicata 8.</i> .....                                     | 117 |
| <b>Figura n°. 41:</b> <i>Comparación de la Máxima Densidad Seca entre los aditivos PROES y CONAID.</i> .....         | 118 |



|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura n°. 42:</b> Comparación del Contenido de Humedad Óptima de los aditivos PROES y CONAID sólo Líquidos.....                       | 119 |
| <b>Figura n°. 43:</b> Comparación de la Máxima Densidad Seca entre los aditivos PROES y CONAID + Cemento Portland Tipo MS .....           | 119 |
| <b>Figura n°. 44:</b> Comparación del Contenido de Humedad Óptima de los aditivos PROES y CONAID Líquido + Cemento Portland Tipo MS. .... | 120 |
| <b>Figura n°. 45:</b> CBR del suelo natural .....   | 121 |
| <b>Figura n°. 46:</b> Análisis de resultados de CBR con el Aditivo Líquido .....  | 122 |
| <b>Figura n°. 47:</b> Análisis de resultados de CBR con el Aditivo Líquido + Cemento .....  | 123 |
| <b>Figura n°. 48:</b> Comparación del CBR de acuerdo a las dosificaciones .....   | 123 |
| <b>Figura n°. 49:</b> Resistencia a Compresión del suelo natural .....  | 125 |
| <b>Figura n°. 50:</b> Análisis de resultados de la Resistencia a la Compresión no Confinada con el Aditivo Líquido .....                  | 126 |
| <b>Figura n°. 51:</b> Análisis de resultados de la Resistencia a la Compresión no confinada con el Aditivo Líquido + Cemento .....        | 127 |
| <b>Figura n°. 52:</b> Comparación de la Resistencia a la Compresión no confinada.....   | 128 |

## ÍNDICE DE ECUACIONES

|  |    |
|--|----|
| <b>Ecuación n° 1:</b> Contenido de Humedad .....                                 | 62 |
| <b>Ecuación n° 2:</b> Calculo el % Retenido de la malla.....                     | 65 |
| <b>Ecuación n° 3:</b> Ecuación de los valores de “k” .....                       | 66 |
| <b>Ecuación n° 4:</b> Cálculo del Límite Líquido: .....                          | 67 |
| <b>Ecuación n° 5:</b> Cálculo del Límite Plástico: .....                         | 70 |
| <b>Ecuación n° 6:</b> Cálculo del Índice de Plasticidad: .....                   | 70 |
| <i>Ecuación n° 7:</i> Cálculo del Límite Líquido.....                            | 74 |
| <i>Ecuación n° 8:</i> Cálculo del Índice de Grupo.....                           | 75 |
| <i>Ecuación n° 9:</i> <i>Calculo de la Gravedad Específica de Sólidos:</i> ..... | 78 |
| <b>Ecuación n° 10:</b> Ecuación de la Energía de Compactación .....              | 79 |
| <i>Ecuación n° 11:</i> Cálculo del Esfuerzo.....                                 | 82 |

## RESUMEN

En el Perú, uno de los problemas principales para promover el desarrollo de muchas localidades alejadas y pobres es no contar con vías asfaltadas ya que en la mayoría de suelos no cuentan con las propiedades mecánicas adecuadas de la subrasante. En la presente tesis se ha investigado el efecto sobre las propiedades físico- mecánicas del suelo con dos estabilizadores químicos más utilizados por diferentes empresas en el rubro de la construcción de carreteras. Los aditivos que se van a estudiar son PROES y CONAID, producidas por las empresas PROES PERU SAC y TDM Grupo, respectivamente. Estos productos son estabilizantes a base de aceites sulfanados, lo cual es su principal propiedad para incrementar la resistencia de los suelos arcillosos. El objetivo de esta investigación es determinar el efecto de la aplicación de estos aditivos a través de sus dosificaciones dadas en su ficha técnica para mejorar la capacidad portante (CBR) de la subrasante en la vía de acceso al Centro Poblado Barraza, Laredo. Asimismo, compararlas para determinar cuál de los dos presenta un mayor incremento en las propiedades mecánicas del suelo. Para las muestras obtenidas se realizaron posteos y calicatas a lo largo de 6 km de la vía no asfaltada, se realizaron los ensayos físicos y mecánicos para el suelo natural, en el suelo con los aditivos líquidos (PROES y CONAID) y en el suelo con los aditivos sólidos (PROES + CEMENTO y CONAID + CEMENTO). Todos los ensayos fueron llevados a cabo en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Privada del Norte siguiendo las Normas Técnicas Peruanas.

Nuestros resultados demuestran que el suelo es limo- arcilloso, según la clasificación SUCS y AASHTO. Por otro lado, el porcentaje de CBR máximo para el suelo natural fue de 3%, lo cual, según el MTC, es una subrasante inadecuada. En el caso del suelo modificado con los aditivos líquidos PROES y CONAID, el porcentaje de CBR máximo es de 13% y 10%, lo cual corresponde a una subrasante buena. Finalmente, para los aditivos sólidos PROES y CONAID, el porcentaje de CBR máximo es de 70% y 58%, lo cual corresponde a una subrasante excelente.

Finalmente, se concluye que ambos aditivos sólidos PROES y CONAID mejoran las propiedades mecánicas, lo cual teniendo en cuenta que se usara el aditivo CONAID por aplicarse menos dosificación y resulta más barato para estabilizar los suelos de vía de acceso al Centro Poblado, Barraza.

## ABSTRACT

In Peru, one of the main problems to promote the development of many remote and poor localities is not to have paved roads since in most of the soils they do not have the adequate mechanical properties of the subgrade. In the present thesis the effect on the physical-mechanical properties of the soil with two chemical stabilizers more used by different companies in the field of road construction has been investigated. The additives to be studied are PROES and CONAID, produced by the companies PROES PERU SAC and TDM Grupo, respectively. These products are stabilizers based on sulphonated oils, which is their main property to increase the strength of clay soils. The objective of this research is to determine the effect of the application of these additives through their dosages given in their technical specifications to improve the bearing capacity (CBR) of the subgrade in the access road to the Barraza Town Center, Laredo. Also, compare them to determine which of the two has a greater increase in the mechanical properties of the soil. For the samples obtained, posts and pits were made along 6 km of the non-paved road, physical and mechanical tests were carried out for the natural soil, in the soil with the liquid additives (PROES and CONAID) and in the soil with the solid additives (PROES + CEMENT and CONAID + CEMENT). All the tests were carried out in the Soil Mechanics Laboratory of the Universidad Privada del Norte, following the Peruvian Technical Standards.

Our results show that the soil is limo-clayey, according to the SUCS and AASHTO classification. On the other hand, the percentage of maximum CBR for natural soil was 3%, which, according to the MTC, is an inadequate subgrade. In the case of soil modified with the liquid additives PROES and CONAID, the percentage of maximum CBR is 13% and 10%, which corresponds to a good subgrade. Finally, for the PROES and CONAID solid additives, the maximum CBR percentage is 70% and 58%, which corresponds to an excellent subgrade.

Finally, it is concluded that both PROES and CONAID solid additives improve the mechanical properties, which taking into account that the CONAID additive will be used for applying less dosage and is cheaper to stabilize the access road floors to the Poblado Center, Barraza.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El crecimiento mundial, social y económico de un país se debe principalmente a sus vías de comunicación, ya que a través de ellas se dan relaciones culturales, sociales, comerciales, etc. Las carreteras como vías de comunicación nos ayudan a conectarnos entre ciudades y para esto se necesita una estructura de pavimento que soporte el deterioro y prolongue la durabilidad y amplíe su vida útil. Este pavimento deberá estar construido por un material resistente, y una subrasante que tenga excelentes propiedades físicas y mecánicas ya que es la capa donde se apoya la estructura. Tradicionalmente la subrasante de baja calidad está conformada por suelos limo-arcillosos que presenta una baja resistencia, lo cual es un problema común en las construcciones de pavimentos, ya que estos son sustituidos por un material de préstamo que tenga una mayor resistencia. Causando así mayores gastos como en la utilización de maquinarias, obtención del material (material granular) y eliminación del desmonte (Ccoillo, 2017).

Suárez Díaz (s.f) nos dice que ante la problemática que existe acerca de los materiales para la construcción de un buen pavimento, se requiere la estabilización del suelo, que es la alteración de uno o más propiedades del suelo, ya sea por medio mecánico o químico, lo cual permite tener un suelo mejorado con propiedades adecuadas para la pavimentación. “Los suelos pueden tener diferente tipo de estabilización para aumentar su fuerza y durabilidad, también para evitar el polvo en trochas o erosión. En pocas palabras la estabilización de suelos es el resultado de la creación de un material del suelo que permanecerá en su lugar bajo las condiciones de su diseño” (Suárez Díaz, s.f, p. 1).

Jones y Surdahl (2014) mencionan que hay un gran interés por el uso de tratamientos químicos para el reemplazo de la grava en carreteras, pero, la elección de estos productos es compleja debido a que depende de muchos factores como el tráfico, clima, geometría y materiales y a la existencia de muchos tratamientos disponibles en el mercado.

Ullate (2017) menciona que el empleo de estos aditivos estabilizadores se presenta como una opción para el uso de los materiales o suelos existentes y así mejorar la

transitabilidad en las vías no pavimentadas en condiciones húmedas y reducir la generación de polvo en condiciones secas. En Perú, en el año 1995, se comienza a utilizar estabilizadores químicos con necesidad de mejorar las características físico-mecánicas de los suelos para subrasantes de carreteras, inicialmente en tramos experimentales evaluados en laboratorio. (Jiménez, 2014).

Fernández (2017) en la actualidad en el Perú, el Gobierno está llevando un programa orientado hacia el desarrollo vial, a través de la construcción y rehabilitación de carreteras. Programa “Proyecto Perú” en el cual se incluye el uso de estabilizadores como insumo indispensable para otorgarle mayor vida útil y, consecuentemente, lograr un considerable ahorro.

Al respecto. TDM Grupo (como se citó en Castillo, 2018) menciona que, con frecuencia, se utiliza la cal como aditivos para la estabilización de suelos y el cemento Portland. Sin embargo, en carreteras de Junín, Puno y Pasco, se han utilizado nuevas tecnologías, como el uso de estabilizantes iónicos, donde los suelos son principalmente limo - arcillosos. Con ello, se ha logrado la reducción del índice de plasticidad de los mismos, el aumento de la máxima densidad seca y el aumento del CBR (TDM, 2011, p. 14).

Botasso, Fensel y Ricci (2003) establecen que los estabilizantes iónicos son productos con uso definido en suelos arcillosos. Asimismo, estas fueron empleadas inicialmente en la industria petrolera canadiense y sudafricana. Estos se clasifican en dos grupos, los estabilizantes derivados del petróleo, emulsionados o sulfonados y por otro los estabilizadores con base polimérica (Botasso, Fensel, & Ricci, 2003).

Actualmente, existen empresas que brindan productos químicos estabilizadores, los cuales ofrecen su producto como una opción indispensable, donde muestran que su elaboración tiene un mejor comportamiento en servicio. Además, dan diferentes promociones en sus costos si es que el interesado opta por el producto. Dos de ellos, son los aditivos PROES y CONAID, siendo estos productos innovadores y que vienen creciendo en el mercado nacional, como una confiable opción para la problemática que se tiene.

Diferentes grandes empresas en el rubro de la construcción de carreteras trabajan con estos productos estabilizadores. Dentro de estas empresas se encuentra Odebrecht, Graña y Montero, OBRAINSA y Arauco (Castillo, 2018).

En el Perú, “OBRAINSA” usó el aditivo PROES para su proyecto de pavimentación aproximadamente 200 Km, de los cuales 160 km fueron ejecutados en el marco del contrato “Servicio de Gestión y Conservación por Niveles de Servicio de la Carretera EMP. PE – 22B (Puente Raither) – Puente Paucartambo – Villa Rica – Puerto Bermúdez – Von Humboldt y Puente Paucartambo – Oxapampa”, que cuenta con una longitud aproximada de 365 km a cargo de Obras de Ingeniería S.A. Asimismo, se realizó el “Servicio de Gestión y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial EMP. PE 04-B (Hualamapa) - Sondor - Huancabamba – Pacaipampa – Socchabamba – Puesto Vado Grande / Sondor – Tabaconas – EMP. PE 5N (Ambato) / Huancabamba – Canchaque y Socchabamba – Ayabaca, con un total de 610 Km, en el cual se aplicó el aditivo PROES, obteniendo resultados satisfactorios (Castillo, 2018, p. 15).

El aditivo CONAID se ha utilizado en un programa de infraestructuras vial diseñado para mejorar las vías de integración en la carretera Cajamarca-Celendín-Balsas-Dv Chahapoyas- Chachapoyas-Pedro Ruiz en 60 kilómetros. Por otro lado, se tiene obras importantes con el uso del aditivo, dentro de ellas, el Corredor Vial Interoceanico Sur- Tramo 4 (Puno), Corredor Vial Interoceanico Sur- Tramo 5 (Madre de Dios), Terminal Zonal Sur-Lago Titicaca (Puno), Carretera Calunga- Santa Elena- María Laura. Virú- Trujillo (TDM Grupo, Pavimentación- Estabilización en vías del Proyecto Perú, 2010), lo cual ha logrado mejorar su suelo satisfactoriamente.

Laredo, es uno de los distritos más importantes de la Provincia Trujillo, representada por los Centros Poblados como La Merced, Barraza, Santo Domingo, Galindo, San Carlos. Cerro Blanco, Quirihuac, Bello Horizonte, Santa Rosa, Las Cocas, Conache, cuya comunicación hacia los Centros poblados se da a través de la segunda vía de acceso que lo constituye la carretera industrial (Carretera Transversal de la Sierra) que comunica al distrito de Laredo con la ciudad de Trujillo e interior del departamento, integra en su trayecto a las vías hacia los centros poblados (Municipalidad Distrital de Laredo, 2011). En la presente Tesis, nos enfocaremos en la vía de acceso en estado de trocha del Centro Poblado Barraza, que viene desde el costado del Museo de Arte Moderno hasta la carretera de penetración a la sierra de La Libertad, donde a lo largo del recorrido encontramos cultivos, zonas agrícolas,

cuyos suelos por ende son limo-arcillosos, es decir, un suelo malo con fines de pavimentación.

En la presente investigación se espera mejorar las características físicas y mecánicas de un suelo limo-arcilloso de baja capacidad de soporte a nivel de subrasante, con la incorporación de los aditivos químicos PROES y CONAID de acuerdo a las dosificaciones propuestas en sus fichas técnicas. Además, en base a los resultados se realizará una comparación entre ambos aditivos, para determinar cuál de estos obtiene mejores resultados.

### 1.1.1. Antecedentes

- Castillo (2018) En su tesis titulada **“Influencia de la Aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Calamarca-Huaso, La Libertad,2018”** tuvo como objetivo determinar la influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada. Para ello, realizó los ensayos de caracterización de propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo. Concluye que, con el aditivo PROES, se mejora las propiedades mecánicas del suelo con la dosificación de 0.27 L/m<sup>3</sup> con cemento Portland, debido que con este aumentó significativamente la capacidad de soporte al 100% respecto al suelo en estado natural. Finalmente, demostró que el aditivo químico Proes con el cemento Portland, aumenta la capacidad de soporte del suelo cohesivo, garantizando un buen resultado en la estabilización de suelo para un adecuado funcionamiento de un pavimento. Esta tesis aporta en mi investigación, ya que nos da referencia de una dosificación óptima para mejores resultados en sus propiedades mecánicas del suelo en Calamarca- Huaso.
- Angulo y Rojas (2016) En su tesis titulada como **“Ensayo de Fiabilidad con Aditivo Proes para la Estabilización del suelo en el AA. HH El Milagro, 2016”** tuvo como objetivo determinar la influencia del aditivo PROES, a través de los ensayos de fiabilidad para la estabilización del suelo. Para ello, evaluó la



carretera tanto funcional como estructural, mediante la capacidad de soporte (CBR). Concluye que, realizando los ensayos de caracterización del suelo antes y después de la adición del aditivo químico se alcanzó un CBR de 300% con respecto al material natural. En efecto, queda demostrado que el aditivo PROES mejora significativamente la capacidad de soporte del suelo e uniformiza las características físicas y mecánicas.

- Atarama (2015) En su tesis titulada como **“Evaluación de la Transitabilidad para Caminos de Bajo Tránsito Estabilizados con Aditivo Proes”** tuvo como objetivo demostrar que el uso del aditivo PROES incrementa las propiedades mecánicas del suelo. Concluye que, evaluó un tramo de carretera y determinó los espesores de afirmado para diferentes sectores, luego, realizó los ensayos de Proctor Modificado y CBR en algunos puntos de la carretera. Finalmente, determinó que el valor de soporte relativo incrementa en un 300% respecto al material sin aditivo, superando las demás muestras ensayadas al 100% de CBR y la resistencia. De esta manera, queda demostrado que el aditivo PROES garantiza un adecuado nivel de serviciabilidad, es decir, mejora las propiedades físicas y mecánicas de una base de carretera.
- Núñez (2015) En su tesis titulada como **“Análisis de la Estabilización del Material de Cantera Km 02+700 de la Ruta CU-123 San Jerónimo Mayubamba, con la Adición de Estabilizante Iónico”** tuvo como objetivo determinar la variación de plasticidad, grado de compactación, capacidad de soporte (CBR) y costo del material de la cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo- Mayumbamba adicionando estabilizante iónico (CON-AID). concluye que, demostró que al adicionar el aditivo iónico modifica la plasticidad y mejora el grado de compactación. Además, en los porcentajes del 15%,30%,45%,60%, se incrementó la capacidad de soporte CBR al 131.97% con respecto al suelo natural del material de cantera. De esta manera, queda demostrado que el aditivo CON-AID mejora las propiedades físico-mecánicas del suelo, obteniendo el correcto desempeño para obtener una estabilización adecuada al construir vías afirmadas de larga vida útil.

- Valle (2010) En su proyecto fin de Máster titulada como **“Estabilización de Suelos Arcillosos Plásticos con Mineralizadores en ambientes Sulfatados o Yesíferos”** tuvo como objetivo analizar cuatro métodos experimentales, la estabilización con cenizas volantes bajas en calcio, clase F; estabilización con cemento sulfato resistente, tipo V; estabilización con escorias granuladas de alto horno; estabilización con cal mezclada con fibras fibriladas de polipropileno, además, analizar el producto no tan comercializado en España RBI-81 con característica mineralizadoras. Concluye que, con todos los métodos de estabilización se logra disminuir la plasticidad, hinchamiento vertical y retracción lineal, además todos los métodos incrementan la resistencia al suelo. En efecto, la estabilización más efectiva se tiene con el cemento tipo V, que incrementa la resistencia al corte, además lo que dan mejoras a este mecanismo son el intercambio de iones, floculación y las reacciones cementicias y puzolánicas. Por otro lado, se tiene como segunda mejor opción, la estabilización mixta cal más fibras fibriladas de polipropileno, que reduce la plasticidad, aumenta la resistencia, etc. Los mecanismos que dan lugar a las mejoras son la floculación, reacciones puzolanas y una mejora en la cohesión debido a la incorporación de fibras.
- Ruano (2012) En su trabajo de graduación titulada como **“Estabilización de Suelos Cohesivos por medio de Arenas Volcánicas y Cal Viva”** tuvo como objetivo analizar la estabilización de suelos cohesivos con arenas volcánicas y cal viva. Concluye que, añadió diferentes porcentajes, lo cual según la mezcla aplicada con un 52,6% de arenas volcánicas se logra obtener un CBR de 91.5%. Esto demuestra que la utilización de aditivos como arenas volcánicas y cal viva logran aumentar la capacidad de soporte del suelo.

## **1.1.2. Bases teóricas**

### **1.1.2.1. Suelos**

Los suelos representan un material terroso conformado desde un relleno de desperdicio hasta areniscas cementadas o lutitas suaves. Además, el agua juega un papel importante en el comportamiento de este. (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 1973).

A continuación, se describen los suelos más comunes identificados por los Ingenieros Civiles son los siguientes: (Crespo Villalaz, 2004).

#### **Gravas**

Las gravas con acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y que tienen más de dos milímetros de diámetro. Las gravas ocupan grandes extensiones, pero casi siempre se encuentran con mayor o menor proporción de cantos rodados, arenas, limos y arcillas. Sus partículas varían desde 7.62 cm (3") hasta 2.00 mm.

#### **Arenas**

Son de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro. Las arenas y las gravas suelen encontrarse juntas, así como la arena de río contiene muchas veces diferentes proporciones de grava grande y arcilla. Las arenas estando limpias no se contraen al secarse y no son plásticas.

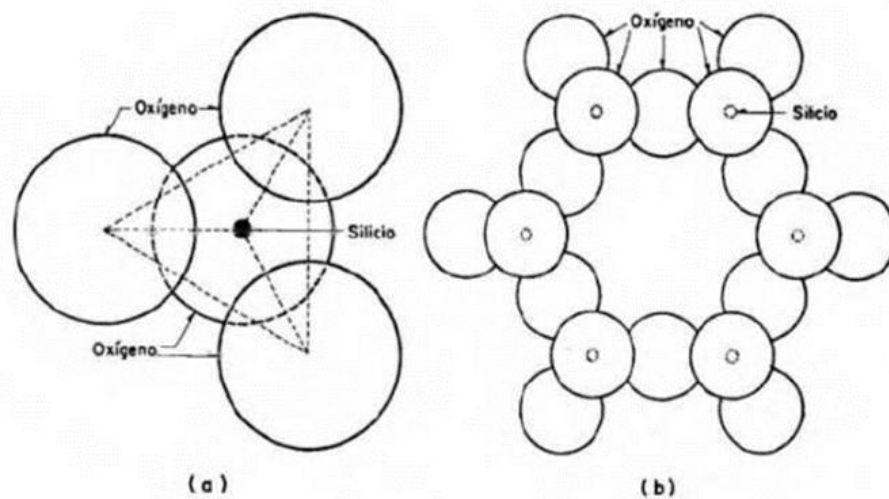
#### **Limos**

Los limos son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, el diámetro de las partículas de los limos está comprendido entre 0.05 mm y 0.005 mm. Pueden ser limo inorgánico como el producido en canteras, o limo orgánico como el que suele encontrarse en los ríos.

#### **Arcillas**

Tiene sus partículas sólidas con un diámetro menor de 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. Estos suelos contribuyen gran parte de sedimentos ya que son en su mayoría son productos que

químicamente tiene un silicato de alúmina hidratado, aunque en ocasiones contiene también silicatos de hierro o de magnesio hidratados. Las arcillas presentan una estructura basada en el apilamiento de planos de iones oxígeno e hidroxilos. Los grupos tetraédricos  $(\text{SiO})_4^{-4}$  se unen compartiendo tres de sus cuatro oxígenos con otros vecinos formando capas, de extensión infinita y fórmula  $(\text{Si}_2\text{O}_5)^{-2}$ , que constituyen la unidad fundamental de los filosilicatos. Algunas entidades consideran como arcillas a las partículas menores a 0.002 mm (Castillo, 2018). A continuación, se muestra la composición química de la arcilla en la **Figura n°.1**



**Figura n°. 1:** Composición Química de la arcilla

**Fuente:** Juárez, Badillo y Rico Rodríguez

### 1.1.3. Estabilización de suelos.

La estabilización de suelos es un proceso de alteración de las propiedades del suelo para la Ingeniería teniendo un costo más bajo y con un mejor control de calidad. La técnica de mejora de los suelos se puede dar en dos categorías principales: la estabilización química y la mecánica. La estabilización química implica el uso de aditivos químicos para la mejora de los suelos., se usa para reducir la plasticidad y el potencial de expansión- contracción. Si las arcillas son dispersivas, se utiliza para flocular las partículas, siendo estas muy difíciles de compactar por ello, se puede añadir un producto químico para dispersar ligeramente sus partículas y ayudar a un mejor proceso. La estabilización mecánica implica metodologías que mejoran las propiedades de los suelos seleccionados sin la adición de productos u otras energías

de unión de partículas como lo son: vibro flotación, precarga, compactación dinámica, drenes de arena, entre otros. La falta de resistencia ocurre sobre todo en suelos orgánicos, ya que la presencia de material orgánico no permite la buena estabilización de estos suelos (Braja M., 2015).

La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos (Ministerio de Transportes, 2013).

A continuación, se describen algunos criterios para establecer la estabilización de suelos según el MTC.

- Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con  $CBR \geq 6\%$ . En caso de ser menor (subrasante pobre o subrasante inadecuada), o se presenten zonas húmedas locales o áreas blandas, será materia de un Estudio Especial para la estabilización, mejoramiento o reemplazo.
- Cuando la capa de subrasante sea arcillosa o limosa y, al humedecerse, partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, deberá proyectarse una capa de material anticontaminante de 10 cm. de espesor como mínimo o un geotextil.
- Para establecer un tipo de estabilización de suelos es necesario determinar el tipo de suelo existente. Los suelos que predominantemente se encuentran en este ámbito son: los limos, las arcillas, o las arenas limosas o arcillosas.

A continuación, se presentan dos guías referenciales para la selección del tipo de estabilizador, que satisface las restricciones y observaciones de cada tipo de suelo. En la **Tabla n° 1** nos recomiendan seleccionar un tipo de estabilizador a partir del tipo de suelo. Una vez seleccionado el tipo de estabilizador en la **Figura n° 2** nos resumen algunas sugerencias para poder aplicar el tipo de estabilizador seleccionado.

**Tabla n° 1:** Guía Referencial para la Selección del Tipo de Estabilizador

| ÁREA | CLASE DEL SUELO                                    | TIPO DE ESTABILIZADOR RECOMENDADO | RESTRICCIÓN EN LL Y IP DEL SUELO | RESTRICCIÓN EN EL PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA 200 | OBSERVACIONES   |
|------|--|-----------------------------------|----------------------------------|--|---|
| 2A   | GW ó GP  | 1                                 | Asfalto                          |  | Solamente material bien graduado<br>El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N°4.                                   |
|      |  | 2                                 | Cemento Portland                 |  |   |
|      |  | 3                                 | Cal-Cemento- Cenizas volantes    | IP no excede de 25                                 |   |
| 2B   | GW - GM ó<br>GP - GM ó<br>GW - GC ó<br>GP -GC      | 1                                 | Asfalto                          | IP no excede de 10                                 | Solamente material bien graduado<br>El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N°4.                                   |
|      |  | 2                                 | Cemento Portland                 | IP no excede de 30                                 |   |
|      |  | 3                                 | Cal                              | IP no menor de 12                                  |   |
|      |  | 4                                 | Cal-Cemento- Cenizas volantes    | IP no excede de 25                                 |   |
|      |  |                                   |                                  |  |   |
| 2C   | GM ó<br>GC ó<br>GM - GC                            | 1                                 | Asfalto                          | IP no excede de 10                                 | No debe exceder el 30% en peso<br>Solamente material bien graduado<br>El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N°4. |
|      |  | 2                                 | Cemento Portland                 | (b)  |   |
|      |  | 3                                 | Cal                              | IP no menor de 12                                  |   |
|      |  | 4                                 | Cal-Cemento- Cenizas             | IP no excede de 25                                 |   |
|      |  |                                   |                                  |  |   |
| 3    | CH ó<br>CL ó<br>MH ó<br>ML ó OH ó<br>OL ó<br>ML-CL | 1                                 | Cemento Portland                 | LL no menor de 40<br>IP no menor de 20             |   |
|      |  | 2                                 | Cal                              | IP no menor de 12                                  |   |
|      |  |                                   |                                  |  |   |

**Fuente:** (Ministerio de Transportes, 2013)

| TIPO DE ESTABILIZADOR RECOMENDADO | NORMAS TÉCNICAS   | SUELO <sup>(1)</sup>  | DOSIFICACIÓN <sup>(3)</sup>   | CURADO (APERTURA AL TRÁNSITO) <sup>5</sup>   | OBSERVACIONES  |
|-----------------------------------|---|---|-------------------------------|--|--|
| Cemento                           | EG-CBT-2008<br>Sección 3068<br>ASTM C150<br>AASHTO M85  | A-1,A-2,A-3,A-4,A-5,A-6 y A-7<br>LL<40%<br>IP ≤ 18%<br>CMO <sup>2</sup> <1.0%<br>Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) <20%<br>Abrasión <50%<br>Durabilidad (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) Ca <sup>(4)</sup><br>. AF≤15%<br>. AG≤12%<br>Durabilidad (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) Mg<br>. AF≤15%<br>. AG≤18%                     | 2-12%                         | 7 días                                       | Diseño de mezcla de acuerdo a recomendaciones de la PCA (Portland Cement Association)                    |
| Emulsión                          | ASTM D2397<br>ó<br>AASHTO M208                          | A-1, A-2 y A-3<br>Pasante malla N°200 ≤10%<br>IP≤ 8%<br>Equiv.Arena≥40%<br>CMO <sup>2</sup> < 1.0%<br>Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )< 0.6%<br>Abrasión <50%<br>Durabilidad (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) Ca <sup>(4)</sup><br>. AF≤10%<br>.AG≤12%<br>Durabilidad (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )Mg<br>. AF≤15%<br>. AG≤18% | 4-8%                          | Mínimo 24 horas                              | Cantidad de aplicación a ser definida de acuerdo a resultados del ensayo Marshall modificado a Illinois. |
| Cal                               | EG-CBT-2008<br>Sección 3078<br>AASHTO M216<br>ASTM C977 | A-2-6,A-2-7,A-6 y A-7<br>10% ≤ IP ≤50%<br>CMO <sup>2</sup> <3.0%<br>Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) < 0.2%<br>Abrasión <50%   | 2-8%                          | Mínimo 72 horas                              | Para IP > 50%, se puede aplicar cal en dos etapas<br>Diseño de mezcla de acuerdo a la Norma ASTM D 6276  |
| Cloruro de Calcio                 | ASTM D98<br>ASTM D345<br>ASTM E449<br>MTC E 1109        | A-1,A-2,A-3<br>IP ≤ 15%<br>CMO <sup>2</sup> <3.0%<br>Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )<0.2%<br>Abrasión < 50%   | 1 a 3% en peso del suelo seco | 24 horas                                     |  |
| Cloruro de Sodio                  | EG-CBT-2008<br>Sección 309B<br>ASTM E534<br>MTC E 1109  | A-2-4,A-2-5, A-2-6,A-2-7<br>8% ≤ IP ≤ 15%<br>CMO <sup>2</sup> < 3.0%<br>Abrasión <50%   | 50-80 kg/ m <sup>3</sup>      | 07 días                                      | La cantidad de sal depende de los resultados (dosificación) y tramo de prueba.                           |
| Cloruro de Magnesio               | MTC E 1109  | A-1, A-2 y A-3<br>IP ≤ 15%<br>CMO <sup>2</sup> < 3.0%<br>Ph: mínimo 5<br>Abrasión <50%  | 50-80 kg/ m <sup>3</sup>      | 48 horas                                     | La cantidad de sal depende de los resultados de laboratorio (dosificación) y tramo de prueba.            |
| Enzimas                           | EG-CBT-2008<br>Sección 308B<br>MTC E 1109               | A-2-4, A-2-5, A-2-6,A-2-7<br>6% ≤ IP ≤ 15%<br>4.5 < pH < 8.5<br>CMO <sup>2</sup> No debe contener<br>Abrasión <50%<br>% <N°200:10-35%   | 1L/30-33 m <sup>3</sup>       | De acuerdo a Especificaciones del fabricante |  |
| Aceites sulfonados                |   | Aplicable en suelos con partículas finas limosas o arcillosas, con LL bajo, arcillas y limos muy plásticos<br>CMO <sup>2</sup> < 1.0%<br>Abrasión <50%  |                               | De acuerdo a Especificaciones del fabricante |  |

**Figura n°. 2:** Guía Complementaria Referencial para la Selección del Tipo de Estabilizador.

**Fuente:** (Ministerio de Transportes, 2013)

(1) Espesor de tratamiento por capas de 6 a 8”

Tamaño máximo: 2”, debe carecer de restos vegetales

Los suelos naturales, materiales de bancos de préstamo o mezcla de ambos que sean objeto de estabilización, deben estar definidos en el Expediente Técnico del Proyecto.

(2) CMO: Contenido de materia orgánica

(3) Los diseños o dosificaciones deben indicar: fórmula de trabajo, tipo de suelo, cantidad de estabilizador, volumen de agua, valor de CBR o resistencia a compresión simple o resultados de ensayos Marshall modificado o Illinois, según corresponda al tipo de estabilizador aplicado.

(4) Para altitudes mayores a 3000 msnm.

#### 1.1.3.1. Tipos de estabilización de suelos

*Tabla n° 2: Tipos de estabilización de suelos*

| Tipos de estabilización                         | Características y Procedimientos   |
|---|--|
| <b>Estabilización Mecánica</b>                  | Este tipo de estabilización utiliza la compactación para lograr reducir el volumen de vacíos presentes en el suelo sin cambiar su estructura y composición.  |
| <b>Estabilización por Combinación de Suelos</b> | Consiste en la combinación o mezcla del suelo existente con materiales de préstamo. Por lo cual se escarificará a una profundidad de 15 cm y luego se colocará el material de préstamo. Ambos materiales se humedecerán hasta alcanzar la humedad apropiada de compactación. Por consiguiente, se mezclan ambos materiales, se conformará y compactará hasta que cumplan la densidad y espesores de nivel subrasante en el proyecto. |
| <b>Estabilización por Sustitución de suelos</b> | <b>Primer caso;</b> el suelo existente se deberá escarificar, conformar y compactar a la densidad hasta una profundidad de 15 cm, estos se humedecerán hasta la humedad apropiada de compactación.   |



**Segundo caso;** consiste en la remoción total existente de acuerdo al espesor de reemplazo, una vez de excavar al espesor establecido, se conforma y se compacta .

---

**Suelos estabilizados con cal:** El suelo-cal se obtiene por mezcla íntima de suelo, cal y agua. Uno de los efectos más importantes es que disminuye la plasticidad. También aumenta la humedad óptima de compactación, lo que permite la densificación de suelos de elevada humedad natural, que de otro modo no permitirían la construcción de la capa de rodadura sobre ellos. Los suelos más apropiados para estabilizar con cal son los de granulometría fina de cierta plasticidad.

---

### Estabilización Química

**Suelos estabilizados con cemento:** se obtiene por la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y otras eventuales adiciones, seguida de una compactación y un curado adecuados. De esta forma, el material suelto se convierte en otro endurecido, mucho más resistente. La resistencia del suelo-cemento aumenta con el contenido de cemento y la edad de la mezcla.

---

**Suelos estabilizados con escoria:** Esta estabilización se realiza con el fin de evitar la explotación de canteras nuevas; al no requerir que los agregados sean procesados, se genera una reducción en cuanto al consumo de energía y combustibles, reduciendo la emisión de dióxido de carbono al medio ambiente y manteniendo en condiciones buenas el ambiente.

---

**Estabilización con Cloruro de Sodio:** El principal uso de la sal es como control del polvo en bases y superficies de rodadura para tránsito ligero. También se utiliza en zonas muy secas para evitar la rápida evaporación del agua de compactación.

---

**Estabilización con Cloruro de Calcio:** Este producto trabaja de forma similar a la sal común, pero es preferible debido al efecto oxidante que tiene el cloruro de sodio. En todo caso, el cloruro de calcio ayuda al proceso de compactación y contribuye con la resistencia del suelo, previene el desmoronamiento de la superficie y es un paliativo del polvo.

---

**Estabilización con Cloruro de Magnesio:** El cloruro de magnesio (MgCl) es un cloruro en forma de cristales de color blanco, más efectivo que el cloruro de calcio para incrementar la tensión superficial produciendo una superficie de rodado más dura. Químicamente, el cloruro de magnesio está constituido aproximadamente por un 10.5% de magnesio, un 33.5% de cloro, un 52% de agua y un 4% de impurezas, grasoso al tacto por su gran contenido de humedad.

---

**Estabilización con Productos Asfálticos:** Tiene como principal fin aumentar la estabilidad debido a sus propiedades aglomerantes (propias del ligante), que genera la unión entre las partículas del suelo, consiguiendo un suelo impermeable, lo que lo hace más estable ante las condiciones climáticas más hostiles.

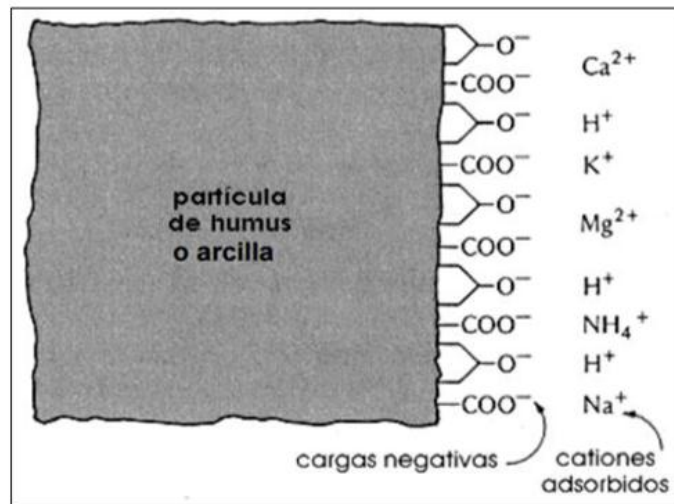
---

*Fuente:* (Ministerio de Transportes, 2013), *Elaboración:* Propia

### Estabilización química por ionización

La ionización es el proceso químico o físico mediante el cual se producen iones. Estos son átomos o moléculas cargadas eléctricamente debido al exceso o falta de electrones respecto a un átomo o molécula neutra. A la especie química con más electrones que el átomo o molécula neutros se le llama anión, y posee una carga neta negativa, y a la que tiene menos electrones catión, teniendo una carga neta positiva. Hay varias maneras por las que se pueden formar iones de átomos o moléculas (Castillo,2018)

En ciertas reacciones químicas la ionización ocurre por transferencia de cationes como se puede apreciar en la *Figura n° 3*.



*Figura n°. 3: Reacción Química por Ionización*

*Fuente: (Castillo, 2018)*

Existe una gran importancia de capacidad de intercambio ya que se puede mejorar en los siguientes aspectos:

- Interviene en los procesos de floculación - dispersión de arcilla y por consiguiente en el desarrollo de la estructura y estabilidad de los agregados.
- Determina el papel del suelo como depurador natural al permitir la retención de elementos contaminantes incorporados al suelo.

#### 1.1.4. Estabilizador Iónico: PROES

La Tecnología PROES, consiste en la estabilización química de suelos que contienen características de suelos inestables (arcillas) de baja capacidad de soporte que formaran parte de la estructura de un pavimento. Este producto crea una reacción iónica que aumenta la resistencia, estabilidad frente al agua y mejor comportamiento a las cargas del tránsito. Además, la incorporación de minerales afines al suelo, a través de dos aditivos, un aditivo líquido y otro sólido (cal, cemento, cenizas) a través de pocas horas. Para la presente investigación se utilizara como aglomerante el cemento (Proestech, 2011).

Con respecto a la construcción de bases tratadas químicamente usando el Aditivo Líquido Proes, como es para subrasante o mejoramiento de suelos.

La dosificación se realiza agregando al suelo la dosis del aditivo sólido y aditivo líquido diluido en agua de amasado, logrando una mezcla homogénea y compactando al 95% de su M.D.S (Proestech, 2011)

##### 1.1.4.1. Especificaciones técnicas

La estabilización se considera que será supervisada en terreno por personal técnico calificado para entregar soporte en el proceso de construcción.

La empresa encargada de distribuir este producto en el Perú ofrece las especificaciones técnicas, dependiendo de los distintos suelos que se pueden encontrar en el país. (**Anexo n.º01**)

Todos los porcentajes de suelos a mezclar, así como las cantidades de los aditivos líquido y sólido, deberán ser ratificados en el estudio de dosificación por algún laboratorio de mecánica de suelos, al momento de determinar el sector donde se aplicará el aditivo PROES.

Las principales condiciones químicas del aditivo líquido son las siguientes:

- División de riesgo: Clase 8
- Líquido corrosivo
- Estado físico: líquido de color oscuro y apariencia oleosa
- Peso específico: 1.15

- pH: 1 a 1.5 en estanque, 4 a 6 en aplicación según dilución
- Estabilidad: producto estable a temperatura ambiente, mantener bajo 100°C
- Fecha de caducidad: no tiene

### **Materiales**

El suelo a estabilizar químicamente debe contener partículas arcillosas ( $IP > 0$ ) y que en tiene su mejor desempeño en suelos con las siguientes características:

- Tamaño Máximo: 2"
- Pasante Malla # 4 > 40%
- Pasante Malla # 200 > 12%

Estas características pueden variar en función de los resultados de suelos para ser estabilizados químicamente con Tecnología Proes, pero es necesario hacer nuevos estudios de dosificación para mejorar la capacidad estructural del suelo.

#### **1.1.5. Estabilizador Iónico: Aditivo CONAID**

El estabilizador iónico de suelos CON-AID deriva de los componentes activos es un aceite sulfonado. La acción de este aceite sulfonado producen una asociación permanente entre la molécula de estabilizador y la partícula de arcilla, debido a que son surfactantes (reactivos actuantes en superficies). Este se utiliza como medio para dispersar agua en minerales de arcilla. (TDM, 2011).

El tratamiento del material con CON-AID provee la reacción química requerida para repeler el agua de los minerales de arcilla.

Al ser reaccionadas tienen el resultado final que puede ser resumido de la siguiente manera:

- Reducción del IP, mediante la reducción de L.L (entre un 15 a un 40%)
- Reducción del hinchamiento (entre 50 a un 100%)
- Aumento de la Ds.max. (entre 3 a 5%)
- Aumento de CBR:
  - A2: 70 a 100%
  - A4:100%

- A6: 200 a 300%
- A7: 300 a 500%

La empresa encargada de distribuir este producto en el Perú ofrece las especificaciones técnicas, dependiendo de los distintos suelos genéricos que se pueden encontrar en el país. (**Anexo n.º02**)

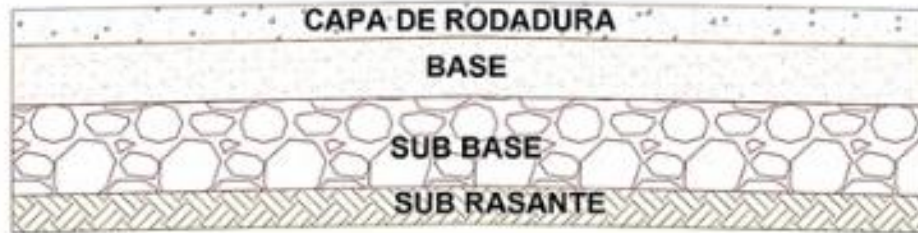
#### **1.1.5.1. Especificaciones técnicas**

Con propósitos a estabilización de suelos, se tiene las siguientes especificaciones:

- No inflamable
- No corrosivo
- No peligroso
- No tóxico
- Biodegradable
- Aniónico activo (%) = 23 como mínimo (Método Hyamine)
- Contenido de sólidos (%) = 24 como mínimo (a 110° C)
- PH =  $0,45 \pm 0,15$  (No corrosivo a dilución de trabajo)
- Viscosidad a 25° C =  $750 \pm 100$
- Peso específico a 25° C =  $1,03 \pm 0,00$

#### **1.1.6. Pavimento**

El Pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: base, sub-base y capa de rodadura, las cuales se apoyan sobre el suelo natural o subrasante como se muestra en la **Figura n.º.4** (Ministerio de Transportes, 2013).



*Figura n°. 4: Estructura tradicional del pavimento*

*Fuente: Elaboración propia*

### **Capa de Rodadura**

Es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito.

### **Base**

Es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante ( $\text{CBR} \geq 80\%$ ) o será tratada con asfalto, cal o cemento.

### **Sub base**

Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además, se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular ( $\text{CBR} \geq 40\%$ ) o tratada con asfalto, cal o cemento.

### **Subrasante:**

Es la capa del suelo que deberá ser preparado y compactado previamente, para luego colocar la estructura del pavimento. La subrasante tiene como función soportar la estructura completa del pavimento; por ello, el suelo debe contar con características aceptables, el cual será compactado en capas de tal forma que

constituyan un cuerpo estable en óptimo estado, con el fin de evitar que esta se vea afectada por la carga de diseño proveniente del tránsito.

Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a que categoría corresponde según la **Tabla n.°3**

**Tabla n.° 3: Categorías de Subrasante**

| <b>Categorías de Subrasante</b>        | <b>CBR</b>                  |
|--|-----------------------------|
| S <sub>0</sub> : Subrasante Inadecuada | CBR < 3%                    |
| S <sub>1</sub> : Subrasante Pobre      | De CBR ≥ 3%<br>A CBR < 6%   |
| S <sub>2</sub> : Subrasante Regular    | DE CBR < 6%<br>A CBR < 10%  |
| S <sub>3</sub> : Subrasante Buena      | DE CBR ≥ 10%<br>A CBR < 20% |
| S <sub>4</sub> : Subrasante Muy Buena  | DE CBR ≥ 20%<br>A CBR < 30% |
| S <sub>5</sub> : Subrasante Excelente  | CBR ≥ 30%                   |

*Fuente: (Ministerio de Transportes, 2013).*

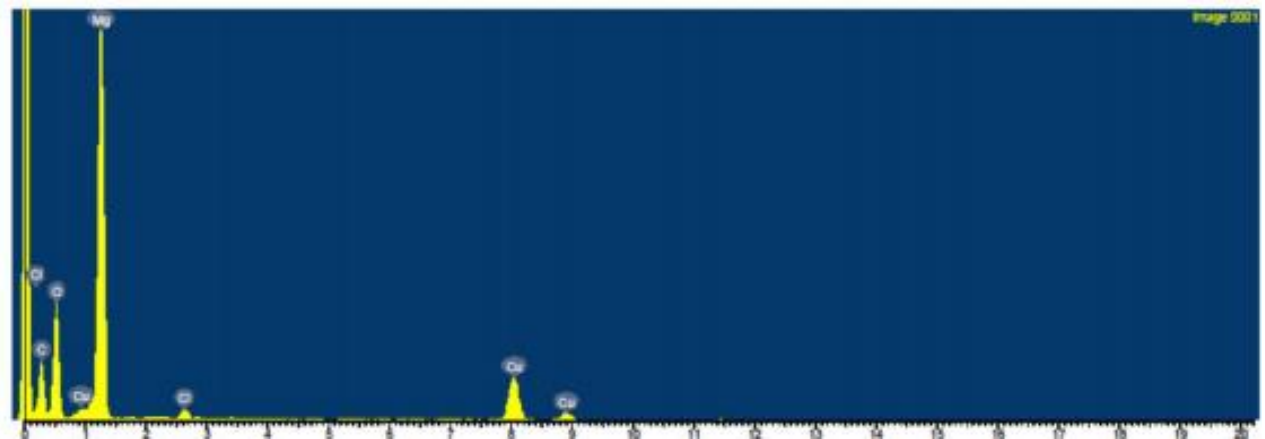
*Elaboración propia.*

### 1.1.7. Análisis Químicos por EDS (ESPECTROSCOPIA DE DISPERSIÓN DE ENERGÍA DE RAYOS X)

(S.T.I, 2012) Explica que el EDS mide la energía de los rayos X. Los rayos X son una forma de radiación electromagnética de longitud de onda variable entre 0.02 y 100 Å. que se producen cuando partículas cargadas de alta energía, como los electrones, aceleradas a 30.000 V, colisionan con la materia. La longitud de onda de los rayos X es, en general. Mucho más pequeña que la de la luz visible y por ello tienen gran poder de penetración y son capaces de ionizar gases o ennegrecer una placa fotográfica. Los electrones son una radiación ionizante, son capaces de arrancar electrones de las capas más internas de los átomos con los que interactúan. El espectro está formado por los picos de los rayos X característicos, superpuestos en un fondo de radiación continua.



Las arcillas y en general la mayoría de los materiales cerámicos, se presentan y usan en forma de finos polvos. Que consisten en un gran número de cristales muy pequeños. El método de la difracción de rayos X es principalmente un método para identificación de minerales. El trabajo de difracción de rayos X con minerales del grupo de las arcillas, involucra un número de dificultades mayores que para otros grupos de minerales. Los minerales del grupo de las arcillas, normalmente son pobremente cristalizados y presentan tamaño de grano extremadamente pequeño: de ahí que las reflexiones sean más amplias, las intensidades más bajas y que haya menos reflexiones medibles (se favorecen las de los planos basales, dada su estructura en hojas). La estructura de las arcillas, con frecuencia se encuentran "desordenadas", y es por ello que los registros provenientes de la difracción de los rayos X son variables y algunos tan difusos que son difíciles de interpretar. La información se registra en una cinta de papel donde se inscriben los picos de la reflexión procedentes de la muestra. En el registro es posible medir directamente el ángulo  $2\theta$  en el cual se ha producido la reflexión. La altura de los picos es directamente proporcional a la intensidad de la reflexión que los causó (Ver *Figura n°.5*)



*Figura n°. 5: Difracción de rayos X*

*Fuente:* (García, 1997).

#### **1.1.8. Carreteras no Pavimentadas**

Son aquellas vías que tienen la superficie de rodadura con materiales granulares, o cuyos suelos han sido sometidas a tratamiento superficial con previos trabajos de Ingeniería como son: Topografía, Hidrología o como también se encuentra

caminos realizados por la necesidad de acceder hacia los lugares destinados (Choque, 2012).

#### **1.1.8.1. Clasificación**

Las carreteras se clasifican de acuerdo a las capas superiores y la superficie de rodadura

- Carreteras de tierra: constituidas por suelos naturales y grava zarandeada con suelo natural y otros.
- Carreteras gravosas: constituidas con material natural granular sin procesar que es seleccionado manualmente o por zarandeo. Su tamaño máximo es de 75mm.
- Carreteras afirmadas: aquellas que funcionan como superficie de rodadura y/o soporte al tráfico vehicular cuya capa de rodadura está constituida por materiales granulares naturales provenientes de canteras con sus especificaciones técnicas en relación con su tamaño, su composición granulométrica, su resistencia y su calidad de finos.
- Carreteras con superficies estabilizadas con materiales de origen industrial.

#### **1.1.8.2. Deterioros en carreteras sin pavimentar**

Consiste en el daño mediante un proceso acelerado debido a que los finos al mezclarse con la humedad aglutinan a las fracciones más gruesas, y bajo la acción abrasiva de los neumáticos (acción del tráfico), lluvias, presencia de hielo, llegan a pulverizarse en condiciones secas. Estos finos pulverizados aparecen como material particulado en suspensión (polvo) y por la constante pérdida de éstos es que los agregados gruesos están de manera suelta ante la acción del tráfico, y es así que la superficie de rodadura comienza a desgastarse de manera progresiva dando lugar a la formación de las depresiones, baches, y ondulaciones (Choque, 2012).

Los defectos más comunes en este tipo de vía se evalúan de acuerdo a la magnitud y gravedad de la siguiente forma:

**Sección transversal impropia:** Cuando esta sección transversal se diseña mal, la vía esta propensa a sufrir algún deterioro o problemas futuros de drenaje y circulación, por lo que se debe diseñar teniendo en cuenta los criterios básicos para que el agua sea evacuado de manera rápida e eficiente (Ver *Figura n°.6*)



*Figura n°. 6: Sección transversal impropia*

*Fuente: Coronado, 2000*

**Drenaje inadecuado:** Este se desarrolla cuando la acumulación de agua superficial se encuentra por los costados afectando la vía de tránsito, esto puede ocurrir por un mal drenaje superficial sino también por la falta de un mantenimiento o acumulación de material que obstaculiza el flujo del agua (Ver *Figura n°.7*)

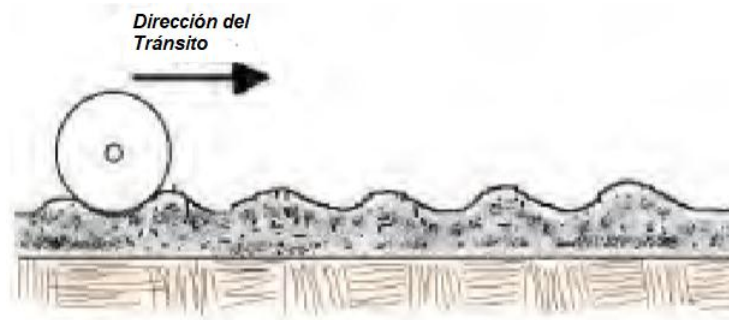


*Figura n°. 7: Drenaje inadecuado*

*Fuente: Coronado, 2000*

**Ondulaciones:** Estos se aprecian por las deformaciones que se presentan en la superficie de rodadura, en intervalos regulares y perpendiculares al tráfico. Esto se origina por la sobrecarga de los vehículos, la pérdida de finos, deficiencias en

la capacidad de soporte, pendiente inadecuada y capa de material granular de mala calidad (Ver *Figura n°.8*)



*Figura n°. 8: Ondulaciones*

*Fuente: Coronado, 2000*

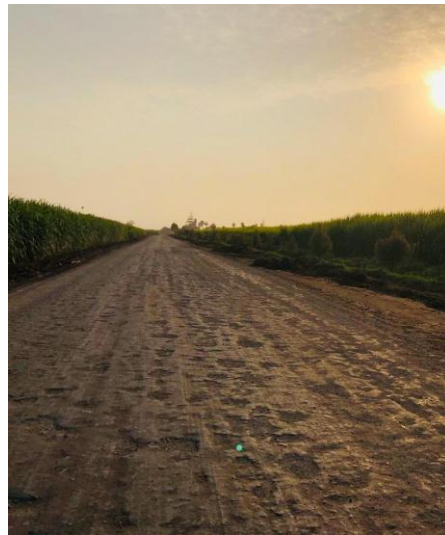
**Exceso de polvo:** Esto ocurre por la pérdida de la fracción fina de la base o la capa granular. Este tipo de fenómeno afecta la salud de la población, la operatividad de vehículos y exponer al peligro a los vehículos que pierden el equilibrio al encontrarse con este fenómeno (Ver *Figura n°.9*)



*Figura n°. 9: Generación de Polvo en la vía de Barraza, Laredo*

*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

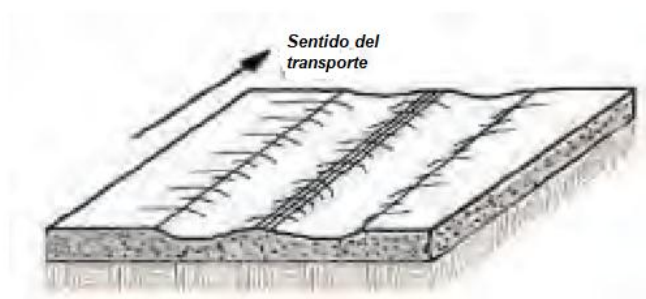
**Baches:** son hoyos o desnivel del suelo, esto se debe por la falta de capa de revestimiento, plataforma mal drenada, ausencia de aglutinantes en la composición de la carpeta de rodado (Ver *Figura n°.10*)



*Figura n°. 10: Presencia de Baches en la vía de Barraza, Laredo.*

*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

**Surcos de rueda o Ahuellamientos:** son depresiones que CCse dan longitudinalmente al eje del camino. Este ocurre por la deformación permanente de la base o baja capacidad pórtate (Ver *Figura n°.11*)



*Figura n°. 11: Ahuellamientos*

*Fuente: Coronado, 2000*

**Segregación de agregados:** se genera por el continuo paso de los vehículos en la superficie de circulación, generando la acumulación de los agregados gruesos en los surcos de las ruedas y algunas veces en los bordes de la vía. La principal causa es la falta de aglutinantes en la composición de las mezclas en los materiales (Ver *Figura n°.12*)



*Figura n°. 12: Pérdida de agregados*

*Fuente: Coronado, 2000*

## 1.2. Formulación del problema

¿De qué manera la aplicación de los aditivos PROES y CONAID con las dosificaciones establecidas en sus especificaciones técnicas, afecta la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante en la vía de acceso al C.P. Barraza, Laredo, La Libertad - 2018?

## 1.3. Justificación

En el Perú son las vías rurales o vecinales las que posibilitan la conexión entre las zonas más alejadas. Siendo estas vías las que conforman el Sistema Nacional de Carreteras del país representando el 63% de la longitud total incluida las carreteras no pavimentadas (Lazarte , 2016). Uno de los problemas más significativos que encontramos en los caminos vecinales es la presencia de suelos arcillosos, lo cual se deforman y toma consistencia plástica a los cambios de contenido de humedad (TDM Grupo, 2016). Ante este problema, se debería tomar acciones a corto plazo lo cual sería impulsar la utilización de las soluciones económicas que consiste en la aplicación de estabilizadores de suelos a fin de que la superficie de rodadura estable.



Las estabilizaciones de suelos se realizan con diversos materiales, siendo una de las más usadas la estabilización con cal, ya que logra reducir la plasticidad y es económica; por otra parte, la estabilización con cemento Portland que permite incrementar la resistencia y disminuir la plasticidad del suelo, utilizándose generalmente un gran porcentaje de este. El cloruro de sodio es otro elemento usado para la estabilización, ya que proporciona al suelo un aumento en su resistencia y tiene un buen comportamiento ante la congelación en zonas heladas, pero debido a que es una sal, este se considera poco durable (De la Cruz y Salcedo, 2016).

Por otro lado, existen otros estabilizadores químicos, los cuales de igual manera sirven para mejorar y mantener el contenido de humedad, aumentar la cohesión, impermeabilizar y ser agente estabilizador de suelos no deseados. De esta manera, se confirma que las estabilizaciones químicas mejoran las características mecánicas del suelo, asegurando su permanencia en el tiempo. Dentro de la estabilización química, existe una rama que se denomina la estabilización iónica, la cual se encarga de generar un efecto electro – químico en el suelo tratado mejorando los parámetros tratados estructuralmente del terreno.

La investigación realizada tiene como finalidad dar a conocer el funcionamiento de los aditivos iónicos PROES y CONAID, utilizando las dosificaciones indicadas en sus fichas técnicas proporcionadas por sus proveedores respectivamente. Una de las ventajas de trabajar con este tipo de aditivos, es que, mediante la compactación mecánica, se aumenta el porcentaje de CBR, impidiendo así la formación de barro, baches y polvo, proporcionando caminos impermeables, indeformables y eliminando las mantenciones periódicas de las carreteras y reduciendo costos (RMS, s.f.).

Por otra parte se conoce que en nuestro país existen gran cantidad de vías en las que su suelo no cumple con los requisitos para su uso como estas, tal es el caso del suelo correspondiente a la vía de acceso al centro poblado Barraza, en donde se cuenta con un suelo limo – arcilloso, el cual será ensayado para obtener datos confiables y determinar que tanto se podría mejorar las propiedades físicas y mecánicas de su suelo, ya que este es apropiado para la aplicación de los aditivos anteriormente mencionados.

Para determinar las propiedades mecánicas se realizaron ensayos de laboratorio como Proctor Modificado, CBR y compresión simple no confinada, los cuales nos

permitirán comparar las resistencias entre la muestra de suelo natural y la muestra con los dos aditivos, obteniendo así cuál de ellos presenta mejor comportamiento y por ende mejores resultados. Se conoce que cuando se presentan subrasantes de baja capacidad portante en carreteras, generalmente solo se consideran dos opciones, una de ellas es mejorar el suelo y la otra consiste en sustituir el suelo existente, generando así mayores costos y uso de mayores tiempos en obra; yendo contrariamente a lo que actualmente se busca que es minimizar consideraciones económicas, ambientales y técnicas (Choque, 2012).

Finalmente, es importante recalcar que estos productos han sido utilizados en nuestro país por diferentes entidades públicas y privadas, demostrando efectividad en el comportamiento del suelo. Es por ello, que, al analizar el comportamiento de ambos aditivos se aportaría a las empresas el tener una alternativa de solución al encontrarse con este tipo de suelo. Además, se contribuiría de manera considerable a los profesionales que se dedican a la ingeniería de transporte, ya que esto permitirá tener una alternativa de verificación aplicable para los proyectos viables de pavimentos no solo del centro poblado Barraza.

#### **1.4. Limitaciones**

- Realizar más ensayos de CBR ya que los moldes disponibles eran limitados debido al uso continuo de otros tesis y estudiantes.
- Insuficiente espacio y tiempo en el Laboratorio de Suelos, para realizar los ensayos, ya que existen horarios limitados para trabajar.

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo general**

- Determinar el efecto de los aditivos PROES y CONAID, con las dosificaciones establecidas en sus especificaciones técnicas, en la Capacidad Portante (CBR) de la subrasante de la vía de acceso al C.P. Barraza, Laredo, La Libertad.



### 1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural de la vía de acceso al C.P. Barraza a través de las Normas Técnicas Peruanas (NTP), realizando los ensayos de contenido de humedad (NTP 339.127), análisis granulometría por tamizado y análisis granulométrico por hidrómetro (NTP 339.128), límite líquido y límite plástico (NTP 339.129), gravedad específica de sólidos (NTP 339.131), Proctor Modificado (NTP 339.141), Valor Relativo de Soporte (CBR) (NTP 339.145) y Compresión Simple no confinada (NTP 339.167).
- Determinar las propiedades mecánicas (CBR) y Compresión Simple no confinada del suelo con la aplicación de los aditivos iónicos PROES y CONAID sólo líquido ( $0.35 \text{ L/m}^3$ ) y ( $0.05 \text{ L/m}^3$ ).
- Determinar las propiedades mecánicas (CBR) y Compresión Simple no confinada del suelo con la aplicación de los aditivos iónicos más cemento portland tipo MS con la dosificación de  $0.30 \text{ L/m}^3 + 50 \text{ Kg/m}^3$  para PROES y  $0.05 \text{ L/m}^3 + 50 \text{ Kg/m}^3$  para CONAID.
- Evaluar y comparar los aditivos iónicos PROES Y CONAID para el aumento de CBR y la Resistencia a la Compresión Simple no Confinada según las dosificaciones establecidas por sus especificaciones técnicas.

## 1.6. Hipótesis

### Formulación de la Hipótesis

#### 1.6.1. Hipótesis General:

Mediante el uso de los aditivos PROES y CONAID líquido y sólido (cemento portland tipo MS) se puede aumentar la Capacidad de Soporte (CBR) de la subrasante en la vía de acceso al C.P Barraza, Laredo, La Libertad-2018.

**Tabla n° 4: Hipótesis**

| HIPÓTESIS  | COMPONENTES METODOLÓGICOS                                 |                          |                    | COMPONENTES REFERENCIALES   |           |
|--|---|--------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------|
|  | VARIABLES   | Unidad de Análisis       | Conectores lógicos | El espacio                  | El tiempo |
| Mediante el uso de los aditivos PROES y CONAID líquido y solido (cemento portland tipo MS) se puede determinar el efecto en la Capacidad de Soporte (CBR) de la subrasante en la vía de acceso al C.P Barraza, Laredo, La Libertad-2018. | 1. Tipos de Aditivos.<br>2. Dosificación de los aditivos. | Capacidad Portante (CBR) | aumentar           | Barraza, Laredo-La Libertad | 2018      |

*Fuente: Elaboración Propia*

## 1.7. Operacionalización de variables

### 1.7.1. Variable Independiente

➤ **Factor a= Tipos de aditivos**

a1: Aditivo PROES

a2: Aditivo CONAID

➤ **Factor b= Dosificación de los aditivos**

b1: 0.35 L/m<sup>3</sup>,

b2: 0.30 L/m<sup>3</sup> + 50 kg/m<sup>3</sup> Cemento Portland Tipo MS

b3: 0.05 L/m<sup>3</sup>

b4: 0.05 L/m<sup>3</sup> + 50 kg/m<sup>3</sup> Cemento Portland Tipo MS

### 1.7.2. Variable dependiente

➤ **Factor c= Propiedades mecánicas del suelo + aditivos**

C1: Capacidad Portante (CBR)

**Tabla n° 5: Operacionalización de variables**

| VARIABLES   | DEFINICIÓN<br>CONCEPTUAL   | DIMENSIONES                        | INDICADORES  | ÍNDICE           |
|---|--|------------------------------------|--|------------------|
| <b>Independiente:</b><br>Aditivos PROES y CONAID .            | <b>PROES:</b> Es un aditivo líquido que genera un ambiente ácido que permite la ionización de las partículas, aumentando la cohesión y disminuyendo el efecto del agua sobre las arcillas en forma permanente. Es aplicado con un aditivo sólido, que debe ser un filler activo como el cemento, la cal o cenizas, cumple la función de floculante y aglomerante, al incorporar cargas eléctricas de signo opuesto a las que se encuentran libres las arcillas.( CMPC, 2016) | Dosificación de Estabilizador      | Aditivo Proes: 0.35<br>Aditivo Proes + Cemento: 0.30 + 50 kg/m <sup>3</sup>    | L/m <sup>3</sup> |
|   | <b>CONAID:</b> Estabilizador iónico de suelos, con una formulación química compleja, donde uno de los componentes activos es un aceite sulfonado que provee la reacción química para repeler el agua de los minerales de arcilla.( TDM, s.f)   | Dosificación de Estabilizador      | Aditivo Conaid : 0.05<br>Aditivo Conaid + Cemento: 0.05 + 50 kg/m <sup>3</sup> | L/m <sup>3</sup> |
| <b>Dependiente:</b><br>Capacidad de Soporte de la Subrasante. | <b>Capacidad Portante de la subrasante:</b> Se determina a través del ensayo de CBR que mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo (NTP,1999)  | Capacidad Portante del Suelo (CBR) | CBR al 0.1"  | CBR              |

**Fuente:** Elaboración Propia,2018

## CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Diseño de investigación

El Diseño Experimental Bifactorial, puesto que en el diseño se manipulan deliberadamente una o más variables vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable independiente de interés.

*Tabla n° 6: Matriz de diseño de Variable Independiente*

|                              |   | a: Tipos de aditivos |      |      |
|------------------------------|---|----------------------|------|------|
|                              |   | a1                   | a2   |      |
| Dosificación de los aditivos | 0.35 L/m <sup>3</sup>                             | <b>b1</b>            | a1b1 | a2b1 |
|                              | 0.30 L/m <sup>3</sup> +                           |                      |      |      |
|                              | 50kg/m <sup>3</sup>                               | <b>b2</b>            | a1b2 | a2b2 |
|                              | 0.05 L/m <sup>3</sup>                             | <b>b3</b>            | a1b3 | a2b3 |
|                              | 0.05 L/m <sup>3</sup> +<br>2000 kg/m <sup>3</sup> | <b>b4</b>            | a1b4 | a2b4 |

*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

### 2.2. Unidad de estudio:

- Aditivos Iónicos

### 2.3. Población

*Tabla n° 7: Población de probetas*

| Aditivos      | Dosificación            | Ensayos mecanicos |                   |
|---------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
|               |                         | CBR               | Compresión Simple |
| Suelo Natural | 0.00                    | 4                 | 8                 |
| Proes         | 0.35 L/m <sup>3</sup>   | 4                 | 8                 |
|               | 0.30 L/m <sup>3</sup> + |                   |                   |
|               | 50 kg/m <sup>3</sup>    | 4                 | 8                 |
| Conaid        | 0.05 L/m <sup>3</sup>   | 4                 | 8                 |
|               | 0.05 L/m <sup>3</sup> + |                   |                   |
|               | 2000 kg/m <sup>3</sup>  | 4                 | 8                 |
| Subtotal      |                         | 20                | 40                |
| <b>Total</b>  |                         |                   | <b>60</b>         |

*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

### 2.3.1. Muestra

La muestra es no probabilística, debido a que la muestra se seleccionará a base del conocimiento y juicio de los investigadores.

En la presente tesis se tomarán los criterios dados en el Manual de Carreteras. Sección Suelos y Pavimentos (Ministerio de Transportes, 2013).

En este caso se tiene la Carretera de Bajo Volumen de Tránsito, A continuación, se detalla los parámetros dados por el MTC con el objetivo de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la subrasante, en la **Tabla.n°8**

**Tabla n° 8:** Número de Calicatas para Exploración de Suelos

| Tipo de Carretera  | Profundidad (m)                                     | Número mínimo de Calicatas | Observación  |
|--|---|----------------------------|--|
| Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA $\leq 200$ veh/día, de una calzada. | 1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto | 1 calicata x km            | Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada |

*Fuente: Manual de Carreteras. Sección Suelos y Pavimentos (Ministerio de Transportes, 2013).*

Por consiguiente, se detalla las muestras que se extraerán para los ensayos de CBR según la **Tabla n° 9**

**Tabla n° 9:** Números de Ensayos CBR

| Tipo de Carretera  | N° CBR                         |
|--|--------------------------------|
| Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA $\leq 200$ veh/día, de una calzada. | Cada 3 Km se realizará un CBR. |

*Fuente: Manual de Carreteras. Sección Suelos y Pavimentos (Ministerio de Transportes, 2013).*

Para la presente tesis se realizaron 8 calicatas por criterio profesional y geotécnico.

Se obtienen 4 réplicas por estudio preliminar en diferentes zonas, como en la investigación se tienen dos niveles de estudio:

- 2 tipos de aditivo: PROES y CONAID
- 4 dosificaciones de los aditivos:
  - 0.35 L/m<sup>3</sup>
  - 0.30 L/m<sup>3</sup>+ 50 Kg/ m<sup>3</sup> cemento Portland Tipo MS
  - 0.05 L/m<sup>3</sup>
  - 0.05 L/m<sup>3</sup> + 50 kg/m<sup>3</sup> Cemento Portland Tipo Ms.

### **CBR**

n° muestras = V.I x V.D x N° réplicas

n° muestras = 1(4) x 1(1) x 4 réplicas

n° muestras = 16 muestras

V.I = Variable independiente

V.D = Variable Dependiente

## **2.4. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos**

### **2.4.1. Técnica de recolección de datos: Observación**

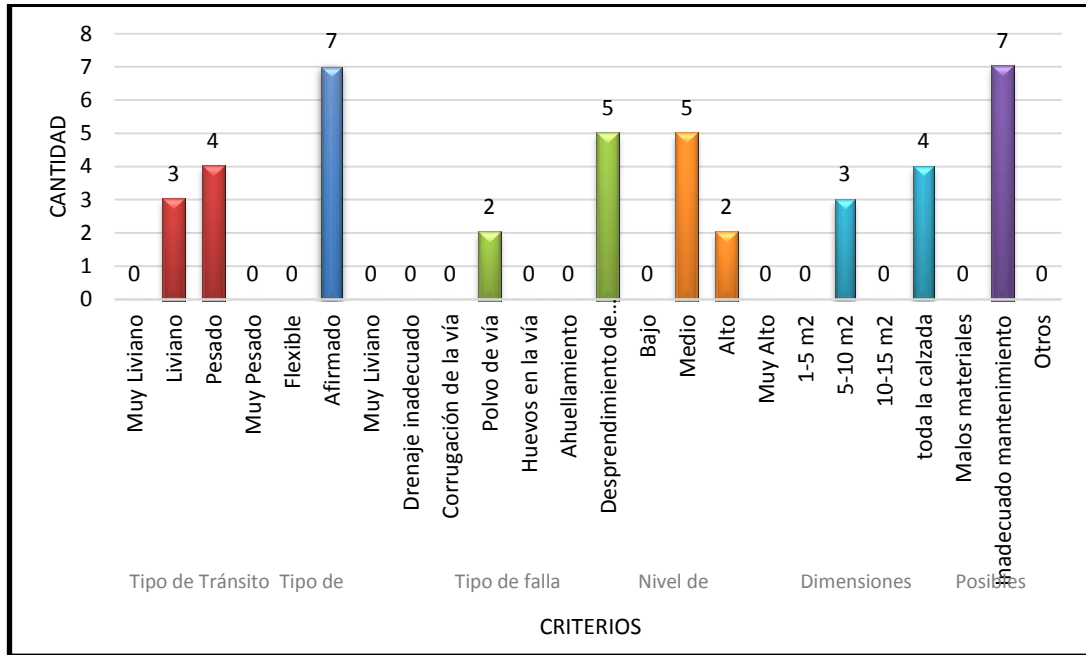
La observación, se realiza con el fin de conocer las características y situaciones en que se encuentra la vía donde se va a estudiar. Además, recopilar datos que permite analizar los principales problemas que afectan a la vía en estudio.

Es por ello, que para la presente tesis se tomará esta técnica, para determinar los diferentes problemas que presenta la vía de acceso al Centro Poblado Barraza, Laredo, La Libertad.

### **2.4.2. Instrumento: Guía de Observación**

Se realizó una Guía de Observación, como instrumento físico para recolectar y registrar datos, ya que de esta manera se permite mantener la información de manera ordenada.

A través de esta Guía de Observación, se puede determinar los principales problemas que presenta la vía de acceso al Centro Poblada Barraza. (ANEXO n. °04)



**Figura n°. 13: Resumen de Guía de Observación**

Se optó por emplear un gráfico de barras para agrupar la información recolectada ya que de esta manera podemos determinar las principales características y problemas que presenta la vía en estudio. Asimismo, este grafico nos permite analizar más a detalle, de acuerdo a las guías de observación realizadas (**Figura n°.13**)

Se observaron en el gráfico, lo siguiente:

- El tipo de tránsito es liviano y pesado.
- El tipo de pavimento se encuentra a nivel de afirmado de la carretera en estudio.
- El tipo de falla en la mayoría es por el desprendimiento de agregados y también por polvo en la vía.
- El nivel de severidad de fallas es medio y alto.
- La dimensión de las fallas encontradas en su mayoría es de 5-10m<sup>2</sup> y en toda la calzada.

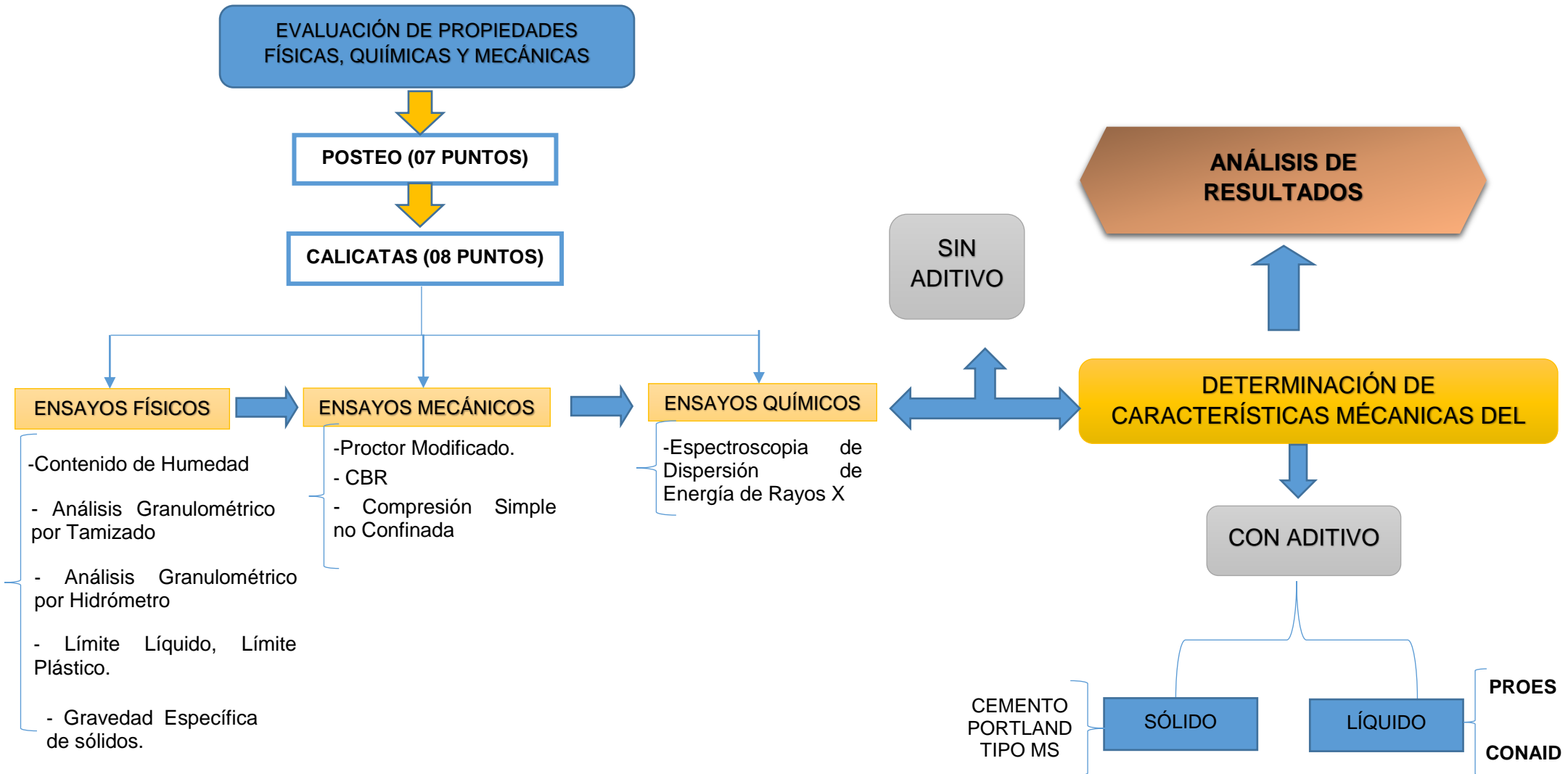
- Estas fallas generalmente son causadas por inadecuado mantenimiento.

Como se puede observar, el estado actual del pavimento es inadecuado por lo que es necesario un mantenimiento a esta vía de acceso al C.P Barraza- Laredo.

## **2.5. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos**







## 2.6. Procedimiento

Para iniciar con el desarrollo de la presente tesis, se realizó una inspección visual a la vía a estudiar, observando los problemas que se presentan en ella y a los alrededores (*Figura n°.14*). Estas referencias, se registraron en la Guía de Observación y se tomaron evidencias.



*Figura n°. 14: Inspección visual de la vía*

Luego, de observar las condiciones de la vía se procedió a extraer muestras del suelo en diferentes puntos de la vía, para su estudio (*Figura n°.15*). Para ello, se utilizó la “Posteadora”, instrumento para extraer material, en total se hicieron 7 Posteos, teniendo 02 estratos con una profundidad de 1.50 m en toda la longitud de la vía, cada cierto tramo. En total se extrajeron 14 muestras en bolsas plásticas. Este, con el fin de estudiar el tipo de suelo que se va a mejorar, previo a las calicatas.



*Figura n°. 15: Extracción de muestra de suelo con “Posteadora”*

Después de haber caracterizado la muestra extraída con la “Posteadora”, se procedió a realizarse las 8 calicatas con una profundidad de 1.50m (*Figura n°16*). En total se extrajeron 16 muestras por los 02 estratos que presentaba el suelo, cada una en diferentes bolsas plásticas para los ensayos de caracterización, otras en baldes para los ensayos mecánicos. Estos estratos estaban a diferentes niveles como se indica en el Perfil Estratigráfico (**APENDICE N°1**). Seguidamente, el registro estratigráfico se detalla en el (**APENDICE N°2**)

Estas muestras fueron llevadas al Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte, para realizar los ensayos de caracterización de cada muestra extraída



*Figura n°. 16: Extracción de muestra de suelo.*

A las muestras extraídas a través de la Posteadora y las calicatas, se extrajo un puño de suelo natural para determinar su % de **contenido de humedad**, estas se tomaron tres muestras que fueron puestas en un recipiente para llevarlas al horno por 24 horas. Luego, se realizó el análisis granulométrico. Para ello, se hizo un cuarteo con el material de los baldes. Esta fue puesta en recipiente para secarlas en el horno a 110°C y luego lavarlas por el tamiz n°200. Se tomó 1000 gramos para Posteos y para las Calicatas 1500 gramos para proceder al tamizado manual. Se agitaron los tamices de manera circular de 3 a 5 minutos, para luego pesar la muestra retenida en el juego de tamices (*Figura n°17*). Con estos datos se procedió a realizar las curvas granulométricas para cada muestra.



*Figura n°. 17: Ensayo de granulometría por tamizado*

Seguidamente, se realizaron los Límites de Atterberg. Para determinar el **Límite Líquido** de cada una de las muestras. Se tomó una muestra de 250 gramos que pasó por el tamiz N.º40 y se mezcló con agua hasta tener una mezcla homogenizada para llegar a los rangos dados por la ASTM en un recipiente, luego estas son puestas en la Copa de Casagrande, donde esta debe estar calibrada. Se procede a suministrar los golpes que sean necesarios para cerrar la ranura en 12.7 mm (1/2”). Cuando esta se cierre se registra la cantidad de golpes y se toma la muestra en la parte central para determinar su contenido de humedad por 24 horas. Asimismo, en paralelo se determinó el **Límite Plástico**, con el material preparado para el límite líquido se tomó 20 gr aproximadamente, se amasó hasta dejar que pierda humedad y pueda enrollarse sin que pegue en las manos sobre una placa

de vidrio, este rollito debe ser de un diámetro de 3.2 mm (1/8 pulg), esta se continuó hasta que empezó a rajarse y desmoronarse para colocarlo en una tara, pesarlo y llevarlo al horno por 24 horas. Se hicieron 2 repeticiones de este ensayo, para calcular un promedio (*Figura n°.18*)

Estos ensayos se realizaron con el fin de calcular el **Índice de Plasticidad**, que es el resultado de la diferencia del límite líquido con el límite plástico.



*Figura n°. 18: Ensayo de Límite Líquido y Límite Plástico*

Posteriormente, con estos resultados del Análisis Granulométrico y Límites de Atterberg de cada una de las muestras, se procedió hacer la clasificación de suelos por el método SUCS y AASHTO, con las tablas ofrecidas por la norma ASTM, con los parámetros y requisitos que estos muestran.

Por consiguiente, se realizó en el ensayo de Proctor Modificado utilizando el método “A” como nos indica el MTC E 115, sólo se aplicó este ensayo a las calicatas n° 2, 4, 6 y 8, este consistió en colocar una muestra de suelo con cantidades de agua empezando con el 6% según criterio, en un molde cilíndrico con las dimensiones establecida en la norma método “A”, en cinco capas. Cada capa fue compactada a 25 golpes de un martillo de 10 lb que se dejó caer a una distancia de 18” (*Figura n°.19*). Previo a esto, la muestra debe pasar por la malla N°4. Una vez compactada, esta se pesó, y fue extraída a través de una gata hidráulica para poder extraer del núcleo una muestra y pesarla para establecer una relación entre el contenido de agua para el suelo y el peso unitario seco. Con estos datos, se hizo la gráfica de la curva de compactación para hallar los valores de la Densidad



Máxima seca y el Contenido Optimo de agua. Estos valores, estos datos nos sirven para realizar el ensayo de CBR.



*Figura n°. 19: Ensayo de Proctor Modificado*

El **ensayo de CBR**, se trabajó en las calicatas n° 2, 4, 6 y 8, realizándose 4 CBR para los 6 Km de la carretera. Para cada una de ellas, se prepararon 21 kg (7 kg para cada punto) es decir, para 12, 25 y 56 golpes. La mezcla de la muestra y agua se hizo con los valores de la humedad óptima dados en el Proctor Modificado y que han pasado por la malla N° 4. Luego es colocada sobre la placa del molde, el disco espaciador con el papel filtro encima, previa a esto se pesa solo el molde con la placa (*Figura n°.20*). Por consiguiente, se fija el collarín para proceder a compactar mediante 5 capas, cada una de las porciones de suelo húmedo, se quita el disco, se voltea y se pesa. A esta se le colocaron las sobrecargas para llevarlas a una poza de agua por debajo de la muestra. Se montó el trípode y se le colocó el dial o llamado también deformímetro digital de tal modo que su punta palpable quede tocando el vástago. Luego se tomó la lectura inicial del dial, asimismo se tomó la lectura cada 24 horas por las 96 horas que tiene que estar sumergida cada molde. Pasado las 96 horas, se retira el molde de la poza, antes se debe tomar la última lectura, se deja drenar 15 minutos y se retiran las sobrecargas. Estas son llevadas a la Prensa de CBR y se colocan nuevamente las sobrecargas para aplicar la carga de la máquina, teniendo a los diales en deformación cero. Se procede a registrar las lecturas de carga acuerdo a las penetraciones especificadas en la norma. Finalmente, se retiró el

molde, para extraer el material dentro y sacar del núcleo una cantidad para determinar el contenido de humedad. Los datos fueron luego procesados en tablas para obtener el CBR de cada muestra de suelo que tomó.



*Figura n°. 20: Ensayo de CBR*

Después, de los ensayos de CBR, se procedió a hacer el ensayo de **Compresión Simple no confinada (Figura n°21)**, este se realizó en la Prensa Multiuso, donde la fuerza del Marco de Carga, se obtiene mediante una Ecuación de ajuste. Para hacer este ensayo se hizo el mismo procedimiento del Proctor, es decir la mezcla ya con los valores que se dieron en ese ensayo para cada calicata, estos se hicieron con muestra natural. Asimismo, se dejaron los especímenes 7 días curar envueltas en bolsas plásticas para luego de estos días, llevar a la máquina de deformación axial y tomar muestra de su núcleo. Estos datos fueron obtenidos para las calicatas n° 2, 4, 6 y 8.





*Figura n°. 21: Ensayo de Compresión Simple no confinada.*

Seguidamente, de calcular las muestras patrón de los ensayos de Proctor Modificado, CBR y Compresión Simple No Confinada, se procedió a realizarse con los aditivos. Para ello se escogió la dosificación de la ficha técnica de los aditivos, lo cual son para PROES:  $0.35 \text{ L/m}^3$  sólo aditivo y  $0.30 \text{ L/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$ . Con el aditivo CONAID  $0.05 \text{ L/m}^3$  y  $0.05 \text{ L/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$  para todas las muestras.

En el caso del CBR, se dejó 7 días los especímenes curar en bolsas plásticas, antes de saturar las 96 horas, de acuerdo al Diseño, Construcción, Mantenimiento y Monitoreo del Documento Técnico Soluciones Básicas en Carreteras No Pavimentadas R.D.N° 003-2015-MTC/14 (APENDICE N°6).

En el caso de la Compresión Simple no Confinada se dejaron los especímenes 7 días de curando envueltas en bolsas plásticas para después deformarlo en la Prensa Multiusos. Es así, que se obtuvieron los valores para estos ensayos mecánicos con las dosificaciones dadas de acuerdo a lo establecido en el (MTC E 1104 , 2016) que indica “los especímenes compactados puede mantener su temperatura y humedad relativa al 100% en una cámara húmeda o un recipiente cubierto para un almacenamiento de 7 días”. Para este caso se utilizar bolsas plásticas.

### **2.6.1. Procedimiento de muestreo**

Para la caracterización del material extraído, el muestreo consistió en hacer posteos entre cada calicata, y estas están cada 500 m aproximadamente, a una profundidad

de 1.50 metros. Estos fueron colocados en sacos y bolsas para posteriormente llevarlas al Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte. Asimismo, proceder a caracterizarlo y hacer los ensayos de Compresión Simple y CBR.

### 2.6.2. Ensayos de Laboratorio del suelo a estudiar

Luego de extraer las muestras de los posteos y calicatas, se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio:

- Contenido de humedad ASTM D-2216
- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422
- Análisis granulométrico por Hidrómetro ASTM D-422
- Limite Líquido ASTM D-4318
- Limite Plástico ASTM D-4318
- Clasificación SUCS ASTM D-2487
- Clasificación AASHTO ASTM D-4328
- Gravedad Específica de Sólidos en Suelos ASTM D-854
- Proctor Modificado ASTM D-1557
- California Bearing Ratio (CBR) ASTM D-1883
- Compresión Simple no Confinada ASTM D-2166

#### 2.6.2.1. Contenido de humedad

Es la relación expresada como porcentaje del peso del agua al peso de los sólidos en una determinada masa del suelo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

Esta humedad se toma del mismo suelo en estado natural.

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

*Ecuación n° 1: Contenido de Humedad*

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

W es el contenido de humedad expresado en porcentaje (%)

$W_w$  es el peso de agua contenido en el suelo

$W_s$  es el peso del suelo seco.

Se ordenaron los resultados obtenidos del ensayo en la **Tabla n° 10**.

**Tabla n° 10: Formato del Contenido de Humedad**

| MUESTRA | TARRO<br>N° | PESO DE TARA<br>(Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.) |               | HUMEDAD<br>%                                    |  |
|---------|-------------|-----------------------|----------------|-----------------------|------------|---------------|---|--|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO      | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA       | SUELO<br>SECO |   |  |
| M1      |             |                       |                |                       |            |               |   |  |
| M2      |             |                       |                |                       |            |               |   |  |
| M3      |             |                       |                |                       |            |               |   |  |
|         |             |                       |                |                       |            |               | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO<br/>(%)</b> |  |

**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*

#### 2.6.2.2. Análisis granulométrico por tamizado

La granulometría se define como la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, expresado como un porcentaje en relación con el peso total de la muestra seca. El tamaño de los granos de un suelo se refiere a los diámetros de las partículas que lo forman, cuando es indivisible bajo la acción de una fuerza moderada (Cedeño, 2013).

La cantidad de material utilizado para el agregado fino es de 500 gr para agregado fino como mínimo según indica la norma.

De acuerdo a los tamaños de partículas, se tiene los siguientes tipos de materiales (**Tabla n°11**)

**Tabla n° 11:** Clasificación de suelos según Tamaño de partículas

| Tipo de material |         | Tamaño de las partículas  |
|------------------|---------|---|
| Grava            |         | 75 mm-4.75 mm   |
| Arena            |         | Arena gruesa: 4.75 mm - 2.00 mm<br>Arena media: 2.00 mm - 0.425 mm<br>Arena fina: 0.425 mm - 0.075 mm |
| Material Fino    | Limo    | 0.075 mm - 0.005 mm   |
|                  | Arcilla | Menor a 0.005 mm  |

**Fuente:** (Ministerio de Transportes, 2013)

- Se ordenaron los resultados obtenidos del ensayo de Granulometría en la **Tabla n°12**

**Tabla n° 12:** Formato de Granulometría de agregados

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Ret. (gr) | % Ret (%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|----------------|-----------|-------------|----------------|
| 2"               | 50.000         |                |           |             |                |
| 1 1/2"           | 37.500         |                |           |             |                |
| 1"               | 25.000         |                |           |             |                |
| 3/4"             | 19.000         |                |           |             |                |
| 1/2"             | 12.500         |                |           |             |                |
| 3/8"             | 9.500          |                |           |             |                |
| N°4              | 4.750          |                |           |             |                |
| N°10             | 2.000          |                |           |             |                |
| N°16             | 1.180          |                |           |             |                |
| N°20             | 0.850          |                |           |             |                |
| N°30             | 0.600          |                |           |             |                |
| N° 40            | 0.425          |                |           |             |                |
| N°50             | 0.300          |                |           |             |                |
| N° 60            | 0.250          |                |           |             |                |
| N° 80            | 0.180          |                |           |             |                |
| N°100            | 0.150          |                |           |             |                |
| N° 200           | 0.075          |                |           |             |                |
| <b>FONDO</b>     |                |                |           |             |                |
| <b>SUMATORIA</b> |                |                |           |             |                |

**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*

Calculo el % Retenido en la siguiente *Ecuación n° 2*

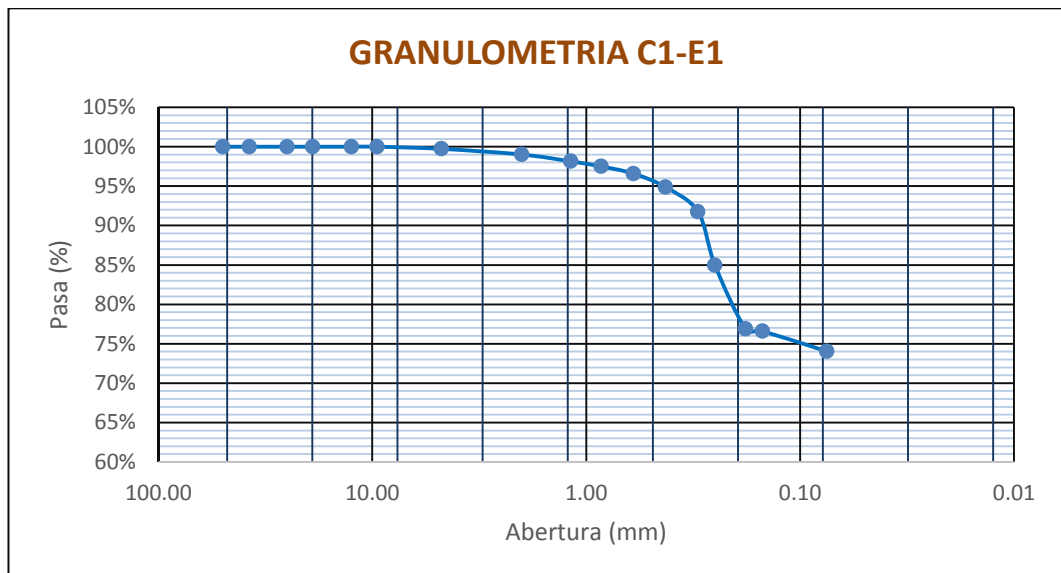
$$\% \text{ Retenido} = \frac{W \text{ malla} \times 100}{W_1}$$

Donde:

W malla: Peso retenido por la malla

$W_1$  : Peso de la muestra secada al horno

A través del % Que pasa por las diferentes mallas se obtiene la Curva Granulométrica, por la cual en el siguiente *Figura n°22* se mostrara de la C-1.



**Figura n°. 22:** Curva Granulométrica de suelo fino.

**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*

Según, Quiñones (2004) con respecto a la curva, esta es típica de una Arcilla de baja plasticidad (CL).

### 2.6.2.3. Análisis granulométrico por Hidrómetro

Este ensayo se basa en la ley de Stokes. Se asume que la ley de Stokes puede ser aplicada a una masa de suelo dispersado, con partículas de varias formas y tamaños. El hidrómetro se usa para determinar el porcentaje de partículas de suelos dispersados, que permanecen en suspensión en un determinado tiempo. Para ensayos de rutina con fines de clasificación, el análisis con hidrómetro se

aplica a partículas de suelos que pasan el tamiz de 2,00 mm (N° 10) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

Los valores son calculados por la **Ecuación n° 3**

$$K = \sqrt{\frac{30 \mu}{980(G - 1)\gamma_w}}$$

Donde:

$\mu$  = viscosidad dinámica del agua en Poises

$G$  = peso específico de las partículas de suelo.

$\gamma_w$  = peso unitario del agua ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

Los valores  $K$  están tabulados en función del peso específico y la temperatura.

Ver (**Anexo n.°03**).

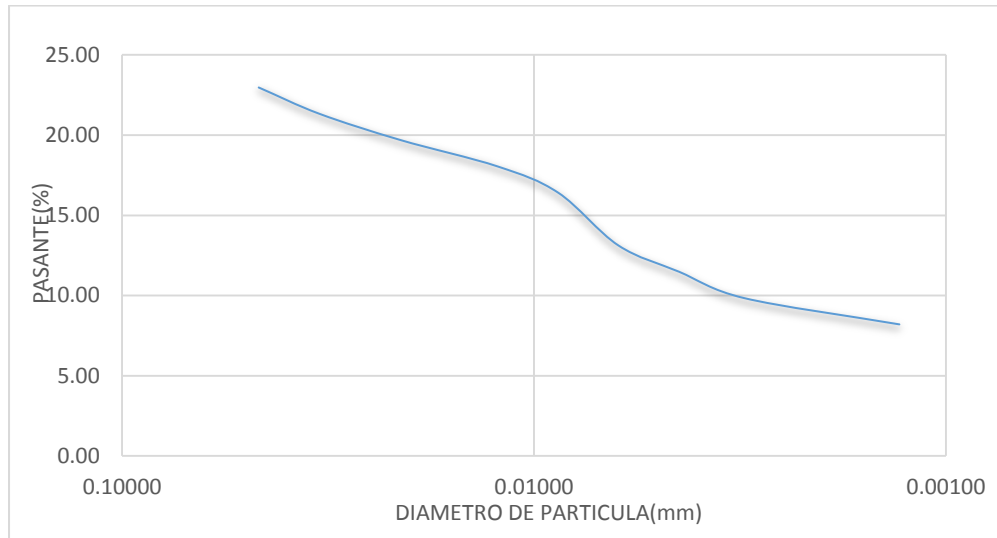
El formato para los cálculos obtenidos en este ensayo de acuerdo al tiempo y al % que pasa vs el diámetro (mm) se muestra en la **Tabla n° 13**.

**Tabla n° 13:** Formato del Análisis Granulométrico por Hidrómetro

| TIEMPO(min) | R' | R | T<br>(°C) | Ct | Cd | % QUE<br>PASA | Rcp | L | K | D(mm) |
|-------------|----|---|-----------|----|----|---------------|-----|---|---|-------|
| 1           |    |   |           |    |    |               |     |   |   |       |
| 2           |    |   |           |    |    |               |     |   |   |       |
| 5           |    |   |           |    |    |               |     |   |   |       |
| 15          |    |   |           |    |    |               |     |   |   |       |
| 30          |    |   |           |    |    |               |     |   |   |       |
| 60          |    |   |           |    |    |               |     |   |   |       |
| 120         |    |   |           |    |    |               |     |   |   |       |
| 250         |    |   |           |    |    |               |     |   |   |       |
| 1440        |    |   |           |    |    |               |     |   |   |       |

**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*

A continuación, se muestra la gráfica del ensayo granulométrico por Hidrómetro de acuerdo al diámetro de la partícula obtenido vs el % que pasa en la **Figura n°23**.



**Figura n°. 23:** Curva Granulométrica de la Hidrometría.

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

#### 2.6.2.4. Límite líquido

El límite líquido se define como el porcentaje de contenido de humedad con respecto al peso seco de la muestra, Viene a ser el contenido de humedad con el que el suelo cambia de estado plástico a estado líquido. Es por ello que, en el límite líquido, los suelos plásticos tienen una resistencia muy pequeña al esfuerzo al corte (Crespo, 2004).

Los Límites de Atterberg son importantes ya que están relacionados con la cantidad de agua que contiene un material y que es capaz de absorber, los cuales están definidos por el Límite Líquido, que es el paso del estado semilíquido al estado plástico medida por la cantidad de agua que contiene un material en el momento que pierde la fluidez, y el límite plástico, que es el paso del estado plástico al estado de semisólida medida por la cantidad de agua que contiene un material en el momento que pierde la plasticidad (se rompe).

**Ecuación n° 4:** Cálculo del Límite Líquido:

$$L.L = W_N \cdot \left(\frac{N}{25}\right)^{\tan\beta}$$

Donde:

L.L. es el Límite Líquido

$W_N$  es el contenido de humedad natural

N es el número de golpes

$\tan\beta$  es la pendiente de la línea de flujo

A continuación, se muestra el formato para calcular el Límite Líquido y el Límite Plástico de acuerdo a los datos obtenidos en el Laboratorio en la **Tabla n°14**.

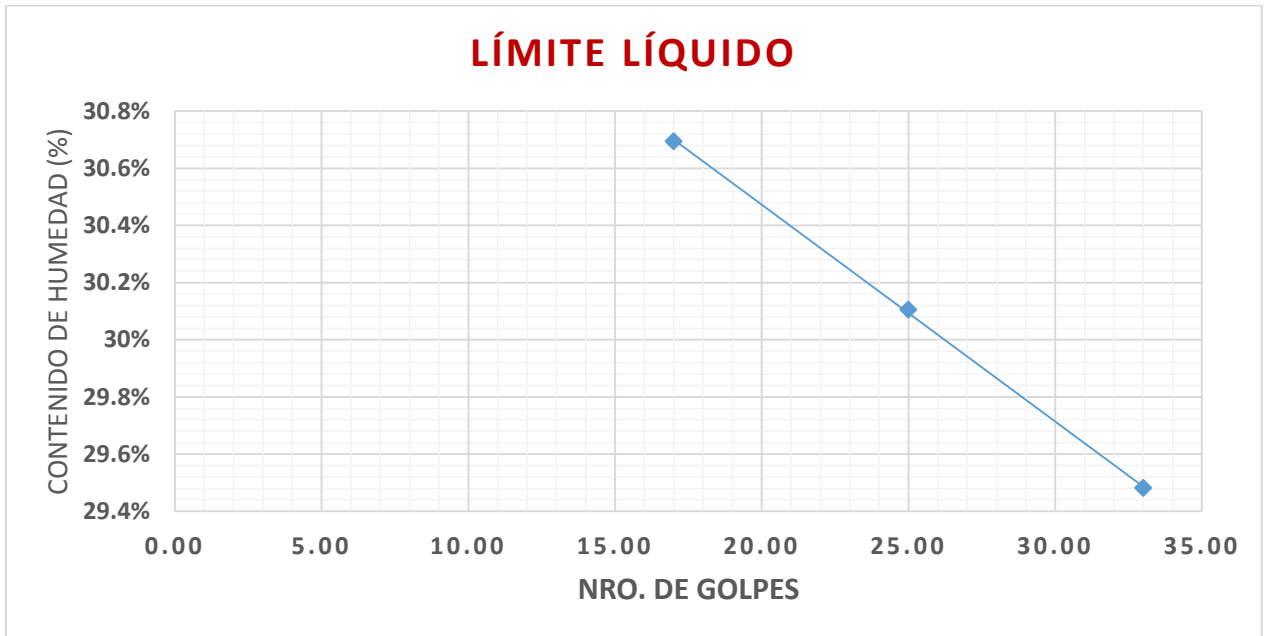
**Tabla n° 14: Formato del Límite Líquido y el Límite Plástico**

| DESCRIPCIÓN                                  | LIMITE LÍQUIDO |    |    | LIMITE PLÁSTICO |    |    |    |
|--|----------------|----|----|-----------------|----|----|----|
|  | UND:           | E1 | E2 | E3              | E1 | E2 | E3 |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.            |    |    |                 |    |    |    |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.            |    |    |                 |    |    |    |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.            |    |    |                 |    |    |    |
| Peso del agua                                | gr.            |    |    |                 |    |    |    |
| Peso de la muestra seca                      | gr.            |    |    |                 |    |    |    |
| Porcentaje de humedad*                       | %              |    |    |                 |    |    |    |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b>       |    |    |                 |    |    |    |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |                |    |    |                 |    |    |    |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |                |    |    |                 |    |    |    |

*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

En la **Figura n°24** se muestra el grafico para hallar el Límite Líquido a los 25 golpes, intersectando en el eje X el número de golpes en diferentes rangos y en el eje Y el contenido de humedad de este ensayo.





**Figura n°. 24:** Resultados del Límite Líquido

*Fuente:* Elaboración Propia, 2018.

Además para el potencial de expansión de un suelo puede determinarse mediante los Límites de Atterberg y la succión natural del suelo, empleando los métodos normales del INV se determinan el Límite Líquido INV E-15, Índice de Plasticidad (IP) y la succión del suelo ( $\square$  nat.) de acuerdo a la **Tabla n° 15**.

**Tabla n° 15:** Determinación cualitativamente el potencial expansivo del suelo.

| Grado de Expansión | LL %    | IP %  | $\square$ nat (Ton/pie2) |
|--------------------|---------|-------|--------------------------|
| Elevado            | > 60    | > 35  | > 4                      |
| Marginal           | 50 – 60 | 25-35 | 1.5 - 4                  |
| Bajo               | <50     | < 25  | < 1.5                    |

*Fuente:* (I.N.V. E - 132 , s.f)

### 2.6.2.5. Límite plástico

El límite plástico se define como el contenido de humedad, expresado en porcentaje respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico (Crespo, 2004).

Este ensayo depende mucho del contenido de agua que tenga el material para las arcillas, puede estar muy seca teniendo una consistencia dura como puede tener una gran cantidad de agua, volviéndose un lodo o semilíquido.

**Ecuación n° 5:** Cálculo del Límite Plástico:

$$L. P. = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 = \frac{P_w}{P_s} \times 100$$

Donde:

L.P.= Humedad correspondiente al límite plástico en %.

$P_h$ = Peso de los trocitos de filamentos húmedos en gramos.

$P_s$ = Peso de los trocitos de filamentos secos en gramos.

$P_w$ = Peso del agua contenida en los filamentos pesados en gramos.

### INDICE DE PLASTICIDAD:

Es la diferencia entre el límite líquido y plástico, indica el margen en porcentaje en el que el suelo mantiene sus condiciones plásticas, es decir que mide la plasticidad del suelo (Dal Ré Tenreiro, 2001).

El índice de plasticidad representa el porcentaje de humedad que debe tener la arcilla para mantenerse en estado plástico. Estos datos son importantes para la clasificación de los suelos finos empleando la carta de plasticidad de Arthur Casagrande.

**Ecuación n° 6:** Cálculo del Índice de Plasticidad:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP es el Índice de plasticidad

LL es el Límite Líquido

LP es el Límite plástico

El suelo en relación a su índice de plasticidad puede clasificarse según la siguiente **Tabla n.º 16**.

**Tabla n.º 16:** Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad

| Índice de Plasticidad | Plasticidad      | Característica                     |
|-----------------------|------------------|------------------------------------|
| IP>20                 | Alta             | suelos muy arcillosos              |
| IP≤20                 |                  |                                    |
| IP>7                  | Media            | suelos arcillosos                  |
| IP<7                  | Baja             | suelos poco arcillosos plasticidad |
| IP=0                  | No Plástico (NP) | suelos exentos de arcilla          |

*Fuente:* (Ministerio de Transportes, 2013)

#### 2.6.2.6. Clasificación SUCS

Este sistema fue presentado por Arthur Casagrande como una modificación y adaptación general a su sistema propuesto en 1942 para la construcción de pistas de aterrizaje.

Los suelos son designados por símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo consta de un prefijo y sufijo. Los prefijos son las iniciales de los nombres ingleses de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turba) y los sufijos indican subdivisiones en dichos grupos (Crespo, 2004). Estos se muestran en la **Tabla n.º 17 y 18**.

El sistema de clasificación SUCS se encuentra detallado en la **Tabla n.º 19**.

**Tabla n.º 17:** Prefijos y sufijos para cada tipo de suelo

| TIPO DE SUELO | PREFIJO | SUBGRUPO                  | SUFIJO |
|---------------|---------|---------------------------|--------|
| Grava         | G       | Bien graduada             | W      |
| Arena         | S       | Mal graduada              | P      |
| Limo          | M       | Limoso                    | M      |
| Arcilla       | C       | Arcilloso                 | C      |
| Órganico      | O       | Límite Líquido alto (>50) | L      |
| Turba         | Pt      | Límite Líquido bajo (<50) | H      |

*Fuente:* (Cedeño, 2013)

En función de estos símbolos, pueden establecerse diferentes combinaciones que definen uno y otro tipo de suelo:

**Tabla n° 18:** *Combinaciones en función de los prefijos y sufijos del suelo.*

| SÍMBOLO |                                       | CARACTERÍSTICAS GENERALES  |                      |
|---------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------|
| GW      | GRAVAS (>50%<br>en tamiz N°4<br>ASTM) | Limpias (Finos             | Bien graduada        |
| GP      |                                       | < 5%)                      | Mal graduada         |
| GM      |                                       | Con finos                  | Componente Limoso    |
| GC      |                                       | (Finos >12%)               | Componente Arcilloso |
| SW      | ARENAS (<50%<br>en tamiz N°4<br>ASTM) | Limpias                    | Bien graduada        |
| SP      |                                       | (Finos <5%)                | Mal graduada         |
| SM      |                                       | Con finos                  | Componente Limoso    |
| SC      |                                       | (Finos >12%)               | Componente Arcilloso |
| ML      | LIMOS                                 | Baja plasticidad (LL < 50) |                      |
| MH      |                                       | Alta plasticidad (LL >50)  |                      |
| CL      | ARCILLAS                              | Baja plasticidad (LL < 50) |                      |
| CH      |                                       | Alta plasticidad (LL >50)  |                      |
| OL      | SUELOS                                | Baja plasticidad (LL < 50) |                      |
| OH      | ORGÁNICOS                             | Alta plasticidad (LL >50)  |                      |

**Fuente:** (Cedeño, 2013)

**Tabla n° 19: Clasificación SUCS (ASTM D-2487)**

| Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupos con el uso de ensayos de laboratorio |  |   |   | Clasificación de Suelos        |                                   |
|---|--|---|---|--------------------------------|-----------------------------------|
|   |  |   |   | Símbolo de grupo               | Nombre del grupo                  |
| Suelos de partículas gruesas más del 50% es retenido en la malla N.° 200                                  | Gravas Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla N.° 4 | Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla N.° 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 Más del 12% pasa la malla N.° 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 N.° 200 | Cumple con los criterios para GW y GM                                 | GW - GM                        | Grava bien graduada con limo      |
|   |  |   |   | GW-GC                          | Grava bien graduada con arcilla   |
|   |  |   | Cumple con los criterios para GP y GM                                 | GP-GM                          | Grava mal gradada con limo        |
|   |  |   |   | GP-GC                          | Grava mal gradada con arcilla     |
|   | Arenas El 50% c  | Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla N.° 200               | $Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$                                      | SW                             | Arena bien gradada                |
|   |  |   | $Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$   | SP                             | Arena mal gradada                 |
| Arenas con finos Más del 12% pasa la malla N.° 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 N.° 200   |  | Cumple con los criterios para SW y SM                           | SW-SM   | Arena bien gradada con limo    |                                   |
|   |  |   | SW-SC   | Arena bien gradada con arcilla |                                   |
|   |  | Cumple con los criterios para SP y SM                           | SP-SM   | Arena mal gradada con limo     |                                   |
|   |  |   | SP-SC   | Arena mal gradada con arcilla  |                                   |
| Suelos de partículas finas El 50% o más pasa la malla N.° 200   | Limos y arcillas Límite líquido 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   | Límite líquido-secado al horno < 0.75<br>Límite líquido-no secado     | OL                             | Arcilla orgánica<br>Limo orgánico |
|   | Limos y arcillas Límite líquido 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   | Límite líquido-secado al horno < 0.75<br>Límite líquido-no secado     | OH                             | Arcilla orgánica<br>Limo orgánico |
| Suelos altamente orgánicos  | Principalmente materia orgánica de color oscuro                        |   |   |                                |                                   |

**Fuente: ASTM D248**

*Elaboración Propia, 2018*

### **Suelos gruesos**

Estos suelos se encuentran las gravas (G) y las arenas (S). Si menos de la mitad de la fracción gruesa de un suelo pasa por la malla N° 4, un suelo pertenece al grupo de las gravas; en caso contrario, pertenecerá al grupo de las arenas.

### **Suelos finos**

Los suelos finos son aquellos que pasan al menos el 50% por el tamiz N° 200. Estos vendrían a estar conformados por los limos, arcillas y suelos orgánicos. Estos se dividen a su vez por el límite líquido que posea. Si es menor de 50%, es decir si el suelo es de compresibilidad baja o media, son de baja plasticidad. Si el límite líquido es mayor al 50%, es decir, que el suelo es de compresibilidad alta, son suelos de alta plasticidad.

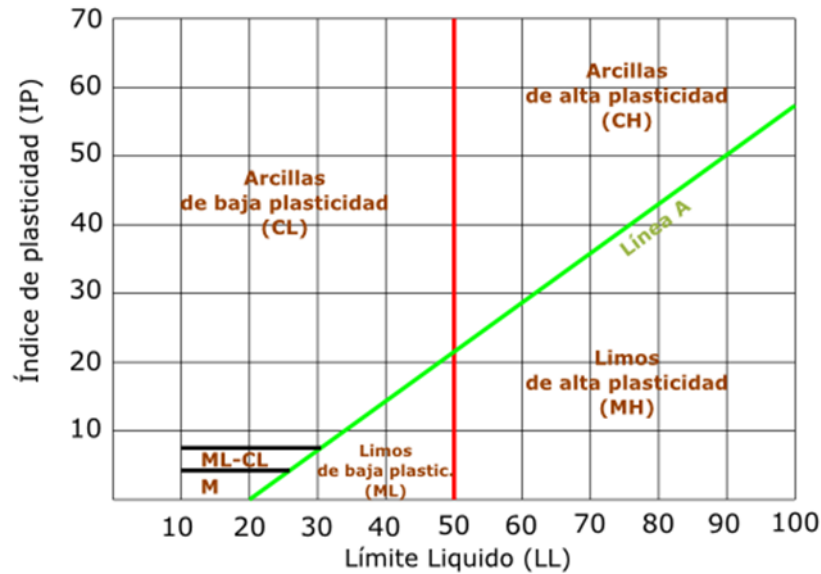
### **Clasificación de los suelos finos: La Carta de Plasticidad de Casagrande**

Tras un estudio experimental de diferentes muestras de suelos de grano fino, Casagrande consigue ubicarlos en un diagrama que relaciona el límite líquido (LL) con el índice de plasticidad (IP). En este diagrama, conocido como la carta de Casagrande de los suelos cohesivos, destacan dos grandes líneas que actúan a modo de límites (*Figura n°25*)

**Ecuación n° 7:** Cálculo del Límite Líquido

$$\text{Línea A: } IP = 0.73 (LL - 20)$$

$$\text{Línea B: } LL = 50$$



**Figura n°. 25:** Carta de Plasticidad Casagrande

*Fuente:* Nacle2, 2012

### 2.6.2.1. Clasificación AASHTO

El sistema de clasificación American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (Designación ASTM D-3282; método AASHTO M145) es uno de los primeros sistemas de clasificación de suelos, desarrollado por Terzaghi y Hogentogler en 1928. Este sistema pasó por varias revisiones y actualmente es usado para propósitos ingenieriles enfocados más en el campo de las carreteras como la construcción de los terraplenes, sub-rasantes, sub-bases y bases de las carreteras. Sin embargo, es necesario recordar que un suelo que es bueno para el uso de subrasantes de carreteras puede ser muy pobre para otros propósitos (Cedeño, 2013).

Los ensayos precisos para la clasificación del suelo con este sistema, se reducen a los análisis granulométricos (tamices números 10,40 y 200), determinación de los límites líquidos y plástico, y el cálculo de índice de grupo. Este sistema divide a los suelos en 7 grupos.

Evalúa los suelos dentro de cada grupo, se realiza por medio de un índice de grupo, que es un valor calculado a partir de una **Ecuación n° 8:** Cálculo del Índice de Grupo.

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

Donde:

F: porcentaje que pasa por el tamiz N° 200

LL: límite líquido

IP: índice de plasticidad

El índice de grupo se expresa en números enteros positivos, y cuando este salga negativo, se expresará como  $IG = 0$ .

El sistema de clasificación AASHTO se encuentra detallado en la **Tabla n°20**

El índice de Grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando el IG calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice cero significa un suelo muy bueno y un índice  $\geq$  a 20, un suelo no utilizable para caminos. Según la **Figura n° 26**.

| Índice de Grupo     | Suelo de Subrasante |
|---------------------|---------------------|
| IG > 9              | Muy Pobre           |
| IG está entre 4 a 9 | Pobre               |
| IG está entre 2 a 4 | Regular             |
| IG está entre 1 – 2 | Bueno               |
| IG está entre 0 – 1 | Muy Bueno           |

**Figura n°. 26** Clasificación del suelo según Índice de Grupo

**Fuente:** (Ministerio de Transportes, 2013)



*Tabla n° 20: Clasificación AASHTO M-145*

| Clasificación general                      | Materiales granulares<br>(35% o menos pasa el tamiz N.200) |            |            |                   |            |            |            | Materiales limo-arcillosos<br>(más de 35% pasa el tamiz N.°200) |                |            |                   |            |
|--|--|------------|------------|-------------------|------------|------------|------------|---|----------------|------------|-------------------|------------|
|  | A-1  |            | A-3        | A-2               |            |            |            | A-4   | A-5            | A-6        | A-7               |            |
| Clasificación de grupo                     | A-1-a  | A-1-b      |            | A-2-4             | A-2-5      | A-2-6      | A-2-7      |   |                |            |                   | A-7-5      |
| Tamizado % que pasa                        |  |            |            |                   |            |            |            |   |                |            |                   |            |
| <b>N.°10<br/>(2.00 mm)</b>                 | 50<br>máx.   | ---        | ---        | ---               | ---        | ---        | ---        | ---   | ---            | ---        | ---               | ---        |
| <b>N.°40<br/>(425 µm)</b>                  | 30<br>máx.   | 50<br>máx. | 51<br>mín. | ---               | ---        | ---        | ---        | ---   | ---            | ---        | ---               | ---        |
| <b>N.°200<br/>(75 µm)</b>                  | 15<br>máx.   | 25<br>máx. | 10<br>máx. | 35<br>máx.        | 35<br>máx. | 35<br>máx. | 35<br>máx. | 35<br>máx.  | 35<br>máx.     | 36<br>mín. | 36<br>mín.        | 36<br>mín. |
| Consistencia                               |  |            |            |                   |            |            |            |   |                |            |                   |            |
| <b>Límite Líquido</b>                      | ---  |            | ---        |                   |            |            |            |   | 40<br>máx.     | 41<br>mín. | 40<br>máx.        | 41<br>mín. |
| <b>Índice de plasticidad</b>               | 6 máx  |            | N.P        |                   |            |            | B          |   | 10<br>máx.     | 10<br>máx. | 11<br>mín.        | 11<br>mín. |
| <b>Tipos de materiales característicos</b> |  |            |            |                   |            |            |            |   | Suelos limosos |            | Suelos arcillosos |            |
| Clasificación                              |  |            |            | Excelente a bueno |            |            |            |   | Regular a malo |            |                   |            |

*Nota: A La colocación de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2.*

*" El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del sugrupo A-7-6 es mayor que LL-30.*

**Fuente:** Castillo, 2018

*Elaboración Propia, 2018.*

### 2.6.2.2. Gravedad Específica de Sólido en suelos

El peso específico del suelo ( $\gamma_s$ ) está definido como la relación entre el peso de las partículas sólidas del suelo y el peso del agua, considerando el mismo volumen y temperatura.

La gravedad específica de un suelo ( $G_s$ ) está definido como la relación entre el peso unitario del material, en este caso del suelo, y el peso unitario de agua destilada y libre de gas a 4°C. (Castillo, 2018).

**Ecuación n° 9:** *Calculo de la Gravedad Específica de Sólidos:*

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_m}$$

Donde:

$\gamma_s$  es el peso específico de los sólidos ( $\text{g/cm}^3$ )

$\gamma_m$  es el peso específico del agua destilada a 4°C ( $\text{g/cm}^3$ )

Para este ensayo, los datos obtenidos del Laboratorio fueron calculados de acuerdo al formato (**Tabla n° 21**).

**Tabla n° 21:** *Formato de la Gravedad Específica de Sólidos*

---

|  |
|--|
| PICNÓMETRO N°                            |
| CAPACIDAD PICNÓMETRO $\text{Cm}^3$       |
| PESO PICNÓMETRO , g.                     |
| PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO , g.        |
| PESO SUELO SECO , g. ( $W_s$ )           |
| PESO PICN. + AGUA + SUELO , g. ( $W_1$ ) |
| PESO PICN. + AGUA a C.T. , g. ( $W_2$ )  |
| PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO.        |
| TEMPERATURA DE ENSAYO, ° C               |
| GS A TEMPERATURA ENSAYO                  |
| GS A 20 ° C                              |

---

**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*

Seguidamente, se realizó la Tabla de Resumen de la Gravedad Específica ( $G_s$ ) de acuerdo a las diferentes Temperaturas ( $T^\circ\text{C}$ ). (**Tabla n° 22**).

**Tabla n° 22:** *Tabla de Resumen de los Cálculos para la Gs*

| DENSIDAD RELATIVA DEL AGUA Y FACTOR DE CONVERSIÓN<br>"K" PARA VARIAS TEMPERATURAS |            |   |           |            |   |
|---|------------|---|-----------|------------|---|
| TEMP. ° C   | $\gamma_w$ | K | TEMP. ° C | $\gamma_w$ | K |
| 19  |            |   |           |            |   |
| 20  |            |   |           |            |   |
| 21  |            |   |           |            |   |
| 22  |            |   |           |            |   |
| 23  |            |   |           |            |   |
| 24  |            |   |           |            |   |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

### 2.6.2.3. Proctor Modificado

El ensayo de Proctor es un estudio importante para el control de calidad de la compactación del suelo.

Este ensayo fue desarrollado por el ingeniero Ralph R. Proctor en 1933, para así dar a conocer la determinación de la máxima densidad seca, las condiciones de humedad y energía. El ensayo consiste en compactar el suelo en un cilindro con un volumen conocido, así como variar la humedad para lograr obtener diferentes puntos en el cual se tendrá un punto máximo donde se va a determinar la máxima densidad seca y la humedad. La compactación es el proceso mecánico con el que se busca disminuir la cantidad de vacíos de una masa de suelo, lo que facilitará el contacto más íntimo entre las partículas del mismo, generando un aumento de la densidad del suelo (Castillo, 2018).

Las variables que influyen en el nivel de compactación de un suelo son la humedad del mismo y el nivel de energía de compactación.

**Ecuación n° 10:** Ecuación de la Energía de Compactación

$$Y = \frac{n \cdot N \cdot P \cdot H}{V}$$

Dónde:

Y = energía a aplicar en la muestra de suelo

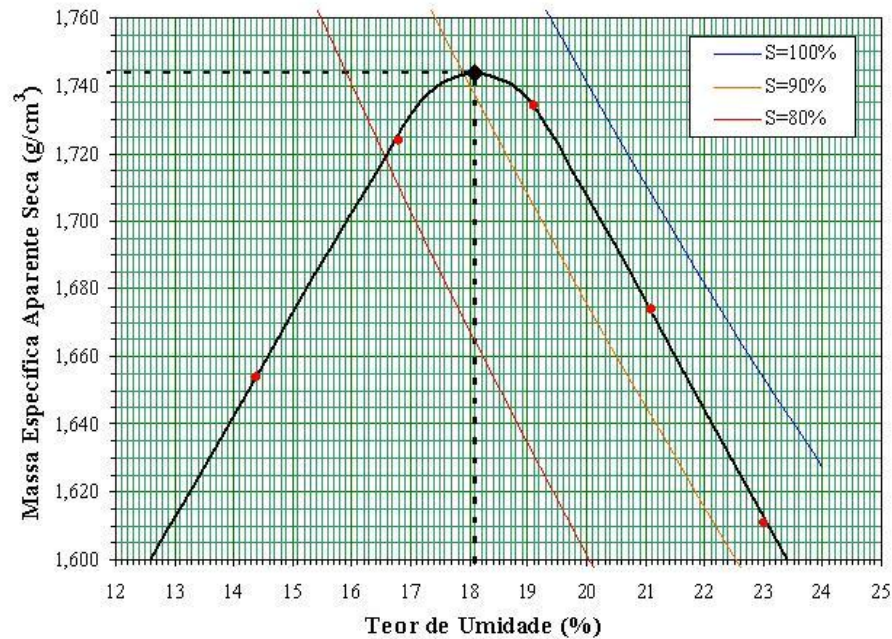
n = número de capas a ser compactadas en el cilindro de moldeado

N = número de golpes aplicados por capa

P = peso del pisón

H = altura de caída del pisón

V = volumen del cilindro



**Figura n°. 27:** Curva de Compactación

*Fuente: Santana, 2009*

#### 2.6.2.4. Relación de Soporte (CBR)

El ensayo de CBR es una prueba de penetración para comprobar las características mecánicas del suelo y determinar la calidad de la subrasante, sub base o base de un pavimento siendo fundamental para determinar el estado del suelo. La ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte” y está normado por la ASTM D 1883-73. Este ensayo se puede realizar tanto en laboratorio como en terreno, aunque este último no es muy practicado (Castillo, 2018).

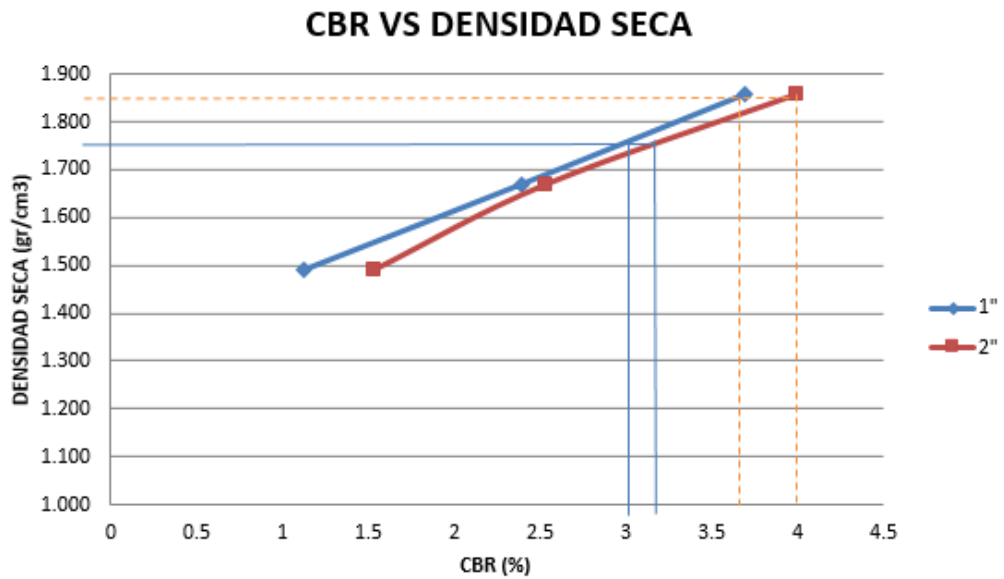
En la siguiente **Tabla n° 23** se muestra el formato del CBR vs la Densidad, de los datos obtenidos en Laboratorio, y en la **Figura n° 28** se puede observar el grafico de CBR vs densidad seca para poder determinar a un 100% y 95% cuanto de déficit que tiene el suelo a estado natural, después de obtener su esfuerzo de penetración de 0.1” y 0.2” por cada molde de 12, 25 y 56 golpes. Se tomará el resultado de 0.1” de penetración y a un 95% que es el valor de soporte

o resistencia al suelo referido a la máxima densidad seca. Se logró tener un resultado de 3.68% de CBR del suelo natural calificándose como una subrasante pobre (Ministerio de Transportes, 2013).

*Tabla n° 23: Formato del Ensayo de CBR vs Densidad Seca*

| <b>CBR VS DENSIDAD SECA</b>                    |                  |            |                  |             |                  |            |
|--|------------------|------------|------------------|-------------|------------------|------------|
| <b>ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN</b> |                  |            |                  |             |                  |            |
| <b>MOLDE N°</b>                                | <b>MOLDE N°1</b> |            | <b>MOLDE N°2</b> |             | <b>MOLDE N°3</b> |            |
| <b>Penetración (")</b>                         | <b>01"</b>       | <b>02"</b> | <b>01"</b>       | <b>02"</b>  | <b>01"</b>       | <b>02"</b> |
| <b>Esfuerzo Terreno (lb/plg2)</b>              | 11.27            | 23.02      | 23.92            | 37.94       | 36.94            | 59.89      |
| <b>Esfuerzo Patrón (lb/plg2)</b>               | 1000             | 1500       | 1000             | 1500        | 1000             | 1500       |
| <b>CBR (%)</b>                                 | 1.13%            | 1.53%      | 2.39%            | 2.53%       | 3.69%            | 3.99%      |
| <b>CBR Y DENSIDAD SECA</b>                     |                  |            |                  |             |                  |            |
| <b>MOLDE N°</b>                                | <b>MOLDE N°1</b> |            | <b>MOLDE N°2</b> |             | <b>MOLDE N°3</b> |            |
| <b>Penetración (")</b>                         | <b>01"</b>       | <b>02"</b> | <b>01"</b>       | <b>02"</b>  | <b>01"</b>       | <b>02"</b> |
| <b>CBR (%)</b>                                 | 1.13%            | 1.53%      | 2.39%            | 2.53%       | 3.69%            | 3.99%      |
| <b>Ds (gr/cm3)</b>                             | 1.49             | 1.49       | 1.67             | 1.67        | 1.86             | 1.86       |
|  |                  |            | <b>100%</b>      | <b>95%</b>  |                  |            |
| Ds Max=  | 1.85             | CBR (0.1") | <b>3.68</b>      | <b>3.00</b> |                  |            |
| 95% Ds Max=                                    | 1.757            | CBR (0.2") | <b>3.99</b>      | <b>3.29</b> |                  |            |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*



*Figura n°. 28: Gráfico del CBR vs Densidad Seca*  
*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

### 2.6.2.1. Compresión Simple no Confinada

Este ensayo es únicamente para suelos cohesivos, la prueba de compresión no confinada es para rápida obtención de un valor aproximado de resistencia a la compresión de suelos que poseen suficiente cohesión para poder ser ensayados en el estado no confinado.

Resistencia a la compresión no confinada, es la carga por unidad de área a la cual una probeta de suelo, cilíndrica o prismática, falla en el ensayo de compresión simple.

Para el cálculo del esfuerzo,  $\sigma_c$  con tres cifras significativas, o con una aproximación de 1 kpa (0.01 kg/cm<sup>2</sup>) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

*Ecuación n° 11: Cálculo del Esfuerzo*

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

Donde:

$P$  = Carga aplicada dada

$A$  = Área de la sección promedio correspondiente

En la siguiente **Tabla n°24** se muestra la calificación del suelo de acuerdo a los ensayos realizados por la prensa, de acuerdo a los datos obtenidos se clasifica este ensayo.

**Tabla n° 24:** Calificación de la consistencia del suelo

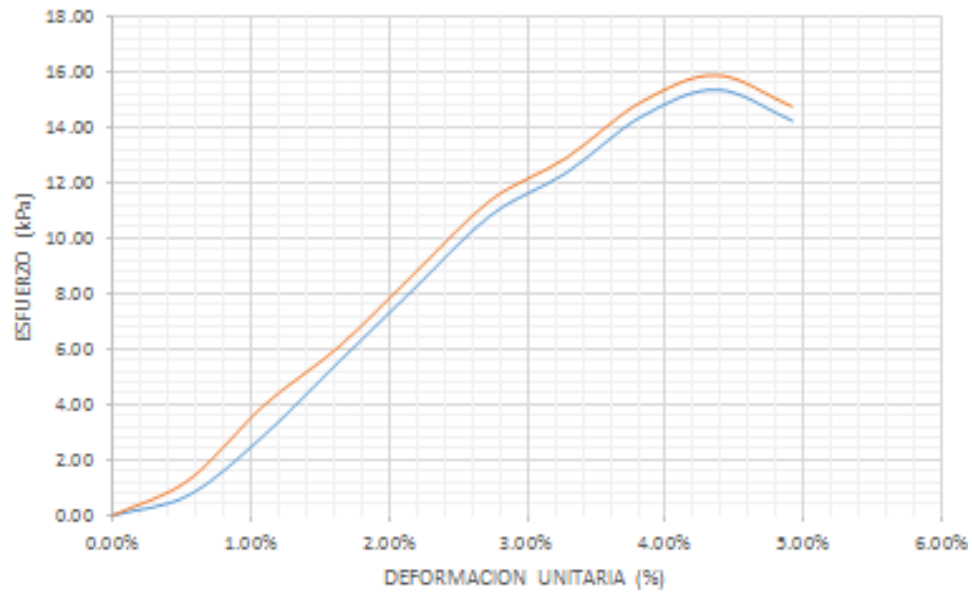
| Consistencia del suelo | Resistencia a la Compresión no confinada |             |
|------------------------|--|-------------|
|                        | kg/ cm <sup>2</sup>                      | (kPa)       |
| Muy blanda             | < 0,25                                   | (<25)       |
| Blanda                 | 0,25 – 0,50                              | (25 – 50)   |
| Mediana                | 0,50 – 1,00                              | (50 – 100)  |
| Firme                  | 1,00 – 2,00                              | (100 – 200) |
| Muy firme              | 2,00 – 4,00                              | (200 – 400) |
| Dura                   | >4,00                                    | (>400)      |

**Fuente:** (Ministerio de Trasportes y Comunicaciones, 2016)

El Manual de Ensayos de Materiales” MTC E 121 no indica la cantidad de especímenes que se necesita para realizar este ensayo (Ministerio de Trasportes y Comunicaciones, 2016).

Dicha resistencia se emplea también para calificar la consistencia del suelo como:

Mostrándose en las curvas como resultado del ensayo en laboratorio, se tiene un esfuerzo a la compresión de 15kPa definiéndola como un suelo muy blando. Esperando tener mejor resultado con aditivos llegando a una consistencia dura (**Figura n° 29**)



*Figura n°. 29: Curva de la Compresión Simple no Confinada*

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

### **2.6.3. Determinación de la dosificación según la ficha técnica del aditivo PROES para la mejora de la subrasante.**

Para determinar la dosificación a utilizar del aditivo, se tuvo que tener en cuenta el tipo de suelo que conforma la subrasante, el cual lo determinó los ensayos de laboratorio. Asimismo, con el uso del cemento. Para este caso se utilizó el Cemento Mochica Anti salitre

Las dosificaciones tomadas fueron establecidas por PROES en su ficha de dosificación (ANEXO n.º04).

### **2.6.4. Determinación de la dosificación según la ficha técnica del aditivo CONAID para la mejora de la subrasante.**

Para determinar la dosificación a utilizar del aditivo, se tuvo que tener en cuenta el tipo de suelo que conforma la subrasante, el cual lo determinó los ensayos de laboratorio. Asimismo, con el uso del cemento. Para este caso se utilizó el Cemento Mochica Anti salitre

Las dosificaciones tomadas fueron establecidas por CONAID en su ficha de dosificación (ANEXO n.º05).



## **2.6.5. Análisis Estadístico**

### **2.6.5.1. Prueba de normalidad**

La prueba de normalidad es cuando los valores de la variable aleatoria dependiente siguen una distribución normal en la población a la que pertenece la muestra

Estas pruebas de hipótesis se definen de la siguiente manera:

$H_0$ = Hipótesis Nula, la variable de la población tiene distribución normal.

$H_1$ : Hipótesis Alterna, la variable de la población es distinta a la distribución normal.

Estas pruebas se utilizan de dos formas: Kalmogorov-Smirnov o Shapiro Wilk, estos se escogen por el número de muestras. En la presente tesis se tiene muestras menores a 50. Por lo tanto, se analiza a través de Shapiro Wilk.

### **2.6.5.2. Análisis de varianza**

El análisis de varianza, o ANOVA, es un método para determinar si dos o más grupos son iguales, si los resultados son similares o parecidos. ANOVA prueba si el valor objetivo de media varía entre combinaciones de categorías de dos entradas. Si la variación es significativa, existe un efecto de interacción (Vicéns, Herrarte y Medina, 2005)

### **2.6.5.3. Homogeneidad de varianza**

Considera la homogeneidad de varianzas, es decir que la varianza es constante (no varía) en los diferentes niveles de un factor, es decir entre diferentes grupos (Salgado, s.f)

### **Test de Levene**

Se caracteriza, además de por poder comparar 2 o más poblaciones, por permitir elegir entre diferentes estadísticos de centralidad: mediana (por defecto), media, media truncada. Esto es importante a la hora de contrastar la homocedasticidad dependiendo de si los grupos se distribuyen de forma normal o no.

#### **2.6.5.4. Prueba de Tukey**

El método de Tukey sirve para probar todas las diferencias entre medias de tratamientos de una experiencia, la cual se exige que el número de repeticiones sea constante en todos los tratamientos, a través del ANOVA. Además, al realizar las comparaciones múltiples es importante considerar la tasa de error.

Para realizar este procedimiento primero se calcula el valor crítico de todas las comparaciones por pares, luego se obtiene el error estándar de cada promedio, el T (alfa), por último, se calcula la diferencia de las medias al realizar las comparaciones con el valor crítico.

Esta prueba se utiliza cuando el tamaño de muestras seleccionadas son iguales en cada grupo, para comparar promedios entre dos grupos y son múltiples las comparaciones (Fallas, 2012).

#### **A. Datos Previos**

##### **A.1. Grados de Libertad**

- **Grados de libertad de las Variables Aditivos Químicos (A)**

$$G. L = a - 1$$

- **Grados de libertad de la Variable Dosificación (B)**

$$G. L = b - 1$$

- **Grados de libertad de las variables (A) x (B)**

$$G.L = (a - 1) \times (b - 1)$$

- **Grados de libertad del error**

$$G.L = (a \times b) \times (r - 1)$$

Donde:

a = número de niveles de la variable (A)

b = número de niveles de la variable (B)

r = número de réplicas

### A.1. Nivel de significancia

La significancia se trabaja con un 95 % como nivel de confianza ( $\alpha = 0.05$ ), debido a que es un nivel de confianza habitual en investigaciones experimentales, y es un compromiso entre formular premisas con la probabilidad de acertar.

### A.1. Criterio de rechazo

Se utiliza la distribución F para evaluar la veracidad de la hipótesis, el valor estadístico de prueba F resultante se compara con un valor tabular de F, este indica el valor máximo del valor estadístico de prueba que ocurriría si la hipótesis nula fuera verdadera, a un nivel seleccionado de significación. Es decir, la F de Fisher es importante en la experimentación porque permite hacer cálculos sobre las varianzas propuestas y lograr determinar si las diferencias mostradas son significativas.

La hipótesis alterna (H1) se acepta si  $F_0 > F_{\alpha, (n-1), (r-3)}$

- $F_0$  se obtiene experimentalmente
- $F_{\alpha, (n-1), (r-3)}$  se obtiene mediante tablas estadísticas.

Donde:

n = número de niveles.

r = número de réplicas.

## B. Análisis de Varianza y F de Fisher

### B.1. Suma de cuadrados

#### ➤ Suma de cuadrados para el factor A

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{Y_i^2}{b \cdot r} - \frac{Y_T^2}{a \cdot b \cdot r}$$

#### ➤ Suma de cuadrados para el factor B

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y_j^2}{a \cdot r} - \frac{Y_T^2}{a \cdot b \cdot r}$$

➤ **Suma de cuadrados subtotales**

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n \frac{Y_{ijk}^2}{r} - \frac{Y_T^2}{axbxr}$$

➤ **Suma de cuadrados de la interacción de los factores (A x B)**

$$SS_{AxB} = SS_{SUBTOTAL} - SS_A - SS_B$$

➤ **Suma de cuadrados totales**

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_T^2}{axbxr}$$

➤ **Suma de cuadrados de error**

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB}$$

**B.2. Media de cuadrados**

➤ **Media de cuadrados para el factor A**

$$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$$

➤ **Media de cuadrados para el factor B**

$$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$$

➤ **Media de cuadrados de la interacción de los factores (A x B)**

$$MS_{AXB} = \frac{SS_{AXB}}{(a - 1)(b - 1)}$$

➤ **Media de cuadrados del error**

$$MS_E = \frac{SS_E}{(axb)x(r-1)}$$

**B.3. F<sub>0</sub> experimental**

➤ **F<sub>0</sub> (A)**

$$F_0(A) = \frac{MS_A}{MS_E}$$

➤ **F<sub>0</sub> (B)**

$$F_0(B) = \frac{MS_B}{MS_E}$$

➤ **F<sub>0</sub> (A x B)**

$$F_0(AxB) = \frac{MS_{AxB}}{MS_E}$$

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS

### 3.1. Caracterización del Suelo Fino

#### 3.1.1. Granulometría, clasificación SUCS y AASHTO

En la *Tabla n° 25 y 26* se muestran los resultados del ensayo de granulometría, el porcentaje de finos que pasa por la malla n°200 (NTP 339.128) de los 7 posteos en los estratos 1 y 2. Por otro lado, en las *Tabla n° 27 y 28* se muestran los resultados de granulometría para las 8 calicatas en los estratos 1 y 2.

*Tabla n° 25: Cuadro de resumen del ensayo de granulometría y clasificación SUCS y AASHTO, de los Posteos Estrato 1.*

| N° | CALICATA | PROGRESIVA | PROFUNDIDAD | GRANULOMETRÍA      |
|----|----------|------------|-------------|--------------------|
|    |          | (Km)       | (m)         | % Pasa tamiz n°200 |
| 1  | P-1      | 0+383      | 1.50        | 68.31              |
| 2  | P-2      | 1+127      | 1.50        | 52.36              |
| 3  | P-3      | 2+050      | 1.50        | 93.01              |
| 4  | P-4      | 2+868      | 1.50        | 82.17              |
| 5  | P-5      | 3+972      | 1.30        | 62.02              |
| 6  | P-6      | 5+013      | 1.20        | 67.21              |
| 7  | P-7      | 5+543      | 1.20        | 62.26              |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

*Tabla n° 26: Cuadro de resumen del ensayo de granulometría y clasificación SUCS y AASHTO, de los posteos para los estratos 2.*

| N° | CALICATA | PROGRESIVA | PROFUNDIDAD | GRANULOMETRÍA      |
|----|----------|------------|-------------|--------------------|
|    |          | (Km)       | (m)         | % Pasa tamiz n°200 |
| 1  | P-1      | 0+383      | 1.50        | 66.10              |
| 2  | P-2      | 1+127      | 1.50        | 53.64              |
| 3  | P-3      | 2+050      | 1.50        | 75.89              |
| 4  | P-4      | 2+868      | 1.50        | 82.59              |
| 5  | P-5      | 3+972      | 1.30        | 69.06              |
| 6  | P-6      | 5+013      | 1.20        | 68.65              |
| 7  | P-7      | 5+543      | 1.20        | 50.57              |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 27:** Cuadro de resumen del ensayo de granulometría y clasificación SUCS y AASHTO, de las Calicatas Estrato 1.

| N° | CALICATA | PROGRESIVA | PROFUNDIDAD | GRANULOMETRÍA      |
|----|----------|------------|-------------|--------------------|
|    |          | (Km)       | (m)         | % Pasa tamiz n°200 |
| 1  | C-1      | 0+098      | 1.50        | 74.04              |
| 2  | C-2      | 0+934      | 1.50        | 68.34              |
| 3  | C-3      | 1+500      | 1.50        | 94.13              |
| 4  | C-4      | 2+608      | 1.50        | 94.46              |
| 5  | C-5      | 3+570      | 1.20        | 84.72              |
| 6  | C-6      | 4+416      | 1.10        | 56.52              |
| 7  | C-7      | 5+324      | 1.10        | 70.87              |
| 8  | C-8      | 5+783      | 1.20        | 57.24              |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 28:** Cuadro de resumen del ensayo de granulometría y clasificación SUCS y AASHTO, de las Calicatas Estrato 2.

| N° | CALICATA | PROGRESIVA | PROFUNDIDAD | GRANULOMETRÍA      |
|----|----------|------------|-------------|--------------------|
|    |          | (Km)       | (m)         | % Pasa tamiz n°200 |
| 1  | C-1      | 0+098      | 1.50        | 79.75              |
| 2  | C-2      | 0+934      | 1.50        | 50.10              |
| 3  | C-3      | 1+500      | 1.50        | 85.84              |
| 4  | C-4      | 2+608      | 1.50        | 88.20              |
| 5  | C-5      | 3+570      | 1.20        | 82.46              |
| 6  | C-6      | 4+416      | 1.10        | 70.41              |
| 7  | C-7      | 5+324      | 1.10        | 67.37              |
| 8  | C-8      | 5+783      | 1.20        | 69.20              |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

### 3.1.1. Límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP).

En las **Tabla n° 29 y 30** se muestran los resultados obtenidos del Límite Líquido (NTP 339.129), Límite Plástico (NTP 339.129) e Índice de Plasticidad medidos en porcentaje para los diferentes postes en los estratos 1 y 2. Por otro lado, en las **Tabla n° 31 y 32** se muestran los resultados para las calicatas en los estratos 1 y 2.

**Tabla n° 29:** Cuadro de resumen del ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad posteos Estrato 1.

| N° | POSTEO | PROGRESIVA PROFUNDIDAD |      | LL    | LP    | IP    |
|----|--------|------------------------|------|-------|-------|-------|
|    |        | (Km)                   | (m)  | %     | %     |       |
| 1  | P-1    | 0+383                  | 1.50 | 27.90 | 16.06 | 11.84 |
| 2  | P-2    | 1+127                  | 1.50 | 32.80 | 19.93 | 12.87 |
| 3  | P-3    | 2+050                  | 1.50 | 36.00 | 22.59 | 13.41 |
| 4  | P-4    | 2+868                  | 1.50 | 45.78 | 21.67 | 24.11 |
| 5  | P-5    | 3+972                  | 1.30 | 32.60 | 17.63 | 14.97 |
| 6  | P-6    | 5+013                  | 1.20 | 37.25 | 23.01 | 14.24 |
| 7  | P-7    | 5+543                  | 1.20 | 32.65 | 21.62 | 11.03 |

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

**Tabla n° 30:** Cuadro de resumen del ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad posteos Estrato 2.

| N° | POSTEO | PROGRESIVA PROFUNDIDAD |      | LL    | LP    | IP    |
|----|--------|------------------------|------|-------|-------|-------|
|    |        | (Km)                   | (m)  | %     | %     |       |
| 1  | P-1    | 0+383                  | 1.50 | 32.60 | 22.26 | 10.34 |
| 2  | P-2    | 1+127                  | 1.50 | 24.55 | 19.41 | 5.14  |
| 3  | P-3    | 2+050                  | 1.50 | 33.00 | 20.22 | 12.78 |
| 4  | P-4    | 2+868                  | 1.50 | 27.65 | 25.38 | 2.27  |
| 5  | P-5    | 3+972                  | 1.30 | 32.60 | 22.27 | 10.33 |
| 6  | P-6    | 5+013                  | 1.20 | 35.80 | 22.45 | 13.35 |
| 7  | P-7    | 5+543                  | 1.20 | 32.70 | 19.94 | 12.76 |

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.



**Tabla n° 31:** Cuadro de resumen del ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad calicatas Estrato 1

| N° | CALICATA | PROGRESIVA PROFUNDIDAD |      | LL    | LP    | IP    |
|----|----------|------------------------|------|-------|-------|-------|
|    |          | (Km)                   | (m)  | %     | %     |       |
| 1  | C-1      | 0+098                  | 1.50 | 30.11 | 16.91 | 13.19 |
| 2  | C-2      | 0+934                  | 1.50 | 35.52 | 20.96 | 14.56 |
| 3  | C-3      | 1+500                  | 1.50 | 38.40 | 21.73 | 16.67 |
| 4  | C-4      | 2+608                  | 1.50 | 47.88 | 23.97 | 23.91 |
| 5  | C-5      | 3+570                  | 1.20 | 42.75 | 32.79 | 9.96  |
| 6  | C-6      | 4+416                  | 1.10 | 32.70 | 20.45 | 12.25 |
| 7  | C-7      | 5+324                  | 1.10 | 37.45 | 23.75 | 13.70 |
| 8  | C-8      | 5+783                  | 1.20 | 32.60 | 16.52 | 16.08 |

*Fuente:* Elaboración propia, 2018.

**Tabla n° 32:** Cuadro de resumen del ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad calicatas Estrato 2.

| N° | CALICATA | PROGRESIVA PROFUNDIDAD |      | LL    | LP    | IP    |
|----|----------|------------------------|------|-------|-------|-------|
|    |          | (Km)                   | (m)  | %     | %     |       |
| 1  | C-1      | 0+098                  | 1.50 | 30.90 | 20.40 | 10.50 |
| 3  | C-2      | 0+934                  | 1.50 | 28.25 | 21.31 | 6.94  |
| 5  | C-3      | 1+500                  | 1.50 | 30.65 | 19.85 | 10.80 |
| 7  | C-4      | 2+608                  | 1.50 | 44.10 | 35.20 | 8.90  |
| 9  | C-5      | 3+570                  | 1.20 | 35.29 | 21.69 | 13.60 |
| 11 | C-6      | 4+416                  | 1.10 | 31.45 | 21.60 | 9.85  |
| 13 | C-7      | 5+324                  | 1.10 | 35.15 | 21.93 | 13.22 |
| 15 | C-8      | 5+783                  | 1.20 | 32.25 | 19.92 | 12.33 |

*Fuente:* Elaboración propia, 2018.

### 3.1.2. Análisis Granulométrico por Hidrómetro

En la *Tabla n° 33* se muestra los resultados obtenidos mediante el Análisis Granulométrico por medio del Hidrómetro (NTP 339.128) de las muestras de las 7 calicatas de acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales MTC E 109.

*Tabla n° 33: Cuadro de resumen del ensayo de Análisis Granulométrico por medio del Hidrómetro*

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MEDIO DEL HIDROMETRO |          |            |                    |                  |            |
|--|----------|------------|--------------------|------------------|------------|
| N°   | CALICATA | PROGRESIVA | PROFUNDIDAD<br>(m) | DÍAMETRO<br>(mm) | % QUE PASA |
| 1  | C-1      | 0+098      | 1.50               | 0.04536          | 29.48      |
| 2  | C-2      | 0+934      | 1.50               | 0.04658          | 22.97      |
| 3  | C-3      | 1+500      | 1.50               | 0.04354          | 40.85      |
| 4  | C-4      | 2+608      | 1.50               | 0.04554          | 24.31      |
| 5  | C-5      | 3+570      | 1.20               | 0.04636          | 21.16      |
| 6  | C-6      | 4+416      | 1.10               | 0.04562          | 26.09      |
| 8  | C-8      | 5+783      | 1.20               | 0.04322          | 39.14      |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

### 3.1.3. Clasificación SUCS y AASHTO

En las *Tablas n° 34 y 35* se muestra la clasificación mediante SUCS (NTP 339.134) y AASHTO para los 7 posteos en los estratos 1 y 2. Por otro lado, se muestran las *Tablas n° 36 y 37* para las 8 calicatas en los estratos 1 y 2.

*Tabla n° 34: Clasificación SUCS y AASHTO para los posteos estrato 1.*

| N° | CALICATA | PROGRESIVA<br>(Km) | PROFUNDIDAD<br>(m) | CLASIFICACIÓN |           |
|----|----------|--------------------|--------------------|---------------|-----------|
|    |          |                    |                    | SUCS          | AASHTO    |
| 1  | P-1      | 0+383              | 1.50               | CL            | A-6 (7)   |
| 2  | P-2      | 1+127              | 1.50               | CL            | A-6 (5)   |
| 3  | P-3      | 2+050              | 1.50               | CL            | A-6 (9)   |
| 4  | P-4      | 2+868              | 1.50               | CL            | A-7-6 (7) |
| 5  | P-5      | 3+972              | 1.30               | CL            | A-6(7)    |
| 6  | P-6      | 5+013              | 1.20               | CL            | A-6 (8)   |
| 7  | P-7      | 5+543              | 1.20               | CL            | A-6 (6)   |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 35:** Clasificación SUCS y AASHTO para los posteos estrato 2.

| N° | CALICATA | PROGRESIVA | PROFUNDIDAD | CLASIFICACIÓN |         |
|----|----------|------------|-------------|---------------|---------|
|    |          | (Km)       | (m)         | SUCS          | AASHTO  |
| 1  | P-1      | 0+383      | 1.50        | CL            | A-4 (6) |
| 2  | P-2      | 1+127      | 1.50        | CL            | A-4 (4) |
| 3  | P-3      | 2+050      | 1.50        | CL            | A-6 (9) |
| 4  | P-4      | 2+868      | 1.50        | ML            | A-4 (8) |
| 5  | P-5      | 3+972      | 1.30        | CL            | A-4 (7) |
| 6  | P-6      | 5+013      | 1.20        | CL            | A-6 (8) |
| 7  | P-7      | 5+543      | 1.20        | CL            | A-6 (3) |

*Fuente:* Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 36:** Clasificación SUCS y AASHTO para la calicatas estrato 1.

| N° | CALICATA | PROGRESIVA | PROFUNDIDAD | CLASIFICACIÓN |            |
|----|----------|------------|-------------|---------------|------------|
|    |          | (Km)       | (m)         | SUCS          | AASHTO     |
| 1  | C-1      | 0+098      | 1.50        | CL            | A-6 (9)    |
| 2  | C-2      | 0+934      | 1.50        | CL            | A-6 (9)    |
| 3  | C-3      | 1+500      | 1.50        | CL            | A-6 (11)   |
| 4  | C-4      | 2+608      | 1.50        | CL            | A-7-6 (15) |
| 5  | C-5      | 3+570      | 1.20        | ML            | A-5 (9)    |
| 6  | C-6      | 4+416      | 1.10        | CL            | A-6 (5)    |
| 7  | C-7      | 5+324      | 1.10        | CL            | A-6 (9)    |
| 8  | C-8      | 5+783      | 1.20        | CL            | A-6 (7)    |

*Fuente:* Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 37:** Clasificación SUCS y AASHTO para las calicatas estrato 2

| N° | CALICATA | PROGRESIVA | PROFUNDIDAD | CLASIFICACIÓN |          |
|----|----------|------------|-------------|---------------|----------|
|    |          | (Km)       | (m)         | SUCS          | AASHTO   |
| 1  | C-1      | 0+098      | 1.50        | CL            | A-4 (8)  |
| 2  | C-2      | 0+934      | 1.50        | CL            | A-4 (3)  |
| 3  | C-3      | 1+500      | 1.50        | CL            | A-6 (8)  |
| 4  | C-4      | 2+608      | 1.50        | ML            | A-5 (9)  |
| 5  | C-5      | 3+570      | 1.20        | CL            | A-6 (9)  |
| 6  | C-6      | 4+416      | 1.10        | CL            | A-4 (7)  |
| 7  | C-7      | 5+324      | 1.10        | CL            | A-6 (8)  |
| 8  | C-8      | 5+783      | 1.20        | CL            | A-6 (11) |

*Fuente:* Elaboración Propia, 2018.

### 3.1.4. Contenido de humedad

En la **Tabla n° 38** se muestran los resultados promedios para tres repeticiones del ensayo de contenido de Humedad (NTP 339.127) para los Posteos de los estratos encontrados 1 y 2. Por otro lado, en la **Tabla n° 39** se muestra para las Calicatas estrato 1 y 2.

**Tabla n° 38:** Cuadro de resumen del ensayo de Contenido de Humedad de Posteos para los estratos 1 y 2.

| N° | POSTEO | PROGRESIVA | PROFUNDIDAD | PROMEDIO        | Desviación<br>Estándar | PROMEDIO        | Desviación<br>Estándar |
|----|--------|------------|-------------|-----------------|------------------------|-----------------|------------------------|
|    |        | (Km)       | (m)         | W%<br>Estrato 1 |                        | W%<br>Estrato 2 |                        |
| 1  | P-1    | 0+383      | 1.50        | 18.78           | 0.2252                 | 24.59           | 1.0126                 |
| 2  | P-2    | 1+127      | 1.50        | 21.49           | 1.0001                 | 24.32           | 1.3941                 |
| 3  | P-3    | 2+050      | 1.50        | 29.49           | 0.8765                 | 31.82           | 0.3943                 |
| 4  | P-4    | 2+868      | 1.50        | 24.23           | 0.8864                 | 29.41           | 0.4784                 |
| 5  | P-5    | 3+972      | 1.30        | 23.11           | 1.4486                 | 30.92           | 0.7215                 |
| 6  | P-6    | 5+013      | 1.20        | 27.51           | 1.0289                 | 30.28           | 1.1166                 |
| 7  | P-7    | 5+543      | 1.20        | 26.70           | 0.8368                 | 32.98           | 0.2715                 |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 39:** Cuadro de resumen del ensayo de Contenido de Humedad de Calicatas para los estratos 1 y 2.

| N° | CALICATA | PROGRESIVA | PROFUNDIDAD | PROMEDIO        | Desviación<br>Estándar | PROMEDIO        | Desviación<br>Estándar |
|----|----------|------------|-------------|-----------------|------------------------|-----------------|------------------------|
|    |          | (Km)       | (m)         | W%<br>Estrato 1 |                        | W%<br>Estrato 2 |                        |
| 1  | C-1      | 0+098      | 1.50        | 18.07           | 0.3761                 | 26.96           | 0.3959                 |
| 2  | C-2      | 0+934      | 1.50        | 21.71           | 0.4388                 | 23.29           | 0.9840                 |
| 3  | C-3      | 1+500      | 1.50        | 27.70           | 0.7391                 | 29.23           | 0.9901                 |
| 4  | C-4      | 2+608      | 1.50        | 23.62           | 0.6144                 | 30.96           | 1.2212                 |
| 5  | C-5      | 3+570      | 1.20        | 24.56           | 0.6824                 | 32.64           | 1.0707                 |
| 6  | C-6      | 4+416      | 1.10        | 28.29           | 1.0745                 | 32.05           | 0.5613                 |
| 7  | C-7      | 5+324      | 1.10        | 28.35           | 1.3754                 | 30.89           | 0.8501                 |
| 8  | C-8      | 5+783      | 1.20        | 25.21           | 0.5237                 | 36.65           | 0.4216                 |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

### 3.1.5. Gravedad específica de Sólidos

En la **Tabla n° 40** se muestran los resultados de Gravedad Específica de sólidos (NTP 339.131) de las 7 calicatas.

**Tabla n° 40:** Cuadro de resumen del ensayo de Gravedad Específica de las Calicatas en el estrato 1

| N° | CALICATA | PROGRESIVA | PROFUNDIDAD | Gs   |
|----|----------|------------|-------------|------|
|    |          | (Km)       | (m)         |      |
| 1  | C-1      | 0+098      | 1.50        | 2.73 |
| 2  | C-2      | 0+934      | 1.50        | 2.72 |
| 3  | C-3      | 1+500      | 1.50        | 2.74 |
| 4  | C-4      | 2+608      | 1.50        | 2.78 |
| 5  | C-5      | 3+570      | 1.20        | 2.76 |
| 6  | C-6      | 4+416      | 1.10        | 2.75 |
| 7  | C-8      | 5+783      | 1.20        | 2.75 |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

### 3.1.6. Proctor Modificado

En la **Tabla n° 41** se muestra los resultados del Ensayo de Proctor Modificado (NTP 339.141) en 4 calicatas (C-2, C-4, C-6 y C-8), los cuales son la Máxima Densidad Seca y el Contenido de Humedad Óptimo.

**Tabla n° 41:** Cuadro de resumen del ensayo de Proctor Modificado sin aditivo

| N° | CALICATA | PROGRESIVA | PROFUNDIDAD | MAX.<br>DENSIDAD<br>SECA (gr/ cm <sup>3</sup> ) | CONTENIDO<br>DE<br>HUMEDAD<br>ÓPTIMO<br>% |
|----|----------|------------|-------------|---|---|
|    |          | (Km)       | (m)         |   |   |
| 1  | C-2      | 0+934      | 1.50        | 1.85  | 11.60                                     |
| 2  | C-4      | 2+608      | 1.50        | 1.91  | 12.82                                     |
| 3  | C-6      | 4+416      | 1.10        | 1.98  | 11.60                                     |
| 4  | C-8      | 5+783      | 1.20        | 2.01  | 12.20                                     |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

### 3.1.7. Adición del aditivo PROES Y CONAID: Resultados de Proctor Modificado con la dosificación

La **Tabla n° 42** se muestra los resultados del ensayo de Proctor Modificado con los aditivos PROES (0.35 L/ m<sup>3</sup>) y CONAID (0.05 L/ m<sup>3</sup>) sólo Líquido en las 4 calicatas (C-2, C-4, C-6 y C-8). Asimismo, en la **Tabla n° 43** para los Aditivos Líquidos PROES (0.30 L/ m<sup>3</sup> + 50 kg/m<sup>3</sup>) y CONAID (0.05 L/ m<sup>3</sup> + 50 kg/m<sup>3</sup>) de Cemento Portland Tipo Ms.

**Tabla n° 42:** Cuadro resumen del Ensayo Proctor Modificado acorde a los Aditivos PROES y CONAID sólo Líquido.

| CALICATA PROGRESIVA PARÁMETROS |       |                           | PROES<br>Líquido | CONAID<br>Líquido | % DE<br>DIFERENCIA |
|--------------------------------|-------|---------------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| C-2                            | 0+934 | Máx (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.08             | 2.03              | 2.433              |
|                                |       | Hum. Optima               | 12.10            | 12.00             | 0.830              |
| C-4                            | 2+608 | Máx (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.06             | 2.05              | 0.487              |
|                                |       | Hum. Optima               | 13.98            | 12.5              | 11.178             |
| C-6                            | 4+416 | Máx (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.09             | 2.06              | 1.446              |
|                                |       | Hum. Optima               | 13.60            | 12.23             | 10.608             |
| C-8                            | 5+783 | ρ (gr/cm <sup>3</sup> )   | 2.15             | 2.06              | 4.276              |
|                                |       | Hum. Optima               | 13.10            | 12.00             | 8.765              |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 43:** Cuadro resumen del Ensayo Proctor Modificado acorde a los Aditivos Proes y Conaid con Cemento Portland Tipo MS.

| CALICAT<br>A | PROGRESI<br>VA | PARÁMETR<br>OS            | PROES<br>Líquido +<br>Cemento | CONAID<br>Líquido +<br>Cemento | % DE<br>DIFERENC<br>IA |
|--------------|----------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| C-2          | 0+934          | Máx (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.18                          | 2.10                           | 3.738                  |
|              |                | Hum. Optima               | 13.60                         | 12.90                          | 5.283                  |
| C-4          | 2+608          | Máx (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.22                          | 2.16                           | 2.740                  |
|              |                | Hum. Optima               | 12.95                         | 12.13                          | 6.539                  |
| C-6          | 4+416          | Máx (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.23                          | 2.17                           | 2.727                  |
|              |                | Hum. Optima               | 13.00                         | 12.05                          | 7.585                  |
| C-8          | 5+783          | Máx (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.35                          | 2.30                           | 2.151                  |
|              |                | Hum. Optima               | 11.95                         | 11.90                          | 0.419                  |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

### 3.1.8. Valor Relativo de Soporte (CBR)

En la **Tabla n° 44** se muestra los resultados del ensayo de CBR (NTP 339.145) a partir de 4 calicatas (C-2, C-4, C-6 y C-8) del suelo en estado natural al 95% de Máxima Densidad Seca y a una penetración de carga de 0.1" y 0.2".

**Tabla n° 44:** Cuadro resumen del ensayo CBR sin aditivo

| N° | CALICATA | PROGRESIVA PROFUNDIDAD |      | CBR al 95%<br>M.D.S (0.1") | CBR al 95%<br>M.D.S (0.2") |
|----|----------|------------------------|------|----------------------------|----------------------------|
|    |          | (Km)                   | (m)  |                            |                            |
| 1  | C-2      | 0+934                  | 1.50 | 3                          | 3                          |
| 2  | C-4      | 2+608                  | 1.50 | 3                          | 3                          |
| 3  | C-6      | 4+416                  | 1.10 | 2                          | 2                          |
| 4  | C-8      | 5+783                  | 1.20 | 2                          | 2                          |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

### 3.1.9. Adición del aditivo PROES y CONAID: Resultados de CBR con la dosificación

La **Tabla n° 45** se muestra los resultados del ensayo de CBR con los aditivos PROES (0.35 L/ m<sup>3</sup>) y CONAID (0.05 L/ m<sup>3</sup>) sólo Líquido en las 4 calicatas (C-2, C-4, C-6 y C-8). Asimismo, en la **Tabla n° 46** para los Aditivos Líquidos PROES (0.30 L/ m<sup>3</sup> + 50 kg/m<sup>3</sup>) y CONAID (0.05 L/ m<sup>3</sup> + 50 kg/m<sup>3</sup>).

**Tabla n° 45:** Cuadro de resumen del ensayo de CBR con los Aditivos PROES y CONAID sólo Líquidos.

| CALICATA | PROGRESIVA | ENSAYOS | UNIDAD            | PROES Líquido | CONAID Líquido | % DE DIFERENCIA |
|----------|------------|---------|-------------------|---------------|----------------|-----------------|
| C-2      | 0+934      | CBR     | CBR al 95% a 0.1" | 12.9          | 9              | 35.616          |
|          |            |         | CBR al 95% a 0.2" | 14            | 10             | 34.025          |
| C-4      | 2+608      | CBR     | CBR al 95% a 0.1" | 12            | 10             | 13.575          |
|          |            |         | CBR al 95% a 0.2" | 12            | 12             | 2.490           |
| C-6      | 4+416      | CBR     | CBR al 95% a 0.1" | 12            | 10             | 18.018          |
|          |            |         | CBR al 95% a 0.2" | 14            | 12             | 12.598          |
| C-8      | 5+783      | CBR     | CBR al 95% a 0.1" | 12            | 10             | 17.195          |
|          |            |         | CBR al 95% a 0.2" | 14            | 12             | 18.898          |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.



**Tabla n° 46:** Cuadro de resumen del ensayo de CBR de los Aditivos PROES y CONAID con Cemento Portland Tipo MS

| CALICATA | PROGRESIVA | ENSAYOS | UNIDAD | PROES<br>Líquido +<br>Cemento | CONAID<br>Líquido +<br>Cemento | % DE<br>DIFERENCIA |        |
|----------|------------|---------|--------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------|
| C-2      | 0+934      | CBR     | %      | CBR al 95%<br>a 0.1"          | 49.0                           | 34                 | 36.145 |
|          |            |         |        | CBR al 95%<br>a 0.2"          | 57                             | 39                 | 37.500 |
| C-4      | 2+608      | CBR     | %      | CBR al 95%<br>a 0.1"          | 60                             | 52                 | 14.286 |
|          |            |         |        | CBR al 95%<br>a 0.2"          | 78                             | 62                 | 22.857 |
| C-6      | 4+416      | CBR     | %      | CBR al 95%<br>a 0.1"          | 62                             | 55                 | 11.966 |
|          |            |         |        | CBR al 95%<br>a 0.2"          | 72                             | 63                 | 13.333 |
| C-8      | 5+783      | CBR     | %      | CBR al 95%<br>a 0.1"          | 70                             | 58                 | 18.750 |
|          |            |         |        | CBR al 95%<br>a 0.2"          | 84                             | 75                 | 11.321 |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

### 3.1.10. Compresión Simple no Confinada

En la **Tabla n° 47** se muestra los resultados promedio del ensayo de Compresión Simple no Confinada (NTP 336.167) para las 4 calicatas (C-2, C-4, C-6 y C-8) del suelo sin aditivo.

**Tabla n° 47:** Cuadro de Resumen de los resultados del ensayo de Compresión no confinada sin aditivo.

| N° | CALICATA | UBIC. PROGRESIVA (Km) | UND | VALORES DEL ESFUERZO A COMPRESIÓN | % DE DIFERENCIA |
|----|----------|-----------------------|-----|-----------------------------------|-----------------|
| 1  | C-2      | 0+934                 | kPa | 15.34                             | 4.337           |
|    |          |                       |     | 16.02                             |                 |
|    |          |                       |     | <b>15.68</b>                      |                 |
| 2  | C-4      | 2+608                 | kPa | 15.07                             | 6.919           |
|    |          |                       |     | 16.15                             |                 |
|    |          |                       |     | <b>15.61</b>                      |                 |
| 3  | C-6      | 4+416                 | kPa | 16.53                             | 4.321           |
|    |          |                       |     | 17.26                             |                 |
|    |          |                       |     | <b>16.90</b>                      |                 |
| 4  | C-8      | 5+783                 | kPa | 13.17                             | 8.645           |
|    |          |                       |     | 14.36                             |                 |
|    |          |                       |     | <b>13.77</b>                      |                 |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

### 3.1.11. Adición del aditivo PROES y CONAID: Resultados de Compresión Simple no Confinada con la dosificación

La **Tabla n° 48** se muestra los resultados del ensayo de Compresión Simple no Confinada con los aditivos PROES (0.35 L/ m<sup>3</sup>) y CONAID (0.05 L/ m<sup>3</sup>) sólo Líquido en las 4 calicatas (C-2, C-4, C-6 y C-8). Asimismo, en la **Tabla n° 49** para los Aditivos Líquidos PROES (0.30 L/ m<sup>3</sup> + 50 kg/m<sup>3</sup>) y CONAID (0.05 L/ m<sup>3</sup> + 50 kg/m<sup>3</sup>).

**Tabla n° 48:** Cuadro de Resumen del Ensayo de Compresión Simple no Confinada de los Aditivos sólo Líquidos PROES y CONAID.

| CALICATA | PROGRESIVA | UNIDAD | PROES<br>Líquido | CONAID<br>Líquido | % DE<br>DIFERENCIA |
|----------|------------|--------|------------------|-------------------|--------------------|
| C-2      | 0+934      | kPa    | 59.82            | 54.27             | 9.729              |
|          |            |        | 62.29            | 55.73             | 11.117             |
|          |            |        | <b>61.06</b>     | <b>55.00</b>      | <b>10.435</b>      |
| C-4      | 2+608      | kPa    | 58.5             | 55.82             | 4.689              |
|          |            |        | 59.96            | 57.88             | 3.530              |
|          |            |        | <b>59.23</b>     | <b>56.85</b>      | <b>4.101</b>       |
| C-6      | 4+416      | kPa    | 60.5             | 50.99             | 17.060             |
|          |            |        | 62.02            | 54.67             | 12.597             |
|          |            |        | <b>61.26</b>     | <b>52.83</b>      | <b>14.778</b>      |
| C-8      | 5+783      | kPa    | 63.33            | 57.4              | 9.824              |
|          |            |        | 64.91            | 61.44             | 5.493              |
|          |            |        | <b>64.12</b>     | <b>59.42</b>      | <b>7.609</b>       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 49:** Cuadro de Resumen del Ensayo de Compresión Simple no Confinada de los Aditivos Líquidos PROES y CONAID + Cemento Portland Tipo MS.

| CALICATA | PROGRESIVA | UNIDAD | PROES<br>Líquido +<br>Cemento | CONAID<br>Líquido +<br>Cemento | % DE<br>DIFERENCIA |
|----------|------------|--------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| C-2      | 0+934      | kPa    | 205.91                        | 133.27                         | 49.378             |
|          |            |        | 210.40                        | 138.15                         | 50.467             |
|          |            |        | <b>208.16</b>                 | <b>135.71</b>                  | <b>49.934</b>      |
| C-4      | 2+608      | kPa    | 193.74                        | 124.41                         | 35.180             |
|          |            |        | 198.62                        | 132.02                         | 36.498             |
|          |            |        | <b>196.18</b>                 | <b>128.22</b>                  | <b>35.861</b>      |
| C-6      | 4+416      | kPa    | 195.00                        | 135.96                         | 35.678             |
|          |            |        | 201.19                        | 140.89                         | 35.255             |
|          |            |        | <b>198.10</b>                 | <b>138.43</b>                  | <b>35.463</b>      |
| C-8      | 5+783      | kPa    | 200.39                        | 134.27                         | 39.515             |
|          |            |        | 208.64                        | 138.84                         | 40.175             |
|          |            |        | <b>204.52</b>                 | <b>136.56</b>                  | <b>39.851</b>      |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

### 3.1.12. Análisis Químico por medio del Análisis de EDS (ESPECTROSCOPIA DE DISPERSIÓN DE ENERGÍA DE RAYOS X)

- De acuerdo a la **Tabla n° 50**, se ha considerado tomar el suelo natural de la Calicata n° 3 ubicada en el km 1+500 para el análisis de este ensayo. Se realizó la mezcla del suelo natural con aditivo PROES + Cemento y CONAID + Cemento siendo estas las más favorables en los ensayos de CBR y Compresión no Confinada.

**Tabla n° 50:** Análisis de EDS

| ELEMENTO     | ÓXIDO                          | % ÓXIDO       |                       |                        |
|--------------|--------------------------------|---------------|-----------------------|------------------------|
|              |                                | SUELO NATURAL | SUELO +PROES+ CEMENTO | SUELO +CONAID+ CEMENTO |
| C            | CO <sub>2</sub>                | 29.79         | 32.21                 | 53.65                  |
| O            |                                |               |                       |                        |
| Na           | Na <sub>2</sub> O              | 1.33          | 1.07                  | 0.85                   |
| Mg           | MgO                            | 1.75          | 1.71                  | 1.45                   |
| Al           | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 15.7          | 15.38                 | 10.88                  |
| Si           | SiO <sub>2</sub>               | 40.54         | 39.65                 | 25.87                  |
| K            | K <sub>2</sub> O               | 1.25          | 1.31                  | 0.97                   |
| Ca           | CaO                            | 1.6           | 2.15                  | 1.54                   |
| Ti           | TiO <sub>2</sub>               | 0.72          | 0.59                  | 0.46                   |
| Mn           | MnO                            | 0.19          | 0.15                  | -                      |
| Fe           | FeO                            | 7.13          | 5.78                  | 4.33                   |
| <b>Total</b> |                                | 100           | 100                   | 100                    |

*Fuente:* Universidad Nacional de Trujillo

*Elaboración:* Laboratorio de Cerámicos y Suelos

### 3.1.13. Resultados estadísticos del análisis de datos

*Tabla n° 51: Prueba de Normalidad Aditivos Líquidos*

| Pruebas de normalidad |              |    |      |
|-----------------------|--------------|----|------|
|                       | Shapiro-Wilk |    |      |
|                       | Estadístico  | gl | Sig. |
| Suelo natural         | .665         | 8  | .001 |
| PROES_líquido         | .736         | 8  | .006 |
| PROES_cemento         | .793         | 8  | .024 |
| CONAID_líquido        | .981         | 8  | .969 |
| CONAID_cemento        | .960         | 8  | .806 |

*Fuente:* Software Estadístico SPSS v 23.0

*Tabla n° 52: Análisis de Varianza (ANOVA) de Aditivos Líquidos*

| ANOVA   |                    | Suma de cuadrados | gl        | Media cuadrática | F       | Sig. |
|---------|--------------------|-------------------|-----------|------------------|---------|------|
| Líquido | Grupos             | 476.583           | 2         | 238.292          | 266.887 | .000 |
|         | Error experimental | 18.750            | 21        | .893             |         |      |
|         | <b>Total</b>       | <b>495.333</b>    | <b>23</b> |                  |         |      |

*Fuente:* Software Estadístico SPSS v 23.0

*Tabla n° 53: Prueba de Tukey de Aditivos Líquidos*

| Líquido                |   |                              |              |              |
|------------------------|---|------------------------------|--------------|--------------|
| HSD Tukey <sup>a</sup> |   |                              |              |              |
| Grupo                  | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |              |              |
|                        |   | 1                            | 2            | 3            |
| Suelo Natural          | 8 | 2.5000                       |              |              |
| CONAID                 | 8 |                              | 10.6250      |              |
| PROES                  | 8 |                              |              | 12.8750      |
| <b>Sig.</b>            |   | <b>1.000</b>                 | <b>1.000</b> | <b>1.000</b> |

*Fuente:* Software Estadístico SPSS v 23.0

**Tabla n° 54:** Comparaciones Múltiples de Aditivos Líquidos

| Comparaciones múltiples |               |               |                            |                |      |                               |                 |
|-------------------------|---------------|---------------|----------------------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| HSD Tukey               |               |               |                            |                |      |                               |                 |
| Variable dependiente    |               |               | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | 95% de intervalo de confianza |                 |
|                         |               |               |                            |                |      | Límite inferior               | Límite superior |
| Líquido                 | Suelo Natural | PROES         | -10,37500*                 | .47246         | .000 | -11.5659                      | -9.1841         |
|                         |               | CONAID        | -8,12500*                  | .47246         | .000 | -9.3159                       | -6.9341         |
|                         | PROES         | Suelo Natural | 10,37500*                  | .47246         | .000 | 9.1841                        | 11.5659         |
|                         |               | CONAID        | 2,25000*                   | .47246         | .000 | 1.0591                        | 3.4409          |
|                         | CONAID        | Suelo Natural | 8,12500*                   | .47246         | .000 | 6.9341                        | 9.3159          |
|                         |               | PROES         | -2,25000*                  | .47246         | .000 | -3.4409                       | -1.0591         |

**Fuente:** Software Estadístico SPSS v 23.0

**Tabla n° 55:** Análisis de Varianza (ANOVA) de Aditivos Líquidos + Cemento

| ANOVA   |                    | Suma de cuadrados | gl        | Media cuadrática | F      | Sig. |
|---------|--------------------|-------------------|-----------|------------------|--------|------|
| Cemento | Grupos             | 18571.000         | 2         | 9285.500         | 89.880 | .000 |
|         | Error experimental | 2169.500          | 21        | 103.310          |        |      |
|         | <b>Total</b>       | <b>20740.500</b>  | <b>23</b> |                  |        |      |

**Fuente:** Software Estadístico SPSS v 23.0

**Tabla n° 56:** Homogeneidad de Varianzas de Aditivos Líquidos + Cemento

|          |                                | Prueba de Levene de calidad de varianzas |      |
|----------|--------------------------------|--|------|
|          |                                | F  | Sig. |
| VAR00001 | Se asumen varianzas iguales    | .008                                     | .930 |
|          | No se asumen varianzas iguales |  |      |

**Fuente:** Software Estadístico SPSS v 23.0

**Tabla n° 57:** Prueba de Tukey de Aditivos Líquidos + Cemento

| Cemento                |   |                              |              |
|------------------------|---|------------------------------|--------------|
| HSD Tukey <sup>a</sup> |   |                              |              |
| Grupo                  | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |              |
|                        |   | 1                            | 2            |
| Suelo Natural          | 8 | 2.5000                       |              |
| CONAID                 | 8 |                              | 54.7500      |
| PROES                  | 8 |                              | 66.5         |
| <b>Sig.</b>            |   | <b>1.000</b>                 | <b>0.076</b> |

**Fuente:** Software Estadístico SPSS v 23.0

**Tabla n° 58:** Comparaciones Múltiples de Aditivos Líquidos + Cemento

| Comparaciones múltiples |               |               |                            |                |      |                               |                 |
|-------------------------|---------------|---------------|----------------------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| HSD Tukey               |               |               |                            |                |      |                               |                 |
| Variable dependiente    |               |               | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | 95% de intervalo de confianza |                 |
|                         |               |               |                            |                |      | Límite inferior               | Límite superior |
| Cemento                 | Suelo Natural | PROES         | -64,00000 *                | 5.08206        | .000 | -76.8097                      | -51.1903        |
|                         |               | CONAID        | -52,25000 *                | 5.08206        | .000 | -65.0597                      | -39.4403        |
|                         | PROES         | Suelo Natural | 64,00000 *                 | 5.08206        | .000 | 51.1903                       | 76.8097         |
|                         |               | CONAID        | 11.75000                   | 5.08206        | .076 | -1.0597                       | 24.5597         |
|                         | CONAID        | Suelo Natural | 52,25000 *                 | 5.08206        | .000 | 39.4403                       | 65.0597         |
|                         |               | PROES         | -11.75000                  | 5.08206        | .076 | -24.5597                      | 1.0597          |

**Fuente:** Software Estadístico SPSS v 23.0

## CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

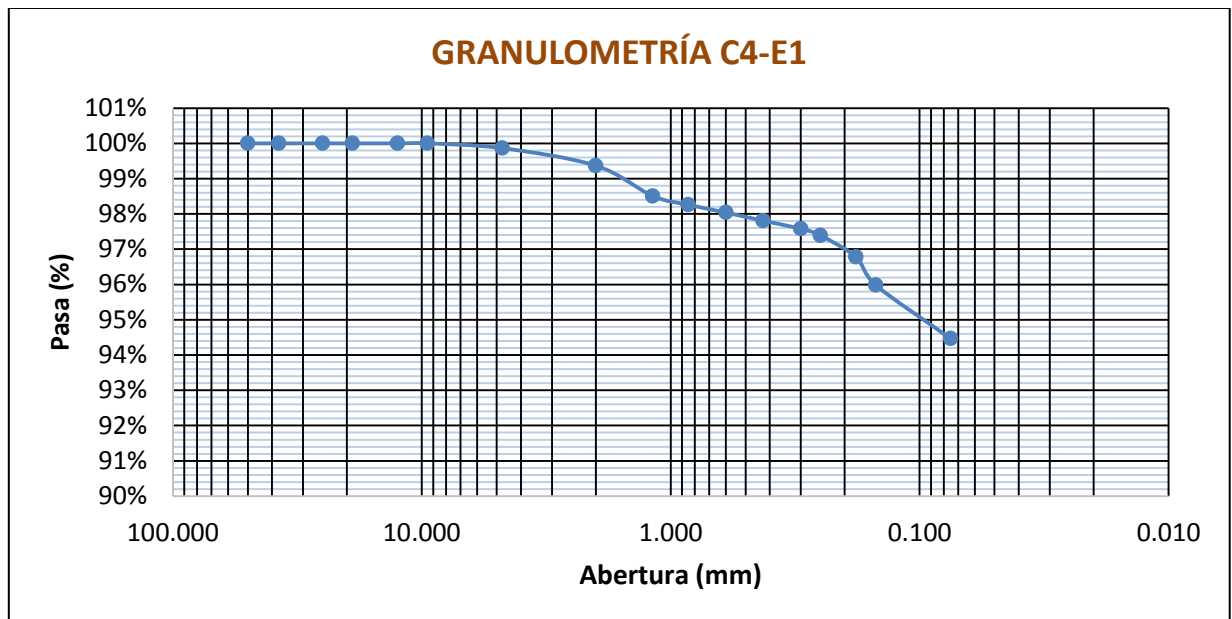
### 4.1. Discusión

#### 4.1.1. Análisis Granulometría por tamizado.

La granulometría es indispensable para la clasificación de un suelo, ya que nos da la distribución de tamaños de partículas del suelo.

Los estudios de granulometría para la vía del centro poblado de Barraza se llevaron a cabo utilizando las muestras de los posteos y calicatas en los estratos 1 a una profundidad de 1 m y en el estrato 2 a 1.50m aproximadamente.

En las **Tabla n° 25 y 26** se puede observar que el porcentaje de suelo que pasa por la malla n° 200 es mayor al 50% para los 7 posteos en los estratos 1 y 2. Por otro lado, en las **Tabla n° 27 y 28** el porcentaje de finos pasa más del 50% para las 8 calicatas en los estratos 1 y 2. Por ejemplo, para la calicata 4 del estrato 1 el porcentaje de suelo que pasa por la malla n° 200 es 94.46% (ver **Figura n°.30**)



**Figura n°. 30:** Curva Granulométrica de la calicata 4 estrato 1

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

Para poder clasificar el suelo según SUCS y AASHTO necesitamos los límites de plasticidad del suelo.



#### 4.1.2. Límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP)

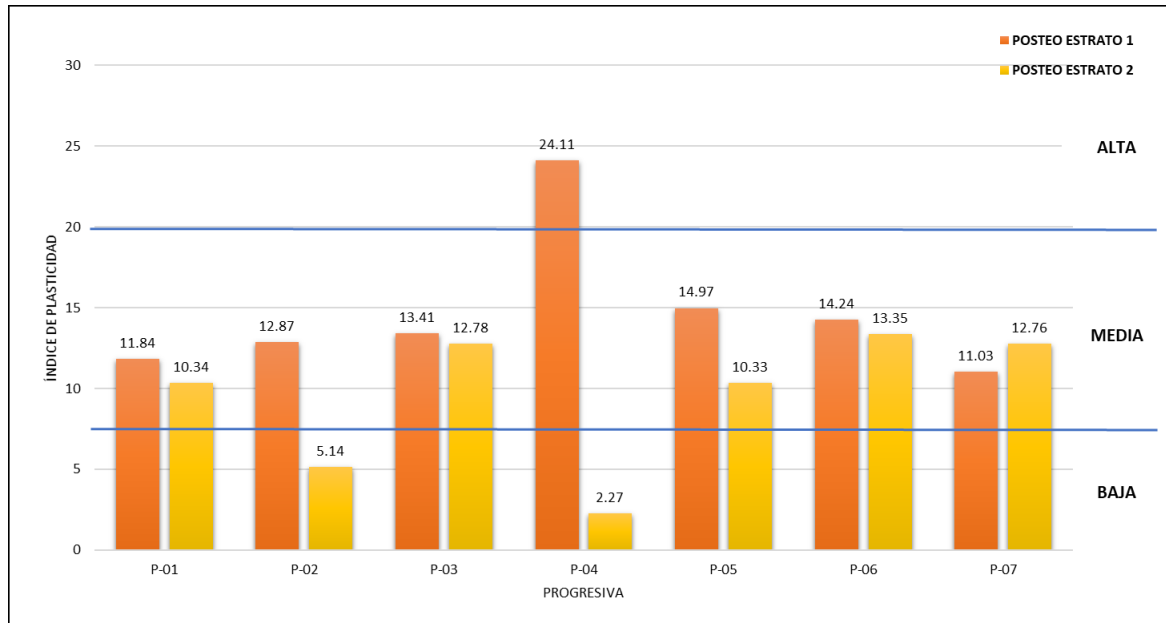
En las **Tablas n° 29 y 30** se muestran los resultados de los Límites de Atterberg (Límite Líquido, Límite Plástico) y la diferencia de estos dos, el Índice de Plasticidad. Para los 7 postes de los estratos 1 y 2, respectivamente. Como puede observarse en el estrato 1, el P-4 es la que presenta el mayor índice de plasticidad siendo 24.11%, indicando que es el tramo más desfavorable en términos de las propiedades mecánicas (ver **Tabla n° 29**). Lo mismo ocurre con el P-6 del estrato 2. (ver **Tabla n° 30**).

En las **Tabla n°31 y 32** se muestran los resultados de los Límites de Atterberg (Límite Líquido, Límite Plástico) y la diferencia de estos dos, el Índice de Plasticidad. Para las 8 calicatas de los estratos 1 y 2, respectivamente. Como puede observarse en el estrato 1 la C-4 es la que presenta el mayor índice de plasticidad siendo 23.91%, indicando que es el tramo más desfavorable en términos de las propiedades mecánicas (ver **Tabla n° 31**). Lo mismo ocurre con la C-5 del estrato 2. (ver **Tabla n° 32**).

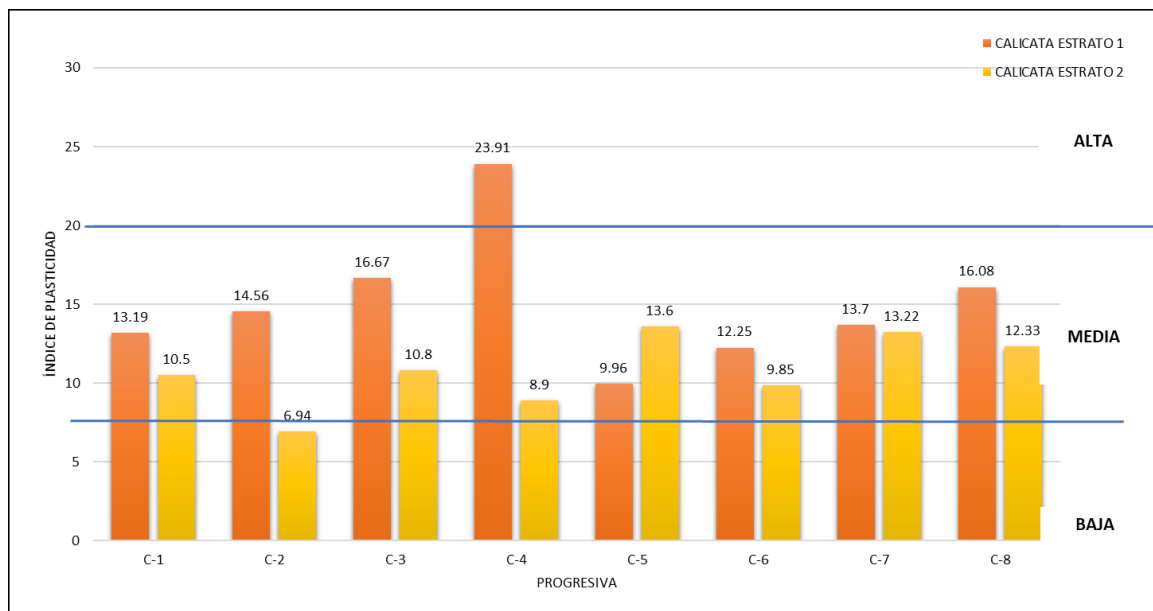
En la **Figura n° 31 y 32**, se muestra el Índice de Plasticidad de los postes y calicatas estrato 1 y 2 de acuerdo a la Figura n°05.

El Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos, indica que un  $IP > 20$ ,  $IP \leq 20$  y  $IP > 7$ ,  $IP < 7$ ,  $IP=0$ , corresponde a un suelo con una plasticidad alta (suelos muy arcillosos), media (suelos arcillosos), baja (suelos poco arcillosos plasticidad) y No Plástico (NP) (suelos exentos de arcilla), respectivamente.

De acuerdo a las **Figuras n° 32 y 33** los resultados demuestran que para el estrato 1 se tiene una plasticidad de media a alta. Sin embargo, para el estrato 2 se tiene una plasticidad de baja a media.



**Figura n°. 31:** Análisis de resultados del Índice de Plasticidad para Posteos

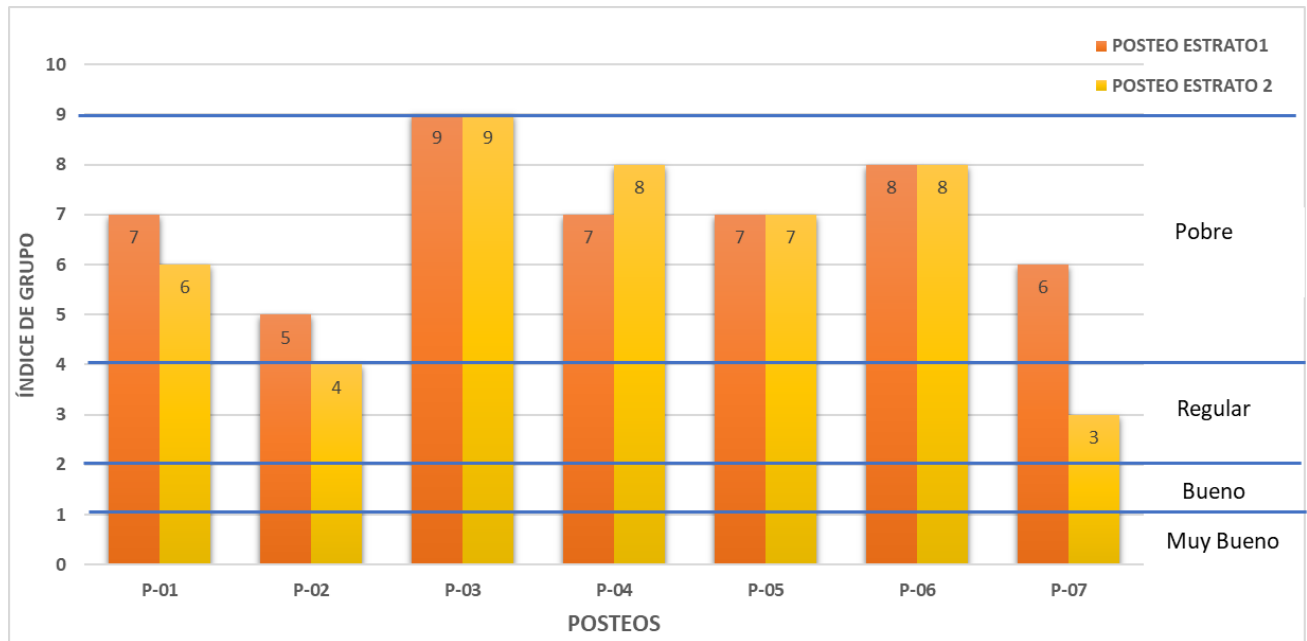


**Figura n°. 32:** Análisis de resultados del Índice de Plasticidad para Calicatas

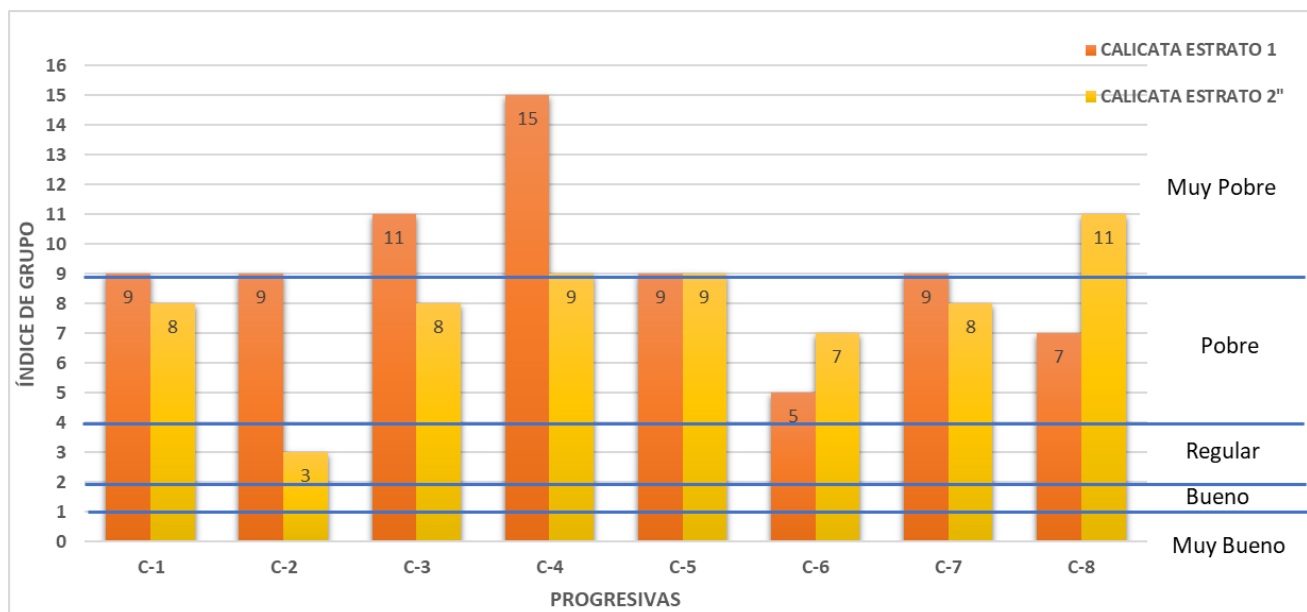
Además, el índice de grupo fue calculado para la Clasificación AASHTO. En las **Figuras n° 34 y 35** para los estratos 1, se tiene un índice de grupo de pobre a muy pobre, y para los estratos 2, se tiene un índice de grupo de regular a muy pobre.

Los resultados obtenidos según índice de grupo dado por el Ministerio de Transporte (MTC 2013), el IG está en el rango de 2 a 4 obteniéndose un suelo de subrasante regular,

del rango de 4 a 9 es un suelo pobre y mayor a 9 es un suelo de subrasante muy pobre, las muestras de suelo en las calicatas se encuentran en el rango de Regular a Muy Pobre y para el caso de los posteos de regular a pobre, es decir que estos suelos son deficientes para carreteras.



**Figura n°. 33** Análisis de resultados del Índice de Grupo de los Posteos. Clasificación AASHTO



**Figura n°. 34:** Análisis de resultados del Índice de Grupo de las Calicatas. Clasificación AASHTO

#### 4.1.3. Clasificación SUCS y AASHTO

Según la clasificación SUCS para un porcentaje mayor a 50% que pase por la malla n°200 son suelos finos y según AASHTO para un porcentaje mayor a 35% se tienen los grupos A-4, A-5, A-6, A-7, A-7-5, A-7-6, teniendo tipo de material suelo limo- arcilloso cuya clasificación va de regular a malo.

En base a los resultados obtenidos de los suelos de la vía de Barraza, Laredo para el método SUCS, son tipo CL en el estrato 1 (ver **Tablas n° 34 y 36**), lo cual indica que se tiene una arcilla de baja plasticidad. Por otro lado, para el estrato 2 según el método SUCS se tiene CL y ML (ver **Tablas n° 35 y 37**), lo cual indica que son arcillas de baja plasticidad y limos de baja plasticidad.

Según el método de clasificación AASHTO, el estrato 1 se encuentra dentro del grupo, A-5, A-6 y A-7-6, lo cual indican un suelo tipo arcilloso (ver **Tablas 34 y 36**). Además, para el estrato 2 se encuentran en el grupo A-4, A-5, A-6 lo que indica que se tiene un suelo tipo limo- arcilloso (ver **Tablas n° 35 y 37**).

Para confirmar el tipo de suelo en el estrato 1 se realizó la prueba de Análisis Granulométrico por Hidrómetro (ver **Tabla n° 33**). En base a SUCS el tamaño máximo de la arcilla es menor 0.002 y Limo de 0.002 a 0.075 mm. Para AASHTO, el diámetro máximo de la arcilla es de 0.005mm y el mínimo 0.001 mm y el limo tiene de 0.005 mm a 0.075 mm. Como puede observarse en la **Tabla n° 33** los diámetros para todas las calicatas van desde 0.00111mm hasta 0.00130mm, lo cual demuestra que se tiene suelo arcilloso en el estrato 1.

#### 4.1.4. Contenido de Humedad

Este ensayo tiene por finalidad determinar el contenido de humedad que presenta una muestra de suelo debido a, que la resistencia de los suelos de subrasante se encuentra asociada con las condiciones de humedad y la densidad que estos suelos presenten. Esta cantidad de agua junto con la cantidad de aire explica el comportamiento del suelo, especialmente cuando el suelo es fino, al tener cambios volumétricos, cohesión y estabilidad mecánica. Lo cual es importante ya que podemos analizar el suelo en estado natural antes de estabilizarlo. Esta humedad puede ser comparada con la humedad óptima que se obtendrá en los ensayos de Proctor Modificado. Si la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima se tiene que proponer la compactación normal del suelo y

una cantidad de agua conveniente, si la humedad natural es superior a la humedad óptima se deberá aumentar la energía de compactación, airear el suelo, o reemplazar el material saturado (Ministerio de Transportes, 2013). En el presente trabajo se tienen los valores del Proctor Modificado de la Máxima Densidad Seca y el Contenido de Humedad Óptimo las cuales son para las C-2, C-4, C-6 y C-8, siendo este porcentaje de humedad (11.60%, 12.82%, 11.60%, 12.20%).

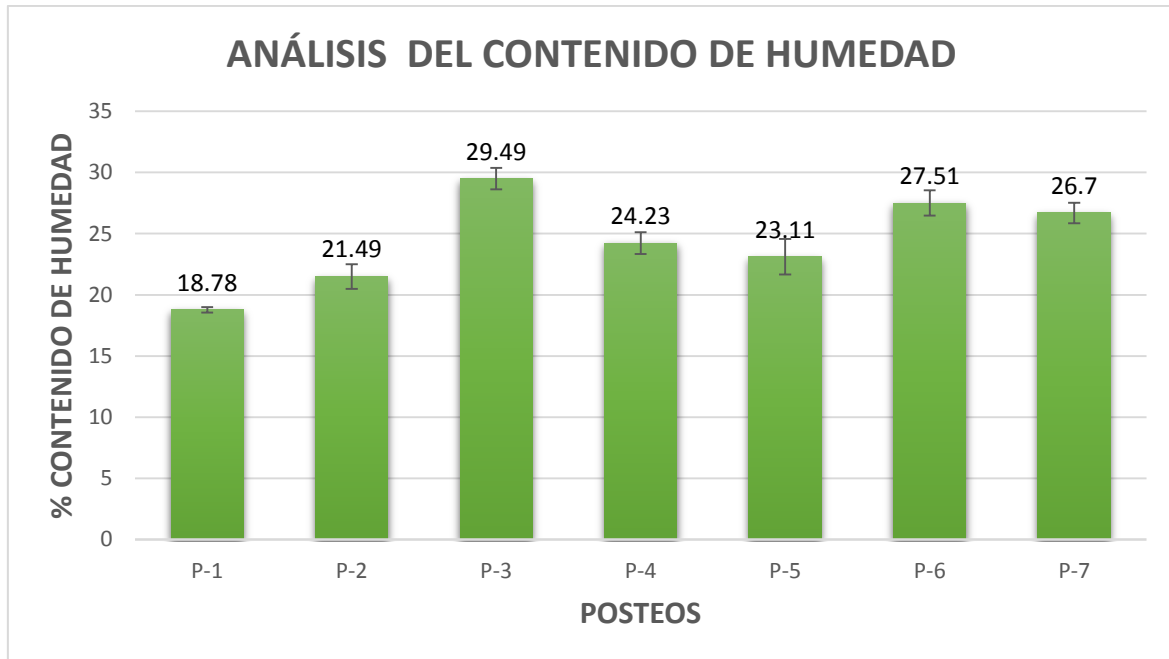
En esta investigación, se determinó el contenido de humedad mediante tres repeticiones de los 7 posteos y 8 calicatas. En las **Figuras n° 35 y 37** se muestran los valores promedios del contenido de humedad de los posteos y calicatas del estrato 1, lo cual presenta un porcentaje de contenido de humedad mínimo de 18.78% en el P- 1 y un máximo de 29.49% en el P-3. Para las calicatas presenta un porcentaje de humedad mínimo de 18.07% en la C-1 y un máximo de 28.35% en la C-7. Asimismo, en las **Figuras n° 36 y 38** se muestran los valores promedios del contenido de humedad de los posteos y calicatas del estrato 2, lo cual presenta un porcentaje de contenido de humedad mínimo de 24.32% en el P-2 y un máximo de 32.98% en el P-7. Para las calicatas presenta un porcentaje de humedad mínimo de 23.29% en la C-2 y un máximo de 36.65% en la C-8. Estos datos permiten conocer la cantidad de agua por cada unidad de masa del suelo seco.

Castillo (2018), dentro de su investigación en la carretera Calamarca – Huaso, encontró un suelo limo- arcilloso que presenta contenidos de humedad entre el 4% y 7%, lo cual demuestra que no todos los suelos limo-arcillosos presentan similares contenidos de humedad. Cabe resaltar que los porcentajes de contenido de humedad obtenidos en el presente trabajo son mayores a los presentados por Castillo (2018).

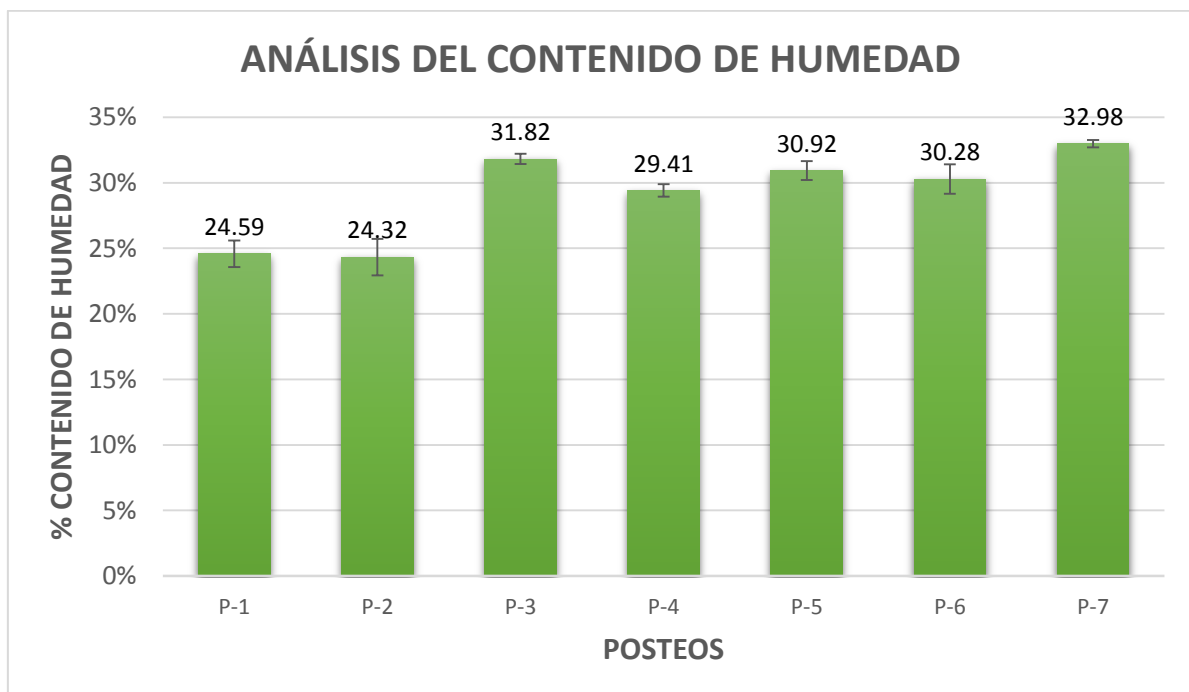
La vía estudiada en este trabajo presenta un alto contenido de humedad del suelo debido a la existencia de un canal que recorre ciertos tramos de la misma pasando cerca de la calicata 3. Este canal tiene una profundidad de 1.20 m aproximadamente, como se muestra en el plano de ubicación de calicatas en el **Apéndice n°03**. Debido a la presencia de vacíos en el suelo arcilloso, el agua del canal se filtra y aumenta el contenido de humedad del suelo.

Esto es confirmado por el aumento significativo del porcentaje de contenido de humedad para los posteos P-1 y P-3 y para calicatas C-1 y C-7 en el estrato 1. Asimismo, el

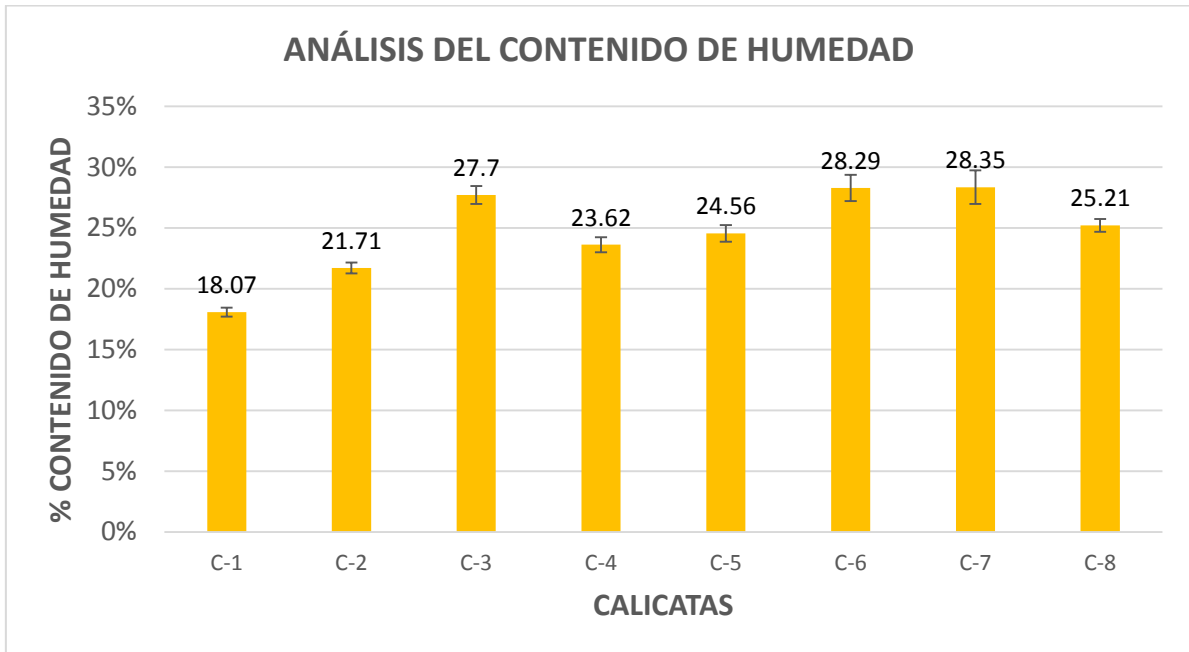
aumento significativo del porcentaje de contenido de humedad para los posteos P-2 y P-7  
 y para las calicatas C-2 y C-8 en el estrato 2.



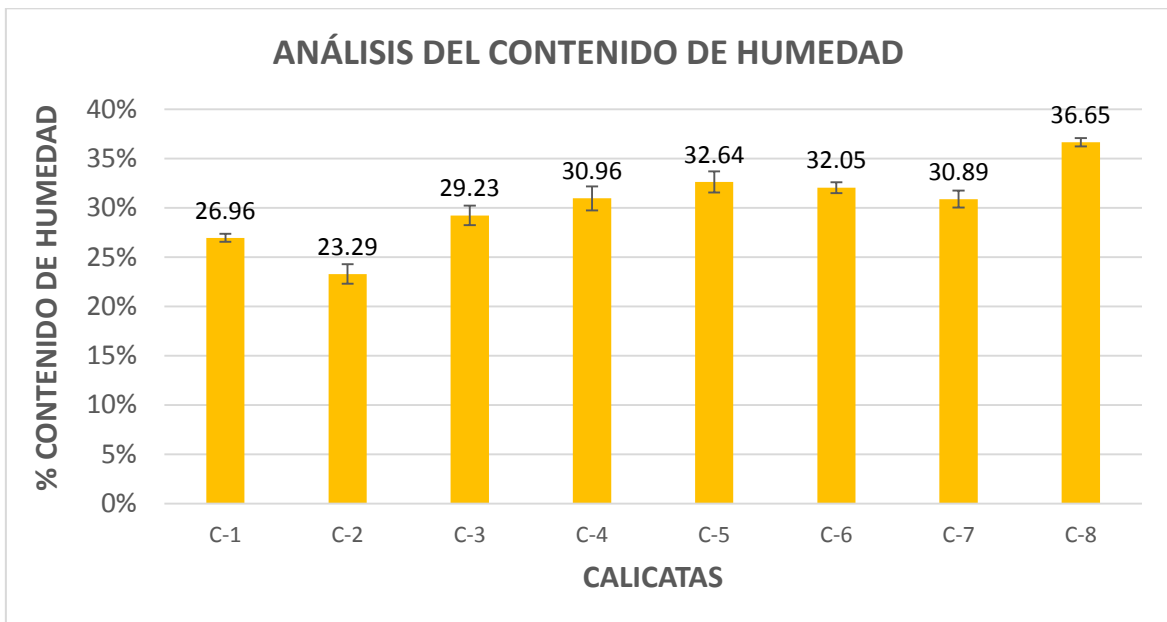
*Figura n°. 35: Contenido de Humedad para Posteos Estrato 1.*



*Figura n°. 36: Contenido de Humedad para Posteos Estrato 2.*



*Figura n°. 37: Contenido de Humedad para Calicatas Estrato 1.*

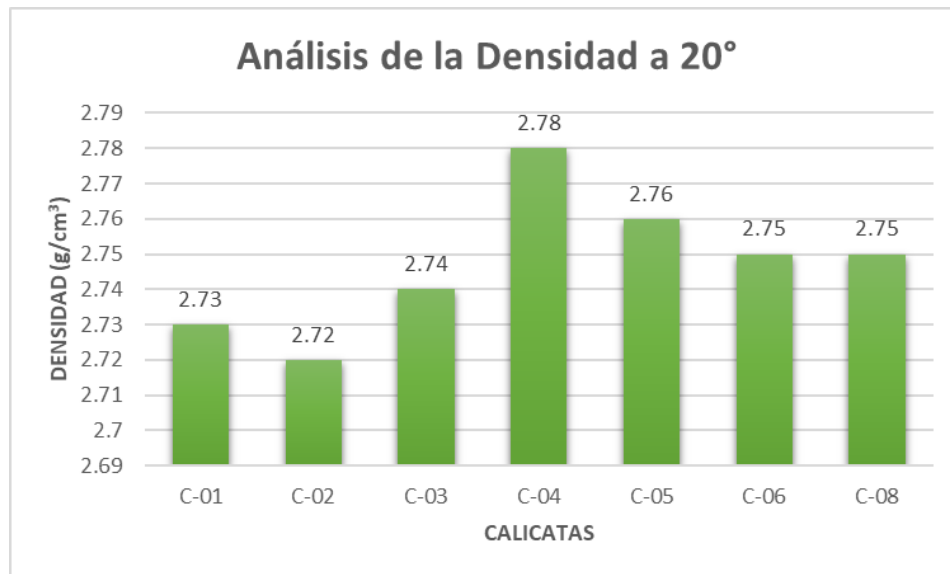


*Figura n°. 38: Contenido de Humedad para Calicatas Estrato 2.*

#### 4.1.5. Gravedad específica de los Sólidos

La gravedad específica de los sólidos se utiliza para determinar las propiedades del suelo. Este ensayo debe realizarse antes de hacer el ensayo de hidrometría, porque el valor de la gravedad específica es un dato de entrada para el ensayo.

En la **Tabla n°40**, se muestran los resultados del ensayo de gravedad específica. Podemos notar que la gravedad específica varía entre el valor de 2.72 a 2.78. En la **Figura n° 39** se muestra la densidad para diferentes calicatas a 20°C, teniendo la mayor densidad en la calicata 4, lo cual sugiere que el suelo en ese tramo se encuentra más compactado que las demás.



**Figura n°. 39:** Densidad a una Temperatura de 20°.

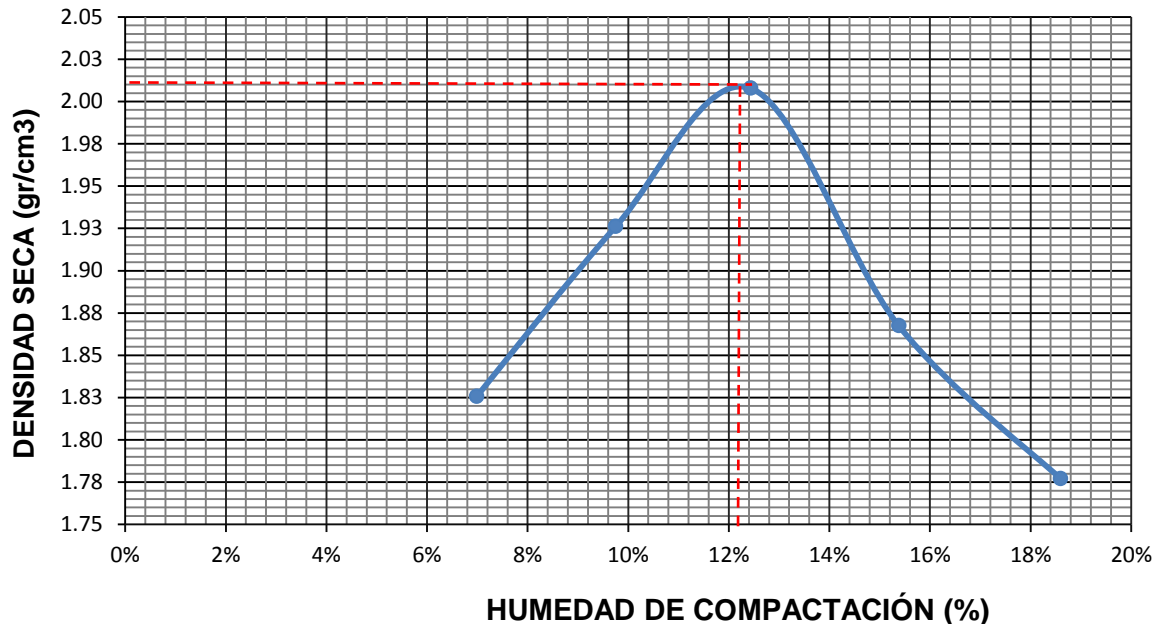
#### 4.1.6. Proctor Modificado

La compactación de suelos es importante en los proyectos con fines de pavimentación para obtener propiedades satisfactorias como es la resistencia al esfuerzo de corte. Estos ensayos de compactación en laboratorio se realizan previamente a la ejecución de un proyecto vial como base para determinar el porcentaje de compactación y contenido de humedad requerido en este.

En la **Tabla n° 41** se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de Proctor Modificado (NTP 339.141) utilizando el método “A”, ya que el porcentaje retenido en la malla n° 4 fue menor al 20%. Para este ensayo se tomaron 4 de las 8 calicatas. En este ensayo, se estableció la correlación entre humedad y densidad seca del suelo compactado obteniendo en la calicata n° 8 el valor más alto de la máxima densidad seca siendo 2.01 g/cm<sup>3</sup> (ver **Figura n° 40**). El contenido de humedad óptimo fue de 12.20%, el cual es menor que el rango de valores obtenidos del suelo natural (ver **Tabla n° 41**). Debido al



alto contenido de humedad el suelo natural no alcanzaría la máxima compactación posible.



*Figura n°. 40: Curva de Proctor Modificado de la calicata 8.*

*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

#### 4.1.7. Proctor Modificado para el suelo con los aditivos PROES Y CONAID.

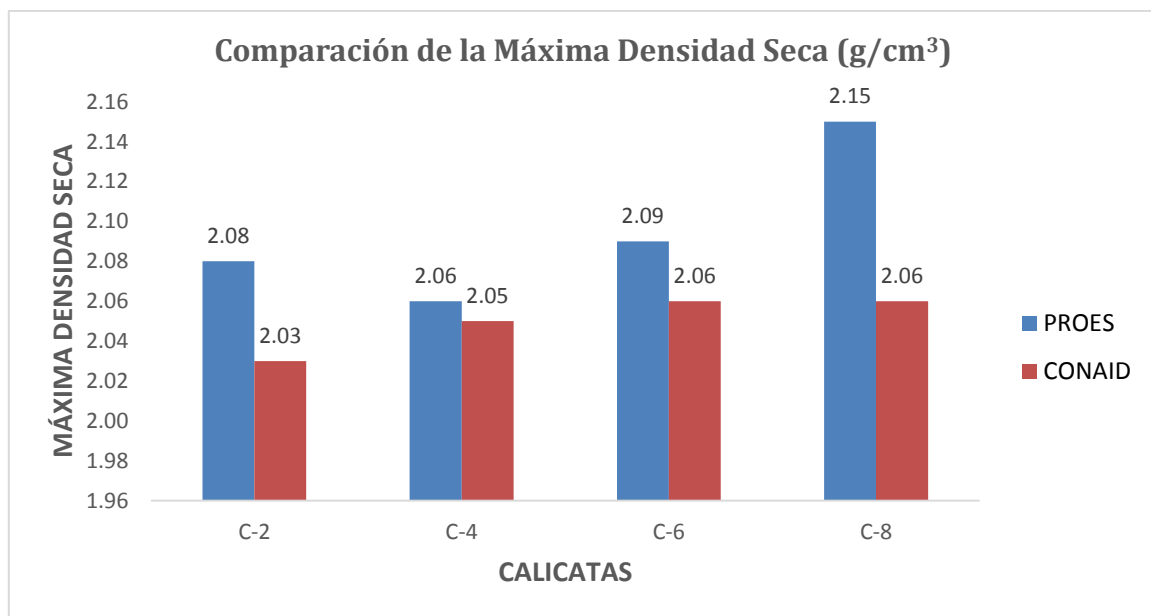
El Ensayo de Proctor Modificado es el que obtiene mejores resultados en comparación con el ensayo Proctor Estándar, debido al aumento de energía en la compactación.

La densidad seca después de la compactación se incrementa conforme aumenta el contenido de agua. Si el contenido de agua incrementa más del óptimo se reduce la densidad seca, debido a que el agua ocupa los espacios vacíos.

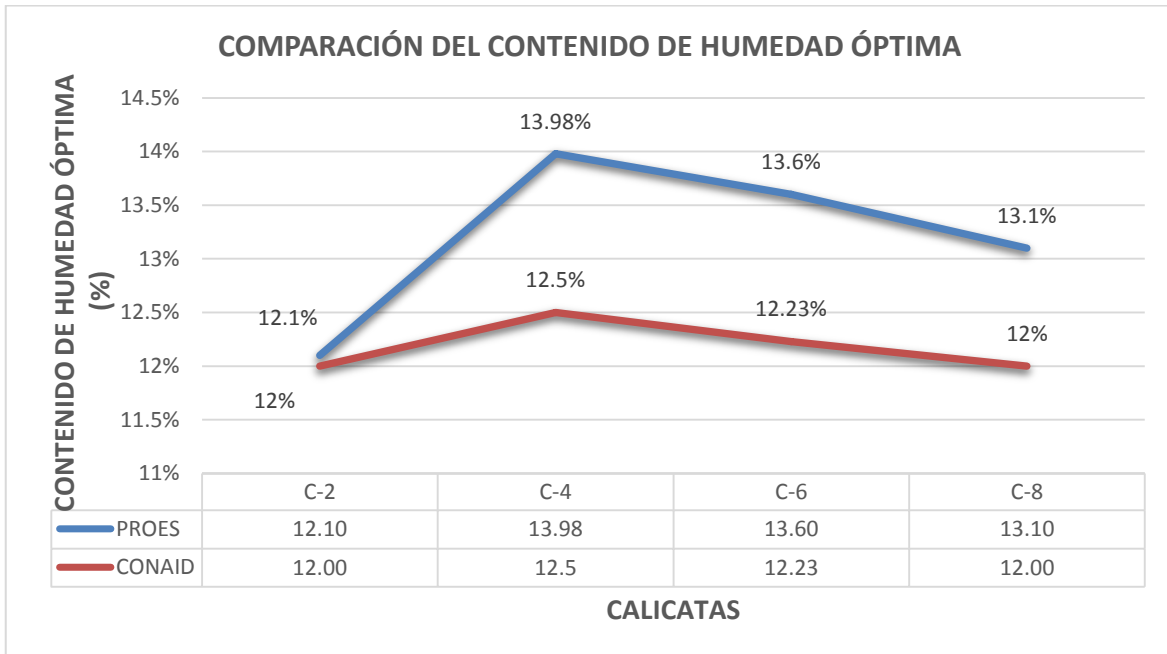
Los resultados en la **Tabla n° 42** demuestran que la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad para el aditivo líquido PROES ( $0.35 \text{ L/m}^3$ ) es mayor que para el aditivo CONAID ( $0.05 \text{ L/m}^3$ ) en todas las calicatas estudiadas. Por otro lado, se muestra en la **Tabla n°43** la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad para los aditivos PROES ( $0.35 \text{ L/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$ ) y CONAID ( $0.05 \text{ L/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$ ) con la adición de Cemento Portland Tipo Ms, estos valores son referencia para controlar el CBR sólo con aditivos líquidos y con la incorporación de estos con cemento.

La **Figura n°41** se muestra la comparación de la máxima densidad seca de los aditivos líquidos PROES y CONAID, se nota la diferencia que existe entre los dos aditivos en las diferentes calicatas. Además de ello, teniendo un porcentaje de diferencia desde 0.487 hasta 4.276 g/cm<sup>3</sup> porque se tiene el mismo tipo de suelo. De igual manera la **Figura n°42** muestra la comparación de los contenidos de humedad óptima de los aditivos líquidos PROES y CONAID, donde se muestra que la humedad varía desde 0.830 hasta 11.178%. Asimismo, para las dosificaciones del aditivo PROES y CONAID con la incorporación del Cemento Portland Tipo Ms como se indica en la **Figura n°43** acerca de la máxima densidad seca se tiene un porcentaje de diferencia de 2.151 hasta 3.738 g/cm<sup>3</sup> y en la **Figura n°44** el porcentaje de diferencia del contenido de humedad óptima varía desde 0.419 hasta 7.585%.

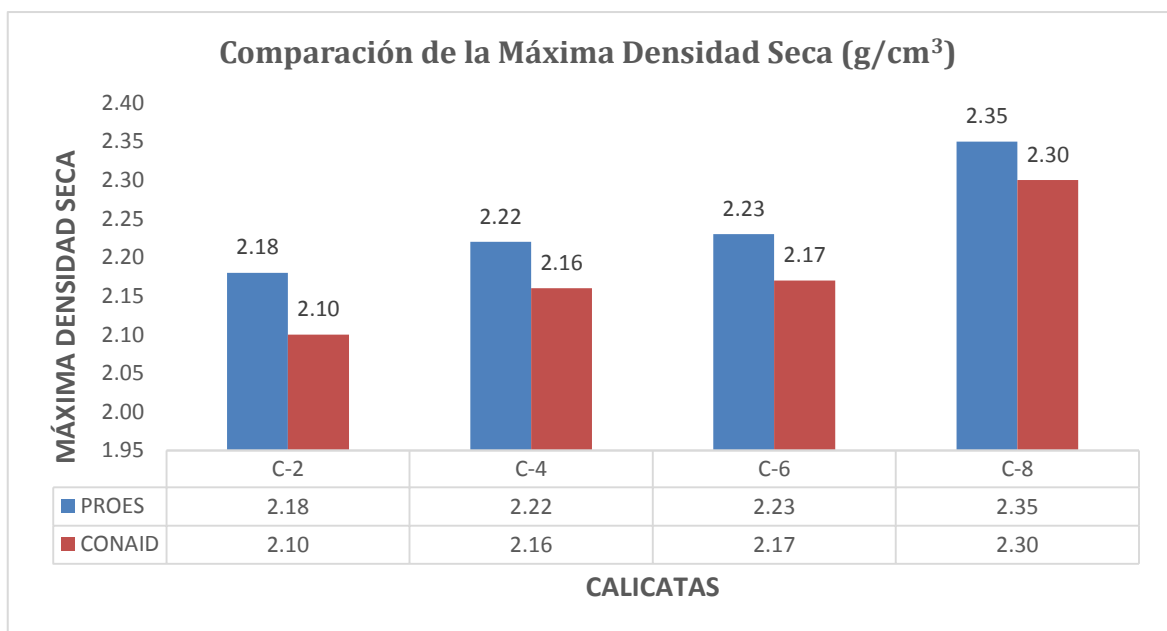
Se escogió el cemento ya que es un aglomerante que aumenta la resistencia y disminuyendo la plasticidad del suelo. Cabe resaltar que los suelos de Limo o Arcilla requieren un mayor porcentaje de cemento para lograr los resultados esperados (De la Cruz y Salcedo, 2016).



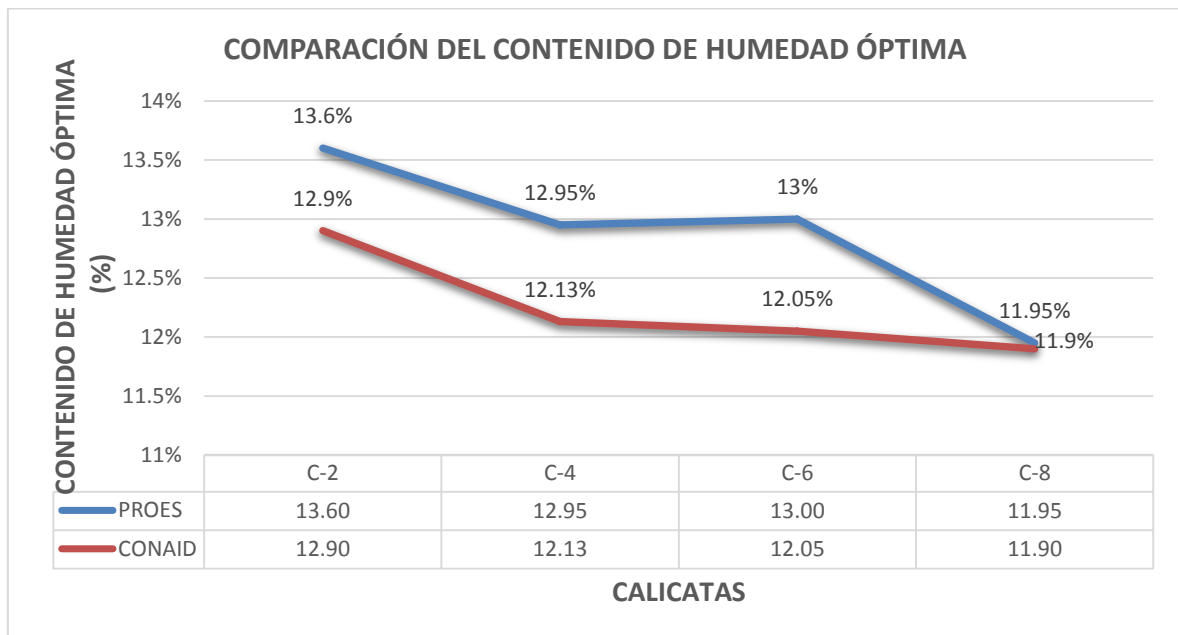
**Figura n°. 41:** Comparación de la Máxima Densidad Seca entre los aditivos PROES y CONAID.



**Figura n°. 42:** Comparación del Contenido de Humedad Óptima de los aditivos PROES y CONAID sólo Líquidos



**Figura n°. 43:** Comparación de la Máxima Densidad Seca entre los aditivos PROES y CONAID + Cemento Portland Tipo MS



**Figura n° 44:** Comparación del Contenido de Humedad Óptima de los aditivos PROES y CONAID Líquido + Cemento Portland Tipo MS.

#### 4.1.8. Relación de Soporte California (CBR)

El ensayo de CBR se mide la resistencia al corte de un suelo bajo las condiciones de humedad y densidad controladas.

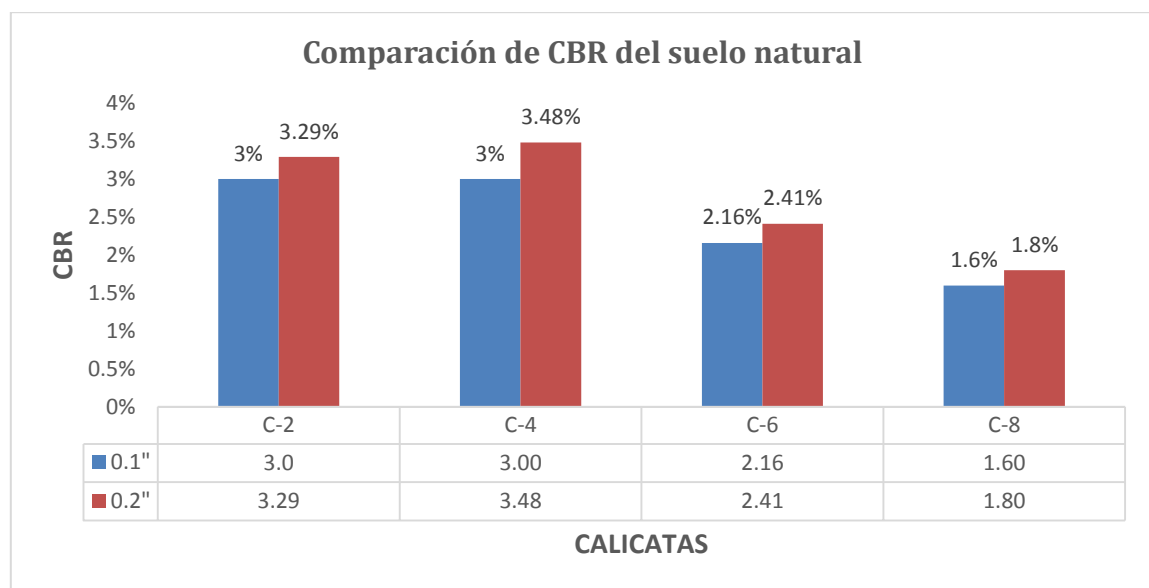
Según el Manual de Carreteras (2013) el porcentaje de CBR es el valor de soporte o resistencia del suelo que está referida a una penetración de 2.54mm (0.1”) para el diseño de la subrasante.

En la **Tabla n° 44** el ensayo de CBR se realizó al 95% de máxima densidad seca, para garantizar las propiedades óptimas buscadas. Se realizó el ensayo de CBR bajo la NTP 339.145 a las calicatas n° 2, 4, 6 y 8 que tienen como progresiva los kilómetros 0+934, 2+608, 4+416, 5+783, obteniendo como resultados.

En la **Figura n° 45** se tomaron los valores en 0.1” de la penetración de carga donde la C-2 y C-4 presenta un CBR de 3%, seguidamente en la C-6 presenta un 2.16% y en la C-8 siendo el más bajo presenta un valor de 1.6%. Asimismo, para la carga de penetración de 0.2” la calicata n° 2 y 4 presenta un CBR de 3.29% y 3.48% siendo este el valor más alto en todas las calicatas, mientras que en la calicata n° 6 presenta un 2.41% y en la calicata n° 8 un 1.8% siendo este el valor más bajo. Por lo tanto, en promedio el suelo en estudio tiene un CBR de 2.5% aproximadamente.

MTC (2013) de acuerdo al Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” nos indica que el CBR menor a 3% es considerado como una subrasante inadecuada. De tal forma, que las capas de la subrasante de suelos con CBR mayor o igual a 10% son consideradas aptas. Por lo tanto, este suelo en estado natural no es apto para pavimentación, si en este previamente no se realiza una estabilización o mejoramiento.

Estos resultados obtenidos de la muestra de suelo natural, nos servirán como base para poder analizar el incremento de CBR con la aplicación de los aditivos.



**Figura n°. 45:** CBR del suelo natural

#### 4.1.9. CBR para el suelo con los aditivos PROES Y CONAID.

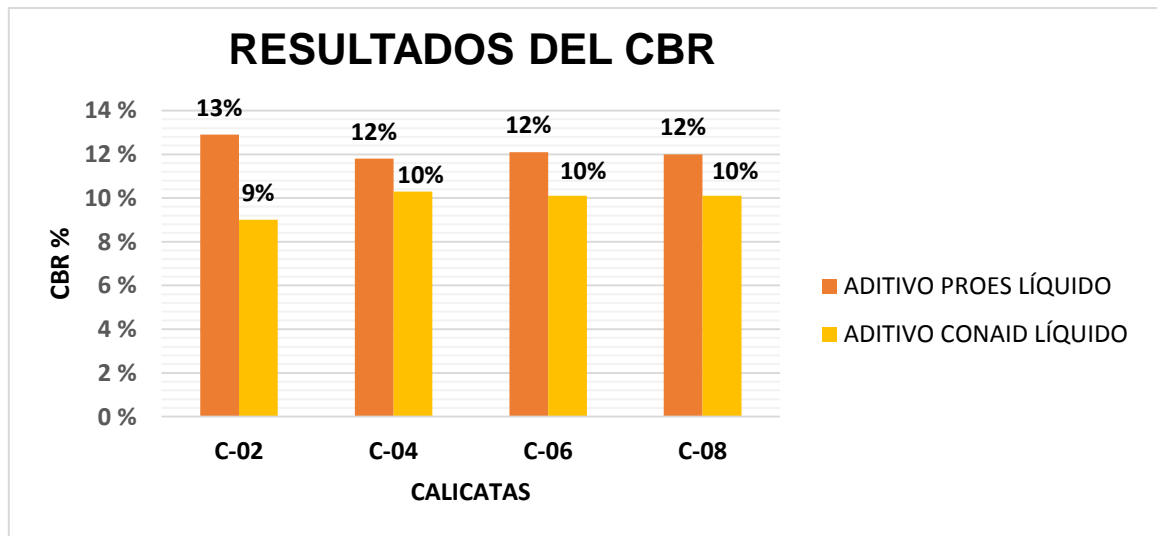
Con la finalidad de mejorar las propiedades del suelo se adicionaron los aditivos líquidos y sólidos PROES y CONAID para las calicatas n° 2, 4, 6 y 8. Para el aditivo líquido PROES se utilizó 0.35 l/m<sup>3</sup> y para el aditivo líquido CONAID 0.05 l/m<sup>3</sup>. Para el aditivo sólido PROES se utilizó 0.30 l/m<sup>3</sup> + 50 kg/m<sup>3</sup> y para el aditivo sólido CONAID 0.05 l/m<sup>3</sup> y 50 kg/m<sup>3</sup>.

Se puede observar en las **Tablas n° 45** el resumen de los resultados de las calicatas. Para la C-2 se obtuvo el máximo valor de CBR en el caso del aditivo líquido PROES (12.9%) y para el aditivo líquido CONAID (9%).

Por otro lado, en la **Tabla n°46** en la C- 8 para el aditivo sólido PROES (70%) en la C-8 siendo este el porcentaje más alto y para el aditivo sólido CONAID (58%) en la C-8.

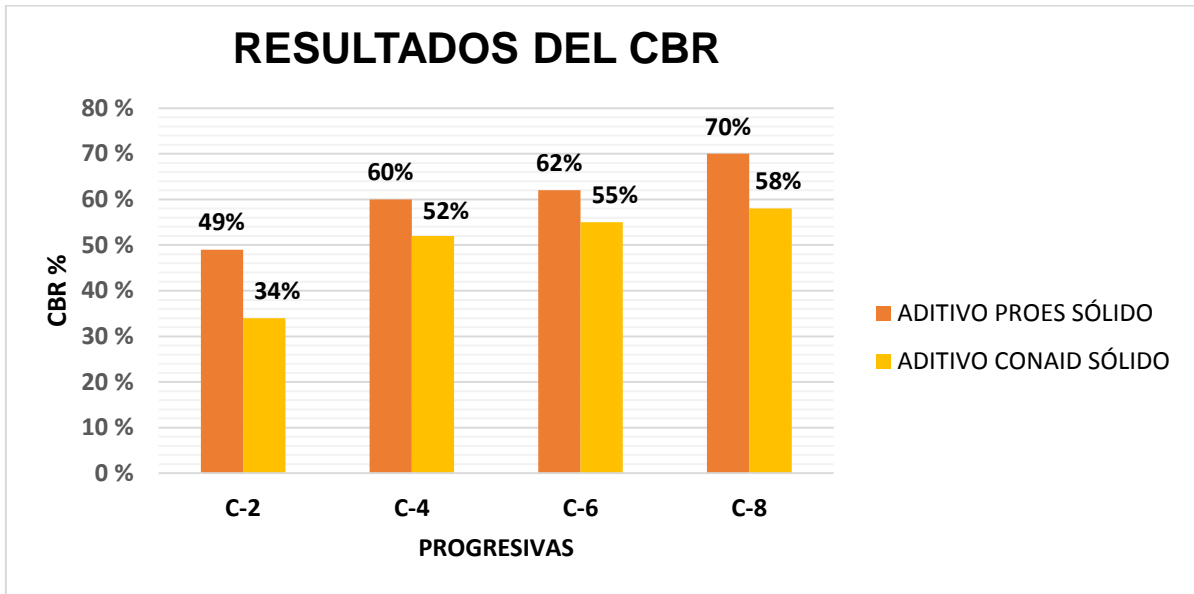
En la **Figura n° 46** los resultados de las cuatro calicatas del ensayo CBR con el aditivo líquido PROES y CONAID, se muestran que existen diferencias entre 2% al 4% a favor del aditivo líquido PROES, demostrando así que este aditivo es mejor que el aditivo CONAID.

Castillo (2018) concluye que al utilizar  $0.27 \text{ L/m}^3$  de aditivo PROES se llega a un buen resultado teniendo un CBR promedio de 113% cumpliendo así con la mejora de la subrasante.



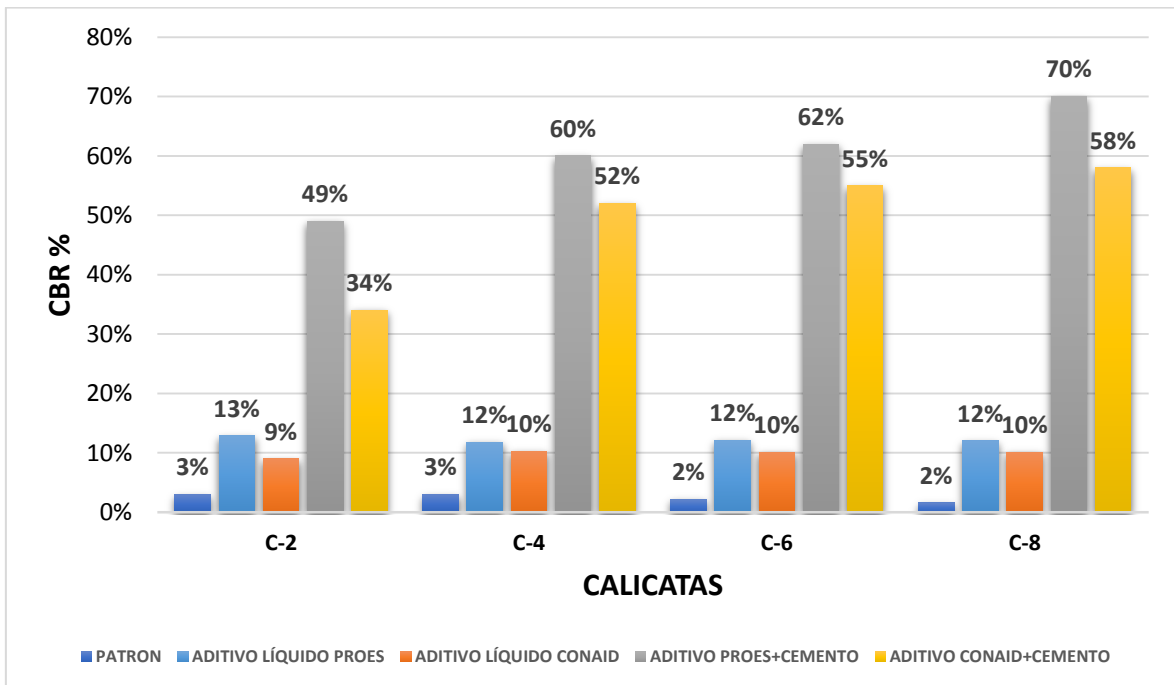
**Figura n°. 46:** Análisis de resultados de CBR con el Aditivo Líquido

En la **Figura n° 47** para el resultado del CBR con los Aditivos líquidos + Cemento de las cuatro calicatas, se muestra que el Aditivo PROES +  $50 \text{ kg/m}^3$  de cemento existen diferencias entre 7% al 15% con respecto al Aditivo Líquido CONAID +  $50 \text{ kg/m}^3$ . Demostrando así que el suelo tiene un mejor resultado con el aditivo sólido PROES + Cemento.



*Figura n°. 47: Análisis de resultados de CBR con el Aditivo Líquido + Cemento*

Los CBR en las diferentes progresivas de la carretera con las diferentes dosificaciones utilizadas, se muestran en la *Figura n°48*.



*Figura n°. 48: Comparación del CBR de acuerdo a las dosificaciones*

Como se mencionó anteriormente, el mayor incremento de CBR se encuentra con el aditivo líquido PROES, dado que aumenta en promedio en un 10%, con respecto a la muestra de suelo natural pasando de ser una subrasante inadecuada a regular- buena. Por otro lado, para el aditivo líquido CONAID se muestra que aumenta que promedio hasta un 8 % con respecto al suelo sin aditivo lo cual clasifica a tener una subrasante regular.

Para el caso del aditivo PROES sólido se demuestra que aumenta su CBR a un 68% con respecto a la muestra de suelo natural pasando de ser una subrasante inadecuada a una subrasante excelente. Asimismo, para el aditivo sólido CONAID se muestra que aumenta hasta un 56% teniendo una Subrasante excelente según su clasificación.

El porcentaje de CBR se determinó con los valores del contenido de humedad óptima y la máxima densidad seca del ensayo Proctor Modificado con aditivo.

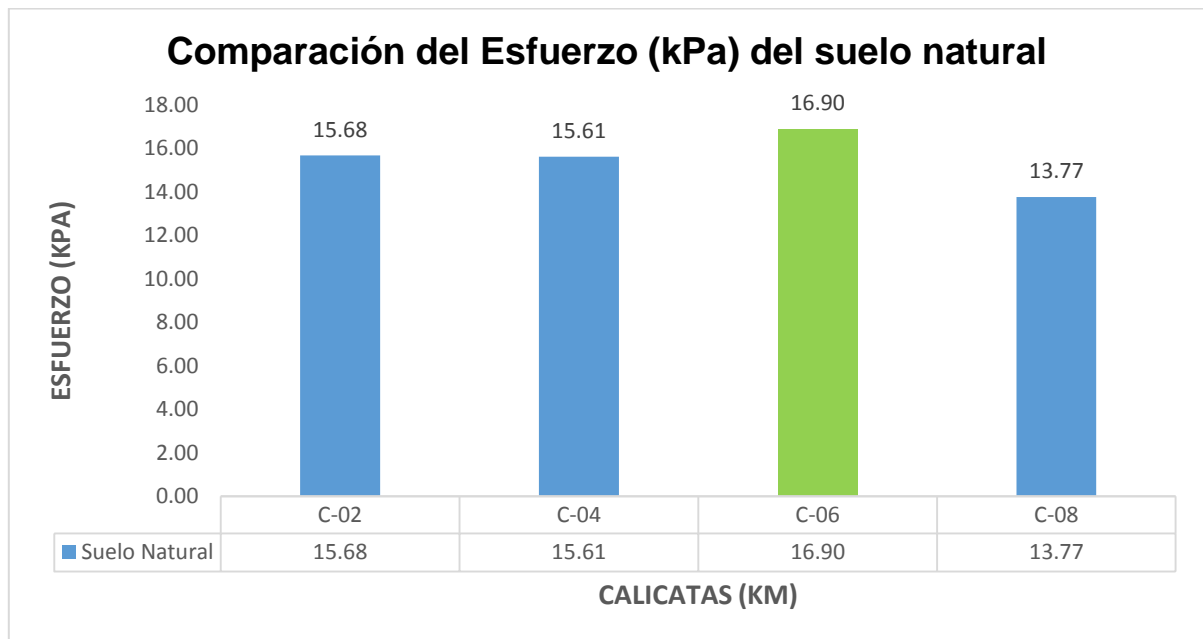
En efecto, se aprecia que el mayor aumento de CBR se encuentra con la adición de  $0.35 \text{ l/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$  de Cemento Portland Tipo MS, por lo cual esta será la más apropiada dosificación. Por otro lado, es conveniente el aditivo PROES ya que el costo es de S/.120.00 nuevos soles sin IGV por Litro, y el otro no ya que su precio es de S/.330.00 nuevos soles por Litro. Por consiguiente, el precio del Cemento Mochica Anti salitre es de S/ 24.46, pero también puede ser utilizado por otra marca u otro tipo.

#### 4.1.10. Compresión Simple no Confinada

El ensayo de Compresión Simple no Confinada se realizó bajo la NTP 339.167. En la **Tabla n° 47** nos da la resistencia del suelo o esfuerzo a la compresión, los valores obtenidos en las calicatas ensayadas n° 2, 4, 6 y 8 son C-2 15.68 kPa, C-4 15.61 kPa, C-6 16.90 kPa y C-8 13.77 kPa respectivamente. De acuerdo a la **Tabla n° 24** del Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” podemos concluir que para todos los casos tenemos un suelo muy blando, lo cual es consistente con los ensayos previos realizados al suelo natural.

En la **Figura n° 49** se muestra el promedio de la resistencia a la compresión del suelo natural, los cuales serán usados como base para establecer el efecto de la incorporación de los aditivos PROES y CONAID.





**Figura n° 49:** Resistencia a Compresión del suelo natural

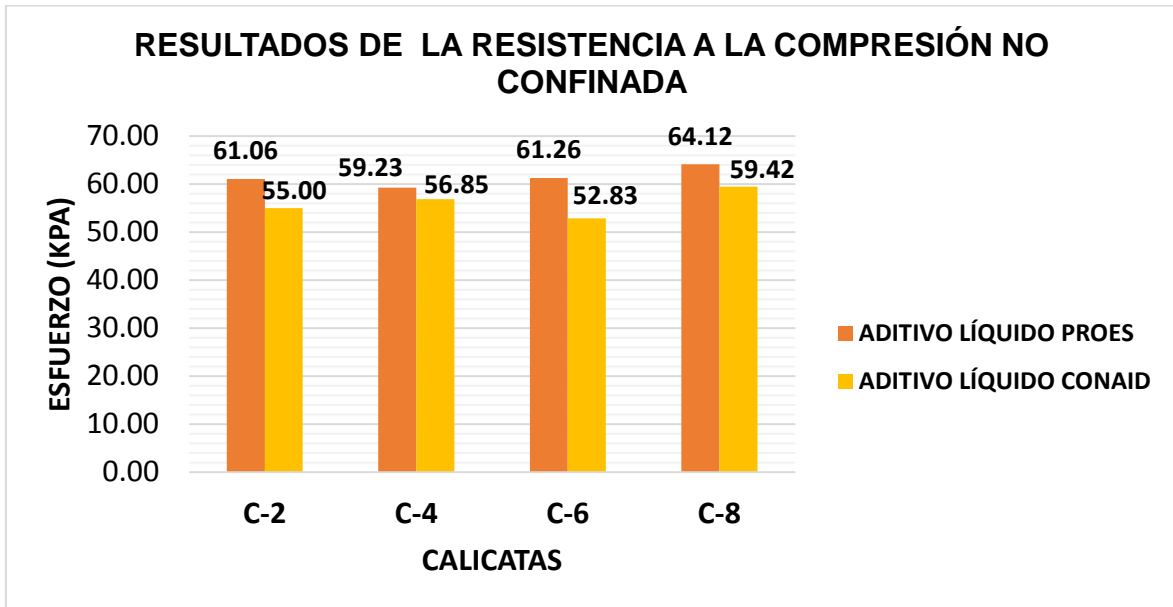
#### 4.1.11. Compresión Simple no Confinada para el suelo con los aditivos PROES Y CONAID.

Dados los resultados anteriores en los ensayos de Compresión Simple no Confinada de las calicatas n° 2, 4, 6 y 8 con las cuales se adicionó el aditivo Líquido PROES en proporción de  $0.35 \text{ l/m}^3$  y el aditivo sólido PROES en proporción de  $0.30 \text{ l/m}^3 + 50\text{kg/m}^3$  de cemento. De igual manera para el aditivo líquido CONAID en proporción  $0.05 \text{ l/m}^3$  de suelo y aditivo sólido CONAID en proporción de  $0.05 \text{ l/m}^3 + 50\text{kg/m}^3$  de cemento.

Se puede observar en la **Tabla n° 48** los resultados de la resistencia a la compresión simple no confinada para todas las calicatas estudiadas, para el caso de la C-8 se obtuvo el máximo valor en ambos aditivos. Usando el aditivo líquido PROES se obtuvo el valor de 64.12 kPa y para el aditivo líquido CONAID se obtuvo 59.42 kPa.

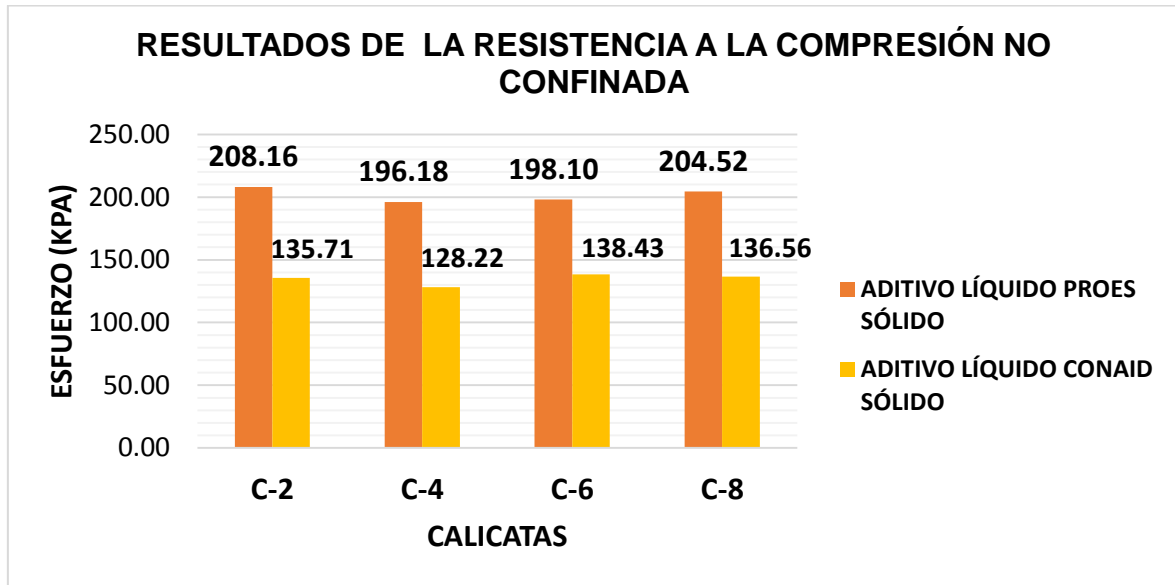
Por otro lado, en la **Tabla n° 49** en el caso de la C- 2 se obtuvo el máximo valor con el aditivo sólido PROES + cemento con un valor de 226.03 kPa y para el aditivo sólido CONAID tiene el máximo valor en la C-6 con un valor de 138.43 kPa.

En la **Figura n° 50** los resultados de las cuatro calicatas del ensayo de compresión simple no confinada con el aditivo líquido PROES y CONAID, se muestran que existen diferencias entre 4.10 kPa hasta 14.78 kPa a favor del aditivo líquido PROES, demostrando así que este aditivo es mejor que el aditivo CONAID.



*Figura n°. 50: Análisis de resultados de la Resistencia a la Compresión no Confinada con el Aditivo Líquido*

En la **Figura n° 51** para el resultado de la compresión simple no confinada con los Aditivos líquidos + Cemento de las cuatro calicatas, se muestra que el Aditivo sólido PROES muestra mejor resultados en este ensayo que el aditivo sólido CONAID. Cabe resaltar que los dos aditivos sólidos mejoran el suelo natural siendo para el aditivo sólido Proes inicialmente un suelo muy blando a un suelo muy firme en promedio. Por otro lado, con el aditivo sólido CONAID se tiene inicialmente un suelo muy blando que pasa a ser suelo firme.

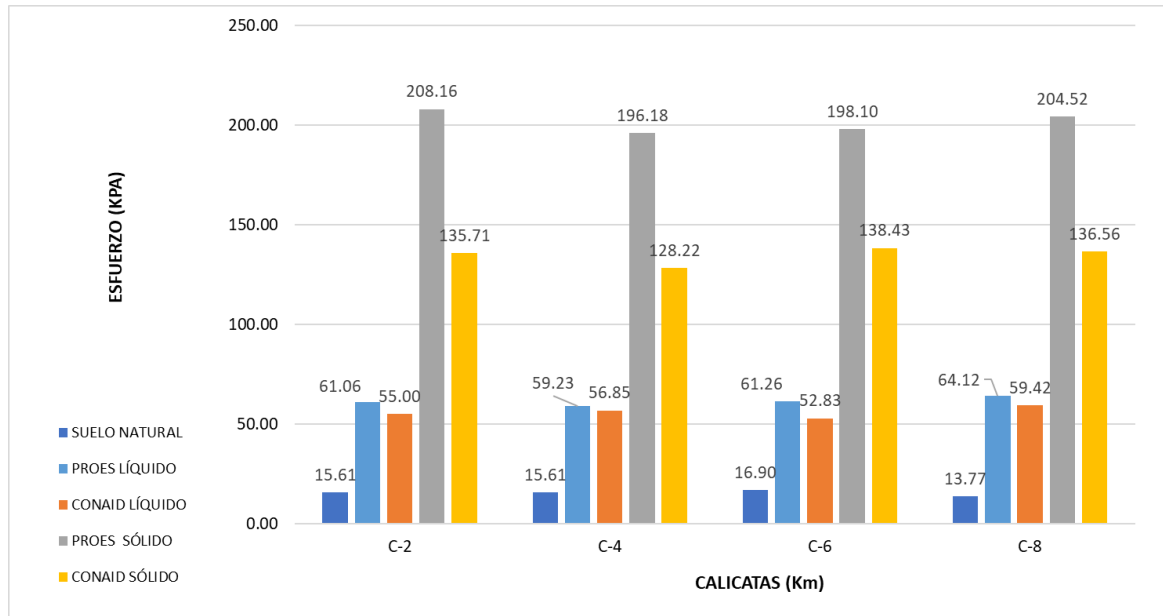


*Figura n°. 51: Análisis de resultados de la Resistencia a la Compresión no confinada con el Aditivo Líquido + Cemento*

Como se mencionó anteriormente, se aprecia que el mayor aumento de la Resistencia a la Compresión no confinada se encuentra con el aditivo líquido PROES, dado que como el suelo natural se tiene 15.49 kPa y aumenta a 45.95 kPa en promedio del suelo estabilizado. Por otro lado, para el aditivo líquido CONAID aumenta a 40.56 kPa en promedio.

Además, para el aditivo sólido PROES se tiene un aumento a 186.27 kPa en promedio. Por otro lado, para el aditivo sólido CONAID se tiene un aumento de 119.26 kPa.

Según la *Tabla n° 24* del Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” en la sección de suelos y pavimentos nos indica que es un suelo muy blando y con los aditivos líquidos PROES y CONAID se tiene una consistencia de suelo mediana. Para los aditivos líquidos PROES y CONAID + cemento se logró llegar a un suelo entre firme y muy firme.



**Figura n°. 52:** Comparación de la Resistencia a la Compresión no confinada de acuerdo a las dosificaciones

En efecto, en la **Figura n° 52** se aprecia que el mayor aumento de la resistencia a la compresión se encuentra con la adición del aditivo sólido PROES de  $0.35 \text{ l/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$  de Cemento Portland Tipo MS con respecto a las 4 calicatas.

#### 4.1.12. Análisis Químico por EDS

Las partículas de arcilla tienen una carga neta negativa y cuando entran en contacto con moléculas de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), que son dipolos, se alinean formando cadenas, creando capas alrededor de las partículas de tierra. El agua que absorbe la arcilla actúa como lubricante entre las partículas de tierra y, por ende, genera una baja capacidad de soporte y alta expansión. El aditivo rompe las moléculas de agua en iones  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$ . La partícula de tierra se vuelve eléctricamente neutra con la capa de  $\text{H}^+$  e iones positivos de metal. El  $\text{OH}^-$  restante y los iones de metal libres, se remueven mediante compactación mecánica, gravedad y evaporación. El aumento de iones  $\text{H}^+$  en la partícula de arcilla explica el aumento de la acidez en el suelo. (Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 1973).

Para el ensayo químico (Tabla n° 46), se puede observar hay una reducción en aluminio (Al) como en el silicio (Si). Trabajos previos demuestran que al añadir cemento al suelo incrementa la sílice (Si) por tener componentes puzolánicos (De la Cruz y Salcedo, 2016), lo cual permite concluir que son los aditivos que derivan de los hidrocarburos los causantes de la disminución de estos componentes.

#### **4.1.13. Resultados estadísticos del Análisis de datos**

##### **4.1.14. Prueba de Normalidad**

La prueba Shapiro Wilk, se usa para contrastar la normalidad de un conjunto de datos. Se plantea de la siguiente manera:

H<sub>0</sub>= La muestra aleatoria tiene una distribución normal

H<sub>1</sub>= La muestra aleatoria no tiene una distribución normal.

De la **Tabla n° 47**, el suelo natural, Proes\_Líquido, Proes\_cemento no tienen distribución normal <0.05.

Asimismo, para Conaid\_líquido y Conaid\_cemento si tienen distribución normal porque son >0.05

##### **4.1.15. Prueba de hipótesis de investigación: Análisis de varianza**

De los resultados obtenidos en la **Tabla n.° 48 y 51**, se encontró una significancia de 0.000 que es menor a 0.05, lo cual indica que existe diferencia significativa en los valores promedios de CBR entre los diferentes niveles de dosificación, es decir se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Para los aditivos líquidos. *En la Tabla n° 48*, se observa que la significancia es <0.05, lo cual quiere decir que existe diferencia significativa.

En la **Tabla n° 51**, se puede observar que el Análisis de Varianza para los aditivos líquidos + cemento es significativo <0.05.

##### **4.1.16. Prueba de Tukey**

###### **Para los Aditivos Líquidos**

En la **Tabla n° 49**, El Programa lo agrupo en tres grupos, cada uno se encuentra en grupos diferentes, lo cual quiere decir que entre ellos hay diferencia significativa. Es decir, el suelo natural no es igual al aditivo líquido Proes, ni al Aditivo líquido Conaid.

En efecto, sería mejor el que tiene mayor efecto, lo cual es el Proes.

En la **Tabla n° 50**, se puede observar las Comparaciones múltiples, lo cual el programa, lo compara en par en par, donde se puede observar que todos son significativos.

###### **Para Aditivos Líquidos + cemento**

En la **Tabla n° 53**, se puede observar que el Programa lo agrupa en dos grupos, en el primero grupo se encuentra el suelo natural y en el otro el Aditivo Líquido + cemento Proes y Aditivo Líquido + cemento Conaid, lo cual quiere decir que entre ellos no hay diferencia significativa, lo cual para este caso podemos elegir cualquiera de estos dos Aditivos.

En la **Tabla n° 54**, se puede observar en las Comparaciones múltiples, al comparar el suelo natural con los aditivos existe diferencia significativa.

## 4.2. CONCLUSIONES

- Se determinó que el suelo natural de la vía, según la clasificación SUCS es limo - arcilloso de baja plasticidad (ML-CL). Por otro lado, según la clasificación AASHTO estos suelos se encuentran en el grupo A-4, A-5, A-6 y A-7-6. Asimismo, se determina que el suelo de la vía presenta una plasticidad de baja a alta.
- Se determinó que los aditivos PROES Y CONAID mejoran las propiedades mecánicas del suelo de Barraza, Laredo mediante los ensayos de CBR y Compresión Simple no confinada.
- Se determinó para el ensayo de CBR que el aditivo líquido PROES aumenta a un 13% teniendo mejores resultados en las propiedades mecánicas que el aditivo líquido CONAID que tiene un 10%, lo cual mejoro la subrasante inadecuada a buena.
- Se determinó para el ensayo de CBR que el aditivo sólido PROES aumenta a un 70% y el aditivo sólido CONAID a un 58%, lo cual ambos aditivos mejoraron la subrasante inadecuada a excelente.
- Se determinó para el ensayo de Compresión Simple no Confinada, que el aditivo líquido PROES obtiene mejores resultados en la resistencia a compresión teniendo un 61.42 kPa que el aditivo líquido CONAID que tiene 56.03 kPa, lo cual ambos aditivos mejoraron el suelo blando a un suelo mediano.
- Se determinó para el ensayo de Compresión Simple no Confinada, que el aditivo sólido PROES obtiene mejores resultados en la resistencia a compresión teniendo un 208.16 kPa que el aditivo sólido CONAID que tiene 138.43 kPa, lo cual PROES mejoro el suelo blando a un suelo muy firme y CONAID a firme.

### 4.3. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, para el mejoramiento de esta vía, se realice la estabilización con el aditivo sólido CONAID, debido a que se generan menos costos con su implementación en la ejecución, a diferencia del aditivo PROES, el cual se podría decir que consta de un precio menor, pero requiere mayor dosificación.
- Comparar los aditivos PROES y CONAID utilizando la misma dosificación para determinar cuál obtiene mejores resultados en el CBR y resistencia a la Compresión Simple no Confinada.
- Evaluar y comparar otros aditivos comercialmente disponibles que mejoren las propiedades físicas y mecánicas del suelo, para encontrar el aditivo más adecuado para suelos arcillosos.
- Se recomienda a las empresas, municipalidades controlen e implementen el uso de aditivos estabilizadores al realizar una obra de pavimentación, ya que esto ayuda a que el suelo como subrasante obtenga mejores resultados y se llegue a tener una resistente capa de rodadura.

## REFERENCIAS

- Altamirano Navarro, G. J., & Díaz Sandino, A. E. (2015). ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS POR MEDIO DE CAL EN LAS VÍAS DE LA COMUNIDAD DE SAN ISIDRO DEL PREGÓN, MUNICIPIO POTOSI-RIVAS. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Angulo Roldan & Rojas Escajadillo. (2016). "Ensayo de fiabilidad con aditivo Proes para la estabilización del suelo en el AA.HH El Milagro, 2016". Iquitos: Universidad Científica del Perú.
- Atarama Mondragón, E. A. (2015). "EVALUACIÓN DE LA TRANSITABILIDAD PARA CAMINOS DE BAJO TRÁNSITO ESTABILIZADOS CON ADITIVO PROES. Piura.
- Bada Alayo, D. F. (2016). Aplicación del aditivo químico Conaid para atenuar la plasticidad del material granular del tramo de la carretera Tauca- Bambas (Km73+514-Km132+537) de la ruta nacional Pe-3na". Trujillo.
- Botasso, Fensel, & Ricci. (2003). Estabilizantes iónicos de suelos para la construcción. La Plata-Argentina.
- Brack, & Mendiola. (2004). Componentes modificadores del color del suelo.
- Braja M. (2015). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica IV Edición. México: CENGAGE Learning.
- Castillo, P. E. (2018). Influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Cajamarca- Huaso, La Libertad, 2018. Trujillo- Perú: Universidad Privada del Norte.
- Castro Cuba Valencia, M. E. (1992). Suelos Expasivos en Talara. Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ccoillo, I. (2017). Comportamiento de la subrasante de suelos con adición de escoria en pavimentos flexibles de la Universidad Agraria La Molina-2016. Lima-Perú: Universidad César Vallejo.



- Cedeño Plaza, D. G. (2013). Investigación de la estabilización de suelos con enzima aplicado a la sub- rasante de la avenida Quitumbe- Ñan, Cantón Quito. Quito Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Choque. (2012). Evaluación de Aditivos Químicos en la eficiencia de la conservación de superficies de rodadura en carreteras no pavimentadas. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- CMPC. (2016). Oportunidades de Estabilizador a través del caso Proes.
- CON-AID ARGENTINA. (s.f). <http://www.conaid.com.ar/empresa.html>.
- CON-AID CBR PLUS. (2018). Estabilización Química en Suelos.
- CORTES OLANO, C. M., & FERNANDEZ CARVALLO, M. A. (2015). Influencia de las zeolitas y biopolímeros en el mejoramiento de la resistencia de suelos del sur, este y norte de Lima para vías a nivel de afirmado. LIMA: Universidad Ricardo Palma.
- Crespo Villalaz, C. (2004). Mecánica de Suelos y Cimentaciones. México: Limusa.
- Dal Ré Tenreiro, R. (2001). CAMINOR RURALES- Proyecto y Construcción. Ediciones Mundi-Prensa.
- De la Cruz, L., & Salcedo, K. (2016). Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en Palian- Huancayo- Junín. Huancayo: Universidad Peruana los Andes.
- Fallas. (2012). Análisis de Varianza - Comparando tres o más medias.
- Fassbender, & Bornemisza. (1994). Composición Química del suelo.
- Fernández, H. W. (2017). Efecto del aditivo Terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasante en la zona de expansión de la ciudad de Cajamarca. Cajamarca -Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.
- García. (1997). Algunos Análisis Físico- Químicos para la Identificación de los minerales Componentes de una Arcilla. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Grupo TDM. (2010). Pavimentación, estabilización en vías del proyecto Perú Chachapoyas, Cajamarca. Cajamarca.
- I.N.V. E - 132 . (s.f). Determinación de Suelos Expansivos.

- Jiménez, M. E. (2014). Diagnostico estructural de afirmado estabilizado con cloruro de magnesio mediante el modelo matematico de Hogg y Viga Benkelman. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Jones, D., & Surdahl, R. (2014). A New Procedure for Selecting Chemical Treatments or Unpaved Roads. University of California Davis, University of California Pavement Research Center, Department of Civil and Environmental Engineering, Davis, CA.
- Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (1973). Mecánica de suelos tomo I Fundamentos de la Mecánica de suelos. Editorial Limusa: pag.8.
- Lazarte . (2016). Viabilidad y Transporte . Lima: Edición Internacional Año 2- N°05.
- Martínez , Álvarez, Rodríguez, & Sánchez. (2007). Clasificación de los rangos de pH.
- Ministerio de Transportes. (2013). Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos . Lima.
- Ministerio de Trasportes y Comunicaciones. (2016). Manual de Ensayo de Materiales.
- MTC. (2011). Servicios de gestión y conservación por niveles de servicio de la carretera EMP. PE – 22B (Puente Raither) – Puente Paucartambo – Villa Rica – Puerto Bermudez – Von Humboldt y Puente Paucartambo -Oxapampa. Junín-Pasco: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- MTC E 1104 . (2016). Humedecimiento y Secado de Mezclas de suelo + cemento compactadas. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Municipalidad Distrital de Laredo. (2011). Plan de desarrollo local concertado 2012-2021. Laredo.
- NORMA CE.020 . (2012). SUELOS Y TALUDES.
- NTP. (1999). Norma Técnica Peruana 339.145. Indecopi.
- Núñez Huamán, X. E. (2015). “Análisis de la estabilización del material de cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo Mayubamba, con la adición de estabilizante iónico”. Cusco: Universidad Andina del Cusco.

- Palomino Terán, K. E. (2016). Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador MAXXSEAL 100. Cajamarca- Perú: Universidad Privada del Norte.
- Proestech. (2011). Fundamentos de tecnología PROES para pavimentos.
- Proestech. (2017). Experiencia Camino Descubierta de la Amazonia Peruana. Amazonas: Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=zLOUBquaZRI>.
- Quiñones Villanueva. (2004). Taller Básico de Mecánica de Suelos. Universidad Nacional de Ingeniería- Laboratorio de Mecánica de Suelos.
- Ravines Merino, M. A. (2010). Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelo para carreteras. Piura: Universidad de Piura.
- Rivera, J., Botasso, G., Hansen, O., & Poletti, A. (2012). Mejora de vías no pavimentadas mediante un estabilizante químico de suelos, análisis de su diseño estructural y control. Ingeniería Vial.
- RMS. (s.f). Road Material Stabilizers Spa - Estabilizador Iónico ISS2500.
- Rojas Foinquinos, J. J., & Alva Hurtado, J. E. (2005). Arcillas y lutitas expansivas en el norte y nororiente peruano. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ruano López, D. R. (2012). Estabilización de suelos cohesivos por medio de arenas volcánicas y cal viva. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- S.T.I. (2012). Técnicas de Análisis Químico Superficies. Servicios Tecnicos de Investigación.
- Salgado. (s.f). Prueba de Levene Homogeneidad de la Varianza.
- Suárez Díaz, J. (s.f). Soil Stabilization for Roads and Airfields. CHAPTER 9.
- TDM. (2011). Estabilizador de Suelo- "Estabilización de Suelo con CON-AID". TDM- Tecnología de Materiales.
- TDM Grupo. (2010). Pavimentación- Estabilización en vías del Proyecto Perú. Cajamara: Tecnología de Materiales.
- TDM Grupo. (2016). <http://www.tdm.com.pe/>.

Ullate. (2017). Estabilización de suelos y materiales granulares en caminos de bajo volumen de tránsito, empleando productos no tradicionales. (PITR- LanammeUCR ed., Vol. 8). San José: Universidad de Costa Rica, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales.

Universidad de Costa Rica. (2017). Estabilización de suelos y materiales granulares en caminos de bajo volumen de tránsito, empleando productos no tradicionales. Laboratorio Nacional de materiales y modelos estructurales.

Valle, W. A. (2010). Estabilización de Suelos Arcillosos Plásticos con Mineralizadores en Ambientes Sulfatados o Yesíferos. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Vicéns, Herrarte, & Medina. (2005). Análisis de la Varianza (ANOVA).

## ANEXOS

*ANEXO n° 01: Especificaciones Técnicas de la dosificación de la tecnología Proes, de acuerdo al tipo de suelo a estabilizar*

### **a. Arenas (finas, medias y gruesas)**

Pasante por malla N.°200: varía entre 0.25% - 10%

Índice de plasticidad: N.P

La estabilización en este caso considera mezclar el suelo natural con un porcentaje de arcilla que varía entre el 10% y el 20% dependiendo de la plasticidad de este último, de modo que el pasante por la malla N.° 200 de la mezcla de suelo sea superior a 12% y el I.P. mínimo 5%.

Aditivo líquido: entre 0.23 y 0.30 L/m<sup>3</sup> de suelo compacto

Aditivo sólido: entre 45 y 80 kg/m<sup>3</sup> de suelo compacto

### **b. Arcillas**

Pasante por malla N.° 200: superior a 50%

Índice de plasticidad: superiores a 10%

La estabilización para este tipo de suelo en algunos casos puede considerar mezclar el suelo natural con un porcentaje de material granular de tamaño máximo 2", que varía entre 20% y 30%. La mezcla de los materiales debe cumplir  $2\% < I.P. < 20\%$ .

Aditivo líquido: entre 0.23 y 0.30 L/m<sup>3</sup> de suelo compacto

Aditivo sólido: entre 40 y 70 kg/m<sup>3</sup> de suelo compacto

### **c. Limos**

Pasante por malla N.° 200: superior a 50%

Índice de plasticidad: inferiores a 10%

La estabilización para este tipo de suelo debe considerar mezclar el suelo natural con un porcentaje de material granular de tamaño máximo 2" que varía entre 25% y 40% dependiendo del CBR del suelo natural. La mezcla de los materiales debe cumplir  $2\% < I.P. < 20\%$ .

Aditivo líquido: entre 0.24 y 0.30 L/m<sup>3</sup> de suelo compacto

Aditivo sólido: entre 40 y 70 kg/m<sup>3</sup> de suelo compacto

### **d. Maicillos**

Tamaño máximo: variable

Pasante por malla N.º 200: inferiores a 50%

Índice de plasticidad: varía entre 1% y 15%

La estabilización para este tipo de suelo solamente en algunos casos puede considerar mezclar el suelo natural con un porcentaje de material granular de tamaño máximo 2” que varía entre 15% y 25%.

Aditivo líquido: entre 0.25 y 0.30 L/m<sup>3</sup> de suelo compacto

Aditivo sólido: entre 50 y 65 kg/m<sup>3</sup> de suelo compacto

#### **e. Bases estabilizadas**

Tamaño máximo: malla 2”

Pasante por malla N.º 200: entre 3% - 12%

Índice de plasticidad: superior a 1%

Aditivo líquido: entre 0.22 y 0.30 L/m<sup>3</sup> de suelo compacto

Aditivo sólido: entre 45 y 65 kg/m<sup>3</sup> de suelo compacto

#### **f. Bases granulares**

Tamaño máximo: malla 2”

Pasante por malla N.º 200: entre 3% - 6%

Índice de plasticidad: N.P.

La estabilización para este tipo de suelo considera mezclar el suelo natural con un porcentaje de arcilla que varía entre el 10% y el 20% dependiendo de la plasticidad de este último, de modo que el pasante por malla N°200 de la mezcla de suelo sea superior a 12% y el I.P. mínimo 3%.

Aditivo líquido: entre 0.22 y 0.30 L/m<sup>3</sup> de suelo compacto

Aditivo sólido: entre 45 y 65 kg/m<sup>3</sup> de suelo compacto

*ANEXO n° 02: Especificaciones de la tecnología Proes, de acuerdo al tipo de suelo a estabilizar*

**Tipos de Suelos Susceptibles de estabilizar con CON-AID**

En general, todo aquel material cuyo contenido de arcilla sea tal que lo tome inadecuado para la construcción de caminos, puede ser estabilizado con CON-AID.

Todos los materiales que se encuentran en gravas naturales, arcillas, lodos de arena y otros, excepto las arenas de baja cohesión, son adecuados.

Podemos establecer genéricamente tres tipos de suelos para estabilización, como se indica en la tabla siguiente:

| TIPO DE SUELO | IP    | Pasa tamiz 200 | Pasa tamiz 2" | Pasa tamiz 1/2 | Pasa tamiz #4 | Pasa tamiz #16 | Pasa tamiz #40 |
|---------------|-------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| Tipo 1        | 5-25* | 16-28%         | 95%           | 90-80%         | 68-54%        | 50-42%         | 40-30%         |
| Tipo 2        | 5-25* | 80-100%        |               |                |               |                |                |
| Tipo 3        | 5-25* | 30-33%         | 95%           | 93-87%         | 79-69%        | 66-61%         | 60-53%         |

NOTA:

**SUELO TIPO 1:** Es la denominación adoptada para un suelo natural compuesto por gravas arcillosas.

**SUELO TIPO 2:** E Es la denominación adoptada para suelos completamente arcillosos, al cual se le deberá incorporar de 3 a 5 cm. de material pétreo disponible (previa inspección del mismo) en la parte superior de la capa estabilizada, previo al sellado final del tratamiento.

**SUELO TIPO 3:** Es la denominación adoptada para suelos completamente gravosos al que se incorporará un 33% de material arcilloso.

- Con IP superiores, la estabilización con CON-AID ha dado excelentes resultados.


**OBSERVACIÓN GENERAL:** NO OBSTANTE, TODOS LOS SUELOS DEBERÁN SER ANALIZADOS POR EL REPRESENTANTE DEL FABRICANTE PARA DETERMINAR SU APTITUD Y DOSIFICACIÓN.


*ANEXO n° 03: Valores de K para el cálculo del diámetro de partículas en el análisis hidrométrico.*


| Tem | Peso específico de las partículas del suelo |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-----|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|     | 2,45  | 2,50    | 2,55    | 2,60    | 2,65    | 2,70    | 2,75    | 2,80    | 2,85    |
| 10  | 0,01659                                     | 0,01631 | 0,01604 | 0,1583  | 0,1555  | 0,01532 | 0,01510 | 0,01488 | 0,01468 |
| 11  | 0,01636                                     | 0,01608 | 0,01582 | 0,01557 | 0,01533 | 0,01511 | 0,01489 | 0,01468 | 0,01448 |
| 12  | 0,01613                                     | 0,01586 | 0,01560 | 0,01535 | 0,01512 | 0,01490 | 0,01468 | 0,01448 | 0,01428 |
| 13  | 0,01591                                     | 0,01565 | 0,01539 | 0,01515 | 0,01492 | 0,01470 | 0,01449 | 0,01428 | 0,01409 |
| 14  | 0,01571                                     | 0,01544 | 0,01519 | 0,01495 | 0,01474 | 0,01451 | 0,01430 | 0,01410 | 0,01391 |
| 15  | 0,01551                                     | 0,01525 | 0,01500 | 0,01476 | 0,01454 | 0,01432 | 0,01412 | 0,01392 | 0,01373 |
| 16  | 0,01530                                     | 0,01505 | 0,01481 | 0,01457 | 0,01435 | 0,01414 | 0,01394 | 0,01374 | 0,01356 |
| 17  | 0,01521                                     | 0,01486 | 0,01462 | 0,01439 | 0,01417 | 0,01396 | 0,01376 | 0,01356 | 0,01338 |
| 18  | 0,01492                                     | 0,01467 | 0,01443 | 0,01421 | 0,01399 | 0,01378 | 0,01359 | 0,01339 | 0,01321 |
| 19  | 0,01437                                     | 0,01449 | 0,01425 | 0,01403 | 0,01382 | 0,01361 | 0,01342 | 0,01323 | 0,01305 |
| 20  | 0,01456                                     | 0,01431 | 0,01408 | 0,01386 | 0,01365 | 0,01344 | 0,01325 | 0,01307 | 0,01289 |
| 21  | 0,01438                                     | 0,01414 | 0,01391 | 0,01369 | 0,01348 | 0,01328 | 0,01309 | 0,01291 | 0,01273 |
| 22  | 0,01421                                     | 0,01397 | 0,01374 | 0,01353 | 0,01332 | 0,01312 | 0,01294 | 0,01276 | 0,01258 |
| 23  | 0,01404                                     | 0,01381 | 0,01358 | 0,01337 | 0,01317 | 0,01297 | 0,01279 | 0,01261 | 0,01243 |
| 24  | 0,01388                                     | 0,01365 | 0,01342 | 0,01321 | 0,01301 | 0,01282 | 0,01264 | 0,01246 | 0,01229 |
| 25  | 0,01372                                     | 0,01349 | 0,01327 | 0,01306 | 0,01286 | 0,01267 | 0,01249 | 0,01232 | 0,01215 |
| 26  | 0,01357                                     | 0,01334 | 0,01312 | 0,01291 | 0,01272 | 0,01253 | 0,01235 | 0,01219 | 0,01201 |
| 27  | 0,01342                                     | 0,01319 | 0,01297 | 0,01277 | 0,01258 | 0,01239 | 0,01221 | 0,01204 | 0,01188 |
| 28  | 0,01327                                     | 0,01304 | 0,01283 | 0,01264 | 0,01244 | 0,01225 | 0,01208 | 0,01191 | 0,01175 |
| 29  | 0,01312                                     | 0,01290 | 0,01269 | 0,01249 | 0,01230 | 0,01212 | 0,01195 | 0,01178 | 0,01162 |
| 30  | 0,01298                                     | 0,01276 | 0,01256 | 0,01236 | 0,01217 | 0,01199 | 0,01182 | 0,01165 | 0,01149 |





**ANEXO n° 04: Guía de Observación**

| <b>Guía de Observación N°01</b> |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Progresiva:</b>              | km 0+980 - Km0+934  |
| <b>Tipo de Tránsito:</b>        | A) Muy Liviano <b>B) Liviano</b> C) Pesado   D) Muy pesado                                  |
| <b>Tipo de pavimento</b>        | Afirmado  |
| <b>Tipo de falla encontrada</b> | A) Muy Liviano   B) Drenaje inadecuado   C) Corrugación de la vía <b>D) Polvo en la vía</b> |
|                                 | E) Huecos en la vía   F) Ahuellamiento   G) Desprendimiento de agregados                    |
| <b>Nivel de severidad</b>       | A) Bajo <b>B) Medio</b> C) Alto   D) Muy alto   |
| <b>Dimensiones de la falla</b>  | A) 1-5 m2   B) 5-10 m2   C) 10-15 m2 <b>D) Toda la calzada</b>                              |
| <b>Posibles causas</b>          | A) Malos materiales <b>B) Inadecuado mantenimiento</b> C) Otros                             |
| <b>Evidencia</b>                |          |


| <b>Guía de Observación N°02</b> |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Progresiva:</b>              | Km0+934 - km 1+500  |
| <b>Tipo de Tránsito:</b>        | A) Muy Liviano <b>B) Liviano</b> C) Pesado    D) Muy pesado                                   |
| <b>Tipo de pavimento</b>        | Afirmado  |
| <b>Tipo de falla encontrada</b> | A) Muy Liviano    B) Drenaje inadecuado    C) Corrugación de la vía <b>D) Polvo en la vía</b> |
|                                 | E) Huecos en la vía    F) Ahuellamiento    G) Desprendimiento de agregados                    |
| <b>Nivel de severidad</b>       | A) Bajo <b>B) Medio</b> C) Alto    D) Muy alto  |
| <b>Dimensiones de la falla</b>  | A) 1-5 m2    B) 5-10 m2    C) 10-15 m2 <b>D) Toda la calzada</b>                              |
| <b>Posibles causas</b>          | A) Malos materiales <b>B) Inadecuado mantenimiento</b> C) Otros                               |
| <b>Evidencia</b>                |            |


| Guía de Observación N°03        |   |                                    |  |                           |
|---------------------------------|---|------------------------------------|--|---------------------------|
| <b>Progresiva:</b>              | km 1+500 - km 2+608   |                                    |  |                           |
| <b>Tipo de Tránsito:</b>        | A) Muy Liviano  | B) Liviano                         | <b>C) Pesado</b>                       | D) Muy pesado             |
| <b>Tipo de pavimento</b>        | Afirmado  |                                    |  |                           |
| <b>Tipo de falla encontrada</b> | A) Muy Liviano  | B) Drenaje inadecuado              | C) Corrugación de la vía               | D) Polvo en la vía        |
|                                 | E) Huecos en la vía   | F) Ahuellamiento                   | <b>G) Desprendimiento de agregados</b> |                           |
| <b>Nivel de severidad</b>       | A) Bajo   | B) Medio                           | <b>C) Alto</b>                         | D) Muy alto               |
| <b>Dimensiones de la falla</b>  | A) 1-5 m2   | B) 5-10 m2                         | C) 10-15 m2                            | <b>D) Toda la calzada</b> |
| <b>Posibles causas</b>          | A) Malos materiales   | <b>B) Inadecuado mantenimiento</b> | C) Otros                               |                           |
| <b>Evidencia</b>                |  |                                    |  |                           |

| <b>Guía de Observación N°04</b> |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Progresiva:</b>              | km 2+608 - km 3+570   |
| <b>Tipo de Tránsito:</b>        | A) Muy Liviano    B) Liviano <b>C) Pesado</b> D) Muy pesado                                   |
| <b>Tipo de pavimento</b>        | Afirmado  |
| <b>Tipo de falla encontrada</b> | A) Muy Liviano<br>B) Drenaje inadecuado    C) Corrugación de la vía    D) Polvo en la vía     |
|                                 | E) Huecos en la vía    F) Ahuellamiento <b>G) Desprendimiento de agregados</b>                |
| <b>Nivel de severidad</b>       | A) Bajo <b>B) Medio</b> C) Alto    D) Muy alto  |
| <b>Dimensiones de la falla</b>  | A) 1-5 m <sup>2</sup> <b>B) 5-10 m<sup>2</sup></b> C) 10-15 m <sup>2</sup> D) Toda la calzada |
| <b>Posibles causas</b>          | A) Malos materiales <b>B) Inadecuado mantenimiento</b> C) Otros                               |
| <b>Evidencia</b>                |            |

| <b>Guía de Observación N°05</b> |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Progresiva:</b>              | km 3+570 - km 4+416   |
| <b>Tipo de Tránsito:</b>        | A) Muy Liviano <b>B) Liviano</b> C) Pesado   D) Muy pesado                              |
| <b>Tipo de pavimento</b>        | Afirmado  |
| <b>Tipo de falla encontrada</b> | A) Muy Liviano<br>B) Drenaje inadecuado   C) Corrugación de la vía   D) Polvo en la vía |
|                                 | E) Huecos en la vía   F) Ahuellamiento <b>G) Desprendimiento de agregados</b>           |
| <b>Nivel de severidad</b>       | A) Bajo <b>B) Medio</b> C) Alto   D) Muy alto   |
| <b>Dimensiones de la falla</b>  | A) 1-5 m2 <b>B) 5-10 m2</b> C) 10-15 m2   D) Toda la calzada                            |
| <b>Posibles causas</b>          | A) Malos materiales <b>B) Inadecuado mantenimiento</b> C) Otros                         |
| <b>Evidencia</b>                |      |



| <b>Guía de Observación N°06</b> |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Progresiva:</b>              | km 4+416 - km 5+324   |
| <b>Tipo de Tránsito:</b>        | A) Muy Liviano    B) Liviano <b>C) Pesado</b> D) Muy pesado                               |
| <b>Tipo de pavimento</b>        | Afirmado  |
| <b>Tipo de falla encontrada</b> | A) Muy Liviano<br>B) Drenaje inadecuado    C) Corrugación de la vía    D) Polvo en la vía |
|                                 | E) Huecos en la vía    F) Ahuellamiento <b>G) Desprendimiento de agregados</b>            |
| <b>Nivel de severidad</b>       | A) Bajo    B) Medio <b>C) Alto</b> D) Muy alto  |
| <b>Dimensiones de la falla</b>  | A) 1-5 m2    B) 5-10 m2    C) 10-15 m2 <b>D) Toda la calzada</b>                          |
| <b>Posibles causas</b>          | A) Malos materiales <b>B) Inadecuado mantenimiento</b> C) Otros                           |
| <b>Evidencia</b>                |        |

| <b>Guía de Observación N°07</b> |   |                                    |   |
|---------------------------------|---|------------------------------------|---|
| <b>Progresiva:</b>              | km 5+324 - km 5+783   |                                    |   |
| <b>Tipo de Tránsito:</b>        | A) Muy Liviano  | B) Liviano                         | <b>C) Pesado</b> D) Muy pesado              |
| <b>Tipo de pavimento</b>        | Afirmado  |                                    |   |
| <b>Tipo de falla encontrada</b> | A) Muy Liviano  | B) Drenaje inadecuado              | C) Corrugación de la vía D) Polvo en la vía |
|                                 | E) Huecos en la vía   | F) Ahuellamiento                   | <b>G) Desprendimiento de agregados</b>      |
| <b>Nivel de severidad</b>       | A) Bajo   | <b>B) Medio</b>                    | C) Alto D) Muy alto                         |
| <b>Dimensiones de la falla</b>  | A) 1-5 m2   | <b>B) 5-10 m2</b>                  | C) 10-15 m2 D) Toda la calzada              |
| <b>Posibles causas</b>          | A) Malos materiales   | <b>B) Inadecuado mantenimiento</b> | C) Otros                                    |
| <b>Evidencia</b>                |  |                                    |   |

**ANEXO n° 05: Validación de la Guía de Observación.**

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN**

Quien suscribe, Juan Paul E. Henequize Ulloa,  
con documento de identidad N° 40284306, de profesión  
INGENIERO CIVIL con grado de Especialista en Suelos,  
ejerciendo actualmente como DOCENTE, en la Universidad Privada  
del Norte.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el Instrumento (Guía de Observación), a los efectos de su aplicación en el trabajo de investigación, denominado: "Aplicación de los aditivos PROES y CONAID para mejorar la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante en la vía de acceso al C.P. Barraza, La Libertad 2018".

Por lo que luego de hacer las observaciones pertinentes puedo formular las siguientes apreciaciones:

|                               | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | EXCELENTE |
|-------------------------------|------------|-----------|-------|-----------|
| <b>Congruencia de ítems</b>   |            |           | X     |           |
| <b>Amplitud de contenido</b>  |            |           | X     |           |
| <b>Redacción de los ítems</b> |            |           | X     |           |
| <b>Claridad y precisión</b>   |            |           | X     |           |

Trujillo, 16 de ENERO del 20 19.

  
Firma  
DNI N°: 40284306



**ANEXO n° 06: Dosificación del aditivo PROES**



**FICHA TÉCNICA**



**i. Tecnología PROES**

El proceso PROES® de estabilización química de suelos (patentado) trata el suelo natural transformándolo en una base impermeable, resistente (CBR > 100%) y flexible.

Este proceso ocupa:

- a. El suelo natural con plasticidad
- b. El aditivo líquido PROES, que actúa por ionización y ordena las partículas del suelo.
- c. Aditivo sólido que sirve como aglomerante.

La base generada con PROES aporta toda la capacidad estructural necesaria, por lo que requiere de una carpeta de rodado sólo como protección de la abrasión producida por el tráfico y según el estándar de operación esperado.

**ii. Consideraciones de uso.**

1. Se deben asegurar condiciones de homogeneidad y composición adecuada en el suelo a tratar de acuerdo a estudios y especificaciones de acuerdo a PROES.
2. Al suelo a tratar se debe agregar un aditivo sólido, el cuál consiste en cemento u otro filler gestionable localmente.
3. El aditivo líquido PROES se agrega al suelo en dosis de 0,30 a 0,35 lt/m<sup>3</sup> de suelo estabilizado. La aplicación se realiza utilizando un camión aljibe, donde se diluye el aditivo PROES en agua previo a su aplicación.
4. La finalización del proceso contempla revolver y extender el suelo tratado con motoniveladora, y luego el compactado con rodillo vibratorio. Este proceso debe realizarse en las 4 horas inmediatamente posteriores al riego.

**iii. Condiciones de transporte del aditivo líquido**

**Envase** : Estanque HDPE anillado de 55 galones 200 litros, sellado, diámetro 595 mm, altura 888 mm (ver ilustración adjunta).

**Transporte:** : los estanques se movilizan en pallets de 1000mm x 1200 mm.



**iv. Condiciones químicas del aditivo líquido**

- División de riesgo** : Clase 8 - Líquido corrosivo
- Código UN** : NU 3256
- Estado físico** : líquido de color oscuro y apariencia oleosa
- Peso específico** : 1,15
- pH** : 1 a 1,5 en estanque, 4 a 6 en aplicación según dilución.
- Estabilidad** : producto estable a temperatura ambiente, mantener bajo 100°C
- Fecha de caducación** : no tiene

Proes Tech Perú SAC 2 de Mayo 826, oficina 001, Miraflores, Lima, Perú. Fono: +56 1 445 9676 ; www.proestech.com

## Ensaye de Proctor Modificado y CBR

### 1. Toma de Muestras

La toma de muestras se realizará al material (suelo natural o mezcla de suelo natural y otro material especificado) que se estabilizará químicamente con Tecnología **PROES<sub>MR</sub>**. Todos los muestreos de materiales se realizan de acuerdo a los siguientes procedimientos:

- Conservación y transporte de muestras de suelos. (ASTM D-4220)
- Procedimientos para la preparación de muestras de suelos por cuarteo. (AASHTO T248)
- Preparación en seco de muestras de suelo para análisis granulométrico y determinación de las constantes físicas. (ASTM D-421 ASTM D-2217 AASHTO T87)
- Preparación de muestras húmedas de suelo para análisis granulométrico y determinación de las constantes físicas. (ASTM D-2217)

### 2. Ensayes de Laboratorio

Las muestras se someten a los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico por tamizado. (ASTM C-136)
- Determinación del límite líquido de los suelos. (ASTM D-4318 AASHTO T89)
- Determinación del límite plástico e Índice de plasticidad. (ASTM D-4318 AASHTO T90)
- Proctor modificado. (ASTM D-1557)

Con las dosis de aditivos entregadas en certificados de dosificación se realizan los ensayos de CBR y Proctor modificado.

Antes de realizar los ensayos se debe calcular la cantidad de aditivo líquido **PROES<sub>MR</sub>** y aditivo sólido a utilizar. Esto se hará según la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad de Aditivo Sólido} = \frac{A \times \text{Dosis Óptima de Aditivo Sólido}}{\text{Proctor Modificado}}$$

$$\text{Cantidad de Aditivo Líquido} = \frac{A \times \text{Dosis Óptima de Aditivo Líquido}}{\text{Proctor Modificado}}$$

Dónde:

**A** = Peso de material para realizar el ensayo.

**Proctor Modificado** = Se refiere a Proctor Modificado suelo natural.



El aditivo sólido se adiciona a la muestra de suelo a tratar, la cual se encontrará ya pesada en un bol o paila adecuada.

Se homogeniza la mezcla y se incorpora agua hasta una humedad de alrededor de 4% debajo de la óptima.

El aditivo líquido se disolverá en el agua faltante para llegar a la óptima, más un 1% debido a la absorción de agua por el aditivo sólido.

Se mezcla agua – aditivo líquido a la muestra de suelo con aditivo sólido, se homogeniza y se deja reposar ½ hora antes de la confección de las probetas.

Una vez confeccionadas las probetas se cubren con un plástico y arena o aserrín humedecido y se dejan en curado en lugar fresco y seco por 7 días, 5 días tapadas con el plástico y luego 2 días destapadas a una temperatura media de 20°C.

A continuación se sigue el procedimiento indicado en la norma ASTM D1883 AASHTO T193.

## Ensaye de Compresión no confinada

### 1. Toma de Muestras

La toma de muestras se realizará al material (suelo natural o mezcla de suelo natural y otro material especificado) que se estabilizará químicamente con Tecnología **PROES<sub>MR</sub>**. Todos los muestreos de materiales se realizan de acuerdo a los siguientes procedimientos:

- Conservación y transporte de muestras de suelos. (ASTM D-4220)
- Procedimientos para la preparación de muestras de suelos por cuarteo. (AASHTO T248)
- Preparación en seco de muestras de suelo para análisis granulométrico y determinación de las constantes físicas. (ASTM D-421 ASTM D-2217 AASHTO T87)
- Preparación de muestras húmedas de suelo para análisis granulométrico y determinación de las constantes físicas. (ASTM D-2217)

### 2. Ensayes de Laboratorio

Las muestras se someten a los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico por tamizado. (ASTM C-136)
- Determinación del límite líquido de los suelos. (ASTM D-4318 AASHTO T89)
- Determinación del límite plástico e Índice de plasticidad. (ASTM D-4318 AASHTO T90)
- Proctor modificado (ASTM D-1557)

Con las dosis de aditivos entregadas en certificados de dosificación se realizan los ensayos de Compresión no confinada

Antes de realizar los ensayos se debe calcular la cantidad de aditivo líquido **PROES<sub>MR</sub>** y aditivo sólido a utilizar. Esto se hará según la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad de Aditivo Sólido} = \frac{A \times \text{Dosis Óptima de Aditivo Sólido}}{\text{Proctor Modificado}}$$

$$\text{Cantidad de Aditivo Líquido} = \frac{A \times \text{Dosis Óptima de Aditivo Líquido}}{\text{Proctor Modificado}}$$

Donde:

- A** = Peso de material para realizar el ensayo  
**Proctor Modificado** = Se refiere a Proctor Modificado suelo natural



El aditivo sólido se adiciona a la muestra de suelo a tratar, la cual se encontrará ya pesada en un bol o paila adecuada.

Se homogeniza la mezcla y se incorpora agua hasta una humedad de alrededor de 4% debajo de la óptima.

El aditivo líquido se disolverá en el agua faltante para llegar a la óptima, más un 1% debido a la absorción de agua por el aditivo sólido.

Se mezcla agua – aditivo líquido a la muestra de suelo con aditivo sólido, se homogeniza y se deja reposar ½ hora antes de la confección de las probetas.

Una vez confeccionadas las probetas se cubren con un plástico y arena o aserrín humedecido y se dejan en curado en lugar fresco y seco por 7 a 14 días, a temperatura mayor a 12°C.

A continuación se sigue el procedimiento indicado en la norma ASTM D2126 AASHTO T208.



*ANEXO n° 07: Dosificación del aditivo CONAID*



**Ensayos en laboratorio con la adición de CON-AID Súper®**

(Para calcular Límites de Atterberg, Proctor , Valor Soporte y Res)

**Etapas en la Estabilización Iónica:**

- **Mezclado del estabilizador en agua de compactación**
- **Difusión iónica**
- **Compactación**
- **Curado**
- **Consolidación final (tránsito, solo en campo)**

**Mezclado y difusión:**

- Realizar la mezcla de suelo con la solución agua-producto (como las dosificaciones son muy pequeñas, hay que crear una solución con agua, tal de que los valores de dosificación resulten de fácil medición por unidad de peso del suelo a ensayar – **Ver :Dosificación de Con-Aid Súper**) en un contenido de humedad superior en 1 ó 2% por sobre la humedad óptima del mismo suelo sin adición del estabilizador. Se sugiere mezclar todo el suelo necesario para la totalidad de los ensayos previstos.
- Dejar **reposar la mezcla** (suelo-solución agua/producto) aproximadamente 48 hs. dentro del laboratorio sin tapar, manteniendo el contenido de la humedad en un entorno cercano a la óptima (agregando mas agua sola si observara un secado muy rápido).
- Recién luego **realizar los ensayos de clasificación y Proctor** para compararlos con los del mismo suelo sin estabilizar.

**Valor Soporte Relativo:**

- **Moldear** las probetas a densidad y humedad calculadas con Proctor del suelo estabilizado.
- Dejar las probetas moldeadas “curar” durante 7 días dentro de una bolsa plástica.
- Embebido durante 96hs y ensayo.
- **Notas:**
  - De no poder contar con los valores del Proctor con el estabilizador, se podrá realizar en forma aproximada con los valores de Proctor sin aditivar.
  - Se aconseja realizar además del procedimiento normalizado con suelo natural (sin curado), otra serie con el **mismo proceso de curado que las probetas con Con-Aid.**
  - En esta metodología, **faltaría reflejar la acción del tránsito**, muy positivo para la consolidación final. Ya para esto habría que modificar la norma de ensayo, con todo lo que esto implicaría para justificar luego los buenos resultados.

**Resistencia a la Compresión Simple Inconfinada**

- Una vez conformada la probeta según norma, también con valores del Proctor con Con-Aid, realizar el mismo procedimiento de curado que en V.S.R., solo que solo 5 días en lugar de 7.

### **Dosificación de CON-AID Súper:**

1) Diluir la cantidad de estabilizador determinada (suministrada **Con-Aid Argentina S.A.** en cada caso – con un rango de **2,5 a 4cm<sup>3</sup>**-) en **1000 cm<sup>3</sup>** de agua potable. Esta solución agua-producto formada, será el total a aplicar en 100kg de suelo seco.

2) Es decir, que por **cada Kg. de suelo seco** a ensayar se deberán aplicar **10cm<sup>3</sup> de esta solución**.

3) Esto formara parte del agua total necesaria para llevar el suelo a la humedad de compactación (Proctor en suelo mas estabilizador). Se recomienda humedecer primero con agua sola hasta aproximarse a dicha humedad y finalizar con la adición de la solución agua-producto conformada, según los kgs. que se están preparando.

**Nota:** La dosificación en laboratorio entre 2,5 a 4cm<sup>3</sup>, representa una dosificación en campo de entre **0.006lts/m<sup>2</sup> a 0,008 lts/m<sup>2</sup> (0,15m de espesor)**, considerando un valor de Proctor promedio de 1300kg/m<sup>3</sup>. Este es el rango de dosificación mas usual.

#### **Recomendaciones:**

- Se recomienda poner todo el suelo (de una misma clasificación), necesario para realizar todos los ensayos (clasificación, Proctor y CBR, etc.), y dosificarlo todo junto (siempre 1 o 2% por encima de la optima). Con esto se minimizara mas aun el error de dosificación.
- Preparar una nueva solución agua-producto, para cada tipo de suelo, y no a partir de una solución sobrante utilizada anteriormente.



## Resultados esperables:

### A) Límites de Atterberg:

- **L.L.:** Reducción en 99% de los casos (mas notorio en suelos A-7 y A-6).
- **L.L** > 50% → 15-30% menos.
- **L.L** < 50% → 10% menos.
  
- **L.P.:** Sin mayores cambios, con un comportamiento disperso. Puede subir ó bajar muy poco → 1-5%
  
- Luego, a consecuencia de lo anterior hay una reducción del I.P. (Reducción más drástica en suelos expansivos, muy activos).

### B) Proctor:

- **Dens. Seca Max.:** Aumenta hasta un 15%. En promedio lo hace entre un 5 y 8 %.
- **Cont. Óptimo de Humedad:** Se registra, en general, una leve disminución.

### C) Valor Soporte:

- Suelos **A7-5 – A7-6:** Se registran aumentos entre un 300 a 400%.
- Suelos **A6 – A4.** Aumentos del orden del 100%.

### D) Compresión Inconfinada:

- Se registran aumentos de entre un 70-90%, en promedio.

**Nota:** No se observaran modificaciones en la granulometría de los suelos estabilizados.

*ANEXO n° 08: Matriz de consistencia*

*Tabla n° 59: Matriz de Consistencia*

| PROBLEMA  | OBJETIVOS  | HIPÓTESIS   | VARIABLES   |
|---|--|---|---|
| ¿De qué manera la aplicación de los aditivos PROES y CONAID a través de las dosificaciones establecidas en sus especificaciones técnicas afecta la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante en la vía de acceso al C.P. Barraza, Laredo, La Libertad - 2018? | <p><b>Objetivo General</b><br/>Determinar el efecto de los aditivos PROES y CONAID, con las dosificaciones establecidas en sus especificaciones técnicas, en la Capacidad Portante (CBR) de la subrasante de la vía de acceso al C.P. Barraza, Laredo, La Libertad.</p> <p><b>Objetivos específicos</b><br/>Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural de la vía de acceso al C.P. Barraza a través de las Normas Técnicas Peruanas (NTP), realizando los ensayos de contenido de humedad (NTP 339.127), análisis granulometría por tamizado y análisis granulométrico por hidrómetro (NTP 339.128), límite líquido y límite plástico (NTP 339.129), gravedad específica de sólidos (NTP 339.131), Proctor Modificado (NTP 339.141), Valor Relativo de Soporte (CBR) (NTP 339.145) y Compresión Simple no confinada (NTP 339.167).</p> <p>Determinar las propiedades mecánicas (CBR) y Compresión Simple no confinada del suelo con la aplicación de los aditivos iónicos PROES y CONAID sólo líquido (0.35 L/m<sup>3</sup>) y (0.05 L/m<sup>3</sup>).</p> <p>Determinar las propiedades mecánicas (CBR) y Compresión Simple no confinada del suelo con la aplicación de los aditivos iónicos más cemento portland tipo MS con la dosificación de 0.30 L/m<sup>3</sup> + 50 Kg/m<sup>3</sup> para PROES y 0.05 L/m<sup>3</sup> + 50 Kg/m<sup>3</sup> para CONAID.</p> <p>Evaluar y comparar los aditivos iónicos PROES Y CONAID para el aumento de CBR y la Resistencia a la Compresión Simple no Confinada según las dosificaciones establecidas por sus especificaciones técnicas.</p> | Mediante el uso de los aditivos PROES y CONAID líquido y solido (cemento portland tipo MS) se puede aumentar la Capacidad de Soporte (CBR) de la subrasante en la vía de acceso al C.P Barraza, Laredo, La Libertad-2018. | <p><b>Variable Independiente: Aditivos químicos PROES y CONAID</b><br/>El uso del aditivo Proes y Conaid en líquido y líquido más cemento incrementara la capacidad de soporte del suelo (CBR).</p> <p><b>Variable Dependiente: Capacidad de Soporte (CBR):</b> Este será evaluado con el uso del aditivo Proes y Conaid para el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y mecánicas.</p> |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

*ANEXO n° 9: Resultados del ensayo de Contenido de Humedad de Posteos Estrato 1 y Estrato 2*

*Tabla n° 60: Resultados del Contenido de Humedad Posteo 1 Estrato 1*

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 83.66              | 73.35          | 18.83                 | 10.31                                       | 54.52         | 18.91        |
| M2      | 2           | 119.38             | 104.26         | 22.62                 | 15.12                                       | 81.64         | 18.52        |
| M3      | 3           | 50.74              | 44.57          | 11.94                 | 6.17  | 32.63         | 18.91        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>18.78</b> |

Fuente: *Elaboración Propia, 2018.*

*Tabla n° 61: Resultados del Contenido de Humedad Posteo 1 Estrato 2*

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 7           | 68.37              | 57.14          | 13.39                 | 11.23                                       | 43.75         | 25.67        |
| M2      | 8           | 69.28              | 61.25          | 27.31                 | 8.03  | 33.94         | 23.66        |
| M3      | 9           | 106.18             | 94.17          | 45.05                 | 12.01                                       | 49.12         | 24.45        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>24.59</b> |

Fuente: *Elaboración Propia, 2018.*

*Tabla n° 62: Resultados del Contenido de Humedad Posteo 2 Estrato 1.*

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 54.30              | 50.17          | 29.90                 | 4.13  | 20.27         | 20.37        |
| M2      | 2           | 56.62              | 50.28          | 21.85                 | 6.34  | 28.43         | 22.30        |
| M3      | 3           | 49.16              | 45.39          | 28.09                 | 3.77  | 17.30         | 21.79        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>21.49</b> |

Fuente: *Elaboración Propia, 2018.*

*Tabla n° 63: Resultados del Contenido de Humedad Posteo 2 Estrato 2*

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 7           | 60.74              | 51.00          | 13.36                 | 9.74  | 37.64         | 25.88        |
| M2      | 8           | 75.87              | 66.50          | 27.29                 | 9.37  | 39.21         | 23.90        |
| M3      | 9           | 82.78              | 75.68          | 45.06                 | 7.10  | 30.62         | 23.19        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>24.32</b> |

Fuente: *Elaboración Propia, 2018.*

*Tabla n° 64: Resultados del Contenido de Humedad Posteo 3 Estrato 1*

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 65.41              | 56.88          | 28.33                 | 8.53  | 28.55         | 29.88        |
| M2      | 2           | 68.33              | 58.75          | 26.93                 | 9.58  | 31.82         | 30.11        |
| M3      | 3           | 65.29              | 56.79          | 26.95                 | 8.50  | 29.84         | 28.49        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>29.49</b> |

**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*

*Tabla n° 65: Resultados del Contenido de Humedad Posteo 3 Estrato 2*

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 7           | 53.17              | 47.22          | 28.31                 | 5.95  | 18.91         | 31.46        |
| M2      | 8           | 41.01              | 37.73          | 27.40                 | 3.28  | 10.33         | 31.75        |
| M3      | 9           | 49.99              | 44.46          | 27.31                 | 5.53  | 17.15         | 32.24        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>31.82</b> |

**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*

*Tabla n° 66: Resultados del Contenido de Humedad Posteo 4 Estrato 1*

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 42.68              | 37.00          | 12.70                 | 5.68  | 24.30         | 23.37        |
| M2      | 2           | 26.18              | 22.95          | 10.10                 | 3.23  | 12.85         | 25.14        |
| M3      | 3           | 29.10              | 25.76          | 11.94                 | 3.34  | 13.82         | 24.17        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>24.23</b> |

**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*

*Tabla n° 67: Resultados del Contenido de Humedad Posteo 4 Estrato 2*

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 7           | 44.92              | 39.71          | 22.07                 | 5.21  | 17.64         | 29.54        |
| M2      | 8           | 57.45              | 51.13          | 29.93                 | 6.32  | 21.20         | 29.81        |
| M3      | 9           | 38.36              | 31.92          | 9.62                  | 6.44  | 22.30         | 28.88        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>29.41</b> |

**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*

*Tabla n° 68: Resultados del Contenido de Humedad Posteo 5 Estrato 1*

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 62.58              | 55.29          | 25.12                 | 7.29  | 30.17         | 24.16        |
| M2      | 2           | 71.29              | 62.00          | 22.83                 | 9.29  | 39.17         | 23.72        |
| M3      | 3           | 63.05              | 55.35          | 19.47                 | 7.70  | 35.88         | 21.46        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>23.11</b> |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

*Tabla n° 69: Resultados del Contenido de Humedad Posteo 5 Estrato 2*

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 7           | 47.00              | 38.52          | 11.74                 | 8.48  | 26.78         | 31.67        |
| M2      | 8           | 42.09              | 35.00          | 12.03                 | 7.09  | 22.97         | 30.87        |
| M3      | 9           | 53.74              | 43.82          | 11.00                 | 9.92  | 32.82         | 30.23        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>30.92</b> |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

*Tabla n° 70: Resultados del Contenido de Humedad Posteo 6 Estrato 1*

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 48.02              | 40.09          | 12.43                 | 7.93  | 27.66         | 28.67        |
| M2      | 2           | 56.68              | 47.83          | 14.68                 | 8.85  | 33.15         | 26.70        |
| M3      | 3           | 50.43              | 42.12          | 11.54                 | 8.31  | 30.58         | 27.17        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>27.51</b> |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

*Tabla n° 71: Resultados del Contenido de Humedad Posteo 6 Estrato 2*

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 7           | 39.78              | 34.58          | 16.85                 | 5.20  | 17.73         | 29.33        |
| M2      | 8           | 43.17              | 37.00          | 17.42                 | 6.17  | 19.58         | 31.51        |
| M3      | 9           | 45.63              | 37.74          | 11.44                 | 7.89  | 26.30         | 30.00        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>30.28</b> |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*



*Tabla n° 72: Resultados del Contenido de Humedad Posteo 7 Estrato 1*

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 36.54              | 31.02          | 10.30                 | 5.52  | 20.72         | 26.64        |
| M2      | 2           | 32.00              | 27.84          | 12.75                 | 4.16  | 15.09         | 27.57        |
| M3      | 3           | 46.61              | 39.50          | 12.05                 | 7.11  | 27.45         | 25.90        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>26.70</b> |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

*Tabla n° 73: Resultados del Contenido de Humedad Posteo 7 Estrato 2*

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 7           | 73.10              | 60.61          | 23.07                 | 12.49                                       | 37.54         | 33.27        |
| M2      | 8           | 64.19              | 55.00          | 26.92                 | 9.19  | 28.08         | 32.73        |
| M3      | 9           | 67.42              | 53.84          | 12.62                 | 13.58                                       | 41.22         | 32.95        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>32.98</b> |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**ANEXO n° 10:** Resultados del ensayo de Contenido de Humedad de Calicatas Estrato 1 y Estrato 2.

**Tabla n° 74:** Resultados del Contenido de Humedad Calicata 1 Estrato 1.

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 31.30              | 29.25          | 18.17                 | 2.05  | 11.08         | 18.50        |
| M2      | 2           | 26.73              | 24.17          | 9.89                  | 2.56  | 14.28         | 17.93        |
| M3      | 3           | 29.79              | 27.30          | 13.30                 | 2.49  | 14.00         | 17.79        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>18.07</b> |

*Fuente:* Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 75:** Resultados del Contenido de Humedad Calicata 1 Estrato 2

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 35.37              | 32.16          | 20.43                 | 3.21  | 11.73         | 27.37        |
| M2      | 2           | 52.02              | 45.67          | 22.09                 | 6.35  | 23.58         | 26.93        |
| M3      | 3           | 43.77              | 40.75          | 29.39                 | 3.02  | 11.36         | 26.58        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>26.96</b> |

*Fuente:* Elaboración Propia, 2018.

*Tabla n° 76: Resultados del Contenido de Humedad Calicata 2 Estrato 1.*

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 21.27              | 19.62          | 11.93                 | 1.65  | 7.69          | 21.46        |
| M2      | 2           | 22.21              | 20.51          | 12.59                 | 1.70  | 7.92          | 21.46        |
| M3      | 3           | 30.06              | 26.90          | 12.68                 | 3.16  | 14.22         | 22.22        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>21.71</b> |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

*Tabla n° 77: Resultados del Contenido de Humedad Calicata 2 Estrato 2.*

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 31.85              | 27.64          | 9.81                  | 4.21  | 17.83         | 23.61        |
| M2      | 2           | 26.05              | 23.15          | 10.08                 | 2.90  | 13.07         | 22.19        |
| M3      | 3           | 24.12              | 21.30          | 9.59                  | 2.82  | 11.71         | 24.08        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>23.29</b> |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 78: Resultados del Contenido de Humedad Calicata 3 Estrato 1**

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 41.55              | 38.50          | 27.32                 | 3.05  | 11.18         | 27.28        |
| M2      | 2           | 44.28              | 40.56          | 27.53                 | 3.72  | 13.03         | 28.55        |
| M3      | 3           | 50.89              | 46.03          | 28.20                 | 4.86  | 17.83         | 27.26        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>27.70</b> |

Fuente: *Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 79: Resultados del Contenido de Humedad Calicata 3 Estrato 2**

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 41.56              | 37.30          | 22.14                 | 4.26  | 15.16         | 28.10        |
| M2      | 2           | 43.95              | 39.04          | 22.49                 | 4.91  | 16.55         | 29.67        |
| M3      | 3           | 36.64              | 32.51          | 18.71                 | 4.13  | 13.80         | 29.93        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>29.23</b> |

Fuente: *Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 80:** Resultados del Contenido de Humedad Calicata 4 Estrato 1.

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 43.78              | 40.86          | 28.13                 | 2.92  | 12.73         | 22.94        |
| M2      | 2           | 42.00              | 39.67          | 29.88                 | 2.33  | 9.79          | 23.80        |
| M3      | 3           | 34.73              | 32.23          | 21.87                 | 2.50  | 10.36         | 24.13        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>23.62</b> |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 81:** Resultados del Contenido de Humedad Calicata 4 Estrato 2.

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 50.58              | 43.68          | 21.90                 | 6.90  | 21.78         | 31.68        |
| M2      | 2           | 44.20              | 39.95          | 26.52                 | 4.25  | 13.43         | 31.65        |
| M3      | 3           | 44.63              | 40.80          | 27.84                 | 3.83  | 12.96         | 29.55        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>30.96</b> |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 82:** Resultados del Contenido de Humedad Calicata 5 Estrato 1

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 60.59              | 54.30          | 28.40                 | 6.29  | 25.90         | 24.29        |
| M2      | 2           | 49.80              | 45.20          | 27.05                 | 4.60  | 18.15         | 25.34        |
| M3      | 3           | 60.36              | 53.87          | 26.90                 | 6.49  | 26.97         | 24.06        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>24.56</b> |

Fuente: *Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 83:** Resultados del Contenido de Humedad Calicata 5 Estrato 2

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 44.25              | 40.41          | 28.36                 | 3.84  | 12.05         | 31.87        |
| M2      | 2           | 47.74              | 41.34          | 22.44                 | 6.40  | 18.90         | 33.86        |
| M3      | 3           | 45.79              | 39.17          | 18.60                 | 6.62  | 20.57         | 32.18        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>32.64</b> |

Fuente: *Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 84:** Resultados del Contenido de Humedad Calicata 6 Estrato 1.

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 87.33              | 74.54          | 27.31                 | 12.79                                       | 47.23         | 27.08        |
| M2      | 2           | 86.31              | 73.10          | 26.98                 | 13.21                                       | 46.12         | 28.64        |
| M3      | 3           | 61.88              | 54.32          | 28.38                 | 7.56  | 25.94         | 29.14        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>28.29</b> |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 85:** Resultados del Contenido de Humedad Calicata 6 Estrato 2

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 48.46              | 39.74          | 11.98                 | 8.72  | 27.76         | 31.41        |
| M2      | 2           | 61.50              | 49.52          | 12.63                 | 11.98                                       | 36.89         | 32.47        |
| M3      | 3           | 55.33              | 44.94          | 12.73                 | 10.39                                       | 32.21         | 32.26        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>32.05</b> |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 86: Resultados del Contenido de Humedad Calicata 7 Estrato 1**

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 61.20              | 51.55          | 18.61                 | 9.65  | 32.94         | 29.30        |
| M2      | 2           | 66.46              | 56.41          | 21.72                 | 10.05                                       | 34.69         | 28.97        |
| M3      | 3           | 72.19              | 60.83          | 18.40                 | 11.36                                       | 42.43         | 26.77        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>28.35</b> |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 87: Resultados del Contenido de Humedad Calicata 7 Estrato 2.**

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 57.10              | 50.14          | 27.33                 | 6.96  | 22.81         | 30.51        |
| M2      | 2           | 57.86              | 50.76          | 27.32                 | 7.10  | 23.44         | 30.29        |
| M3      | 3           | 59.74              | 51.87          | 27.17                 | 7.87  | 24.70         | 31.86        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>30.89</b> |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*



**Tabla n° 88:** Resultados del Contenido de Humedad Calicata 8 Estrato 1.

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 81.66              | 71.14          | 28.40                 | 10.52                                       | 42.74         | 24.61        |
| M2      | 2           | 77.83              | 67.52          | 27.05                 | 10.31                                       | 40.47         | 25.48        |
| M3      | 3           | 64.00              | 56.45          | 26.90                 | 7.55  | 29.55         | 25.55        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>25.21</b> |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 89:** Resultados del Contenido de Humedad Calicata 8 Estrato 2.

| MUESTRA | TARRO<br>Nº | PESO DE TARA (Gr.) |                | PESO<br>TARA<br>(Gr.) | PESO (Gr.)                                  |               | HUMEDAD<br>% |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-----------------------|---|---------------|--------------|
|         |             | +SUELO<br>HÚMEDO   | +SUELO<br>SECO |                       | AGUA  | SUELO<br>SECO |              |
| M1      | 1           | 83.85              | 69.00          | 28.36                 | 14.85                                       | 40.64         | 36.54        |
| M2      | 2           | 34.97              | 31.10          | 20.44                 | 3.87  | 10.66         | 36.30        |
| M3      | 3           | 40.69              | 34.71          | 18.60                 | 5.98  | 16.11         | 37.12        |
|         |             |                    |                |                       | <b>HUMEDAD<br/>NATURAL<br/>PROMEDIO (%)</b> |               | <b>36.65</b> |

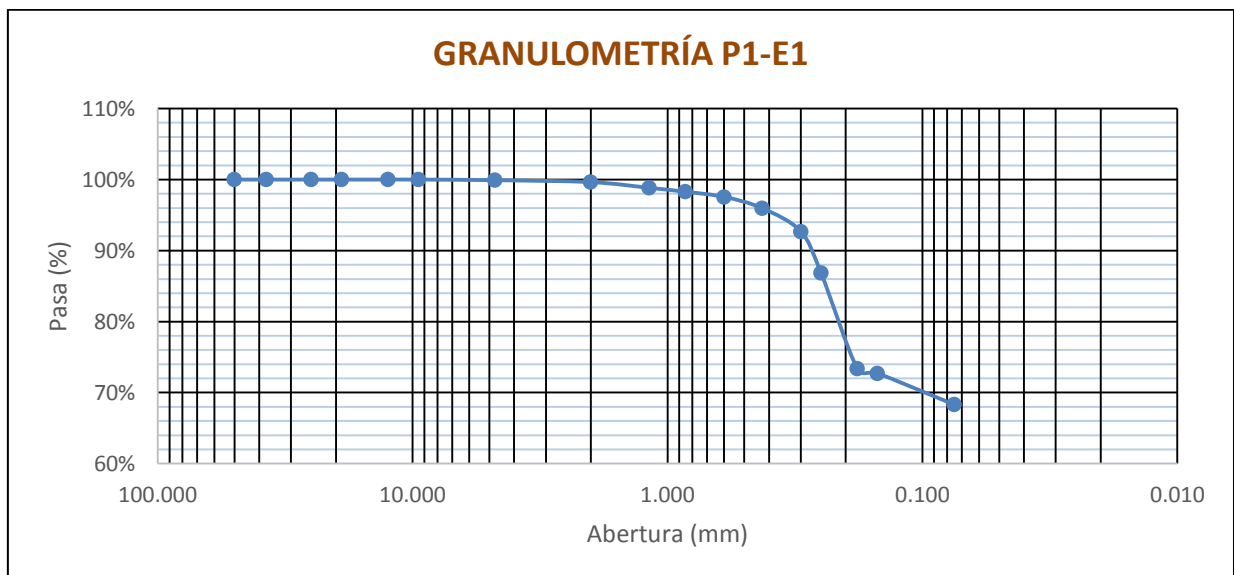
*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**ANEXO n° 11:** Resultados del ensayo de Granulometría de Posteos Estrato 1 y Estrato 2

**Tabla n° 90:** Resultados de la Granulometría del Posteo 1 Estrato 1.

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Ret. (gr) | % Ret (%)     | % Acumulado   | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00           | 0.00          | 0.00          | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00           | 0.00          | 0.00          | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00           | 0.00          | 0.00          | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00           | 0.00          | 0.00          | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00           | 0.00          | 0.00          | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 0.00           | 0.00          | 0.00          | 100.00         |
| N°4              | 4.750          | 0.84           | 0.08          | 0.08          | 99.92          |
| N°10             | 2.000          | 2.74           | 0.27          | 0.36          | 99.64          |
| N°16             | 1.180          | 8.06           | 0.81          | 1.16          | 98.84          |
| N°20             | 0.850          | 5.52           | 0.55          | 1.72          | 98.28          |
| N°30             | 0.600          | 7.24           | 0.72          | 2.44          | 97.56          |
| N° 40            | 0.425          | 15.92          | 1.59          | 4.03          | 95.97          |
| N°50             | 0.300          | 32.76          | 3.28          | 7.31          | 92.69          |
| N° 60            | 0.250          | 58.30          | 5.83          | 13.14         | 86.86          |
| N° 80            | 0.180          | 134.90         | 13.49         | 26.63         | 73.37          |
| N°100            | 0.150          | 6.57           | 0.66          | 27.29         | 72.72          |
| N° 200           | 0.075          | 44.05          | 4.41          | 31.69         | 68.31          |
| <b>FONDO</b>     | -              | <b>683.10</b>  | <b>68.31</b>  | <b>100.00</b> | <b>0.00</b>    |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1000.00</b> | <b>100.00</b> |               |                |

Fuente: *Elaboración Propia, 2018.*

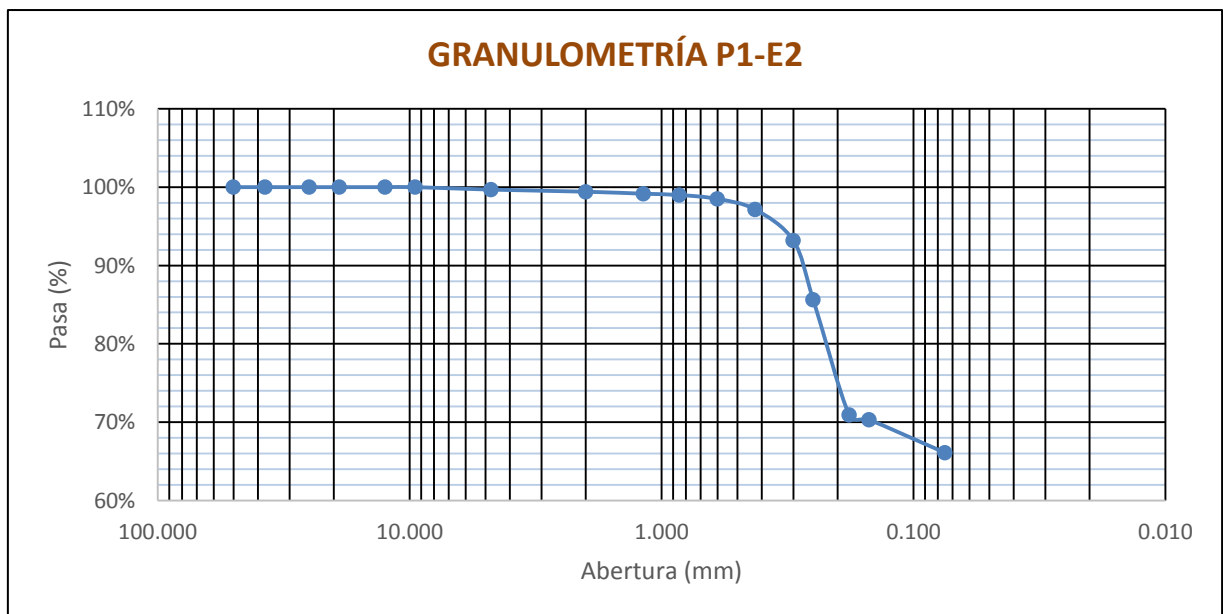


**Figura n°. 53:** Curva Granulométrica Posteo 1 Estrato 1

**Tabla n° 91:** Resultados de la Granulometría del Posteo 1 Estrato 2

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Ret. (gr) | % Ret (%)     | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|----------------|---------------|-------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00           | 0.00          | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00           | 0.00          | 0.00        | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00           | 0.00          | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00           | 0.00          | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00           | 0.00          | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 0.00           | 0.00          | 0.00        | 100.00         |
| N°4              | 4.750          | 3.15           | 0.32          | 0.32        | 99.69          |
| N°10             | 2.000          | 2.67           | 0.27          | 0.58        | 99.42          |
| N°16             | 1.180          | 2.59           | 0.26          | 0.84        | 99.16          |
| N°20             | 0.850          | 1.63           | 0.16          | 1.00        | 99.00          |
| N°30             | 0.600          | 4.98           | 0.50          | 1.50        | 98.50          |
| N° 40            | 0.425          | 13.54          | 1.35          | 2.86        | 97.14          |
| N°50             | 0.300          | 39.68          | 3.97          | 6.82        | 93.18          |
| N° 60            | 0.250          | 75.62          | 7.56          | 14.39       | 85.61          |
| N° 80            | 0.180          | 147.08         | 14.71         | 29.09       | 70.91          |
| N°100            | 0.150          | 5.98           | 0.60          | 29.69       | 70.31          |
| N° 200           | 0.075          | 42.07          | 4.21          | 33.90       | 66.10          |
| <b>FONDO</b>     | -              | 661.01         | 66.10         | 100.00      | 0.00           |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1000.00</b> | <b>100.00</b> |             |                |

Fuente: *Elaboración Propia, 2018.*



**Figura n° . 54:** Curva Granulométrica Posteo 1 Estrato 2

Tabla n° 92: Resultados de la Granulometría del Posteo 2 Estrato 1

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| N°4              | 4.750          | 2.17               | 0.22           | 0.22        | 99.78          |
| N°10             | 2.000          | 4.67               | 0.47           | 0.68        | 99.32          |
| N°16             | 1.180          | 10.49              | 1.05           | 1.73        | 98.27          |
| N°20             | 0.850          | 7.54               | 0.75           | 2.49        | 97.51          |
| N°30             | 0.600          | 9.15               | 0.92           | 3.40        | 96.60          |
| N° 40            | 0.425          | 11.14              | 1.11           | 4.52        | 95.48          |
| N°50             | 0.300          | 98.94              | 9.89           | 14.41       | 85.59          |
| N° 60            | 0.250          | 112.19             | 11.22          | 25.63       | 74.37          |
| N° 80            | 0.180          | 87.36              | 8.74           | 34.37       | 65.64          |
| N°100            | 0.150          | 53.12              | 5.31           | 39.68       | 60.32          |
| N° 200           | 0.075          | 79.61              | 7.96           | 47.64       | 52.36          |
| <b>FONDO</b>     | -              | 523.62             | 52.36          | 100.00      | 0.00           |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1000.00</b>     | <b>100.00</b>  |             |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

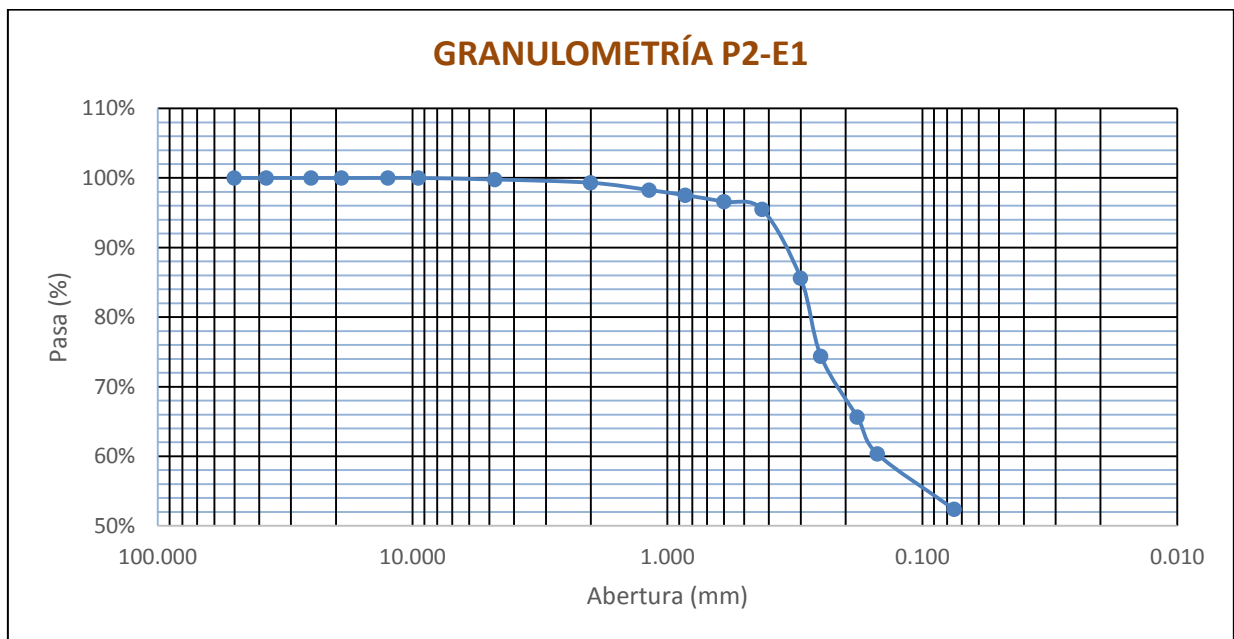


Figura n°. 55: Curva Granulométrica Posteo 2 Estrato 1

Tabla n° 93: Resultados de la Granulometría del Posteo 2 Estrato 2

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado   | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|---------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| N°4              | 4.750          | 18.25              | 1.83           | 1.83          | 98.18          |
| N°10             | 2.000          | 21.14              | 2.11           | 3.94          | 96.06          |
| N°16             | 1.180          | 24.53              | 2.45           | 6.39          | 93.61          |
| N°20             | 0.850          | 14.64              | 1.46           | 7.86          | 92.14          |
| N°30             | 0.600          | 15.13              | 1.51           | 9.37          | 90.63          |
| N° 40            | 0.425          | 29.57              | 2.96           | 12.33         | 87.67          |
| N°50             | 0.300          | 87.49              | 8.75           | 21.08         | 78.93          |
| N° 60            | 0.250          | 62.89              | 6.29           | 27.36         | 72.64          |
| N° 80            | 0.180          | 109.21             | 10.92          | 38.29         | 61.72          |
| N°100            | 0.150          | 42.13              | 4.21           | 42.50         | 57.50          |
| N° 200           | 0.075          | 38.65              | 3.87           | 46.36         | 53.64          |
| <b>FONDO</b>     | -              | <b>536.37</b>      | <b>53.64</b>   | <b>100.00</b> | <b>0.00</b>    |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1000.00</b>     | <b>100.00</b>  |               |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

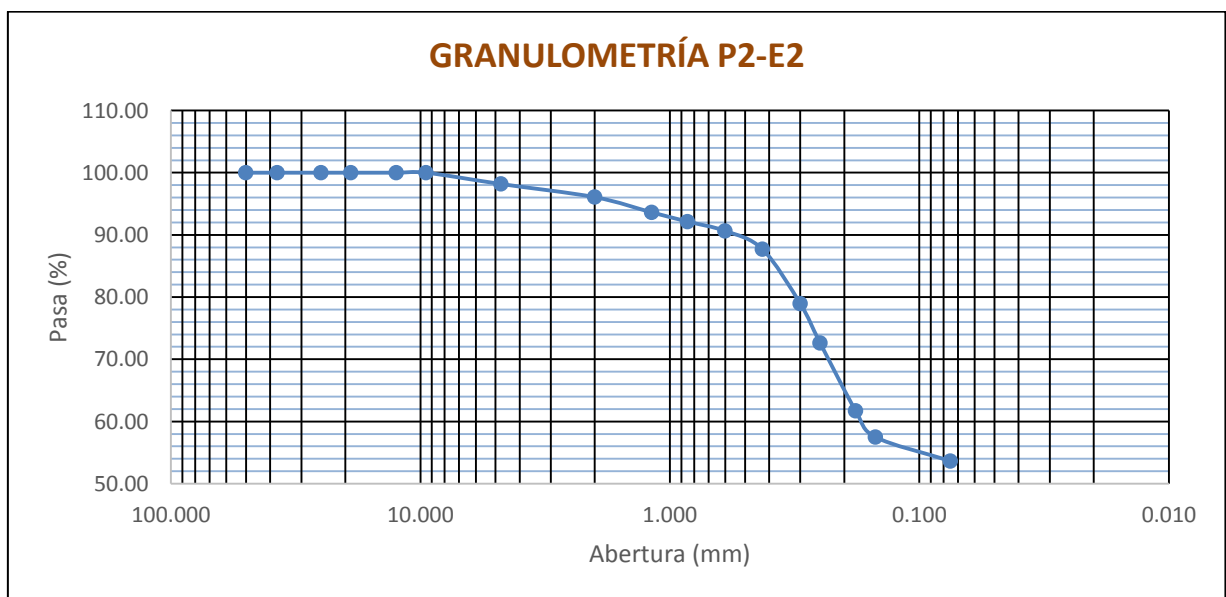


Figura n°. 56: Curva Granulométrica Posteo 2 Estrato 2

Tabla n° 94: Resultados de la Granulometría del Posteo 3 Estrato 1

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| N°4              | 4.750          | 0.36               | 0.04           | 0.04        | 99.96          |
| N°10             | 2.000          | 6.98               | 0.70           | 0.73        | 99.27          |
| N°16             | 1.180          | 10.52              | 1.05           | 1.79        | 98.21          |
| N°20             | 0.850          | 3.94               | 0.39           | 2.18        | 97.82          |
| N°30             | 0.600          | 3.65               | 0.37           | 2.55        | 97.46          |
| N° 40            | 0.425          | 3.51               | 0.35           | 2.90        | 97.10          |
| N°50             | 0.300          | 2.95               | 0.30           | 3.19        | 96.81          |
| N° 60            | 0.250          | 2.25               | 0.23           | 3.42        | 96.58          |
| N° 80            | 0.180          | 7.05               | 0.71           | 4.12        | 95.88          |
| N°100            | 0.150          | 6.45               | 0.65           | 4.77        | 95.23          |
| N° 200           | 0.075          | 22.22              | 2.22           | 6.99        | 93.01          |
| <b>FONDO</b>     | -              | 930.12             | 93.01          | 100.00      | 0.00           |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1000.00</b>     | <b>100.00</b>  |             |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

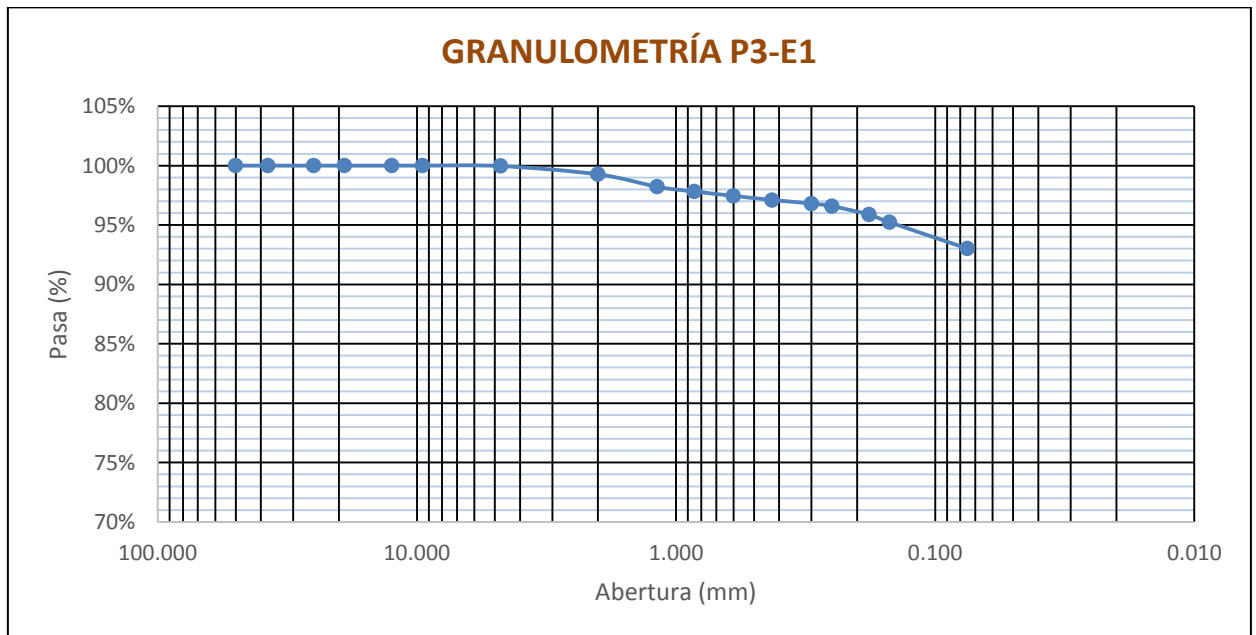


Figura n°. 57: Curva Granulométrica Posteo 3 Estrato 1

Tabla n° 95: Resultados de la Granulometría del Posteo 3 Estrato 2.

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado   | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|---------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 1.78               | 0.09           | 0.09          | 99.91          |
| N°4              | 4.750          | 42.73              | 2.14           | 2.23          | 97.77          |
| N°10             | 2.000          | 50.36              | 2.52           | 4.74          | 95.26          |
| N°16             | 1.180          | 52.94              | 2.65           | 7.39          | 92.61          |
| N°20             | 0.850          | 27.02              | 1.35           | 8.74          | 91.26          |
| N°30             | 0.600          | 25.34              | 1.27           | 10.01         | 89.99          |
| N° 40            | 0.425          | 37.81              | 1.89           | 11.90         | 88.10          |
| N°50             | 0.300          | 48.47              | 2.42           | 14.32         | 85.68          |
| N° 60            | 0.250          | 32.58              | 1.63           | 15.95         | 84.05          |
| N° 80            | 0.180          | 62.38              | 3.12           | 19.07         | 80.93          |
| N°100            | 0.150          | 48.51              | 2.43           | 21.49         | 78.51          |
| N° 200           | 0.075          | 52.35              | 2.62           | 24.11         | 75.89          |
| <b>FONDO</b>     | -              | <b>1517.89</b>     | <b>75.89</b>   | <b>100.00</b> | <b>0.00</b>    |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>2000.16</b>     | <b>100.00</b>  |               |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

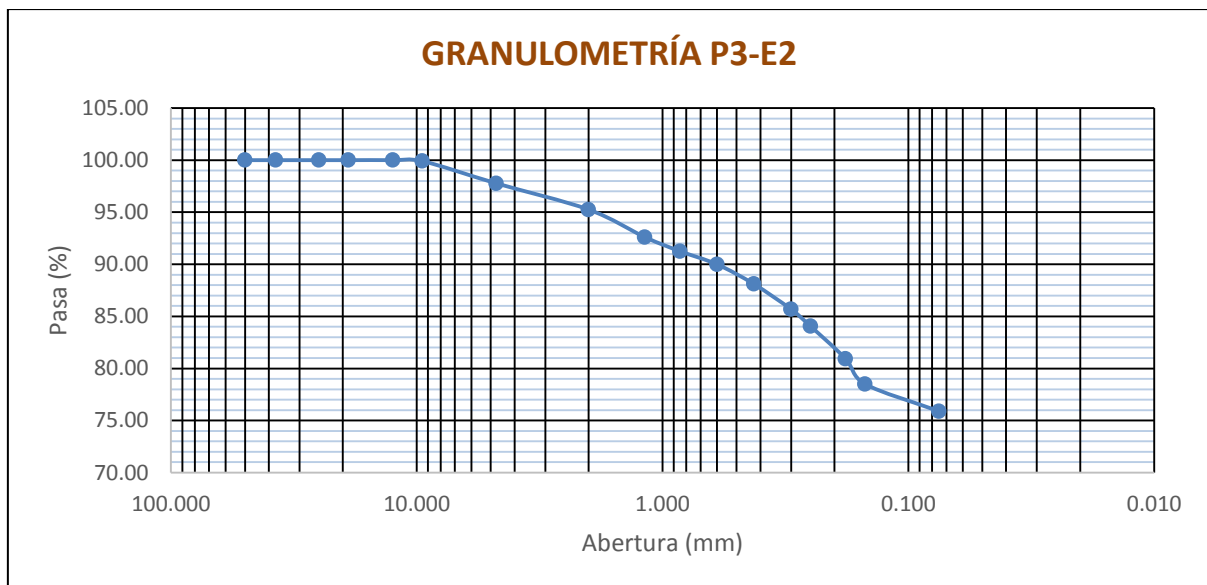


Figura n°. 58: Curva Granulométrica Posteo 3 Estrato 2

Tabla n° 96: Resultados de la Granulometría del Posteo 4 Estrato 1.

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| N°4              | 4.750          | 6.98               | 0.70           | 0.70        | 99.30          |
| N°10             | 2.000          | 9.75               | 0.98           | 1.67        | 98.33          |
| N°16             | 1.180          | 15.01              | 1.50           | 3.17        | 96.83          |
| N°20             | 0.850          | 9.87               | 0.99           | 4.16        | 95.84          |
| N°30             | 0.600          | 11.80              | 1.18           | 5.34        | 94.66          |
| N° 40            | 0.425          | 12.60              | 1.26           | 6.60        | 93.40          |
| N°50             | 0.300          | 11.78              | 1.18           | 7.78        | 92.22          |
| N° 60            | 0.250          | 7.23               | 0.72           | 8.50        | 91.50          |
| N° 80            | 0.180          | 25.46              | 2.55           | 11.05       | 88.95          |
| N°100            | 0.150          | 8.85               | 0.89           | 11.93       | 88.07          |
| N° 200           | 0.075          | 58.96              | 5.90           | 17.83       | 82.17          |
| <b>FONDO</b>     | -              | 821.71             | 82.17          | 100.00      | 0.00           |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1000.00</b>     | <b>100.00</b>  |             |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

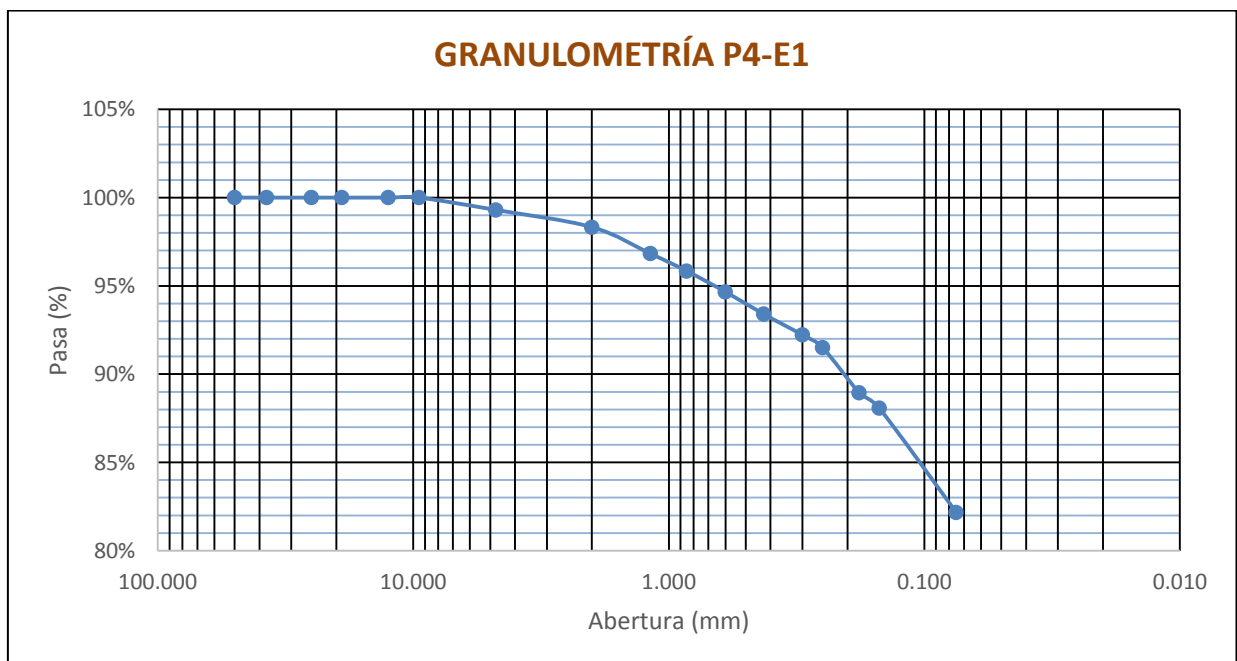


Figura n°. 59: Curva Granulométrica Posteo 4 Estrato 1



Tabla n° 97: Resultados de la Granulometría del Posteo 4 Estrato 2

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| N°4              | 4.750          | 0.35               | 0.04           | 0.04        | 99.97          |
| N°10             | 2.000          | 2.64               | 0.26           | 0.30        | 99.70          |
| N°16             | 1.180          | 6.40               | 0.64           | 0.94        | 99.06          |
| N°20             | 0.850          | 4.33               | 0.43           | 1.37        | 98.63          |
| N°30             | 0.600          | 6.53               | 0.65           | 2.03        | 97.98          |
| N° 40            | 0.425          | 8.12               | 0.81           | 2.84        | 97.16          |
| N°50             | 0.300          | 9.39               | 0.94           | 3.78        | 96.22          |
| N° 60            | 0.250          | 11.29              | 1.13           | 4.91        | 95.10          |
| N° 80            | 0.180          | 35.05              | 3.51           | 8.41        | 91.59          |
| N°100            | 0.150          | 21.61              | 2.16           | 10.57       | 89.43          |
| N° 200           | 0.075          | 68.39              | 6.84           | 17.41       | 82.59          |
| <b>FONDO</b>     | -              | 825.90             | 82.59          | 100.00      | 0.00           |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1000.00</b>     | <b>100.00</b>  |             |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

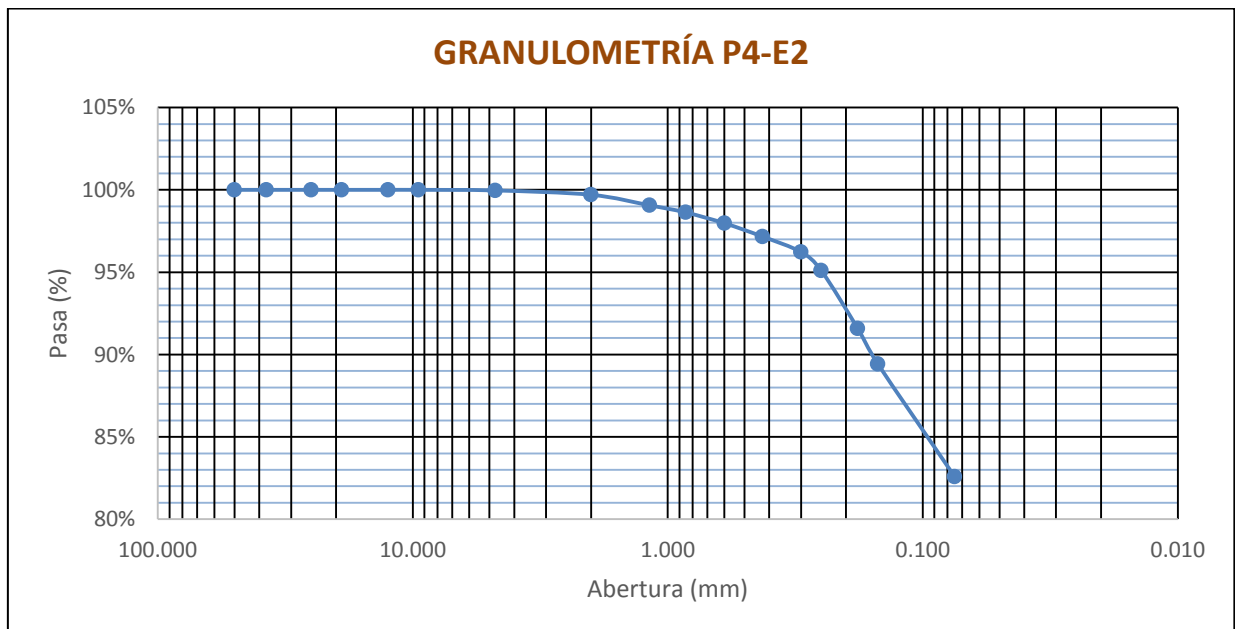


Figura n°. 60: Curva Granulométrica Posteo 4 Estrato 2

Tabla n° 98: Resultados de la Granulometría del Posteo 5 Estrato 1

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado   | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|---------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| N°4              | 4.750          | 0.58               | 0.06           | 0.06          | 99.94          |
| N°10             | 2.000          | 1.73               | 0.17           | 0.23          | 99.77          |
| N°16             | 1.180          | 5.19               | 0.52           | 0.75          | 99.25          |
| N°20             | 0.850          | 4.70               | 0.47           | 1.22          | 98.78          |
| N°30             | 0.600          | 6.00               | 0.60           | 1.82          | 98.18          |
| N° 40            | 0.425          | 9.34               | 0.93           | 2.75          | 97.25          |
| N°50             | 0.300          | 48.20              | 4.82           | 7.57          | 92.43          |
| N° 60            | 0.250          | 50.18              | 5.02           | 12.59         | 87.41          |
| N° 80            | 0.180          | 97.43              | 9.74           | 22.34         | 77.67          |
| N°100            | 0.150          | 60.01              | 6.00           | 28.34         | 71.66          |
| N° 200           | 0.075          | 96.43              | 9.64           | 37.98         | 62.02          |
| <b>FONDO</b>     | -              | <b>620.21</b>      | <b>62.02</b>   | <b>100.00</b> | <b>0.00</b>    |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1000.00</b>     | <b>100.00</b>  |               |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

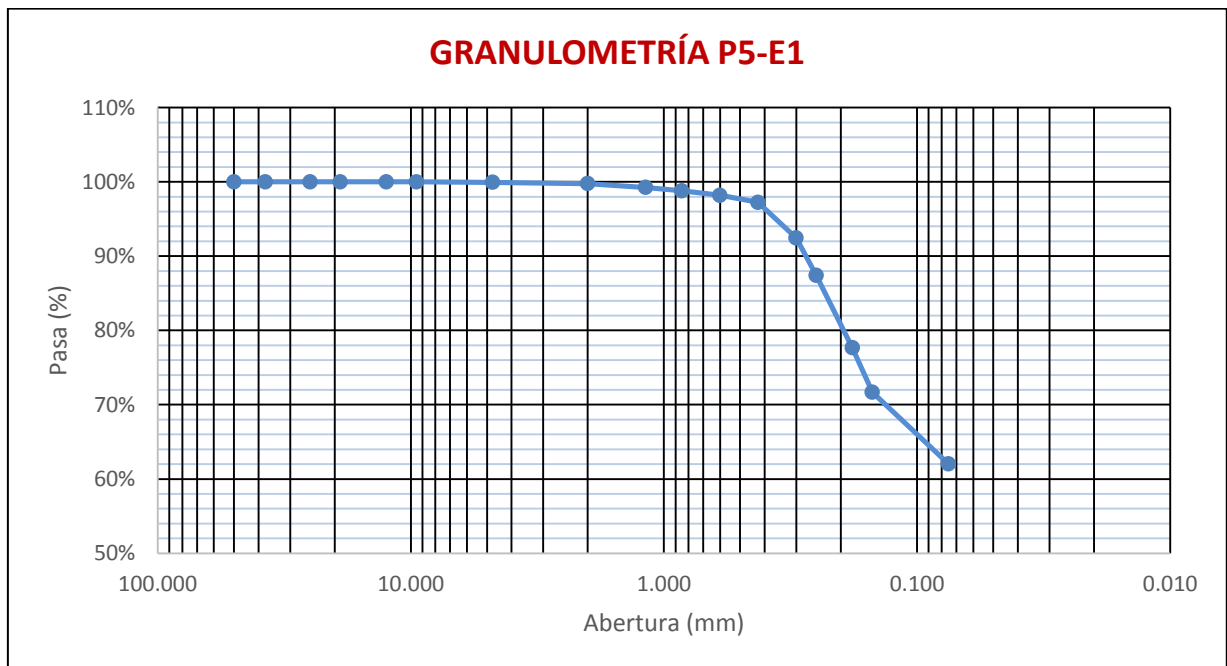


Figura n°. 61: Curva Granulométrica Posteo 5 Estrato 1

Tabla n° 99: Resultados de la Granulometría del Posteo 5 Estrato 2.

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| N°4              | 4.750          | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| N°10             | 2.000          | 0.71               | 0.07           | 0.07        | 99.93          |
| N°16             | 1.180          | 2.94               | 0.29           | 0.37        | 99.64          |
| N°20             | 0.850          | 3.14               | 0.31           | 0.68        | 99.32          |
| N°30             | 0.600          | 8.42               | 0.84           | 1.52        | 98.48          |
| N° 40            | 0.425          | 18.17              | 1.82           | 3.34        | 96.66          |
| N°50             | 0.300          | 45.35              | 4.54           | 7.87        | 92.13          |
| N° 60            | 0.250          | 37.07              | 3.71           | 11.58       | 88.42          |
| N° 80            | 0.180          | 88.54              | 8.85           | 20.43       | 79.57          |
| N°100            | 0.150          | 48.40              | 4.84           | 25.27       | 74.73          |
| N° 200           | 0.075          | 56.71              | 5.67           | 30.95       | 69.06          |
| <b>FONDO</b>     | -              | 690.55             | 69.06          | 100.00      | 0.00           |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1000.00</b>     | <b>100.00</b>  |             |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

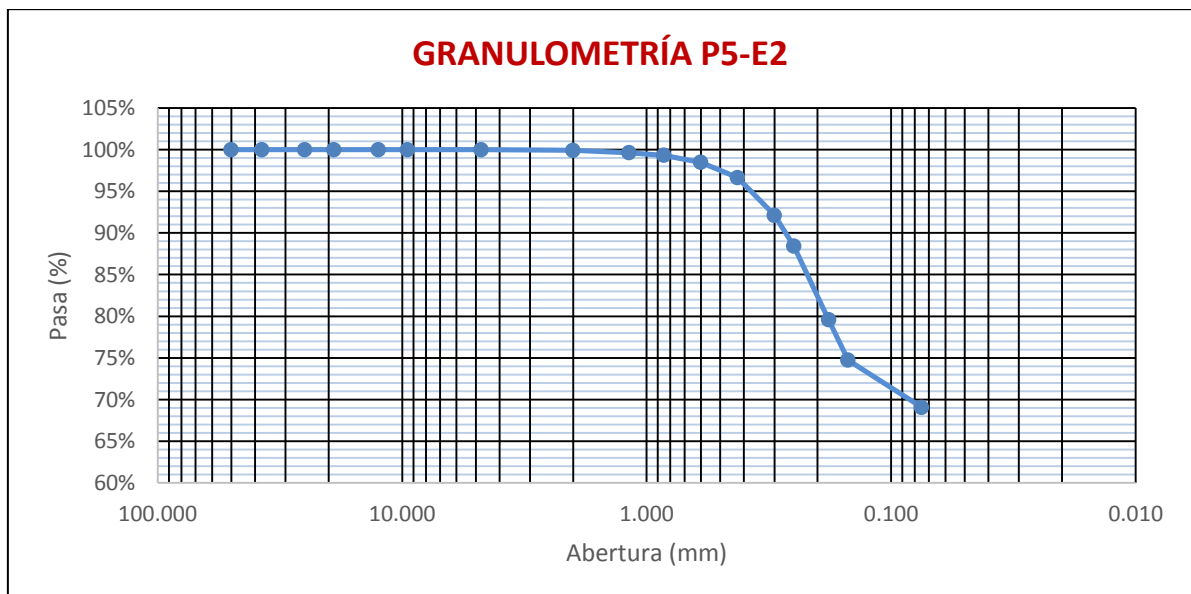


Figura n°. 62: Curva Granulométrica Posteo 5 Estrato 2

Tabla n° 100: Resultados de la Granulometría del Posteo 6 Estrato 1.

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| N°4              | 4.750          | 0.41               | 0.04           | 0.04        | 99.96          |
| N°10             | 2.000          | 1.68               | 0.17           | 0.21        | 99.79          |
| N°16             | 1.180          | 9.16               | 0.92           | 1.13        | 98.88          |
| N°20             | 0.850          | 10.09              | 1.01           | 2.13        | 97.87          |
| N°30             | 0.600          | 16.39              | 1.64           | 3.77        | 96.23          |
| N° 40            | 0.425          | 27.04              | 2.70           | 6.48        | 93.52          |
| N°50             | 0.300          | 45.16              | 4.52           | 10.99       | 89.01          |
| N° 60            | 0.250          | 38.30              | 3.83           | 14.82       | 85.18          |
| N° 80            | 0.180          | 110.41             | 11.04          | 25.86       | 74.14          |
| N°100            | 0.150          | 19.14              | 1.91           | 27.78       | 72.22          |
| N° 200           | 0.075          | 50.17              | 5.02           | 32.80       | 67.21          |
| <b>FONDO</b>     | -              | 672.05             | 67.21          | 100.00      | 0.00           |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1000.00</b>     | <b>100.00</b>  |             |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

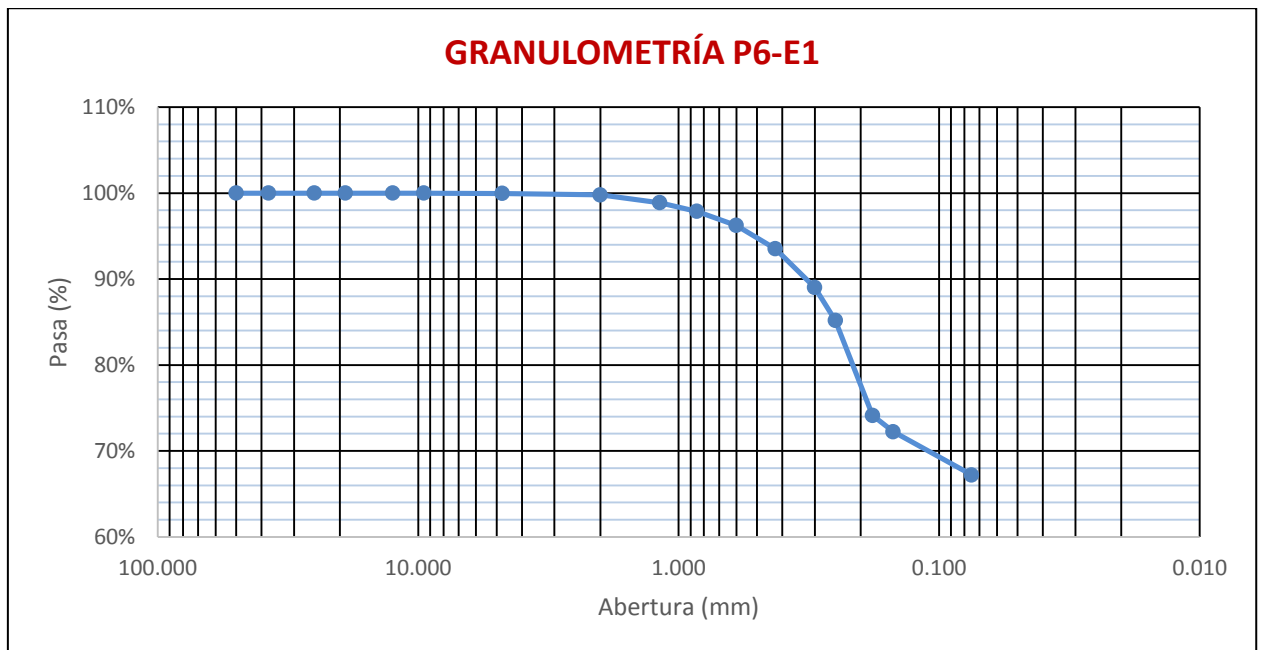


Figura n°. 63: Curva Granulométrica Posteo 6 Estrato 1

Tabla n° 101: Resultados de la Granulometría del Posteo 6 Estrato 2

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| N°4              | 4.750          | 0.30               | 0.03           | 0.03        | 99.97          |
| N°10             | 2.000          | 0.75               | 0.08           | 0.11        | 99.90          |
| N°16             | 1.180          | 4.42               | 0.44           | 0.55        | 99.45          |
| N°20             | 0.850          | 6.77               | 0.68           | 1.22        | 98.78          |
| N°30             | 0.600          | 12.31              | 1.23           | 2.46        | 97.55          |
| N° 40            | 0.425          | 27.10              | 2.71           | 5.17        | 94.84          |
| N°50             | 0.300          | 20.42              | 2.04           | 7.21        | 92.79          |
| N° 60            | 0.250          | 19.67              | 1.97           | 9.17        | 90.83          |
| N° 80            | 0.180          | 98.49              | 9.85           | 19.02       | 80.98          |
| N°100            | 0.150          | 37.01              | 3.70           | 22.72       | 77.28          |
| N° 200           | 0.075          | 86.31              | 8.63           | 31.36       | 68.65          |
| <b>FONDO</b>     | -              | 686.45             | 68.65          | 100.00      | 0.00           |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1000.00</b>     | <b>100.00</b>  |             |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

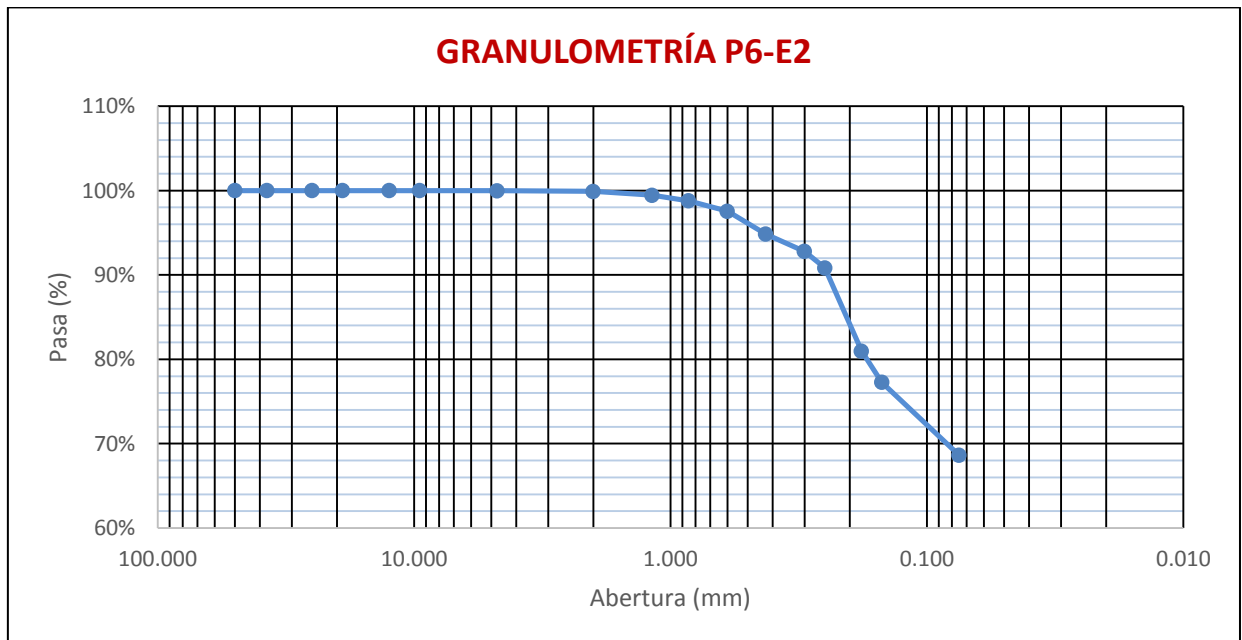
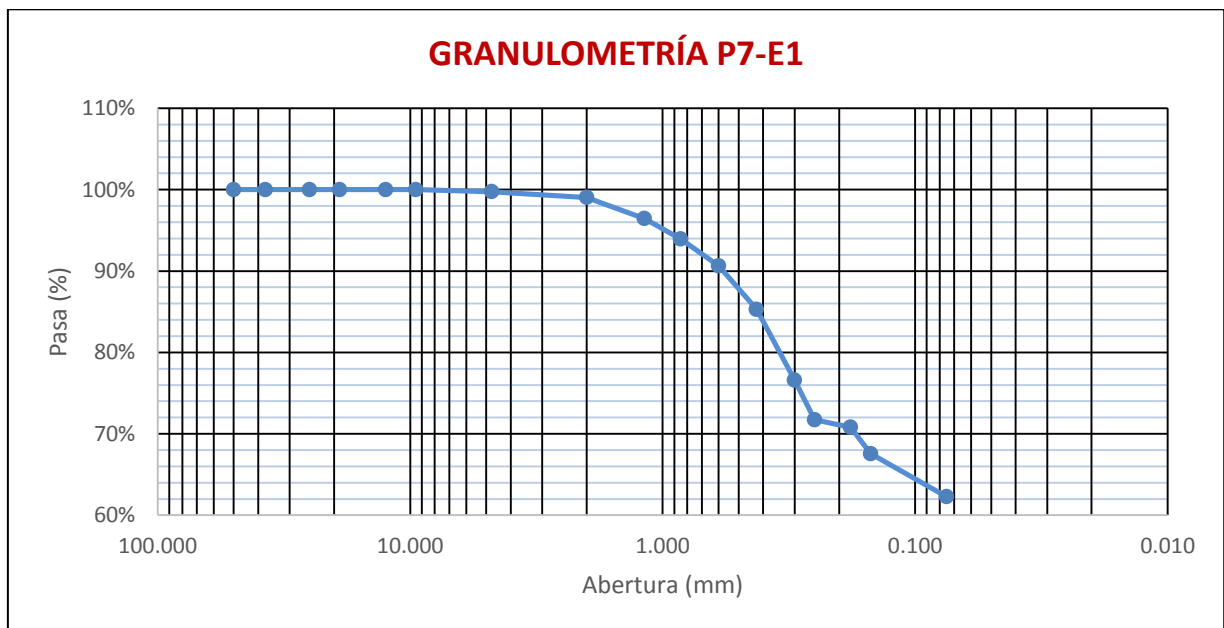


Figura n°. 64: Curva Granulométrica Posteo 6 Estrato 2

*Tabla n° 102: Resultados de la Granulometría del Posteo 7 Estrato 1.*

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado   | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|---------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| N°4              | 4.750          | 2.45               | 0.25           | 0.25          | 99.76          |
| N°10             | 2.000          | 7.06               | 0.71           | 0.95          | 99.05          |
| N°16             | 1.180          | 26.01              | 2.60           | 3.55          | 96.45          |
| N°20             | 0.850          | 24.93              | 2.49           | 6.05          | 93.96          |
| N°30             | 0.600          | 33.08              | 3.31           | 9.35          | 90.65          |
| N° 40            | 0.425          | 53.55              | 5.36           | 14.71         | 85.29          |
| N°50             | 0.300          | 87.03              | 8.70           | 23.41         | 76.59          |
| N° 60            | 0.250          | 48.65              | 4.87           | 28.28         | 71.72          |
| N° 80            | 0.180          | 9.17               | 0.92           | 29.19         | 70.81          |
| N°100            | 0.150          | 32.46              | 3.25           | 32.44         | 67.56          |
| N° 200           | 0.075          | 53.00              | 5.30           | 37.74         | 62.26          |
| <b>FONDO</b>     | -              | <b>622.61</b>      | <b>62.26</b>   | <b>100.00</b> | <b>0.00</b>    |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1000.00</b>     | <b>100.00</b>  |               |                |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*



*Figura n°. 65: Curva Granulométrica Posteo 7 Estrato 1*

Tabla n° 103: Resultados de la Granulometría del Posteo 7 Estrato 2

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado   | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|---------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 1.03               | 0.10           | 0.10          | 99.90          |
| N°4              | 4.750          | 0.71               | 0.07           | 0.17          | 99.83          |
| N°10             | 2.000          | 7.14               | 0.71           | 0.89          | 99.11          |
| N°16             | 1.180          | 25.46              | 2.55           | 3.43          | 96.57          |
| N°20             | 0.850          | 25.00              | 2.50           | 5.93          | 94.07          |
| N°30             | 0.600          | 55.74              | 5.57           | 11.51         | 88.49          |
| N° 40            | 0.425          | 52.99              | 5.30           | 16.81         | 83.19          |
| N°50             | 0.300          | 88.31              | 8.83           | 25.64         | 74.36          |
| N° 60            | 0.250          | 100.08             | 10.01          | 35.65         | 64.35          |
| N° 80            | 0.180          | 95.63              | 9.56           | 45.21         | 54.79          |
| N°100            | 0.150          | 17.15              | 1.72           | 46.92         | 53.08          |
| N° 200           | 0.075          | 25.08              | 2.51           | 49.43         | 50.57          |
| <b>FONDO</b>     | -              | <b>505.68</b>      | <b>50.57</b>   | <b>100.00</b> | <b>0.00</b>    |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1000.00</b>     | <b>100.00</b>  |               |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

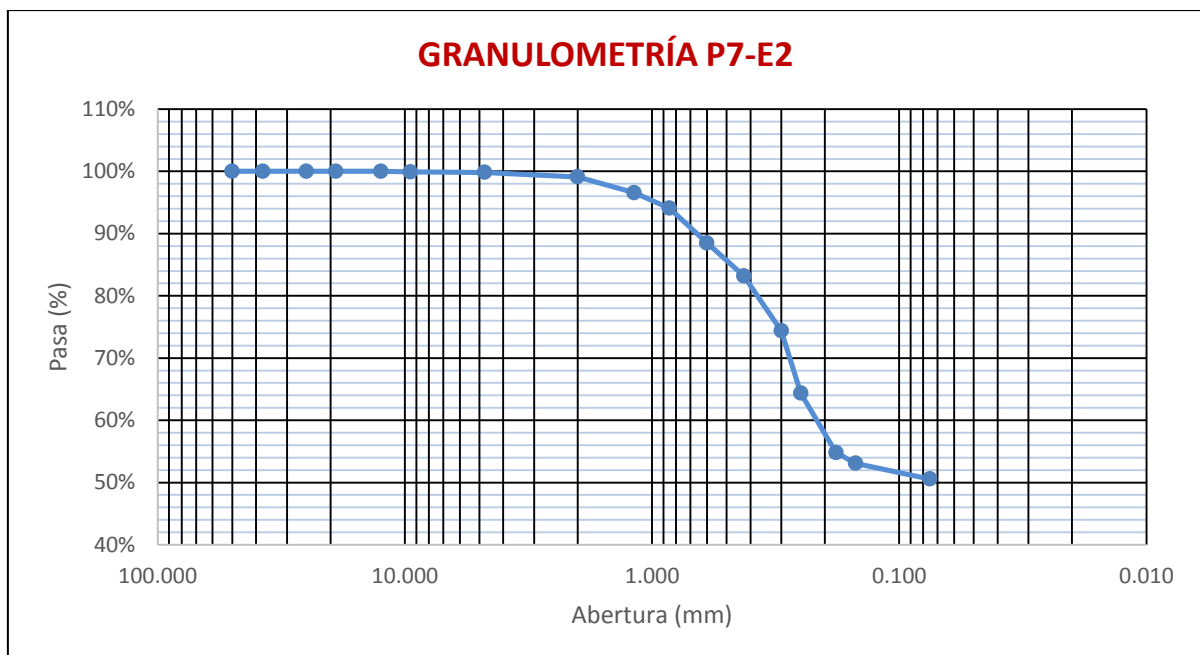


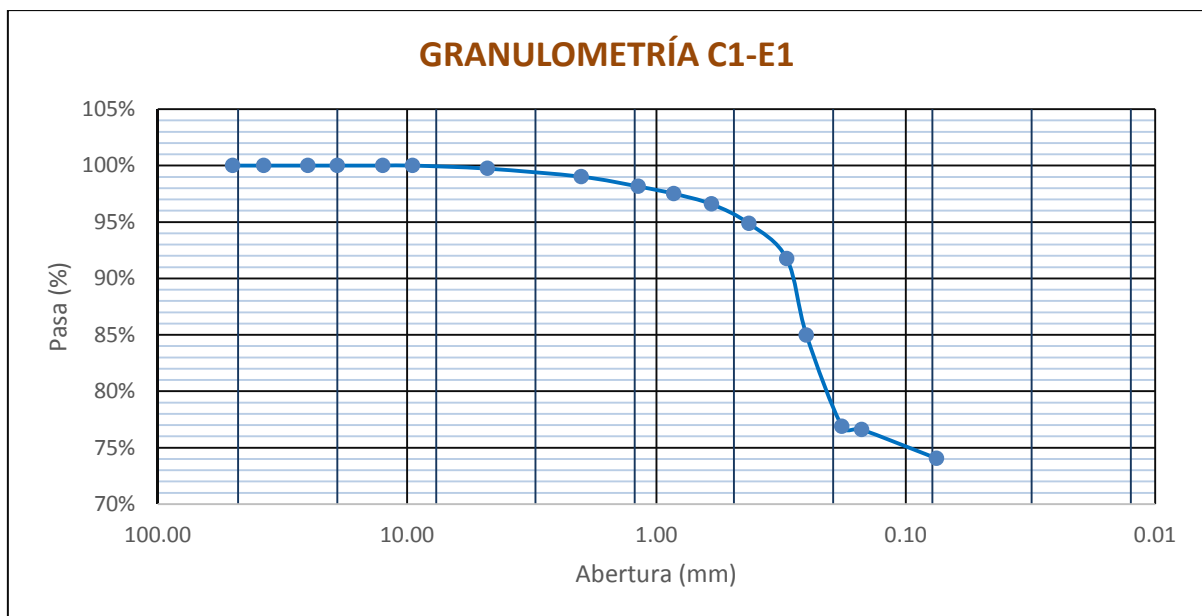
Figura n°. 66: Curva Granulométrica Posteo 7 Estrato 2

**ANEXO n° 12: Resultados del ensayo de Granulometría de Calicatas Estrato 1 y Estrato 2**

**Tabla n° 104: Resultados de la Granulometría de Calicata 1 Estrato 1**

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido(%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|---------------|-------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00          | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00          | 0.00        | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00          | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00          | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00          | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 0.00               | 0.00          | 0.00        | 100.00         |
| N°4              | 4.750          | 4.06               | 0.27          | 0.27        | 99.73          |
| N°10             | 2.000          | 10.74              | 0.72          | 0.99        | 99.01          |
| N°16             | 1.180          | 13.03              | 0.87          | 1.86        | 98.14          |
| N°20             | 0.850          | 9.65               | 0.64          | 2.50        | 97.50          |
| N°30             | 0.600          | 13.85              | 0.92          | 3.42        | 96.58          |
| N° 40            | 0.425          | 25.74              | 1.72          | 5.14        | 94.86          |
| N°50             | 0.300          | 46.74              | 3.12          | 8.25        | 91.75          |
| N° 60            | 0.250          | 101.64             | 6.78          | 15.03       | 84.97          |
| N° 80            | 0.180          | 121.20             | 8.08          | 23.11       | 76.89          |
| N°100            | 0.150          | 4.38               | 0.29          | 23.40       | 76.60          |
| N° 200           | 0.075          | 38.34              | 2.56          | 25.96       | 74.04          |
| <b>FONDO</b>     | -              | 1110.63            | 74.04         | 100.00      | 0.00           |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1500.00</b>     | <b>100.00</b> |             |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n°. 67: Curva Granulométrica Calicata 1 Estrato 1.**



Tabla n° 105: Resultados de la Granulometría de Calicata 1 Estrato 2.

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 1.00               | 0.07           | 0.07        | 99.93          |
| N°4              | 4.750          | 2.13               | 0.14           | 0.21        | 99.79          |
| N°10             | 2.000          | 3.98               | 0.27           | 0.47        | 99.53          |
| N°16             | 1.180          | 12.48              | 0.83           | 1.31        | 98.69          |
| N°20             | 0.850          | 11.53              | 0.77           | 2.07        | 97.93          |
| N°30             | 0.600          | 19.98              | 1.33           | 3.41        | 96.59          |
| N° 40            | 0.425          | 23.75              | 1.58           | 4.99        | 95.01          |
| N°50             | 0.300          | 45.94              | 3.06           | 8.05        | 91.95          |
| N° 60            | 0.250          | 38.72              | 2.58           | 10.63       | 89.37          |
| N° 80            | 0.180          | 48.35              | 3.22           | 13.86       | 86.14          |
| N°100            | 0.150          | 39.87              | 2.66           | 16.52       | 83.48          |
| N° 200           | 0.075          | 56.05              | 3.74           | 20.25       | 79.75          |
| <b>FONDO</b>     | -              | 1196.22            | 79.75          | 100.00      | 0.00           |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1500.00</b>     | <b>100.00</b>  |             |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

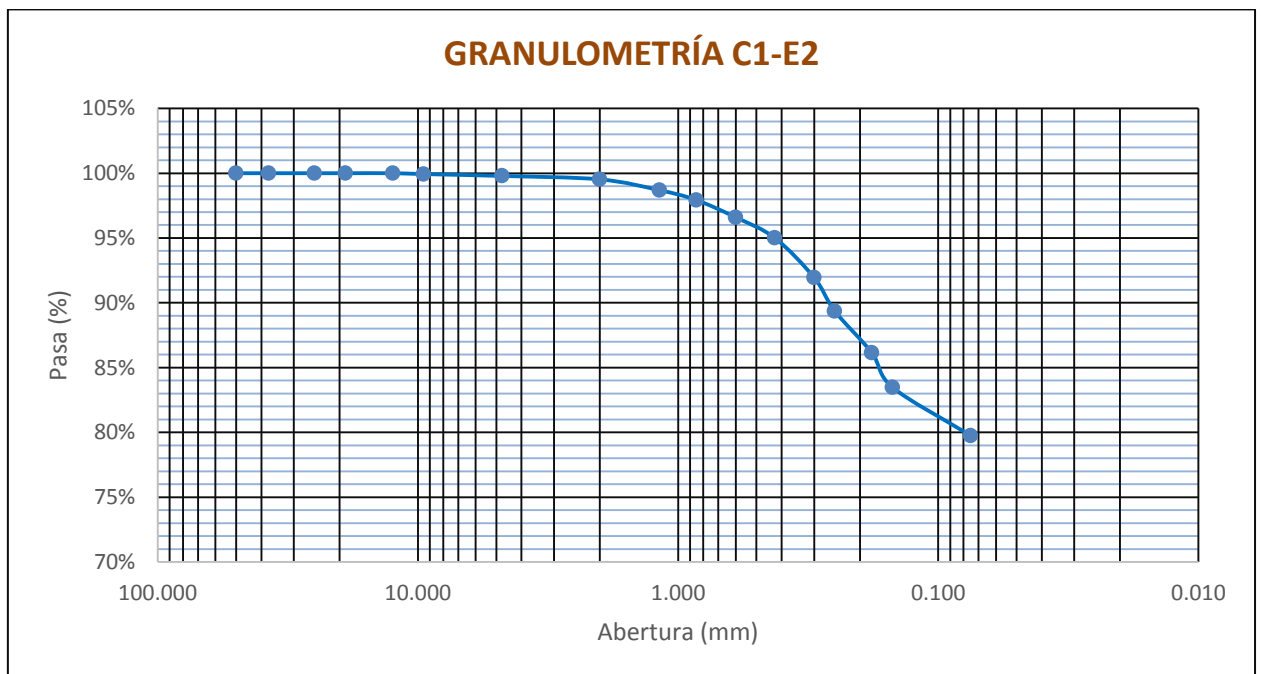


Figura n°. 68: Curva Granulométrica Calicata 1 Estrato 2

Tabla n° 106: Resultados de la Granulometría de Calicata 2 Estrato 1

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| N°4              | 4.750          | 1.06               | 0.07           | 0.07        | 99.93          |
| N°10             | 2.000          | 3.84               | 0.26           | 0.33        | 99.67          |
| N°16             | 1.180          | 8.68               | 0.58           | 0.91        | 99.09          |
| N°20             | 0.850          | 6.79               | 0.45           | 1.36        | 98.64          |
| N°30             | 0.600          | 9.99               | 0.67           | 2.02        | 97.98          |
| N° 40            | 0.425          | 19.16              | 1.28           | 3.30        | 96.70          |
| N°50             | 0.300          | 32.89              | 2.19           | 5.49        | 94.51          |
| N° 60            | 0.250          | 33.28              | 2.22           | 7.71        | 92.29          |
| N° 80            | 0.180          | 170.03             | 11.34          | 19.05       | 80.95          |
| N°100            | 0.150          | 30.79              | 2.05           | 21.10       | 78.90          |
| N° 200           | 0.075          | 158.39             | 10.56          | 31.66       | 68.34          |
| <b>FONDO</b>     | -              | 1025.10            | 68.34          | 100.00      | 0.00           |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1500.00</b>     | <b>100.00</b>  |             |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

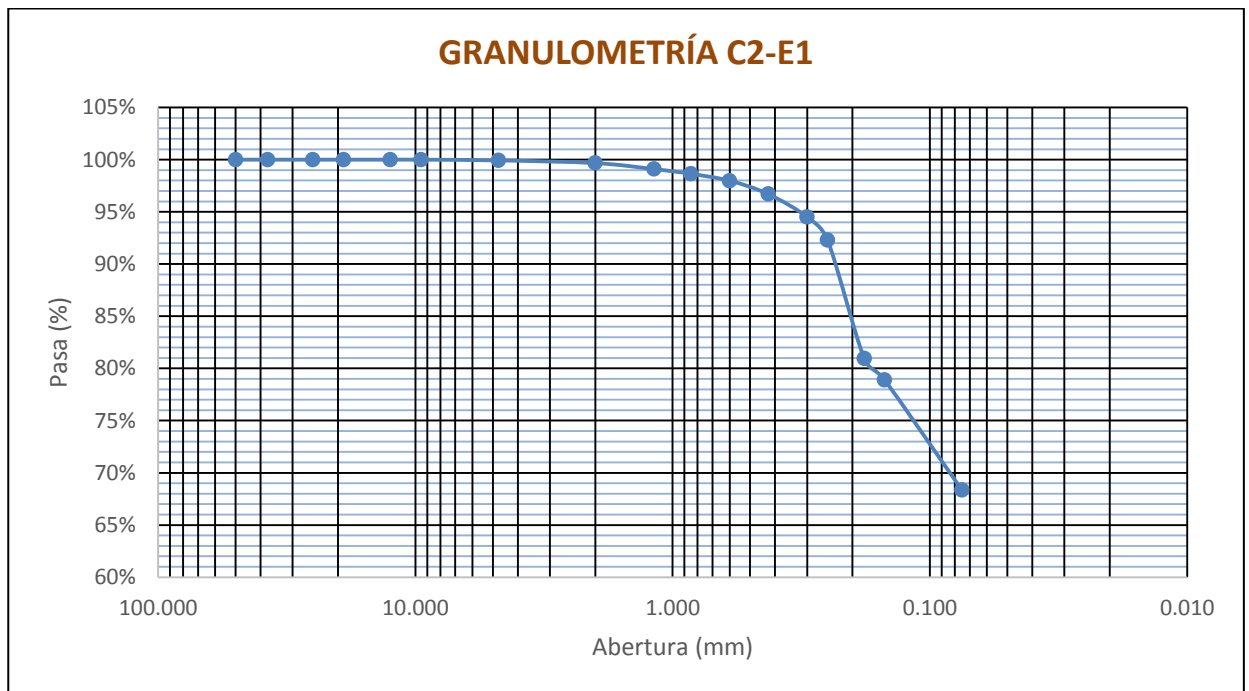


Figura n°. 69: Curva Granulométrica Calicata 2 Estrato 1

Tabla n° 107: Resultados de la Granulometría de Calicata 2 Estrato 2

| Tamiz                   | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|-------------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
| 2"                      | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"                  | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1"                      | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"                    | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"                    | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"                    | 9.500          | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| N°4                     | 4.750          | 11.65              | 0.78           | 0.78        | 99.22          |
| N°10                    | 2.000          | 43.52              | 2.90           | 3.68        | 96.32          |
| N°16                    | 1.180          | 24.60              | 1.64           | 5.32        | 94.68          |
| N°20                    | 0.850          | 10.55              | 0.70           | 6.02        | 93.98          |
| N°30                    | 0.600          | 13.78              | 0.92           | 6.94        | 93.06          |
| N° 40                   | 0.425          | 30.24              | 2.02           | 8.96        | 91.04          |
| N°50                    | 0.300          | 96.81              | 6.45           | 15.41       | 84.59          |
| N° 60                   | 0.250          | 158.40             | 10.56          | 25.97       | 74.03          |
| N° 80                   | 0.180          | 191.82             | 12.79          | 38.76       | 61.24          |
| N°100                   | 0.150          | 32.03              | 2.14           | 40.89       | 59.11          |
| N° 200                  | 0.075          | 135.12             | 9.01           | 49.90       | 50.10          |
| <b>FONDO SUMATORI A</b> | -              | 751.48             | 50.10          | 100.00      | 0.00           |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

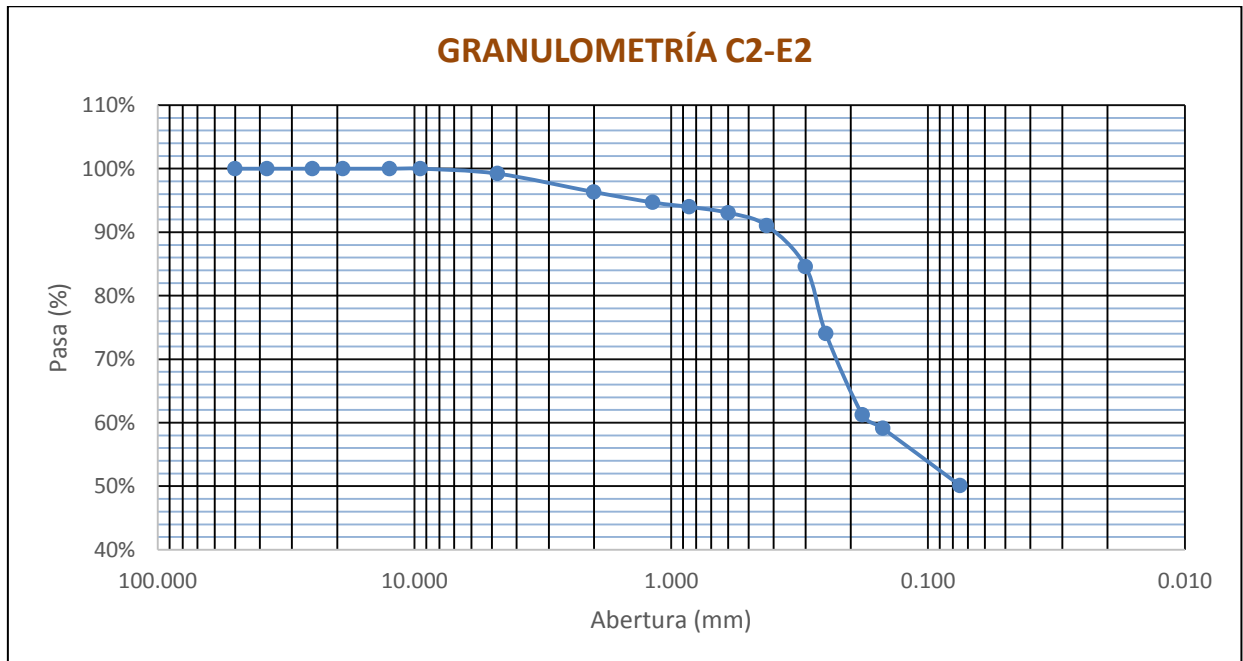


Figura n°. 70: Curva Granulométrica Calicata 2 Estrato 2

Tabla n° 108: Resultados de la Granulometría de Calicata 3 Estrato 1

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 0.11               | 0.01           | 0.01        | 99.99          |
| N°4              | 4.750          | 5.59               | 0.37           | 0.38        | 99.62          |
| N°10             | 2.000          | 8.24               | 0.55           | 0.93        | 99.07          |
| N°16             | 1.180          | 2.70               | 0.18           | 1.11        | 98.89          |
| N°20             | 0.850          | 1.74               | 0.12           | 1.23        | 98.77          |
| N°30             | 0.600          | 1.67               | 0.11           | 1.34        | 98.66          |
| N° 40            | 0.425          | 2.78               | 0.19           | 1.52        | 98.48          |
| N°50             | 0.300          | 4.12               | 0.27           | 1.80        | 98.20          |
| N° 60            | 0.250          | 23.61              | 1.57           | 3.37        | 96.63          |
| N° 80            | 0.180          | 7.13               | 0.48           | 3.85        | 96.15          |
| N°100            | 0.150          | 29.65              | 1.98           | 5.82        | 94.18          |
| N° 200           | 0.075          | 0.71               | 0.05           | 5.87        | 94.13          |
| <b>FONDO</b>     | -              | 1411.95            | 94.13          | 100.00      | 0.00           |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1500.00</b>     | <b>100.00</b>  |             |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

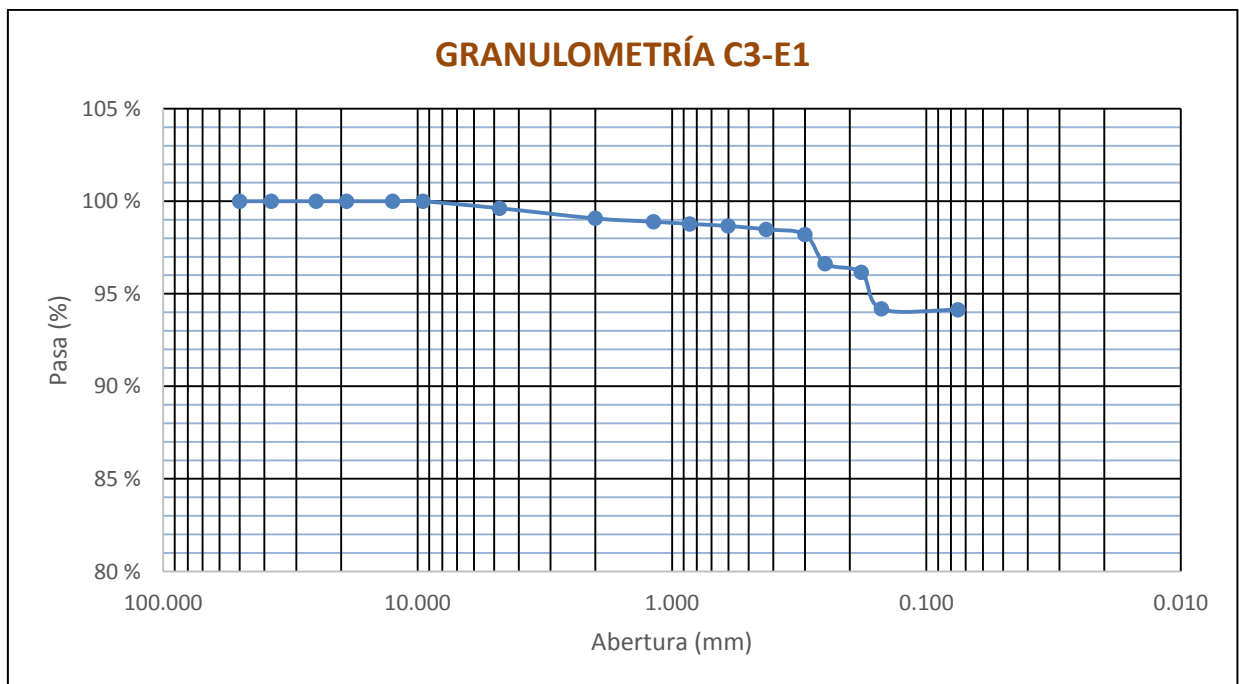


Figura n°. 71: Curva Granulométrica Calicata 3 Estrato 1

Tabla n° 109: Resultados de la Granulometría de Calicata 3 Estrato 2

| Tamiz                  | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
| 2"                     | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"                 | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1"                     | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"                   | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"                   | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"                   | 9.500          | 6.05               | 0.30           | 0.30        | 99.70          |
| N°4                    | 4.750          | 13.31              | 0.67           | 0.97        | 99.03          |
| N°10                   | 2.000          | 7.64               | 0.38           | 1.35        | 98.65          |
| N°16                   | 1.180          | 3.38               | 0.17           | 1.52        | 98.48          |
| N°20                   | 0.850          | 5.94               | 0.30           | 1.82        | 98.18          |
| N°30                   | 0.600          | 12.78              | 0.64           | 2.45        | 97.55          |
| N° 40                  | 0.425          | 25.62              | 1.28           | 3.74        | 96.26          |
| N°50                   | 0.300          | 25.05              | 1.25           | 4.99        | 95.01          |
| N° 60                  | 0.250          | 127.79             | 6.39           | 11.38       | 88.62          |
| N° 80                  | 0.180          | 6.57               | 0.33           | 11.71       | 88.29          |
| N°100                  | 0.150          | 46.32              | 2.32           | 14.02       | 85.98          |
| N° 200                 | 0.075          | 2.81               | 0.14           | 14.16       | 85.84          |
| <b>FONDO SUMATORIA</b> | -              | 1716.90            | 85.84          | 100.00      | 0.00           |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

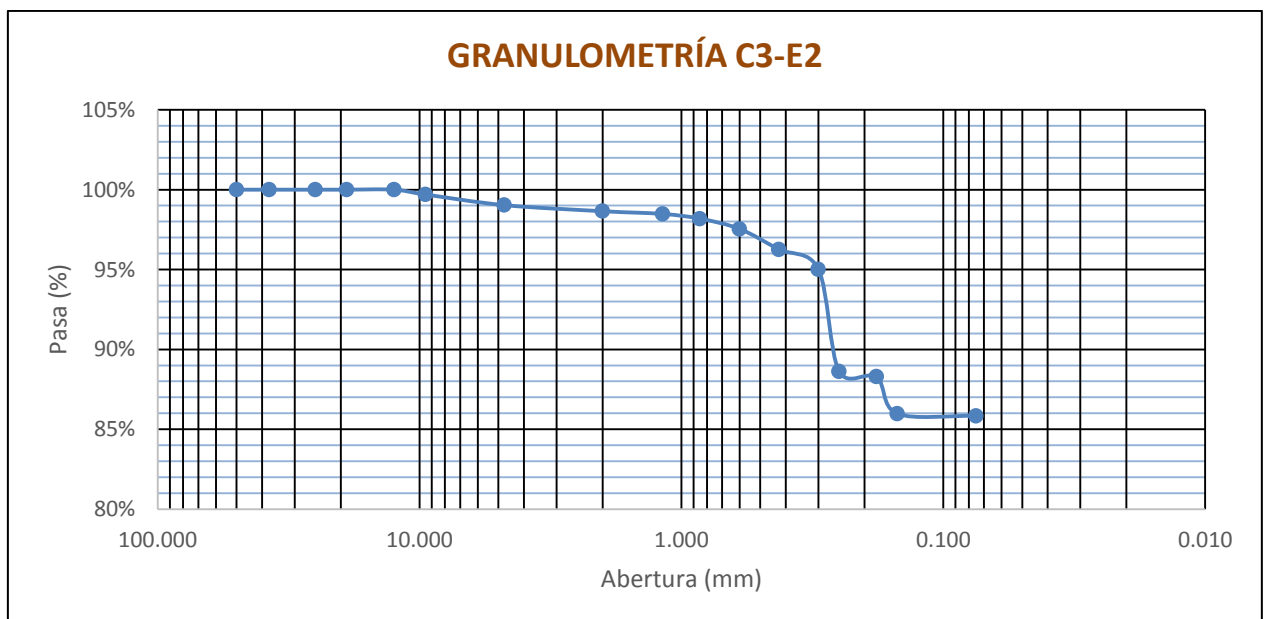


Figura n°. 72: Curva Granulométrica Calicata 3 Estrato 2

Tabla n° 110: Resultados de la Granulometría de Calicata 4 Estrato 1

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| N°4              | 4.750          | 2.05               | 0.14           | 0.14        | 99.86          |
| N°10             | 2.000          | 7.42               | 0.49           | 0.63        | 99.37          |
| N°16             | 1.180          | 12.90              | 0.86           | 1.49        | 98.51          |
| N°20             | 0.850          | 3.74               | 0.25           | 1.74        | 98.26          |
| N°30             | 0.600          | 3.30               | 0.22           | 1.96        | 98.04          |
| N° 40            | 0.425          | 3.51               | 0.23           | 2.19        | 97.81          |
| N°50             | 0.300          | 3.40               | 0.23           | 2.42        | 97.58          |
| N° 60            | 0.250          | 2.87               | 0.19           | 2.61        | 97.39          |
| N° 80            | 0.180          | 9.15               | 0.61           | 3.22        | 96.78          |
| N°100            | 0.150          | 11.93              | 0.80           | 4.02        | 95.98          |
| N° 200           | 0.075          | 22.78              | 1.52           | 5.54        | 94.46          |
| <b>FONDO</b>     | -              | 1416.95            | 94.46          | 100.00      | 0.00           |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1500.00</b>     | <b>100.00</b>  |             |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

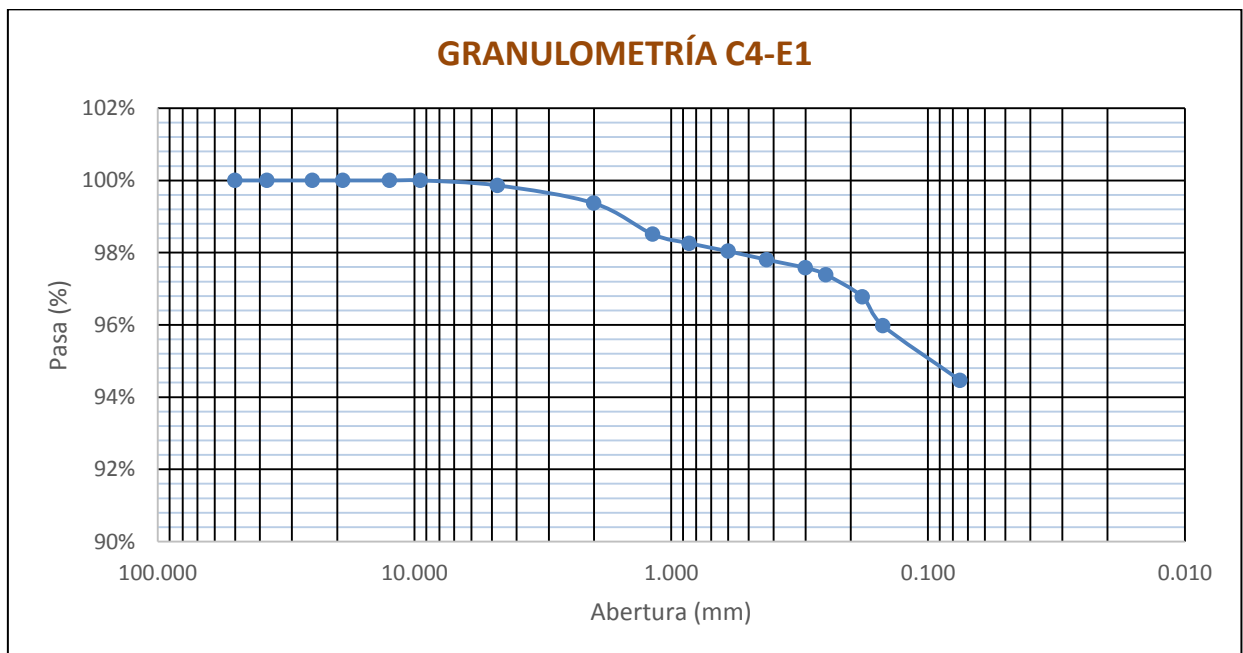


Figura n°. 73: Curva Granulométrica Calicata 4 Estrato 1

Tabla n° 111: Resultados de la Granulometría de Calicata 4 Estrato 2

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| N°4              | 4.750          | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| N°10             | 2.000          | 1.63               | 0.11           | 0.11        | 99.89          |
| N°16             | 1.180          | 3.93               | 0.26           | 0.37        | 99.63          |
| N°20             | 0.850          | 2.56               | 0.17           | 0.54        | 99.46          |
| N°30             | 0.600          | 4.22               | 0.28           | 0.82        | 99.18          |
| N° 40            | 0.425          | 9.28               | 0.62           | 1.44        | 98.56          |
| N°50             | 0.300          | 16.16              | 1.08           | 2.52        | 97.48          |
| N° 60            | 0.250          | 14.16              | 0.94           | 3.46        | 96.54          |
| N° 80            | 0.180          | 34.15              | 2.28           | 5.74        | 94.26          |
| N°100            | 0.150          | 32.04              | 2.14           | 7.88        | 92.12          |
| N° 200           | 0.075          | 58.91              | 3.93           | 11.80       | 88.20          |
| <b>FONDO</b>     | -              | 1322.96            | 88.20          | 100.00      | 0.00           |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1500.00</b>     | <b>100.00</b>  |             |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

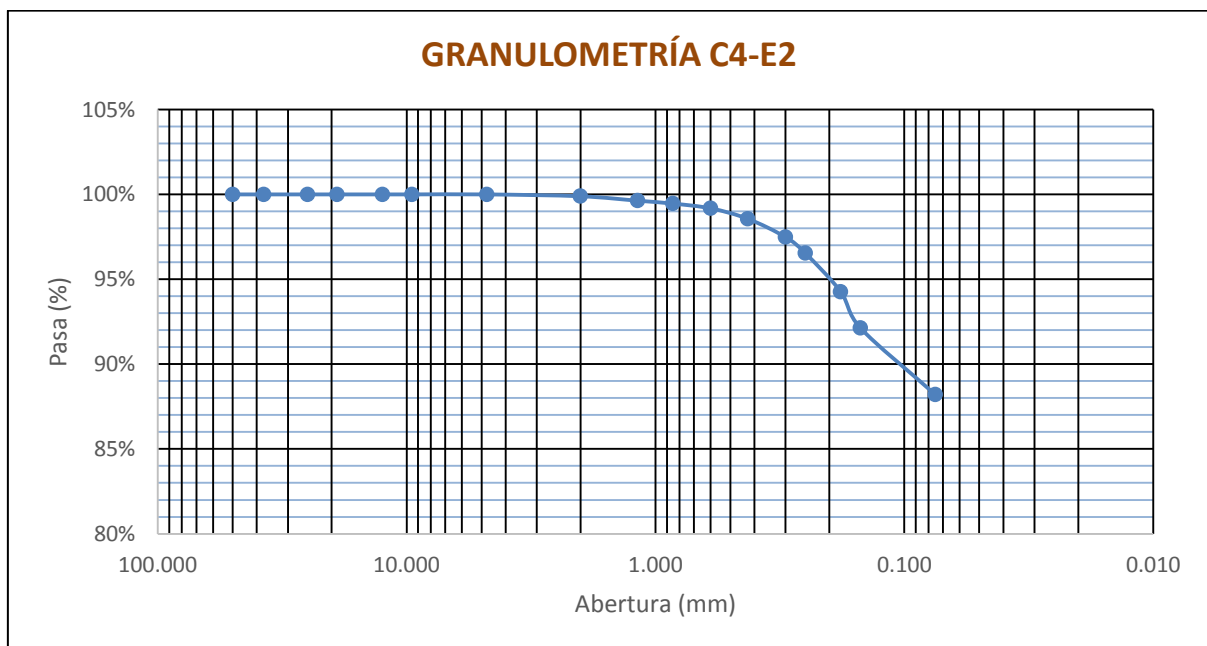


Figura n°. 74: Curva Granulométrica Calicata 4 Estrato 2

Tabla n° 112: Resultados de la Granulometría de Calicata 5 Estrato 1

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 4.22               | 0.28           | 0.28        | 99.72          |
| N°4              | 4.750          | 9.98               | 0.67           | 0.95        | 99.05          |
| N°10             | 2.000          | 11.26              | 0.75           | 1.70        | 98.30          |
| N°16             | 1.180          | 19.28              | 1.29           | 2.98        | 97.02          |
| N°20             | 0.850          | 12.85              | 0.86           | 3.84        | 96.16          |
| N°30             | 0.600          | 5.06               | 0.34           | 4.18        | 95.82          |
| N° 40            | 0.425          | 19.98              | 1.33           | 5.51        | 94.49          |
| N°50             | 0.300          | 18.28              | 1.22           | 6.73        | 93.27          |
| N° 60            | 0.250          | 4.93               | 0.33           | 7.06        | 92.94          |
| N° 80            | 0.180          | 47.62              | 3.17           | 10.23       | 89.77          |
| N°100            | 0.150          | 22.90              | 1.53           | 11.76       | 88.24          |
| N° 200           | 0.075          | 52.83              | 3.52           | 15.28       | 84.72          |
| <b>FONDO</b>     | -              | 1270.81            | 84.72          | 100.00      | 0.00           |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1500.00</b>     | <b>100.00</b>  |             |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

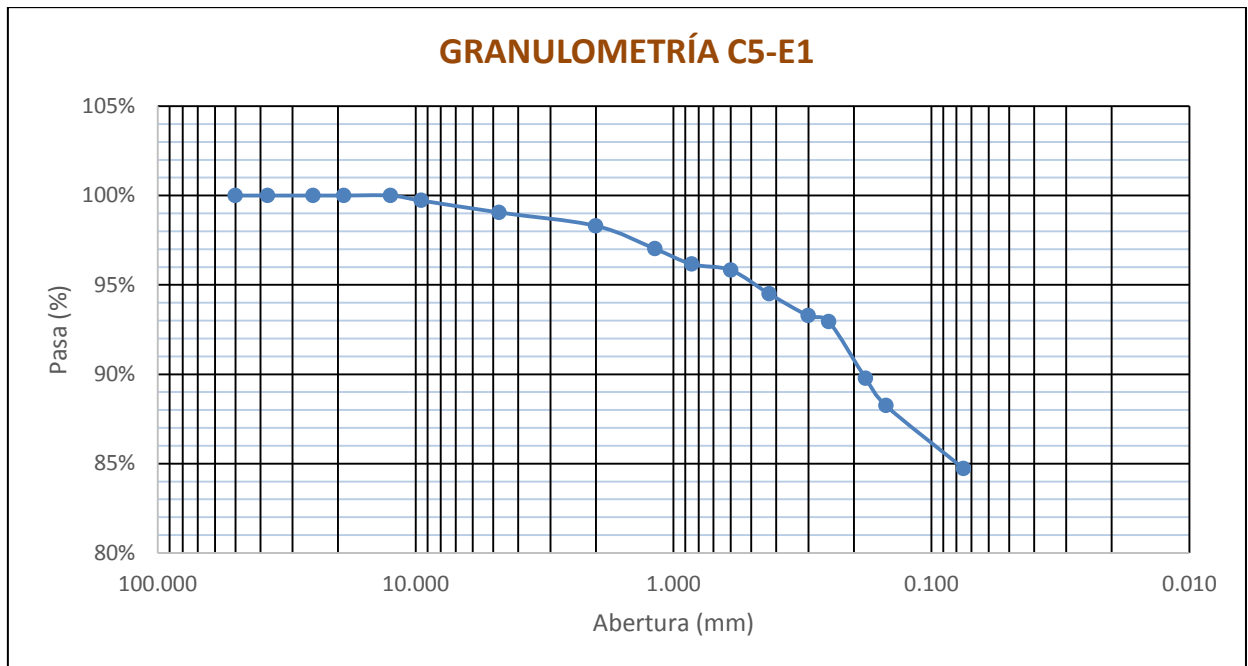


Figura n°. 75: Curva Granulométrica Calicata 5 Estrato 1



Tabla n° 113: Resultados de la Granulometría de Calicata 5 Estrato 2

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 1.49               | 0.10           | 0.10        | 99.90          |
| N°4              | 4.750          | 5.01               | 0.33           | 0.43        | 99.57          |
| N°10             | 2.000          | 8.42               | 0.56           | 0.99        | 99.01          |
| N°16             | 1.180          | 5.56               | 0.37           | 1.37        | 98.63          |
| N°20             | 0.850          | 7.36               | 0.49           | 1.86        | 98.14          |
| N°30             | 0.600          | 11.08              | 0.74           | 2.59        | 97.41          |
| N° 40            | 0.425          | 16.60              | 1.11           | 3.70        | 96.30          |
| N°50             | 0.300          | 39.02              | 2.60           | 6.30        | 93.70          |
| N° 60            | 0.250          | 39.02              | 2.60           | 8.90        | 91.10          |
| N° 80            | 0.180          | 95.87              | 6.39           | 15.30       | 84.70          |
| N°100            | 0.150          | 6.58               | 0.44           | 15.73       | 84.27          |
| N° 200           | 0.075          | 27.08              | 1.81           | 17.54       | 82.46          |
| <b>FONDO</b>     | -              | 1236.91            | 82.46          | 100.00      | 0.00           |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1500.00</b>     | <b>100.00</b>  |             |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

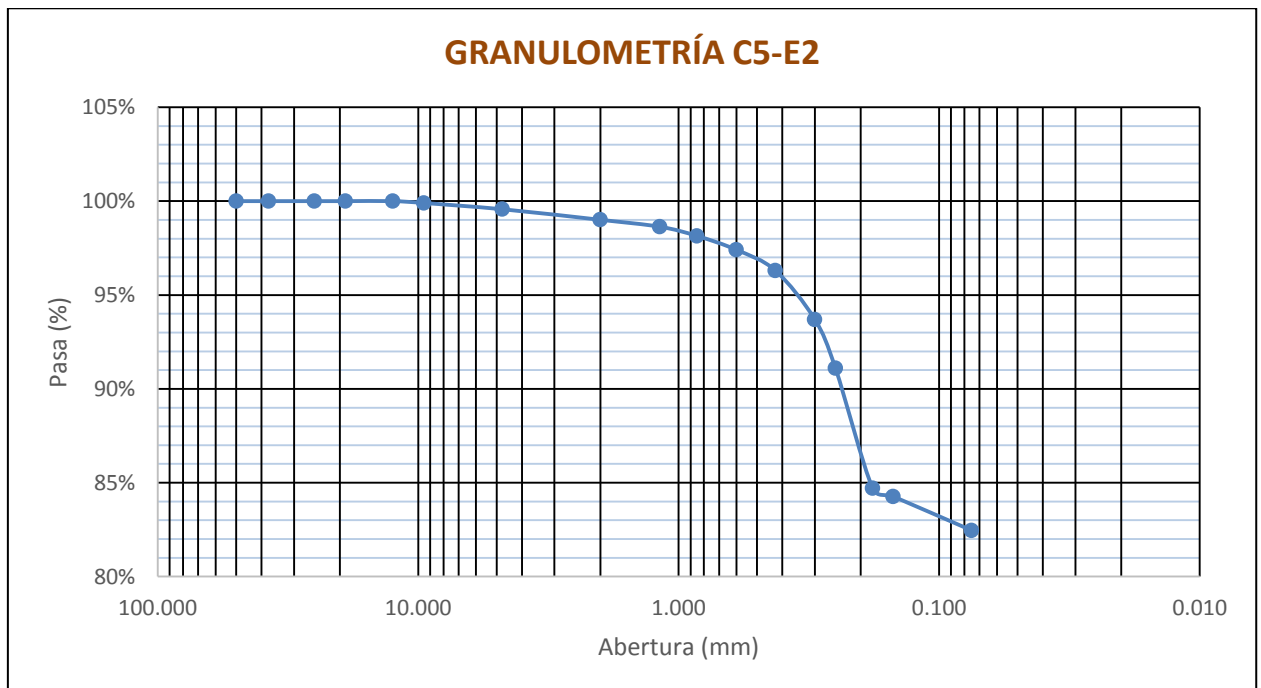
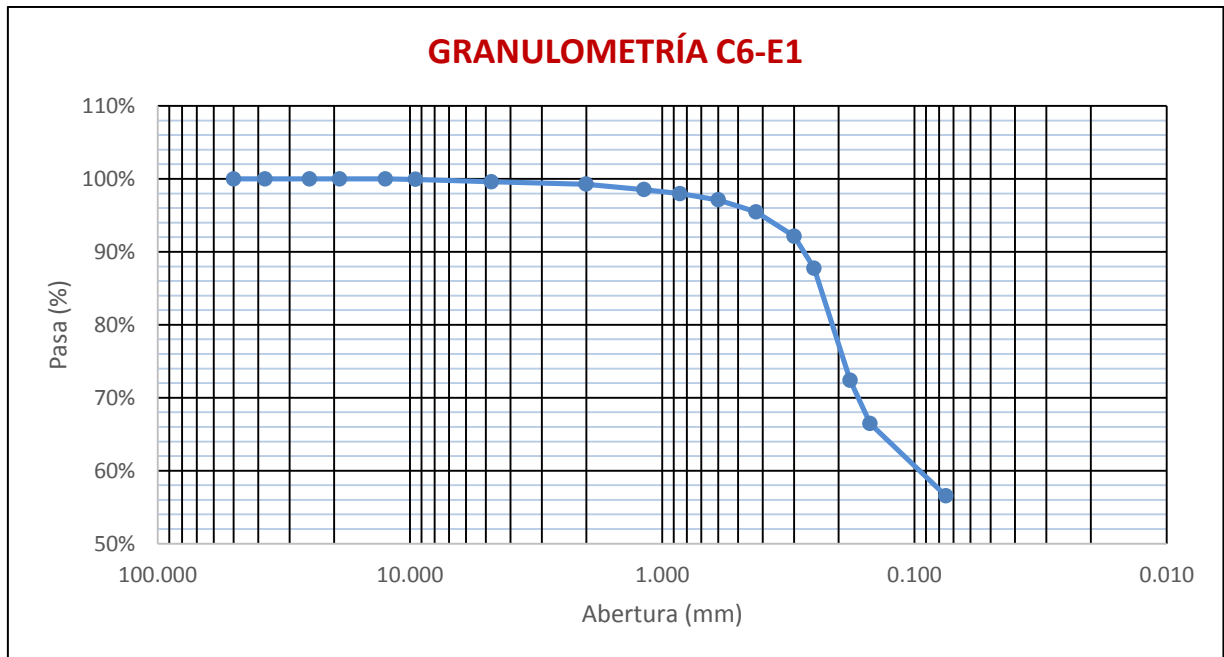


Figura n°. 76: Curva Granulométrica Calicata 5 Estrato 2

*Tabla n° 114: Resultados de la Granulometría de Calicata 6 Estrato 1*

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado   | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|---------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 1.22               | 0.08           | 0.08          | 99.92          |
| N°4              | 4.750          | 5.00               | 0.33           | 0.41          | 99.59          |
| N°10             | 2.000          | 4.67               | 0.31           | 0.73          | 99.27          |
| N°16             | 1.180          | 11.29              | 0.75           | 1.48          | 98.52          |
| N°20             | 0.850          | 8.27               | 0.55           | 2.03          | 97.97          |
| N°30             | 0.600          | 12.71              | 0.85           | 2.88          | 97.12          |
| N° 40            | 0.425          | 24.78              | 1.65           | 4.53          | 95.47          |
| N°50             | 0.300          | 49.93              | 3.33           | 7.86          | 92.14          |
| N° 60            | 0.250          | 66.14              | 4.41           | 12.27         | 87.73          |
| N° 80            | 0.180          | 229.95             | 15.33          | 27.60         | 72.40          |
| N°100            | 0.150          | 89.34              | 5.96           | 33.55         | 66.45          |
| N° 200           | 0.075          | 148.84             | 9.92           | 43.48         | 56.52          |
| <b>FONDO</b>     | -              | <b>847.86</b>      | <b>56.52</b>   | <b>100.00</b> | <b>0.00</b>    |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1500.00</b>     | <b>100.00</b>  |               |                |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*



*Figura n°. 77: Curva Granulométrica Calicata 6 Estrato 1*

Tabla n° 115: Resultados de la Granulometría de Calicata 6 Estrato 2

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado   | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|---------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 0.00               | 0.00           | 0.00          | 100.00         |
| N°4              | 4.750          | 0.81               | 0.05           | 0.05          | 99.95          |
| N°10             | 2.000          | 1.57               | 0.10           | 0.16          | 99.84          |
| N°16             | 1.180          | 5.94               | 0.40           | 0.55          | 99.45          |
| N°20             | 0.850          | 7.42               | 0.49           | 1.05          | 98.95          |
| N°30             | 0.600          | 13.75              | 0.92           | 1.97          | 98.03          |
| N° 40            | 0.425          | 32.92              | 2.19           | 4.16          | 95.84          |
| N°50             | 0.300          | 52.02              | 3.47           | 7.63          | 92.37          |
| N° 60            | 0.250          | 48.98              | 3.27           | 10.89         | 89.11          |
| N° 80            | 0.180          | 146.03             | 9.74           | 20.63         | 79.37          |
| N°100            | 0.150          | 61.69              | 4.11           | 24.74         | 75.26          |
| N° 200           | 0.075          | 72.78              | 4.85           | 29.59         | 70.41          |
| <b>FONDO</b>     | -              | <b>1056.09</b>     | <b>70.41</b>   | <b>100.00</b> | <b>0.00</b>    |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1500.00</b>     | <b>100.00</b>  |               |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

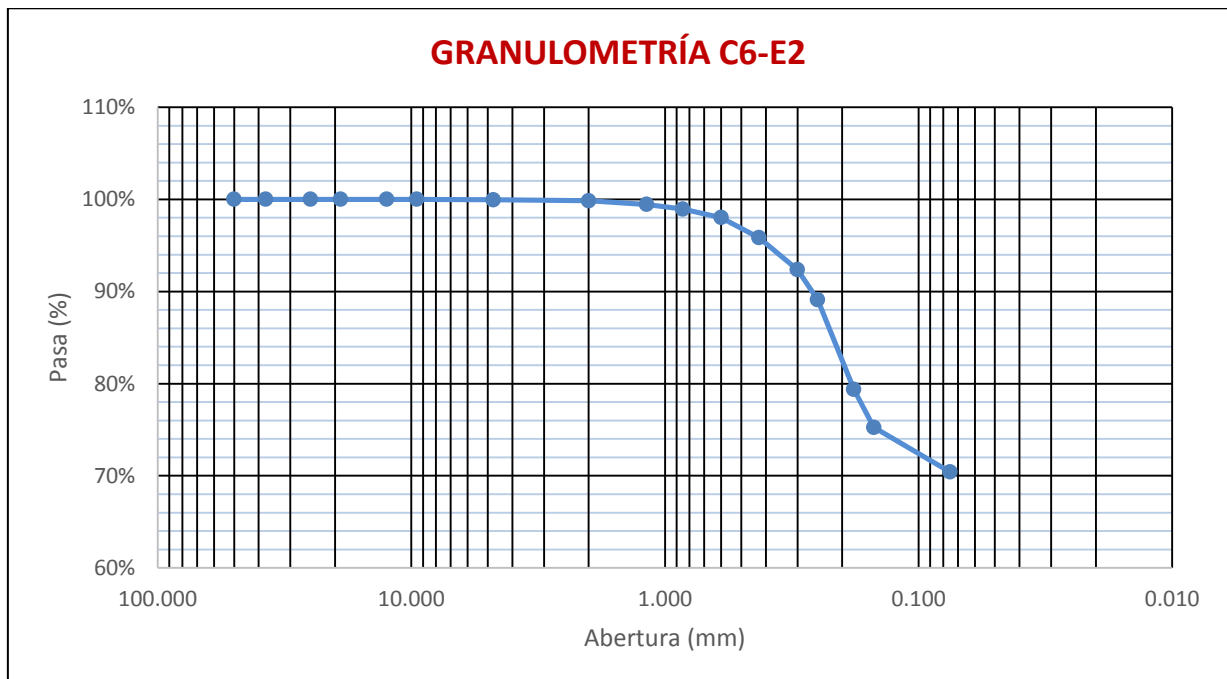


Figura n°. 78: Curva Granulométrica Calicata 6 Estrato 2

Tabla n° 116: Resultados de la Granulometría de Calicata 7 Estrato 1

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| N°4              | 4.750          | 1.41               | 0.09           | 0.09        | 99.91          |
| N°10             | 2.000          | 3.00               | 0.20           | 0.29        | 99.71          |
| N°16             | 1.180          | 11.27              | 0.75           | 1.05        | 98.95          |
| N°20             | 0.850          | 11.76              | 0.78           | 1.83        | 98.17          |
| N°30             | 0.600          | 17.35              | 1.16           | 2.99        | 97.01          |
| N° 40            | 0.425          | 31.10              | 2.07           | 5.06        | 94.94          |
| N°50             | 0.300          | 45.41              | 3.03           | 8.09        | 91.91          |
| N° 60            | 0.250          | 44.41              | 2.96           | 11.05       | 88.95          |
| N° 80            | 0.180          | 129.87             | 8.66           | 19.71       | 80.29          |
| N°100            | 0.150          | 39.13              | 2.61           | 22.31       | 77.69          |
| N° 200           | 0.075          | 102.27             | 6.82           | 29.13       | 70.87          |
| <b>FONDO</b>     | -              | 1063.02            | 70.87          | 100.00      | 0.00           |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1500.00</b>     | <b>100.00</b>  |             |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

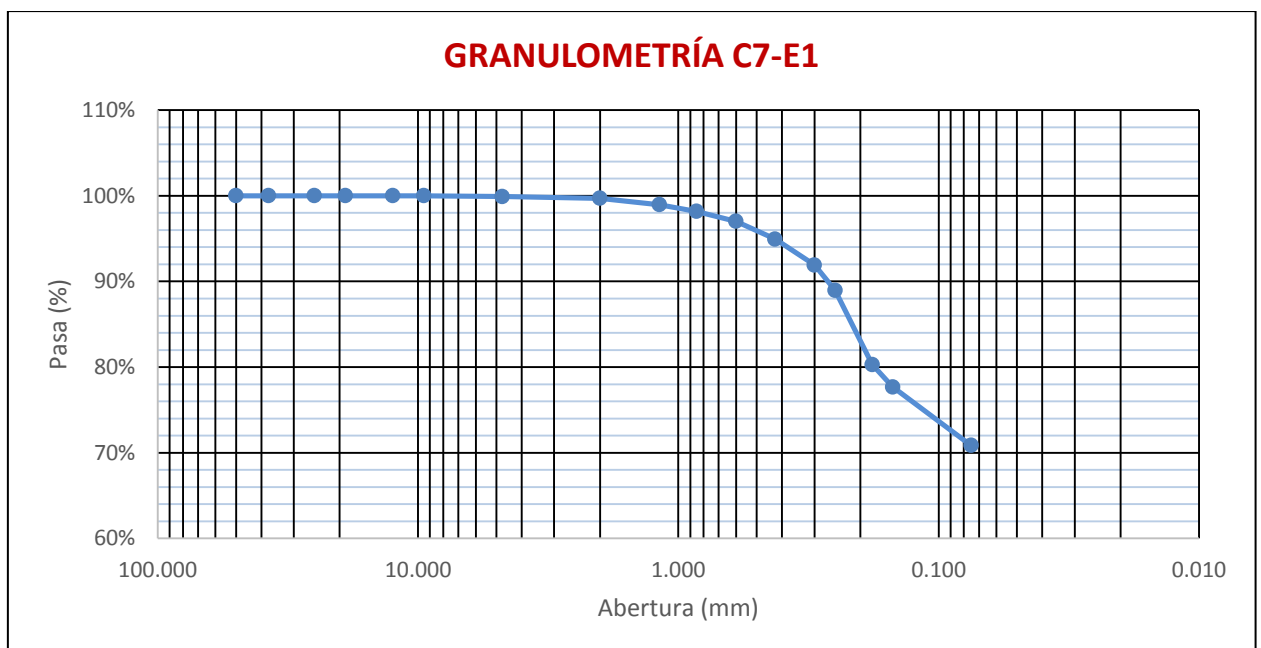


Figura n°. 79: Curva Granulométrica Calicata 7 Estrato 1

Tabla n° 117: Resultados de la Granulometría de Calicata 7 Estrato 2

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| N°4              | 4.750          | 0.85               | 0.06           | 0.06        | 99.94          |
| N°10             | 2.000          | 2.95               | 0.20           | 0.25        | 99.75          |
| N°16             | 1.180          | 9.79               | 0.65           | 0.91        | 99.09          |
| N°20             | 0.850          | 11.88              | 0.79           | 1.70        | 98.30          |
| N°30             | 0.600          | 18.02              | 1.20           | 2.90        | 97.10          |
| N° 40            | 0.425          | 31.26              | 2.08           | 4.98        | 95.02          |
| N°50             | 0.300          | 42.05              | 2.80           | 7.79        | 92.21          |
| N° 60            | 0.250          | 41.32              | 2.75           | 10.54       | 89.46          |
| N° 80            | 0.180          | 181.22             | 12.08          | 22.62       | 77.38          |
| N°100            | 0.150          | 51.41              | 3.43           | 26.05       | 73.95          |
| N° 200           | 0.075          | 98.65              | 6.58           | 32.63       | 67.37          |
| <b>FONDO</b>     | -              | 1010.60            | 67.37          | 100.00      | 0.00           |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1500.00</b>     | <b>100.00</b>  |             |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

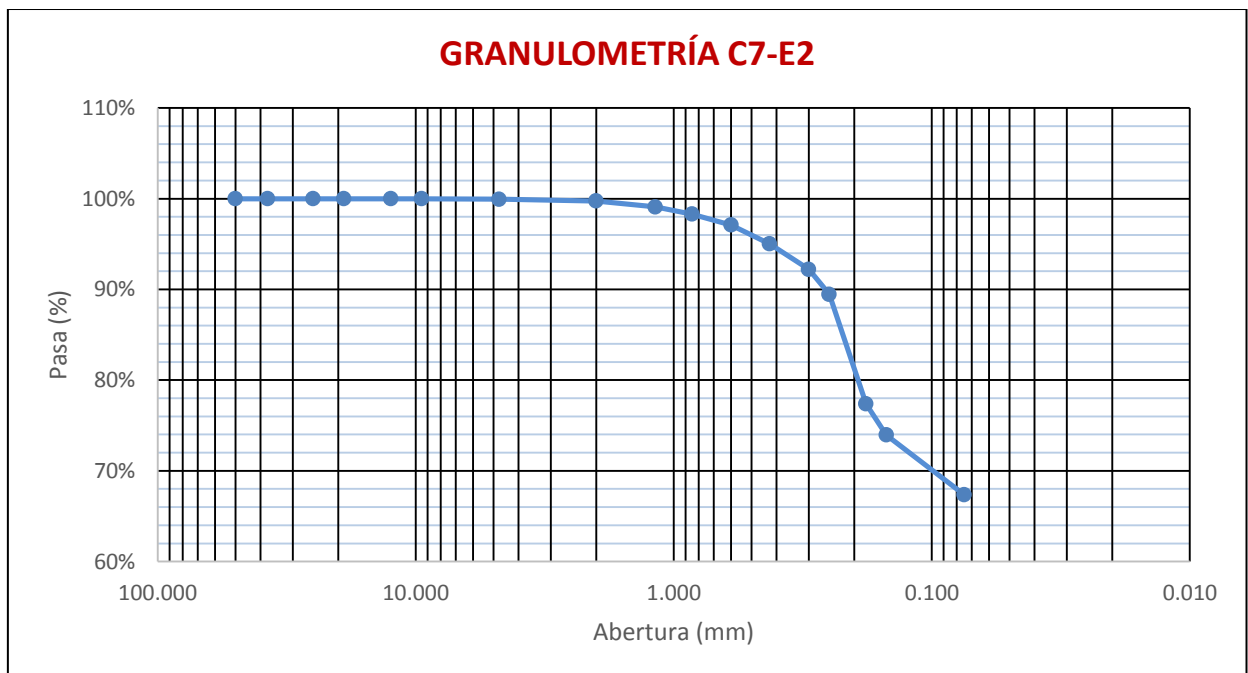
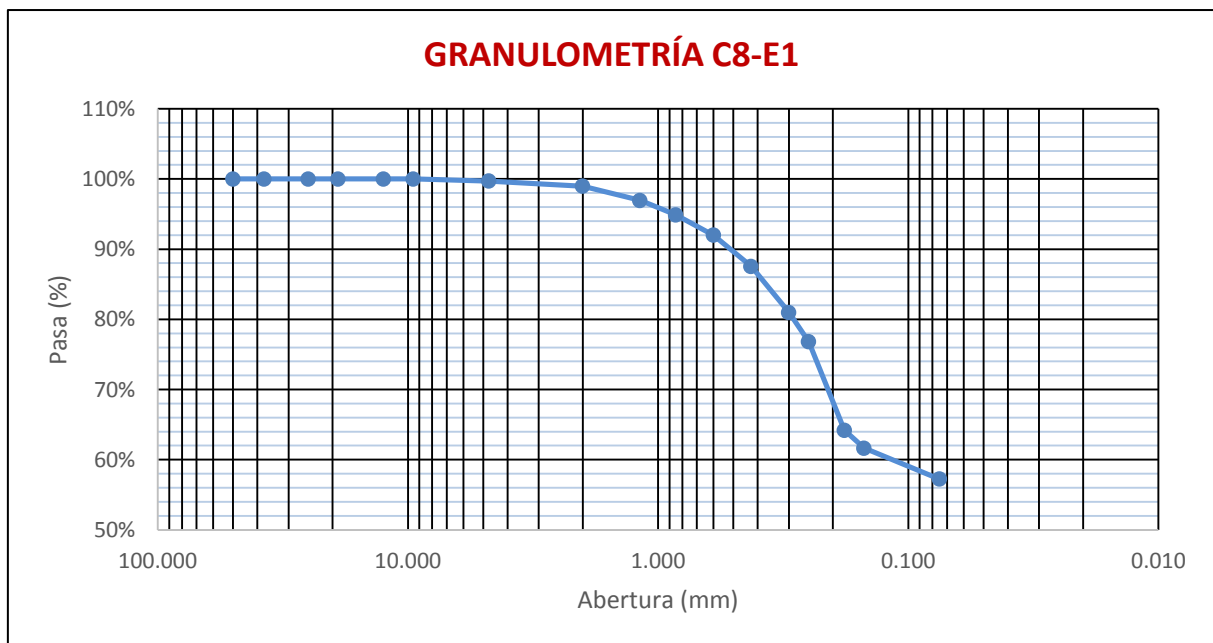


Figura n°. 80: Curva Granulométrica Calicata 7 Estrato 2

**Tabla n° 118:** Resultados de la Granulometría de Calicata 8 Estrato 1

| Tamiz            | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
| 2"               | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"           | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1"               | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"             | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"             | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"             | 9.500          | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| N°4              | 4.750          | 4.38               | 0.29           | 0.29        | 99.71          |
| N°10             | 2.000          | 10.81              | 0.72           | 1.01        | 98.99          |
| N°16             | 1.180          | 30.48              | 2.03           | 3.04        | 96.96          |
| N°20             | 0.850          | 31.03              | 2.07           | 5.11        | 94.89          |
| N°30             | 0.600          | 43.21              | 2.88           | 7.99        | 92.01          |
| N° 40            | 0.425          | 66.66              | 4.44           | 12.44       | 87.56          |
| N°50             | 0.300          | 98.81              | 6.59           | 19.03       | 80.97          |
| N° 60            | 0.250          | 62.45              | 4.16           | 23.19       | 76.81          |
| N° 80            | 0.180          | 189.09             | 12.61          | 35.79       | 64.21          |
| N°100            | 0.150          | 38.46              | 2.56           | 38.36       | 61.64          |
| N° 200           | 0.075          | 66.00              | 4.40           | 42.76       | 57.24          |
| <b>FONDO</b>     | -              | 858.62             | 57.24          | 100.00      | 0.00           |
| <b>SUMATORIA</b> |                | <b>1500.00</b>     | <b>100.00</b>  |             |                |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n°. 81:** Curva Granulométrica Calicata 8 Estrato 1

Tabla n° 119: Resultados de la Granulometría de Calicata 8 Estrato 2

| Tamiz                  | Abertura (mm.) | Peso Retenido (gr) | % Retenido (%) | % Acumulado | % Que Pasa (%) |
|------------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|
| 2"                     | 50.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1 1/2"                 | 37.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1"                     | 25.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/4"                   | 19.000         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 1/2"                   | 12.500         | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| 3/8"                   | 9.500          | 0.00               | 0.00           | 0.00        | 100.00         |
| N°4                    | 4.750          | 1.71               | 0.11           | 0.11        | 99.89          |
| N°10                   | 2.000          | 3.53               | 0.24           | 0.35        | 99.65          |
| N°16                   | 1.180          | 10.02              | 0.67           | 1.02        | 98.98          |
| N°20                   | 0.850          | 19.03              | 1.27           | 2.29        | 97.71          |
| N°30                   | 0.600          | 67.15              | 4.48           | 6.76        | 93.24          |
| N° 40                  | 0.425          | 60.18              | 4.01           | 10.77       | 89.23          |
| N°50                   | 0.300          | 89.42              | 5.96           | 16.74       | 83.26          |
| N° 60                  | 0.250          | 45.26              | 3.02           | 19.75       | 80.25          |
| N° 80                  | 0.180          | 100.42             | 6.69           | 26.45       | 73.55          |
| N°100                  | 0.150          | 15.73              | 1.05           | 27.50       | 72.50          |
| N° 200                 | 0.075          | 49.54              | 3.30           | 30.80       | 69.20          |
| <b>FONDO SUMATORIA</b> | -              | 1038.01            | 69.20          | 100.00      | 0.00           |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

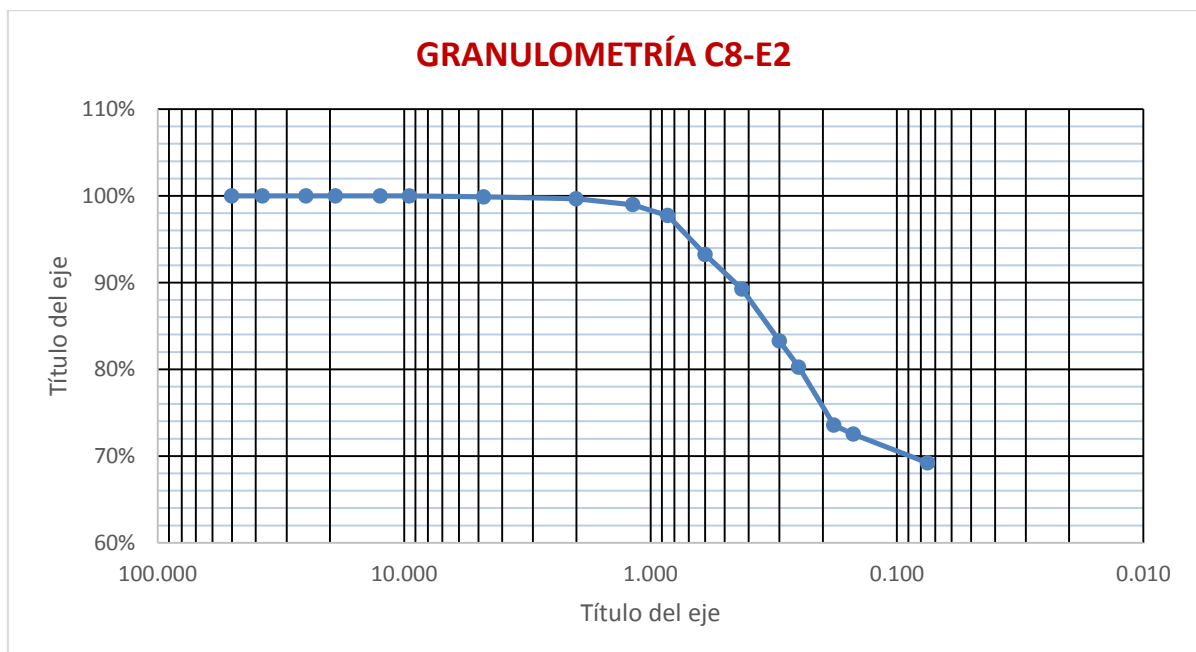


Figura n°. 82: Curva Granulométrica Calicata 8 Estrato 2

*ANEXO n°13: Resultados del ensayo de Límites de Atterberg de Posteos Estrato 1 y Estrato 2*

*Tabla n° 120: Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Posteo 1 Estrato 1*

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 10.03          | 12.71        | 11.94        | 9.66            | 13.35 | 15.26 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 16.35          | 19.56        | 17.75        | 10.45           | 15.12 | 16.36 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 14.80          | 18.05        | 16.70        | 10.33           | 14.88 | 16.22 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.55           | 1.51         | 1.05         | 0.12            | 0.24  | 0.14  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 4.77           | 5.34         | 4.76         | 0.67            | 1.53  | 0.96  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 32.49          | 28.28        | 22.06        | 17.91           | 15.69 | 14.58 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>17.00</b>   | <b>23.00</b> | <b>33.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | 27.9           |              |              | 16.06           |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | 11.84          |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

*Tabla n° 121: Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Posteo 1 Estrato 2*

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 12.60          | 12.88        | 14.01        | 22.13           | 22.28 | 22.66 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 17.31          | 17.00        | 20.44        | 22.89           | 22.98 | 23.66 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 16.10          | 16.00        | 18.91        | 22.73           | 22.88 | 23.47 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.21           | 1.00         | 1.53         | 0.16            | 0.10  | 0.19  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 3.50           | 3.12         | 4.90         | 0.60            | 0.60  | 0.81  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 34.57          | 32.05        | 31.22        | 26.67           | 16.67 | 23.46 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>15.00</b>   | <b>28.00</b> | <b>32.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | 32.6           |              |              | 22.26           |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | 10.34          |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*



**Tabla n° 122: Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Posteo 2 Estrato 1**

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 22.05          | 28.28        | 9.62         | 17.74           | 18.40 | 26.93 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 27.01          | 33.44        | 14.10        | 29.53           | 19.63 | 28.54 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 25.70          | 32.20        | 13.22        | 29.09           | 19.36 | 28.19 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.31           | 1.24         | 0.88         | 0.44            | 0.27  | 0.35  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 3.65           | 3.92         | 3.60         | 11.35           | 0.96  | 1.26  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 35.89          | 31.63        | 24.44        | 3.88            | 28.12 | 27.78 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>19.00</b>   | <b>26.00</b> | <b>38.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | <b>32.8</b>    |              |              | <b>19.93</b>    |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | <b>12.87</b>   |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 123: Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Posteo 2 Estrato 2**

| DESCRIPCIÓN                                  | UND :    | LÍMITE LÍQUIDO     |                   |                   | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1                 | E2                | E3                | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 21.7<br>3          | 27.3<br>6         | 9.62              | 26.43           | 29.92 | 28.42 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 28.2<br>3          | 34.2<br>1         | 15.1<br>3         | 28.55           | 31.43 | 30.02 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 26.9<br>2          | 32.8<br>6         | 14.0<br>7         | 28.30           | 31.16 | 29.72 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.31               | 1.35              | 1.06              | 0.25            | 0.27  | 0.30  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 5.19               | 5.50              | 4.45              | 1.87            | 1.24  | 1.30  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 25.2<br>4          | 24.5<br>5         | 23.8<br>2         | 13.37           | 21.77 | 23.08 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>16.0<br/>0</b>  | <b>25.0<br/>0</b> | <b>34.0<br/>0</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | <b>24.54545455</b> |                   |                   | <b>19.41</b>    |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | <b>5.14</b>        |                   |                   |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 124:** Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Posteo 3 Estrato 1

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 28.30          | 26.96        | 26.95        | 27.30           | 27.37 | 28.34 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 36.80          | 35.24        | 32.38        | 28.29           | 28.57 | 29.06 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 34.30          | 33.00        | 31.10        | 28.09           | 28.35 | 28.94 |
| Peso del agua                                | gr.      | 2.50           | 2.24         | 1.28         | 0.20            | 0.22  | 0.12  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 6.00           | 6.04         | 4.15         | 0.79            | 0.98  | 0.60  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 41.67          | 37.09        | 30.84        | 25.32           | 22.45 | 20.00 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>17.00</b>   | <b>23.00</b> | <b>32.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | 36             |              |              | 22.59           |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | 13.41          |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 125:** Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Posteo 3 Estrato 2

| DESCRIPCIÓN                                  | UND :    | LÍMITE LÍQUIDO    |                   |                   | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1                | E2                | E3                | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 29.9<br>3         | 34.4<br>0         | 13.1<br>5         | 23.10           | 21.93 | 27.91 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 36.3<br>5         | 39.7<br>5         | 19.7<br>5         | 23.60           | 22.51 | 28.89 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 34.6<br>0         | 38.4<br>0         | 18.3<br>0         | 23.53           | 22.40 | 28.72 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.75              | 1.35              | 1.45              | 0.07            | 0.11  | 0.17  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 4.67              | 4.00              | 5.15              | 0.43            | 0.47  | 0.81  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 37.4<br>7         | 33.7<br>5         | 28.1<br>6         | 16.28           | 23.40 | 20.99 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>17.0<br/>0</b> | <b>24.0<br/>0</b> | <b>33.0<br/>0</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | 33                |                   |                   | 20.22           |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | 12.78             |                   |                   |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 126: Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Posteo 4 Estrato 1**

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 12.61          | 11.94        | 12.70        | 9.82            | 10.08 | 10.16 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 22.65          | 19.59        | 22.19        | 11.25           | 11.29 | 11.23 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 19.32          | 17.10        | 19.20        | 10.99           | 11.09 | 11.03 |
| Peso del agua                                | gr.      | 3.33           | 2.49         | 2.99         | 0.26            | 0.20  | 0.20  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 6.71           | 5.16         | 6.50         | 1.17            | 1.01  | 0.87  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 49.63          | 48.26        | 46.00        | 22.22           | 19.80 | 22.99 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>15.00</b>   | <b>20.00</b> | <b>28.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | <b>46.85</b>   |              |              | <b>21.67</b>    |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | <b>25.18</b>   |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 127: Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Posteo 4 Estrato 2**

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 13.31          | 14.65        | 12.70        | 22.90           | 21.45 | 19.90 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 18.80          | 20.12        | 16.31        | 23.35           | 21.99 | 21.53 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 17.54          | 18.95        | 15.55        | 23.26           | 21.87 | 21.23 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.26           | 1.17         | 0.76         | 0.09            | 0.12  | 0.30  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 4.23           | 4.30         | 2.85         | 0.36            | 0.42  | 1.33  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 29.79          | 27.21        | 26.67        | 25.00           | 28.57 | 22.56 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>14.00</b>   | <b>27.00</b> | <b>30.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | <b>27.65</b>   |              |              | <b>25.38</b>    |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | <b>2.27</b>    |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 128: Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Posteo 5 Estrato 1**

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 28.30          | 21.71        | 18.59        | 33.98           | 13.02 | 10.18 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 34.43          | 27.78        | 25.62        | 35.11           | 14.83 | 13.28 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 32.88          | 26.31        | 23.98        | 34.98           | 14.52 | 12.78 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.55           | 1.47         | 1.64         | 0.13            | 0.31  | 0.50  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 4.58           | 4.60         | 5.39         | 1.00            | 1.50  | 2.60  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 33.84          | 31.96        | 30.43        | 13.00           | 20.67 | 19.23 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>18.00</b>   | <b>29.00</b> | <b>38.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | 32.6           |              |              | 17.63           |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | 14.97          |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 129: Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Posteo 5 Estrato 2**

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 12.84          | 29.05        | 14.18        | 22.13           | 28.74 | 25.12 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 18.92          | 35.84        | 21.79        | 23.85           | 30.57 | 26.67 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 17.40          | 34.19        | 19.98        | 23.55           | 30.22 | 26.39 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.52           | 1.65         | 1.81         | 0.30            | 0.35  | 0.28  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 4.56           | 5.14         | 5.80         | 1.42            | 1.48  | 1.27  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 33.33          | 32.10        | 31.21        | 21.13           | 23.65 | 22.05 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>19.00</b>   | <b>29.00</b> | <b>37.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | 32.6           |              |              | 22.27           |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | 10.33          |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 130:** Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Posteo 6 Estrato 1

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 9.89           | 10.10        | 9.68         | 14.16           | 10.06 | 10.41 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 19.30          | 17.89        | 15.97        | 15.02           | 10.87 | 11.14 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 16.69          | 15.76        | 14.33        | 14.85           | 10.72 | 11.01 |
| Peso del agua                                | gr.      | 2.61           | 2.13         | 1.64         | 0.17            | 0.15  | 0.13  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 6.80           | 5.66         | 4.65         | 0.69            | 0.66  | 0.60  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 38.38          | 37.63        | 35.27        | 24.64           | 22.73 | 21.67 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>19.00</b>   | <b>23.00</b> | <b>35.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | <b>37.25</b>   |              |              | <b>23.01</b>    |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | <b>14.24</b>   |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 131:** Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Posteo 6 Estrato 2

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 21.91          | 22.11        | 28.25        | 27.85           | 27.86 | 26.94 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 28.98          | 30.12        | 36.26        | 28.37           | 28.66 | 27.79 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 27.07          | 28.05        | 34.26        | 28.28           | 28.50 | 27.64 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.91           | 2.07         | 2.00         | 0.09            | 0.16  | 0.15  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 5.16           | 5.94         | 6.01         | 0.43            | 0.64  | 0.70  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 37.02          | 34.85        | 33.28        | 20.93           | 25.00 | 21.43 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>20.00</b>   | <b>29.00</b> | <b>37.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | <b>35.8</b>    |              |              | <b>22.45</b>    |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | <b>13.35</b>   |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 132: Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Posteo 7 Estrato 1**

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 13.10          | 29.05        | 14.20        | 9.80            | 28.54 | 27.35 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 19.18          | 35.84        | 21.81        | 11.60           | 30.37 | 28.90 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 17.66          | 34.19        | 20.01        | 11.29           | 30.04 | 28.62 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.52           | 1.65         | 1.80         | 0.31            | 0.33  | 0.28  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 4.56           | 5.14         | 5.81         | 1.49            | 1.50  | 1.27  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 33.33          | 32.10        | 30.98        | 20.81           | 22.00 | 22.05 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>20.00</b>   | <b>29.00</b> | <b>37.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | 32.65          |              |              | 21.62           |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | 11.03          |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 133: Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Posteo 7 Estrato 2**

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 28.90          | 22.10        | 19.00        | 34.60           | 12.05 | 11.97 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 36.15          | 28.79        | 26.03        | 35.73           | 13.75 | 13.59 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 34.30          | 27.16        | 24.39        | 35.60           | 13.42 | 13.29 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.85           | 1.63         | 1.64         | 0.13            | 0.33  | 0.30  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 5.40           | 5.06         | 5.39         | 1.00            | 1.37  | 1.32  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 34.26          | 32.21        | 30.43        | 13.00           | 24.09 | 22.73 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>18.00</b>   | <b>27.00</b> | <b>35.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | 32.7           |              |              | 19.94           |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | 12.76          |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**ANEXO n° 14:** Resultados del ensayo de Límites de Atterberg de Calicatas Estrato 1 y Estrato 2

**Tabla n° 134:** Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Calicata 1 Estrato 1

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 27.26          | 27.50        | 34.55        | 9.66            | 13.35 | 17.28 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 35.35          | 34.89        | 42.28        | 10.45           | 15.12 | 18.10 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 33.45          | 33.18        | 40.52        | 10.33           | 14.88 | 17.98 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.90           | 1.71         | 1.76         | 0.12            | 0.24  | 0.12  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 6.19           | 5.68         | 5.97         | 0.67            | 1.53  | 0.70  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 30.69          | 30.11        | 29.48        | 17.91           | 15.69 | 17.14 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>17.00</b>   | <b>25.00</b> | <b>33.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | <b>30.11</b>   |              |              | <b>16.91</b>    |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | <b>13.19</b>   |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 135:** Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Calicata 1 Estrato 2

| DESCRIPCIÓN                                  | UND<br>: | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 34.50          | 27.30        | 27.50        | 18.10           | 9.90  | 13.30 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 40.44          | 32.68        | 33.76        | 18.85           | 11.78 | 14.38 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 39.00          | 31.41        | 32.33        | 18.74           | 11.45 | 14.18 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.44           | 1.27         | 1.43         | 0.11            | 0.33  | 0.20  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 4.50           | 4.11         | 4.83         | 0.64            | 1.55  | 0.88  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 32.00          | 30.90        | 29.61        | 17.19           | 21.29 | 22.73 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>18.00</b>   | <b>25.00</b> | <b>33.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | <b>30.90</b>   |              |              | <b>20.40</b>    |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | <b>10.50</b>   |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 136: Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Calicata 2 Estrato 1**

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 26.88          | 26.86        | 28.29        | 28.30           | 22.44 | 18.60 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 33.19          | 33.46        | 35.40        | 29.24           | 23.68 | 19.91 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 31.49          | 31.75        | 33.65        | 29.07           | 23.45 | 19.71 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.70           | 1.71         | 1.75         | 0.17            | 0.23  | 0.20  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 4.61           | 4.89         | 5.36         | 0.77            | 1.01  | 1.11  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 36.88          | 34.97        | 32.65        | 22.08           | 22.77 | 18.02 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>19.00</b>   | <b>28.00</b> | <b>38.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | 35.52          |              |              | 20.96           |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | 14.56          |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 137: Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Calicata 2 Estrato 2**

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 12.02          | 12.66        | 12.76        | 9.80            | 10.05 | 10.60 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 22.69          | 22.76        | 23.26        | 10.88           | 10.88 | 11.02 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 20.27          | 20.55        | 21.02        | 10.72           | 10.77 | 10.92 |
| Peso del agua                                | gr.      | 2.42           | 2.21         | 2.24         | 0.16            | 0.11  | 0.10  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 8.25           | 7.89         | 8.26         | 0.92            | 0.72  | 0.32  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 29.33          | 28.01        | 27.12        | 17.39           | 15.28 | 31.25 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>16.00</b>   | <b>27.00</b> | <b>34.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | 28.25          |              |              | 21.31           |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | 6.94           |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*



**Tabla n° 138: Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Calicata 3 Estrato 1**

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 26.93          | 26.91        | 28.32        | 28.30           | 22.44 | 18.60 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 33.97          | 33.13        | 33.86        | 29.15           | 23.94 | 19.53 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 31.98          | 31.41        | 32.38        | 28.98           | 23.75 | 19.34 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.99           | 1.72         | 1.48         | 0.17            | 0.19  | 0.19  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 5.05           | 4.50         | 4.06         | 0.68            | 1.31  | 0.74  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 39.41          | 38.22        | 36.45        | 25.00           | 14.50 | 25.68 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>20.00</b>   | <b>26.00</b> | <b>34.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | <b>38.40</b>   |              |              | <b>21.73</b>    |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | <b>16.67</b>   |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 139: Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Calicata 3 Estrato 2**

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 12.01          | 12.64        | 12.76        | 9.81            | 10.07 | 10.18 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 22.73          | 21.69        | 19.08        | 10.60           | 10.74 | 10.71 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 20.20          | 19.57        | 17.61        | 10.46           | 10.64 | 10.62 |
| Peso del agua                                | gr.      | 2.53           | 2.12         | 1.47         | 0.14            | 0.10  | 0.09  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 8.19           | 6.93         | 4.85         | 0.65            | 0.57  | 0.44  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 30.89          | 30.59        | 30.31        | 21.54           | 17.54 | 20.45 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>18.00</b>   | <b>27.00</b> | <b>35.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | <b>30.65</b>   |              |              | <b>19.85</b>    |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | <b>10.80</b>   |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 140:** Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Calicata 4 Estrato 1

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 12.74          | 12.62        | 12.00        | 10.04           | 22.45 | 18.61 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 17.25          | 17.79        | 17.48        | 10.80           | 23.67 | 19.84 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 15.77          | 16.12        | 15.75        | 10.64           | 23.48 | 19.58 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.48           | 1.67         | 1.73         | 0.16            | 0.19  | 0.26  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 3.03           | 3.50         | 3.75         | 0.60            | 1.03  | 0.97  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 48.84          | 47.71        | 46.13        | 26.67           | 18.45 | 26.80 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>20.00</b>   | <b>26.00</b> | <b>34.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | <b>47.88</b>   |              |              | <b>23.97</b>    |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | <b>23.91</b>   |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 141:** Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Calicata 4 Estrato 2

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 27.35          | 21.74        | 9.82         | 26.40           | 28.27 | 30.61 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 32.50          | 28.98        | 15.52        | 28.15           | 30.34 | 32.06 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 30.89          | 26.78        | 13.85        | 27.67           | 29.85 | 31.67 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.61           | 2.20         | 1.67         | 0.48            | 0.49  | 0.39  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 3.54           | 5.04         | 4.03         | 1.27            | 1.58  | 1.06  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 45.48          | 43.65        | 41.44        | 37.80           | 31.01 | 36.79 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>18.00</b>   | <b>27.00</b> | <b>38.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | <b>44.1</b>    |              |              | <b>35.20</b>    |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | <b>8.90</b>    |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 142:** Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Calicata 5 Estrato 1

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 12.73          | 12.61        | 11.96        | 22.41           | 18.57 | 26.37 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 17.97          | 17.00        | 18.41        | 24.12           | 20.23 | 28.05 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 16.34          | 15.69        | 16.53        | 23.75           | 19.76 | 27.65 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.63           | 1.31         | 1.88         | 0.37            | 0.47  | 0.40  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 3.61           | 3.08         | 4.57         | 1.34            | 1.19  | 1.28  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 45.15          | 42.53        | 41.14        | 27.61           | 39.50 | 31.25 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>16.00</b>   | <b>26.00</b> | <b>31.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | 42.75          |              |              | 32.79           |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | 9.96           |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 143:** Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Calicata 5 Estrato 2

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 28.21          | 10.03        | 9.80         | 21.71           | 27.37 | 27.30 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 35.95          | 17.82        | 17.22        | 23.57           | 28.92 | 28.85 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 33.87          | 15.82        | 15.37        | 23.26           | 28.63 | 28.57 |
| Peso del agua                                | gr.      | 2.08           | 2.00         | 1.85         | 0.31            | 0.29  | 0.28  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 5.66           | 5.79         | 5.57         | 1.55            | 1.26  | 1.27  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 36.75          | 34.54        | 33.21        | 20.00           | 23.02 | 22.05 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>17.00</b>   | <b>29.00</b> | <b>36.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | 35.29          |              |              | 21.69           |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | 13.60          |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 144:** Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Calicata 6 Estrato 1

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 26.35          | 18.40        | 22.42        | 29.94           | 9.89  | 10.11 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 33.60          | 25.09        | 29.40        | 31.56           | 11.49 | 13.21 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 31.75          | 23.46        | 27.78        | 31.27           | 11.22 | 12.71 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.85           | 1.63         | 1.62         | 0.29            | 0.27  | 0.50  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 5.40           | 5.06         | 5.36         | 1.33            | 1.33  | 2.60  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 34.26          | 32.21        | 30.22        | 21.80           | 20.30 | 19.23 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>18.00</b>   | <b>27.00</b> | <b>36.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | <b>32.70</b>   |              |              | <b>20.45</b>    |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | <b>12.25</b>   |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 145:** Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Calicata 6 Estrato 2

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 22.98          | 27.33        | 26.93        | 9.68            | 21.92 | 28.56 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 28.97          | 33.50        | 33.30        | 11.48           | 23.64 | 30.39 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 27.50          | 32.03        | 31.84        | 11.17           | 23.33 | 30.06 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.47           | 1.47         | 1.46         | 0.31            | 0.31  | 0.33  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 4.52           | 4.70         | 4.91         | 1.49            | 1.41  | 1.50  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 32.52          | 31.28        | 29.74        | 20.81           | 21.99 | 22.00 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>18.00</b>   | <b>26.00</b> | <b>35.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | <b>31.45</b>   |              |              | <b>21.60</b>    |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | <b>9.85</b>    |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 146: Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Calicata 7 Estrato 1**

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 28.40          | 26.98        | 27.30        | 12.00           | 12.64 | 12.74 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 34.31          | 33.55        | 35.22        | 12.90           | 13.36 | 13.52 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 32.66          | 31.76        | 33.14        | 12.73           | 13.22 | 13.37 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.65           | 1.79         | 2.08         | 0.17            | 0.14  | 0.15  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 4.26           | 4.78         | 5.84         | 0.73            | 0.58  | 0.63  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 38.73          | 37.45        | 35.62        | 23.29           | 24.14 | 23.81 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>19.00</b>   | <b>25.00</b> | <b>33.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | <b>37.45</b>   |              |              | <b>23.75</b>    |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | <b>13.70</b>   |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 147: Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Calicata 7 Estrato 2**

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 27.25          | 27.32        | 27.08        | 29.96           | 34.41 | 13.16 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 37.35          | 37.14        | 33.04        | 30.87           | 35.58 | 13.89 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 34.61          | 34.62        | 31.56        | 30.70           | 35.36 | 13.77 |
| Peso del agua                                | gr.      | 2.74           | 2.52         | 1.48         | 0.17            | 0.22  | 0.12  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 7.36           | 7.30         | 4.48         | 0.74            | 0.95  | 0.61  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 37.23          | 34.52        | 33.04        | 22.97           | 23.16 | 19.67 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>18.00</b>   | <b>27.00</b> | <b>32.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | <b>35.15</b>   |              |              | <b>21.93</b>    |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | <b>13.22</b>   |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 148:** Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Calicata 8 Estrato 1

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 25.14          | 17.98        | 22.45        | 34.39           | 12.73 | 11.98 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 32.39          | 24.67        | 29.43        | 35.52           | 14.54 | 13.68 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 30.54          | 23.04        | 27.81        | 35.46           | 14.24 | 13.35 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.85           | 1.63         | 1.62         | 0.06            | 0.30  | 0.33  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 5.40           | 5.06         | 5.36         | 1.07            | 1.51  | 1.37  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 34.26          | 32.21        | 30.22        | 5.61            | 19.87 | 24.09 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>17.00</b>   | <b>27.00</b> | <b>37.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | 32.60          |              |              | 16.52           |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | 16.08          |              |              |                 |       |       |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 149:** Resultados de Límite Líquido y Límite Plástico del Calicata 8 Estrato 2

| DESCRIPCIÓN                                  | UND:     | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | LÍMITE PLÁSTICO |       |       |
|--|----------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|-------|
|  |          | E1             | E2           | E3           | E1              | E2    | E3    |
| Peso de recipiente o Tara.                   | gr.      | 13.03          | 29.10        | 15.12        | 27.38           | 27.52 | 21.32 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra húmeda. | gr.      | 19.11          | 35.89        | 22.74        | 28.93           | 31.64 | 22.85 |
| Peso del recipiente o tara + Muestra seca.   | gr.      | 17.59          | 34.24        | 20.93        | 28.66           | 31.30 | 22.50 |
| Peso del agua                                | gr.      | 1.52           | 1.65         | 1.81         | 0.27            | 0.34  | 0.35  |
| Peso de la muestra seca                      | gr.      | 4.56           | 5.14         | 5.81         | 1.28            | 3.78  | 1.18  |
| Porcentaje de humedad*                       | %        | 33.33          | 32.10        | 31.15        | 21.09           | 8.99  | 29.66 |
| <b>Número de golpes</b>                      | <b>#</b> | <b>17.00</b>   | <b>26.00</b> | <b>33.00</b> |                 |       |       |
| <b>LL-LP (%)</b>                             |          | 32.25          |              |              | 19.92           |       |       |
| <b>INDICE DE PLÁSTICIDAD</b>                 |          | 12.33          |              |              |                 |       |       |

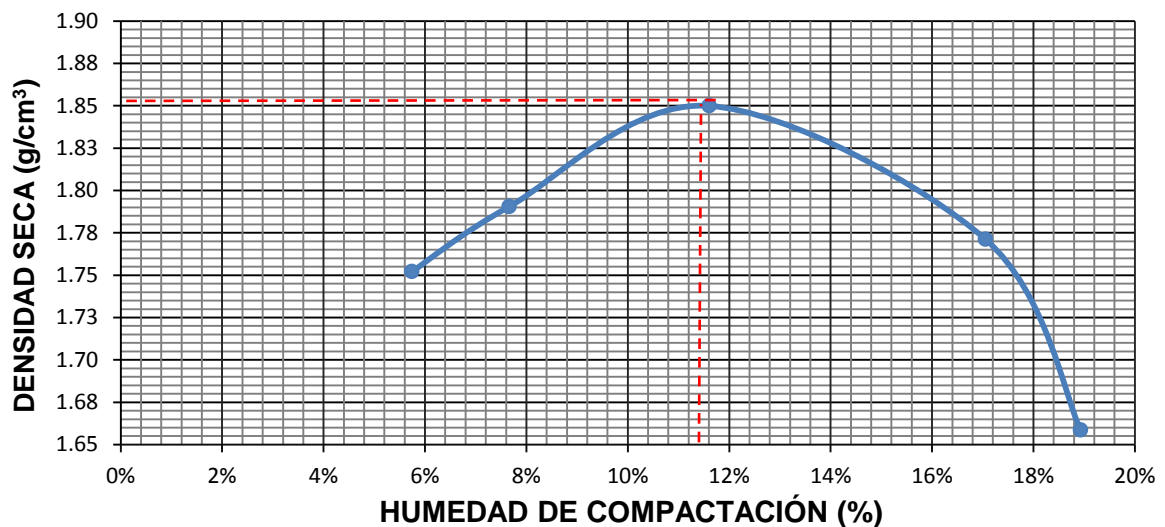
*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**ANEXO n° 15: Resultados del ensayo de Proctor Modificado**

**Tabla n° 150: Determinación del contenido de humedad y densidad de la calicata n°2 sin aditivo**

| MÉTODO DE COMPACTACIÓN:         |                         | A            |              |               |               |               |
|---------------------------------|-------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| % DE AGUA                       |                         | 6%           | 9%           | 12%           | 15%           | 18%           |
| Masa del suelo + molde          | <b>g</b>                | 5874.00      | 5944.00      | 6072.00       | 6080.00       | 5986.00       |
| Masa del molde                  | <b>g</b>                | 4144.00      | 4144.00      | 4144.00       | 4144.00       | 4144.00       |
| Masa de suelo húmedo compactado | <b>g</b>                | 1730.00      | 1800.00      | 1928.00       | 1936.00       | 1842.00       |
| Volumen del molde               | <b>cm<sup>3</sup></b>   | 933.80       | 933.80       | 933.80        | 933.80        | 933.80        |
| Densidad Humedad                | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | 1.85         | 1.93         | 2.06          | 2.07          | 1.97          |
| Recipiente N°                   |                         | <b>T1</b>    | <b>T2</b>    | <b>T3</b>     | <b>T4</b>     | <b>T5</b>     |
| Masa del suelo húmedo + tara    | <b>g</b>                | 107.47       | 169.60       | 128.55        | 157.94        | 230.63        |
| Masa del suelo seco + tara      | <b>g</b>                | 102.35       | 159.55       | 117.46        | 138.99        | 199.11        |
| Masa de Tara                    | <b>g</b>                | 13.18        | 28.35        | 21.94         | 27.87         | 32.60         |
| Masa de agua                    | <b>g</b>                | 5.12         | 10.05        | 11.09         | 18.95         | 31.52         |
| Masa del suelo seco             | <b>g</b>                | 89.17        | 131.20       | 95.52         | 111.12        | 166.51        |
| Contenido de agua               | <b>%</b>                | <b>5.74%</b> | <b>7.66%</b> | <b>11.61%</b> | <b>17.05%</b> | <b>18.93%</b> |
| Densidad seca                   | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | <b>1.75</b>  | <b>1.79</b>  | <b>1.85</b>   | <b>1.77</b>   | <b>1.66</b>   |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n° 83: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n° 2 sin aditivo**

**Tabla n° 151: Resultados de la calicata n° 2 sin aditivo**

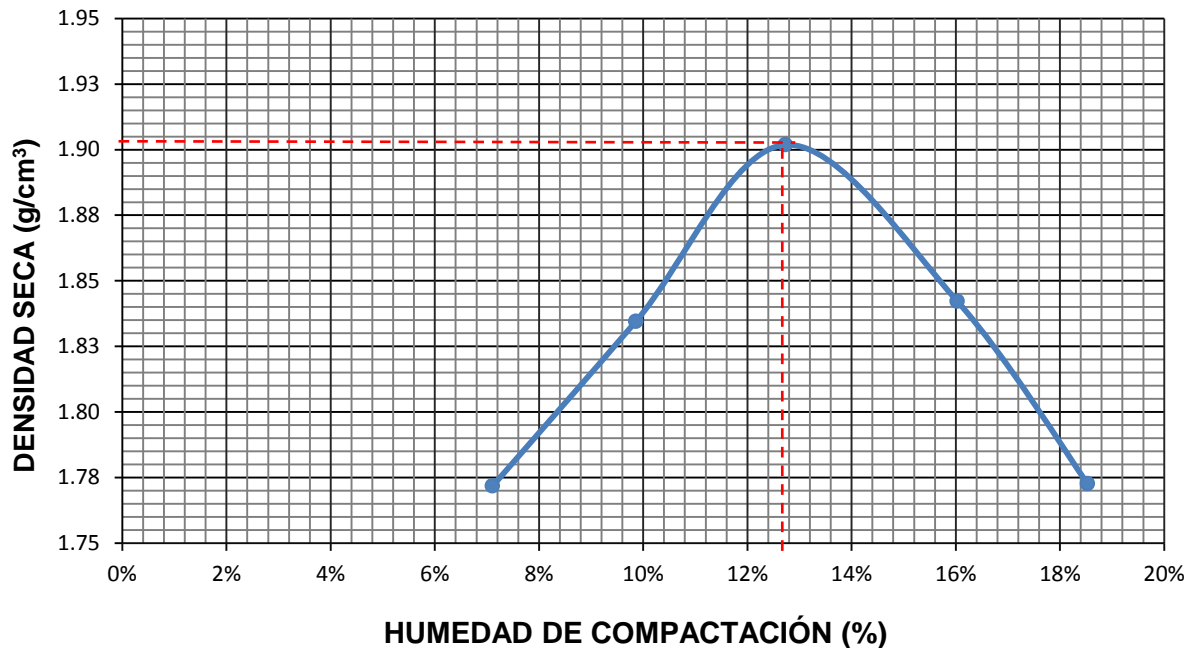
|  |       |
|--|-------|
| <b>Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b> | 1.85  |
| <b>Humedad óptima (%)</b>                      | 11.60 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 152:** Determinación del contenido de humedad y densidad de la calicata n°4 sin aditivo.

| MÉTODO DE COMPACTACIÓN:         |                         | A            |              |               |               |               |
|---------------------------------|-------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| % DE AGUA                       |                         | 6%           | 9%           | 12%           | 15%           | 18%           |
| Masa del suelo + molde          | <b>g</b>                | 5918.00      | 6028.00      | 6148.00       | 6142.00       | 6108.00       |
| Masa del molde                  | <b>g</b>                | 4146.00      | 4146.00      | 4146.00       | 4146.00       | 4146.00       |
| Masa de suelo húmedo compactado | <b>g</b>                | 1772.00      | 1882.00      | 2002.00       | 1996.00       | 1962.00       |
| Volumen del molde               | <b>cm<sup>3</sup></b>   | 933.80       | 933.80       | 933.80        | 933.80        | 933.80        |
| Densidad Humedad                | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | 1.90         | 2.02         | 2.14          | 2.14          | 2.10          |
| Recipiente N°                   |                         | <b>T1</b>    | <b>T2</b>    | <b>T3</b>     | <b>T4</b>     | <b>T5</b>     |
| Masa del suelo húmedo + tara    | <b>g</b>                | 153.07       | 133.55       | 153.33        | 168.40        | 179.00        |
| Masa del suelo seco + tara      | <b>g</b>                | 144.75       | 124.02       | 139.13        | 149.01        | 155.30        |
| Masa de Tara                    | <b>g</b>                | 27.66        | 27.36        | 27.59         | 28.06         | 27.41         |
| Masa de agua                    | <b>g</b>                | 8.32         | 9.53         | 14.20         | 19.39         | 23.70         |
| Masa del suelo seco             | <b>g</b>                | 117.09       | 96.66        | 111.54        | 120.95        | 127.89        |
| Contenido de agua               | <b>%</b>                | <b>7.11%</b> | <b>9.86%</b> | <b>12.73%</b> | <b>16.03%</b> | <b>18.53%</b> |
| Densidad seca                   | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | <b>1.77</b>  | <b>1.83</b>  | <b>1.90</b>   | <b>1.84</b>   | <b>1.77</b>   |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*



**Figura n°. 84:** Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n°4 sin aditivo

**Tabla n°153:** Resultados de la calicata n° 4 sin aditivo

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| Densidad máxima (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.91  |
| Humedad óptima (%)                   | 12.82 |

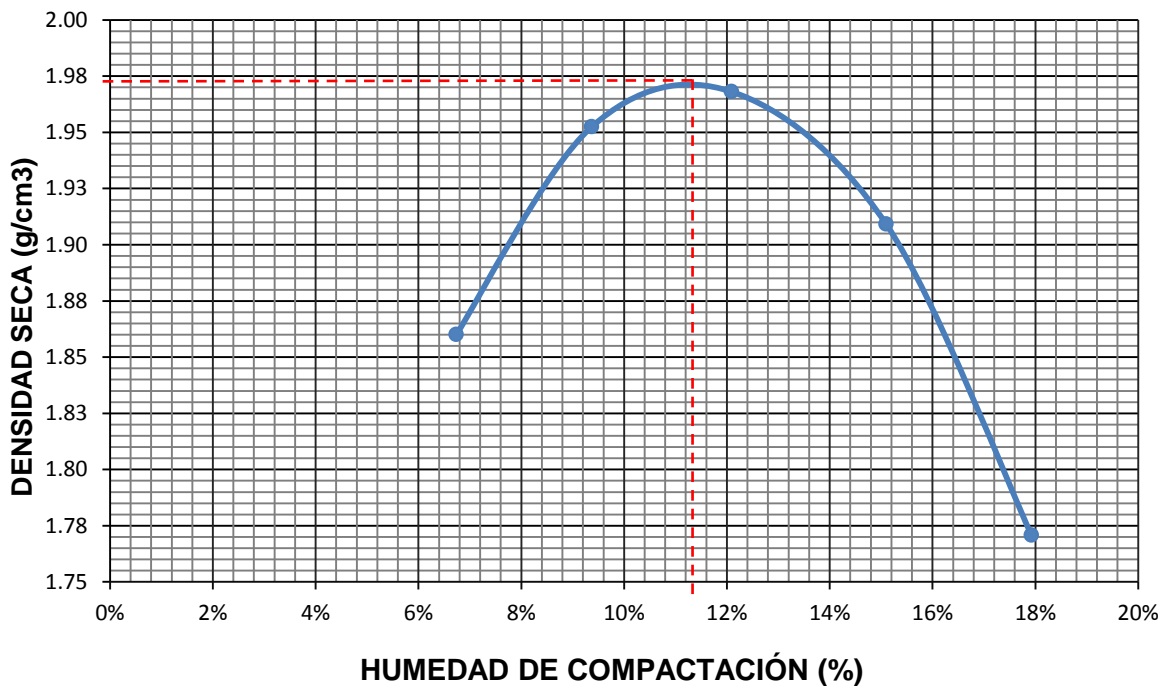
*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*



**Tabla n° 154:** Determinación del contenido de humedad y densidad de la calicata n°6 sin aditivo

| <b>MÉTODO DE COMPACTACIÓN : A</b> |                         | <b>6%</b>    | <b>9%</b>    | <b>12%</b>    | <b>15%</b>    | <b>18%</b>    |
|-----------------------------------|-------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>% DE AGUA</b>                  |                         |              |              |               |               |               |
| Masa del suelo + molde            | <b>g</b>                | 5998.00      | 6138.00      | 6204.00       | 6196.00       | 6094.00       |
| Masa del molde                    | <b>g</b>                | 4144.00      | 4144.00      | 4144.00       | 4144.00       | 4144.00       |
| Masa de suelo húmedo compactado   | <b>g</b>                | 1854.00      | 1994.00      | 2060.00       | 2052.00       | 1950.00       |
| Volumen del molde                 | <b>cm<sup>3</sup></b>   | 933.80       | 933.80       | 933.80        | 933.80        | 933.80        |
| Densidad Humedad                  | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | 1.99         | 2.14         | 2.21          | 2.20          | 2.09          |
| Recipiente N°                     |                         | <b>T1</b>    | <b>T3</b>    | <b>T5</b>     | <b>T7</b>     | <b>T9</b>     |
| Masa del suelo húmedo + tara      | <b>g</b>                | 160.53       | 164.52       | 196.33        | 162.48        | 180.37        |
| Masa del suelo seco + tara        | <b>g</b>                | 152.12       | 152.77       | 178.22        | 144.88        | 157.06        |
| Masa de Tara                      | <b>g</b>                | 27.31        | 27.35        | 28.44         | 28.30         | 27.02         |
| Masa de agua                      | <b>g</b>                | 8.41         | 11.75        | 18.11         | 17.60         | 23.31         |
| Masa del suelo seco               | <b>g</b>                | 124.81       | 125.42       | 149.78        | 116.58        | 130.04        |
| Contenido de agua                 | <b>%</b>                | <b>6.74%</b> | <b>9.37%</b> | <b>12.09%</b> | <b>15.10%</b> | <b>17.93%</b> |
| Densidad seca                     | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | <b>1.86</b>  | <b>1.95</b>  | <b>1.97</b>   | <b>1.91</b>   | <b>1.77</b>   |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*



**Figura n°. 85:** Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n° 6 sin aditivo.

**Tabla n° 155:** Resultados de la calicata n° 6 sin aditivo

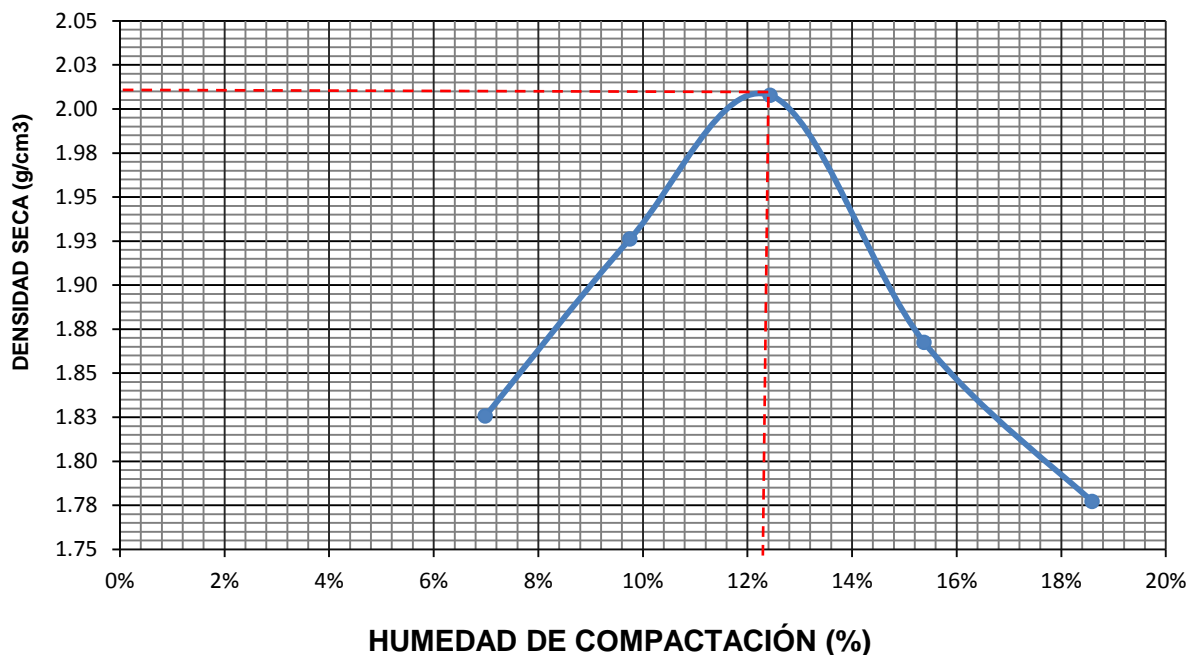
|   |       |
|---|-------|
| <b>Densidad máxima (g/cm<sup>3</sup>)</b> | 1.98  |
| <b>Humedad óptima (%)</b>                 | 11.60 |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 156:** Determinación del contenido de humedad y densidad de la calicata n°8 sin aditivo

| <b>MÉTODO DE COMPACTACIÓN : A</b> |                         | <b>6%</b>    | <b>9%</b>    | <b>12%</b>    | <b>15%</b>    | <b>18%</b>    |
|-----------------------------------|-------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>% DE AGUA</b>                  |                         |              |              |               |               |               |
| Masa del suelo + molde            | <b>g</b>                | 5968.00      | 6118.00      | 6252.00       | 6156.00       | 6112.00       |
| Masa del molde                    | <b>g</b>                | 4144.00      | 4144.00      | 4144.00       | 4144.00       | 4144.00       |
| Masa de suelo húmedo compactado   | <b>g</b>                | 1824.00      | 1974.00      | 2108.00       | 2012.00       | 1968.00       |
| Volumen del molde                 | <b>cm<sup>3</sup></b>   | 933.80       | 933.80       | 933.80        | 933.80        | 933.80        |
| Densidad Humedad                  | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | 1.95         | 2.11         | 2.26          | 2.15          | 2.11          |
| Recipiente N°                     |                         | <b>T1</b>    | <b>T2</b>    | <b>T3</b>     | <b>T4</b>     | <b>T5</b>     |
| Masa del suelo húmedo + tara      | <b>g</b>                | 122.80       | 146.80       | 176.14        | 132.25        | 183.88        |
| Masa del suelo seco + tara        | <b>g</b>                | 116.66       | 136.15       | 159.80        | 118.22        | 159.30        |
| Masa de Tara                      | <b>g</b>                | 28.82        | 26.94        | 28.39         | 27.00         | 27.11         |
| Masa de agua                      | <b>g</b>                | 6.14         | 10.65        | 16.34         | 14.03         | 24.58         |
| Masa del suelo seco               | <b>g</b>                | 87.84        | 109.21       | 131.41        | 91.22         | 132.19        |
| Contenido de agua                 | <b>%</b>                | <b>6.99%</b> | <b>9.75%</b> | <b>12.43%</b> | <b>15.38%</b> | <b>18.59%</b> |
| Promedio del suelo seco           | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | <b>1.83</b>  | <b>1.93</b>  | <b>2.01</b>   | <b>1.87</b>   | <b>1.78</b>   |

*Fuente:* Elaboración Propia, 2018.



**Figura n°. 86:** Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n° 8 sin aditivo

**Tabla n°157:** Resultados de la calicata n° 8 sin aditivo

|   |       |
|---|-------|
| <b>Densidad máxima (g/cm<sup>3</sup>)</b> | 2.01  |
| <b>Humedad óptima (%)</b>                 | 12.20 |

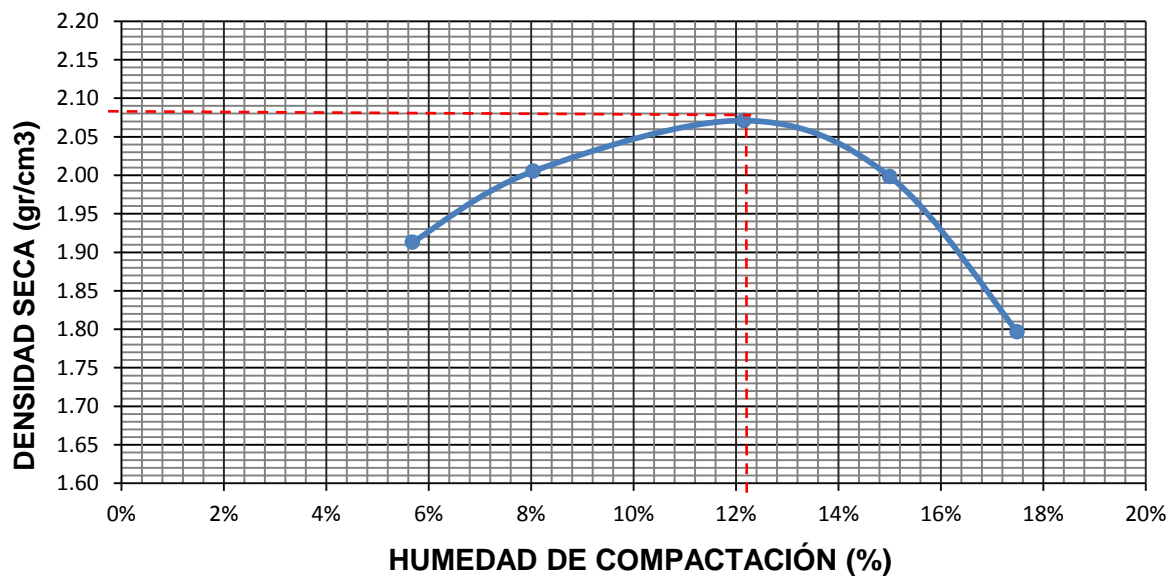
*Fuente:* Elaboración Propia, 2018.

**ANEXO n° 16:** Resultados del ensayo de Proctor Modificado con aditivo PROES

**Tabla n° 158:** Determinación del contenido de humedad y densidad de la calicata n° 2 con aditivo líquido PROES 0.35 l/m<sup>3</sup>

| MÉTODO DE COMPACTACIÓN:         |                         | A            |              |               |               |               |
|---------------------------------|-------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| % DE AGUA                       |                         | 6%           | 9%           | 12%           | 15%           | 18%           |
| Masa del suelo + molde          | <b>g</b>                | 6032.00      | 6167.00      | 6313.00       | 6290.00       | 6115.00       |
| Masa del molde                  | <b>g</b>                | 4144.00      | 4144.00      | 4144.00       | 4144.00       | 4144.00       |
| Masa de suelo húmedo compactado | <b>g</b>                | 1888.00      | 2023.00      | 2169.00       | 2146.00       | 1971.00       |
| Volumen del molde               | <b>cm<sup>3</sup></b>   | 933.80       | 933.80       | 933.80        | 933.80        | 933.80        |
| Densidad Humedad                | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | 2.02         | 2.17         | 2.32          | 2.30          | 2.11          |
| Recipiente N°                   |                         | <b>T1</b>    | <b>T2</b>    | <b>T3</b>     | <b>T4</b>     | <b>T5</b>     |
| Masa del suelo húmedo+tara      | <b>g</b>                | 110.35       | 150.14       | 128.17        | 132.14        | 184.00        |
| Masa del suelo seco + tara      | <b>g</b>                | 105.12       | 141.00       | 117.11        | 119.07        | 162.35        |
| Masa de Tara                    | <b>g</b>                | 13.19        | 27.34        | 26.14         | 31.97         | 38.60         |
| Masa de agua                    | <b>g</b>                | 5.23         | 9.14         | 11.06         | 13.07         | 21.65         |
| Masa del suelo seco             | <b>g</b>                | 91.93        | 113.66       | 90.97         | 87.10         | 123.75        |
| Contenido de agua               | <b>%</b>                | <b>5.69%</b> | <b>8.04%</b> | <b>12.16%</b> | <b>15.01%</b> | <b>17.49%</b> |
| Densidad seca                   | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | <b>1.91</b>  | <b>2.01</b>  | <b>2.07</b>   | <b>2.00</b>   | <b>1.80</b>   |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n° 87:** Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n° 2 con aditivo líquido Proes

**Tabla n° 159:** Resultados de la calicata n° 2 con aditivo Líquido Proes

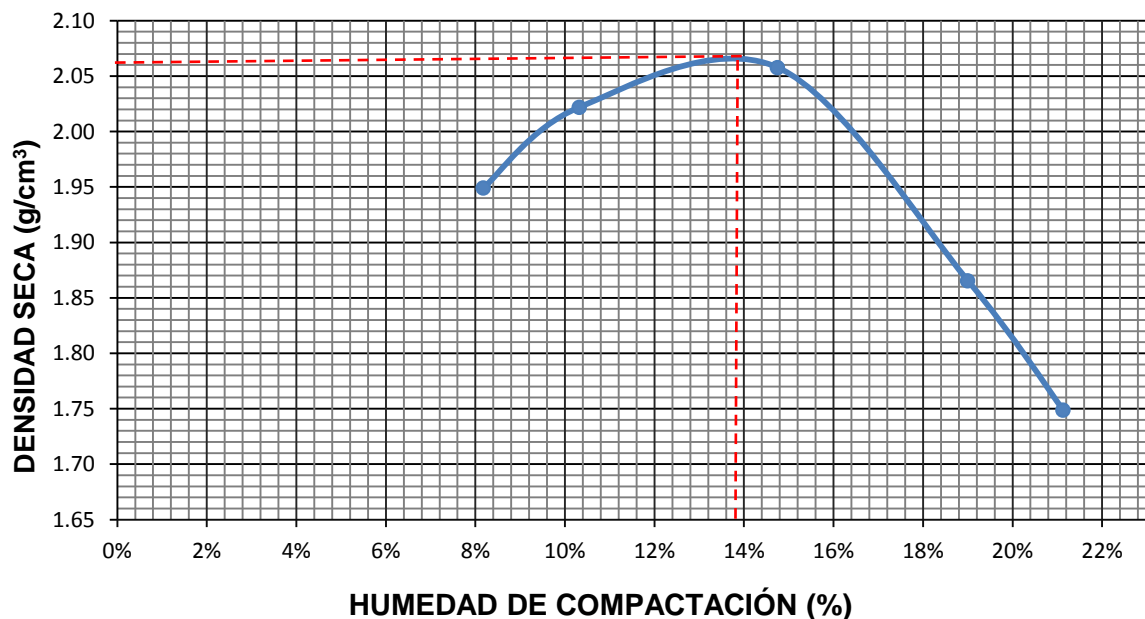
|   |       |
|---|-------|
| Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.08  |
| Humedad óptima (%)                        | 12.10 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 160:** Determinación del contenido de humedad y densidad de la calicata n° 4 con aditivo PROES 0.35 l/m<sup>3</sup>

| MÉTODO DE COMPACTACIÓN:         | A                       |              |               |               |               |               |
|---------------------------------|-------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| % DE AGUA                       |                         | 6%           | 9%            | 12%           | 15%           | 18%           |
| Masa del suelo + molde          | <b>g</b>                | 6113.00      | 6227.00       | 6349.00       | 6217.00       | 6122.00       |
| Masa del molde                  | <b>g</b>                | 4144.00      | 4144.00       | 4144.00       | 4144.00       | 4144.00       |
| Masa de suelo húmedo compactado | <b>g</b>                | 1969.00      | 2083.00       | 2205.00       | 2073.00       | 1978.00       |
| Volumen del molde               | <b>cm<sup>3</sup></b>   | 933.80       | 933.80        | 933.80        | 933.80        | 933.80        |
| Densidad Humedad                | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | 2.11         | 2.23          | 2.36          | 2.22          | 2.12          |
| Recipiente N°                   |                         | <b>T1</b>    | <b>T2</b>     | <b>T3</b>     | <b>T4</b>     | <b>T5</b>     |
| Masa del suelo húmedo+tara      | <b>g</b>                | 112.02       | 148.36        | 107.20        | 184.25        | 126.42        |
| Masa del suelo seco + tara      | <b>g</b>                | 104.34       | 136.35        | 96.12         | 159.44        | 108.57        |
| Masa de Tara                    | <b>g</b>                | 10.46        | 20.01         | 21.01         | 28.87         | 24.10         |
| Masa de agua                    | <b>g</b>                | 7.68         | 12.01         | 11.08         | 24.81         | 17.85         |
| Masa del suelo seco             | <b>g</b>                | 93.88        | 116.34        | 75.11         | 130.57        | 84.47         |
| Contenido de agua               | <b>%</b>                | <b>8.18%</b> | <b>10.32%</b> | <b>14.75%</b> | <b>19.00%</b> | <b>21.13%</b> |
| Densidad seca                   | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | <b>1.95</b>  | <b>2.02</b>   | <b>2.06</b>   | <b>1.87</b>   | <b>1.75</b>   |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n°. 88:** Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n° 4 con aditivo líquido Proes.

**Tabla n° 161:** Resultados de la calicata n° 4 con aditivo Líquido Proes

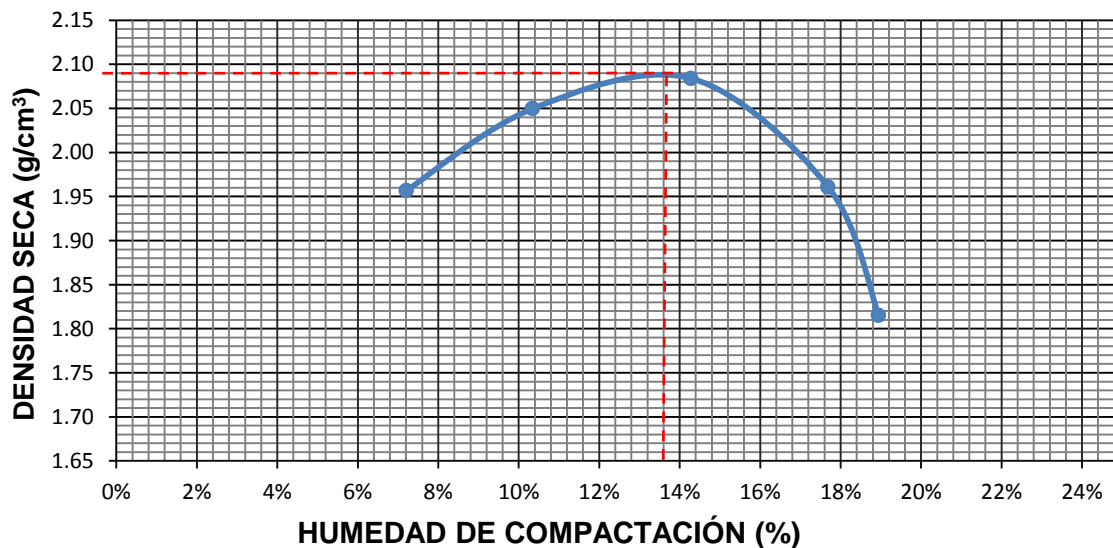
|   |       |
|---|-------|
| Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.06  |
| Humedad óptima (%)                        | 13.98 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 162:** Determinación del contenido de humedad y densidad de la calicata n° 6 con aditivo líquido PROES 0.35 l/m<sup>3</sup>

| MÉTODO DE COMPACTACIÓN:         |                         | A            |               |               |               |               |
|---------------------------------|-------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| % DE AGUA                       |                         | 6%           | 9%            | 12%           | 15%           | 18%           |
| Masa del suelo + molde          | <b>g</b>                | 6103.00      | 6256.00       | 6368.00       | 6299.00       | 6160.00       |
| Masa del molde                  | <b>g</b>                | 4144.00      | 4144.00       | 4144.00       | 4144.00       | 4144.00       |
| Masa de suelo húmedo compactado | <b>g</b>                | 1959.00      | 2112.00       | 2224.00       | 2155.00       | 2016.00       |
| Volumen del molde               | <b>cm<sup>3</sup></b>   | 933.80       | 933.80        | 933.80        | 933.80        | 933.80        |
| Densidad Humedad                | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | 2.10         | 2.26          | 2.38          | 2.31          | 2.16          |
| Recipiente N°                   |                         | <b>T1</b>    | <b>T2</b>     | <b>T3</b>     | <b>T4</b>     | <b>T5</b>     |
| Masa del suelo húmedo + tara    | <b>g</b>                | 109.21       | 147.24        | 165.17        | 157.94        | 230.63        |
| Masa del suelo seco + tara      | <b>g</b>                | 103.34       | 135.52        | 146.70        | 138.39        | 198.77        |
| Masa de Tara                    | <b>g</b>                | 21.95        | 22.22         | 17.34         | 27.87         | 30.60         |
| Masa de agua                    | <b>g</b>                | 5.87         | 11.72         | 18.47         | 19.55         | 31.86         |
| Masa del suelo seco             | <b>g</b>                | 81.39        | 113.30        | 129.36        | 110.52        | 168.17        |
| Contenido de agua               | <b>%</b>                | <b>7.21%</b> | <b>10.34%</b> | <b>14.28%</b> | <b>17.69%</b> | <b>18.95%</b> |
| Densidad seca                   | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | <b>1.96</b>  | <b>2.05</b>   | <b>2.08</b>   | <b>1.96</b>   | <b>1.82</b>   |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n°. 89:** Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n° 6 con aditivo líquido Proes

**Tabla n° 163:** Resultados de la calicata n° 6 con aditivo Líquido Proes

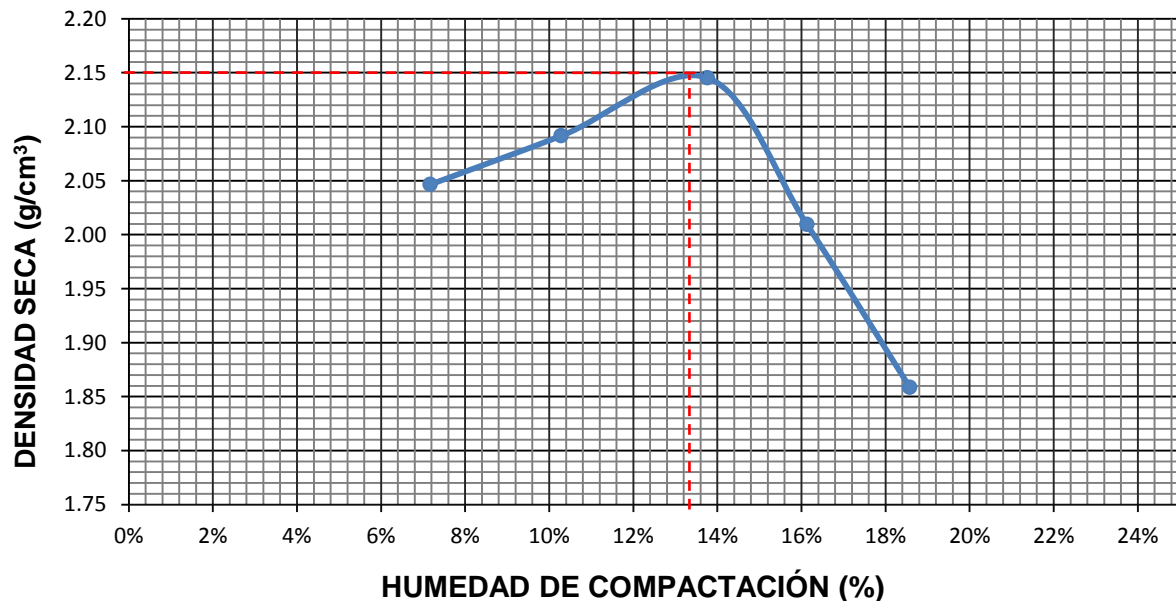
|  |       |
|--|-------|
| Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.09  |
| Humedad óptima (%)                         | 13.60 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 164:** Determinación del contenido de humedad y densidad de la calicata n° 8 con aditivo líquido PROES 0.35 l/m<sup>3</sup>

| MÉTODO DE COMPACTACIÓN:         |                   | A       |         |         |         |         |
|---------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| % DE AGUA                       |                   | 6%      | 9%      | 12%     | 15%     | 18%     |
| Masa del suelo + molde          | g                 | 6192.00 | 6298.00 | 6423.00 | 6323.00 | 6202.00 |
| Masa del molde                  | g                 | 4144.00 | 4144.00 | 4144.00 | 4144.00 | 4144.00 |
| Masa de suelo húmedo compactado | g                 | 2048.00 | 2154.00 | 2279.00 | 2179.00 | 2058.00 |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>   | 933.80  | 933.80  | 933.80  | 933.80  | 933.80  |
| Densidad Humedad                | g/cm <sup>3</sup> | 2.19    | 2.31    | 2.44    | 2.33    | 2.20    |
| Recipiente N°                   |                   | T1      | T2      | T3      | T4      | T5      |
| Masa del suelo húmedo + tara    | g                 | 177.05  | 134.88  | 184.25  | 150.99  | 204.82  |
| Masa del suelo seco + tara      | g                 | 166.64  | 124.30  | 164.42  | 133.27  | 175.11  |
| Masa de Tara                    | g                 | 21.47   | 21.47   | 20.36   | 23.43   | 15.16   |
| Masa de agua                    | g                 | 10.41   | 10.58   | 19.83   | 17.72   | 29.71   |
| Masa del suelo seco             | g                 | 145.17  | 102.83  | 144.06  | 109.84  | 159.95  |
| Contenido de agua               | %                 | 7.17%   | 10.29%  | 13.77%  | 16.13%  | 18.57%  |
| Densidad seca                   | g/cm <sup>3</sup> | 2.05    | 2.09    | 2.15    | 2.01    | 1.86    |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n°. 90:** Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n° 8 con aditivo líquido Proes

**Tabla n° 165:** Resultados de la calicata n° 8 con aditivo Líquido Proes

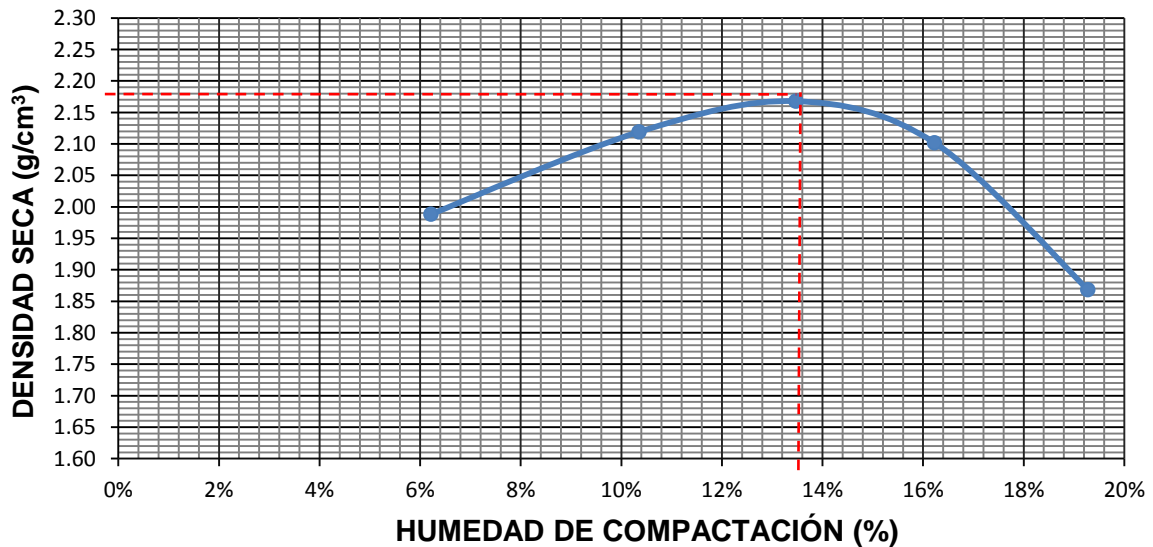
|   |       |
|---|-------|
| Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.15  |
| Humedad óptima (%)                        | 13.10 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 166:** Determinación del contenido de humedad y densidad de la calicata n° 2 con aditivo líquido PROES 0.30 l/m<sup>3</sup> + 50 kg/m<sup>3</sup> de cemento.

| <b>MÉTODO DE COMPACTACIÓN:</b>  |                         | <b>A</b>     |               |               |               |               |
|---------------------------------|-------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>% DE AGUA</b>                |                         | <b>6%</b>    | <b>9%</b>     | <b>12%</b>    | <b>15%</b>    | <b>18%</b>    |
| Masa del suelo + molde          | <b>g</b>                | 6116.00      | 6328.00       | 6441.00       | 6425.00       | 6225.00       |
| Masa del molde                  | <b>g</b>                | 4144.00      | 4144.00       | 4144.00       | 4144.00       | 4144.00       |
| Masa de suelo húmedo compactado | <b>g</b>                | 1972.00      | 2184.00       | 2297.00       | 2281.00       | 2081.00       |
| Volumen del molde               | <b>cm<sup>3</sup></b>   | 933.80       | 933.80        | 933.80        | 933.80        | 933.80        |
| Densidad Humedad                | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | 2.11         | 2.34          | 2.46          | 2.44          | 2.23          |
| Recipiente N°                   |                         | <b>T1</b>    | <b>T2</b>     | <b>T3</b>     | <b>T4</b>     | <b>T5</b>     |
| Masa del suelo húmedo+tara      | <b>g</b>                | 120.36       | 260.00        | 173.24        | 192.13        | 114.22        |
| Masa del suelo seco + tara      | <b>g</b>                | 114.38       | 236.52        | 154.37        | 168.25        | 97.43         |
| Masa de Tara                    | <b>g</b>                | 18.18        | 9.85          | 14.30         | 21.14         | 10.33         |
| Masa de agua                    | <b>g</b>                | 5.98         | 23.48         | 18.87         | 23.88         | 16.79         |
| Masa del suelo seco             | <b>g</b>                | 96.20        | 226.67        | 140.07        | 147.11        | 87.10         |
| Contenido de agua               | <b>%</b>                | <b>6.22%</b> | <b>10.36%</b> | <b>13.47%</b> | <b>16.23%</b> | <b>19.28%</b> |
| Densidad seca                   | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | <b>1.99</b>  | <b>2.12</b>   | <b>2.17</b>   | <b>2.10</b>   | <b>1.87</b>   |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n°. 91:** Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n° 2 con aditivo líquido Proes + cemento

**Tabla n° 167:** Resultados de la calicata n° 2 con aditivo Líquido Proes + cemento

|   |              |
|---|--------------|
| <b>Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b> | <b>2.18</b>  |
| <b>Humedad óptima (%)</b>                       | <b>13.60</b> |

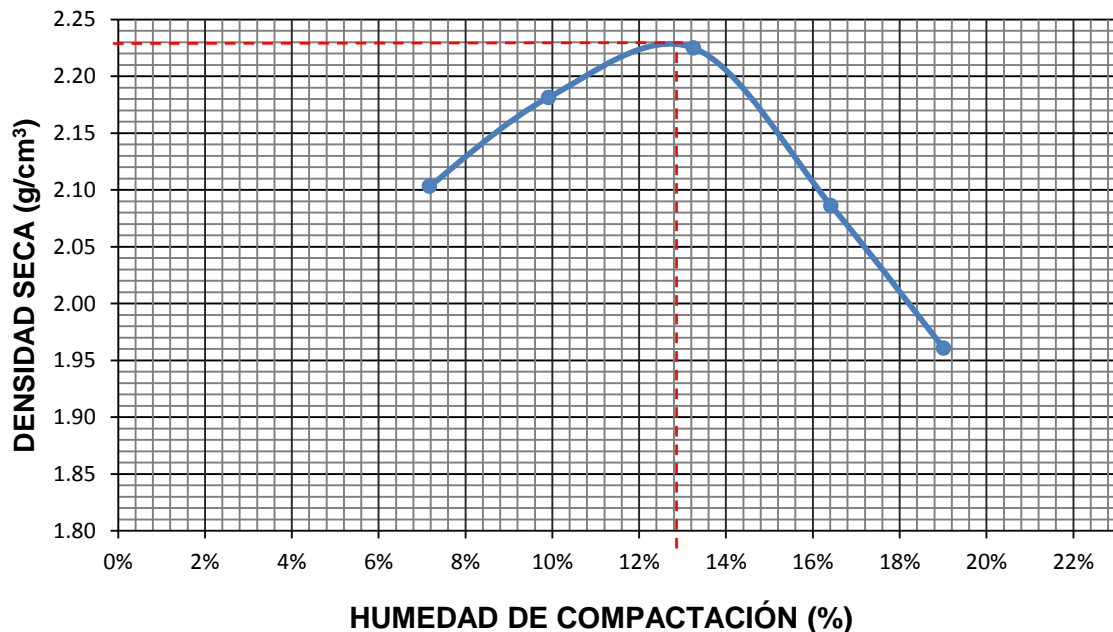
Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Tabla n° 168:** Determinación del contenido de humedad y densidad de la calicata n° 4 con aditivo líquido PROES 0.30 l/m<sup>3</sup> + 50 kg/m<sup>3</sup> de cemento

| MÉTODO DE COMPACTACIÓN:         |                   | A       |         |         |         |         |
|---------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| % DE AGUA                       |                   | 6%      | 9%      | 12%     | 15%     | 18%     |
| Masa del suelo + molde          | g                 | 6249.00 | 6383.00 | 6497.00 | 6412.00 | 6323.00 |
| Masa del molde                  | g                 | 4144.00 | 4144.00 | 4144.00 | 4144.00 | 4144.00 |
| Masa de suelo húmedo compactado | g                 | 2105.00 | 2239.00 | 2353.00 | 2268.00 | 2179.00 |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>   | 933.80  | 933.80  | 933.80  | 933.80  | 933.80  |
| Densidad Humedad                | g/cm <sup>3</sup> | 2.25    | 2.40    | 2.52    | 2.43    | 2.33    |
| Recipiente N°                   |                   | T1      | T2      | T3      | T4      | T5      |
| Masa del suelo húmedo + tara    | g                 | 124.37  | 213.43  | 163.12  | 118.71  | 130.00  |
| Masa del suelo seco + tara      | g                 | 117.41  | 196.17  | 147.47  | 105.38  | 112.45  |
| Masa de Tara                    | g                 | 20.42   | 22.10   | 29.40   | 24.20   | 20.14   |
| Masa de agua                    | g                 | 6.96    | 17.26   | 15.65   | 13.33   | 17.55   |
| Masa del suelo seco             | g                 | 96.99   | 174.07  | 118.07  | 81.18   | 92.31   |
| Contenido de agua               | %                 | 7.18%   | 9.92%   | 13.25%  | 16.42%  | 19.01%  |
| Densidad seca                   | g/cm <sup>3</sup> | 2.10    | 2.18    | 2.22    | 2.09    | 1.96    |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n°. 92:** Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n° 4 con aditivo líquido Proes + cemento

**Tabla n° 169:** Resultados de la calicata n° 4 con aditivo Líquido Proes + cemento

|   |       |
|---|-------|
| Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.22  |
| Humedad óptima (%)                        | 12.95 |

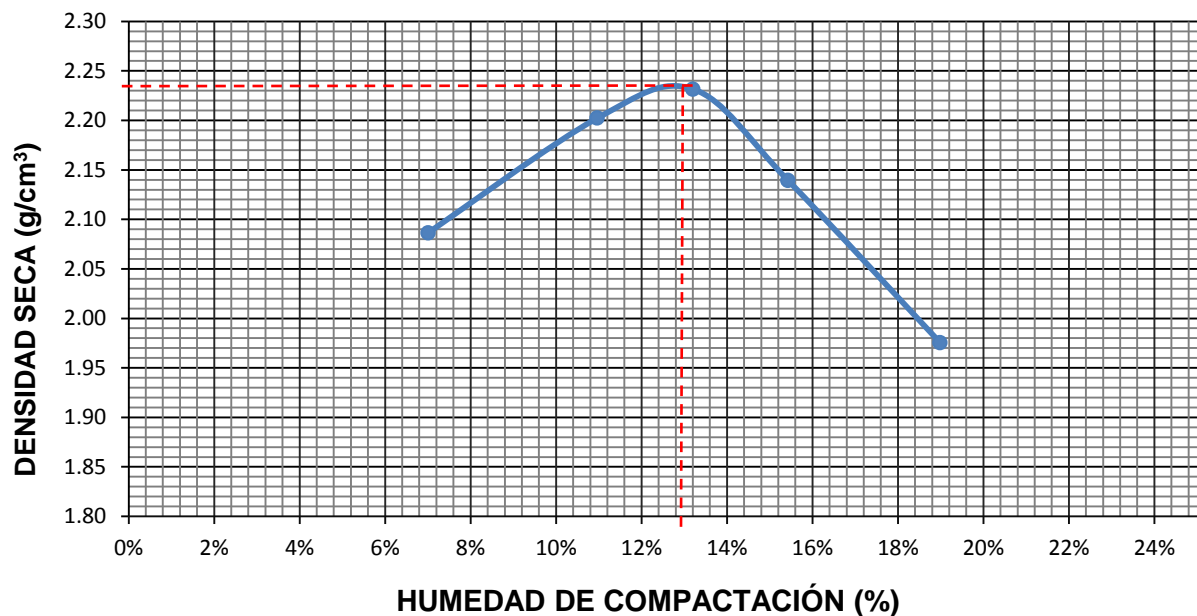
Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Tabla n° 170:** Determinación del contenido de humedad y densidad de la calicata n° 6 con aditivo líquido PROES 0.30 l/m<sup>3</sup> + 50 kg/m<sup>3</sup> de cemento.

| <b>MÉTODO DE COMPACTACIÓN: A</b> |                         |              |               |               |               |               |
|----------------------------------|-------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>% DE AGUA</b>                 |                         | <b>6%</b>    | <b>9%</b>     | <b>12%</b>    | <b>15%</b>    | <b>18%</b>    |
| Masa del suelo + molde           | <b>g</b>                | 6229.00      | 6426.00       | 6503.00       | 6450.00       | 6339.00       |
| Masa del molde                   | <b>g</b>                | 4144.00      | 4144.00       | 4144.00       | 4144.00       | 4144.00       |
| Masa de suelo húmedo compactado  | <b>g</b>                | 2085.00      | 2282.00       | 2359.00       | 2306.00       | 2195.00       |
| Volumen del molde                | <b>cm<sup>3</sup></b>   | 933.80       | 933.80        | 933.80        | 933.80        | 933.80        |
| Densidad Humedad                 | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | 2.23         | 2.44          | 2.53          | 2.47          | 2.35          |
| Recipiente N°                    |                         | <b>T1</b>    | <b>T2</b>     | <b>T3</b>     | <b>T4</b>     | <b>T5</b>     |
| Masa del suelo húmedo + tara     | <b>g</b>                | 206.14       | 168.45        | 214.62        | 136.58        | 186.15        |
| Masa del suelo seco + tara       | <b>g</b>                | 194.07       | 154.00        | 191.61        | 122.05        | 161.33        |
| Masa de Tara                     | <b>g</b>                | 21.95        | 22.22         | 17.34         | 27.87         | 30.60         |
| Masa de agua                     | <b>g</b>                | 12.07        | 14.45         | 23.01         | 14.53         | 24.82         |
| Masa del suelo seco              | <b>g</b>                | 172.12       | 131.78        | 174.27        | 94.18         | 130.73        |
| Contenido de agua                | <b>%</b>                | <b>7.01%</b> | <b>10.97%</b> | <b>13.20%</b> | <b>15.43%</b> | <b>18.99%</b> |
| Densidad seca                    | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | <b>2.09</b>  | <b>2.20</b>   | <b>2.23</b>   | <b>2.14</b>   | <b>1.98</b>   |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*



**Figura n°. 93:** Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n° 6 con aditivo líquido Proes + cemento.

**Tabla n° 171:** Resultados de la calicata n° 6 con aditivo Líquido Proes + cemento

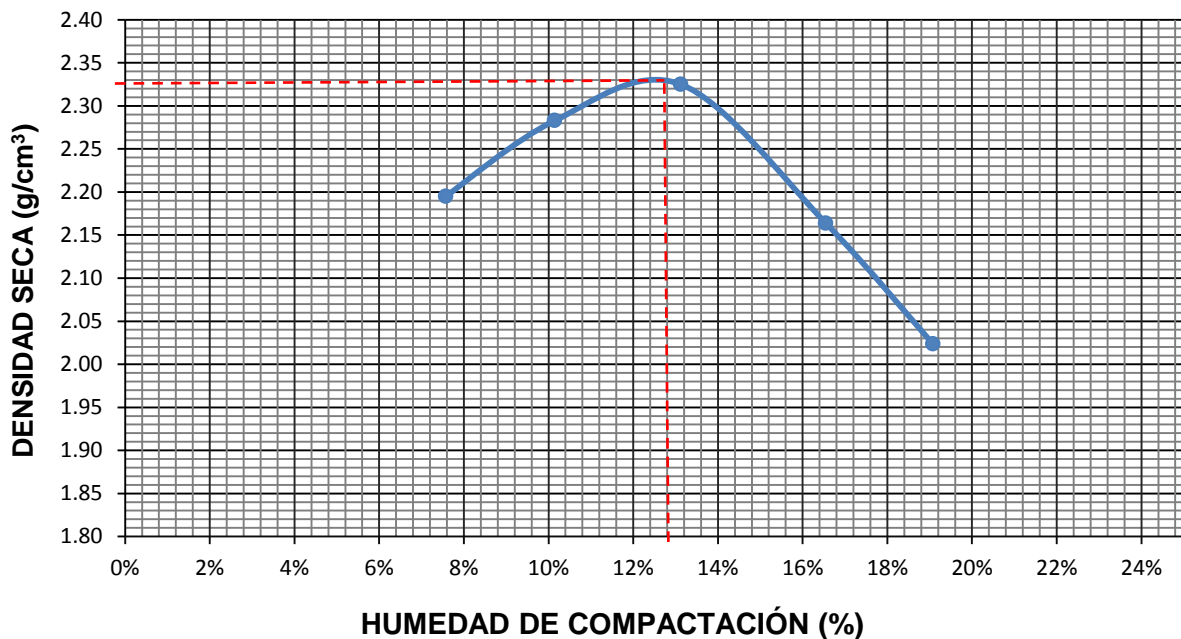
|  |       |
|--|-------|
| <b>Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b> | 2.23  |
| <b>Humedad óptima (%)</b>                      | 13.00 |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 172:** Determinación del contenido de humedad y densidad de la calicata n° 8 con aditivo líquido PROES 0.30 l/m<sup>3</sup> + 50 kg/m<sup>3</sup> de cemento.

| MÉTODO DE COMPACTACIÓN: A       |                         | 6%           | 9%            | 12%           | 15%           | 18%           |
|---------------------------------|-------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>% DE AGUA</b>                |                         |              |               |               |               |               |
| Masa del suelo + molde          | <b>g</b>                | 6349.00      | 6492.00       | 6600.00       | 6499.00       | 6394.00       |
| Masa del molde                  | <b>g</b>                | 4144.00      | 4144.00       | 4144.00       | 4144.00       | 4144.00       |
| Masa de suelo húmedo compactado | <b>g</b>                | 2205.00      | 2348.00       | 2456.00       | 2355.00       | 2250.00       |
| Volumen del molde               | <b>cm<sup>3</sup></b>   | 933.80       | 933.80        | 933.80        | 933.80        | 933.80        |
| Densidad Humedad                | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | 2.36         | 2.51          | 2.63          | 2.52          | 2.41          |
| <b>Recipiente N°</b>            |                         |              |               |               |               |               |
|                                 |                         | <b>T1</b>    | <b>T2</b>     | <b>T3</b>     | <b>T4</b>     | <b>T5</b>     |
| Masa del suelo húmedo + tara    | <b>g</b>                | 164.51       | 265.85        | 156.48        | 183.14        | 112.39        |
| Masa del suelo seco + tara      | <b>g</b>                | 152.36       | 241.35        | 139.85        | 158.98        | 97.37         |
| Masa de Tara                    | <b>g</b>                | 20.36        | 21.56         | 21.72         | 20.01         | 18.64         |
| Masa de agua                    | <b>g</b>                | 12.15        | 24.50         | 16.63         | 24.16         | 15.02         |
| Masa del suelo seco             | <b>g</b>                | 132.00       | 219.79        | 118.13        | 138.97        | 78.73         |
| Contenido de agua               | <b>%</b>                | <b>9.20%</b> | <b>11.15%</b> | <b>14.08%</b> | <b>17.39%</b> | <b>19.08%</b> |
| Densidad seca                   | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | <b>2.16</b>  | <b>2.26</b>   | <b>2.31</b>   | <b>2.15</b>   | <b>2.02</b>   |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n°. 94:** Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n° 8 con aditivo líquido Proes + cemento

**Tabla n° 173:** Resultados de la calicata n° 8 con aditivo Líquido Proes + cemento

|  |       |
|--|-------|
| <b>Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b> | 2.31  |
| <b>Humedad óptima (%)</b>                      | 13.70 |

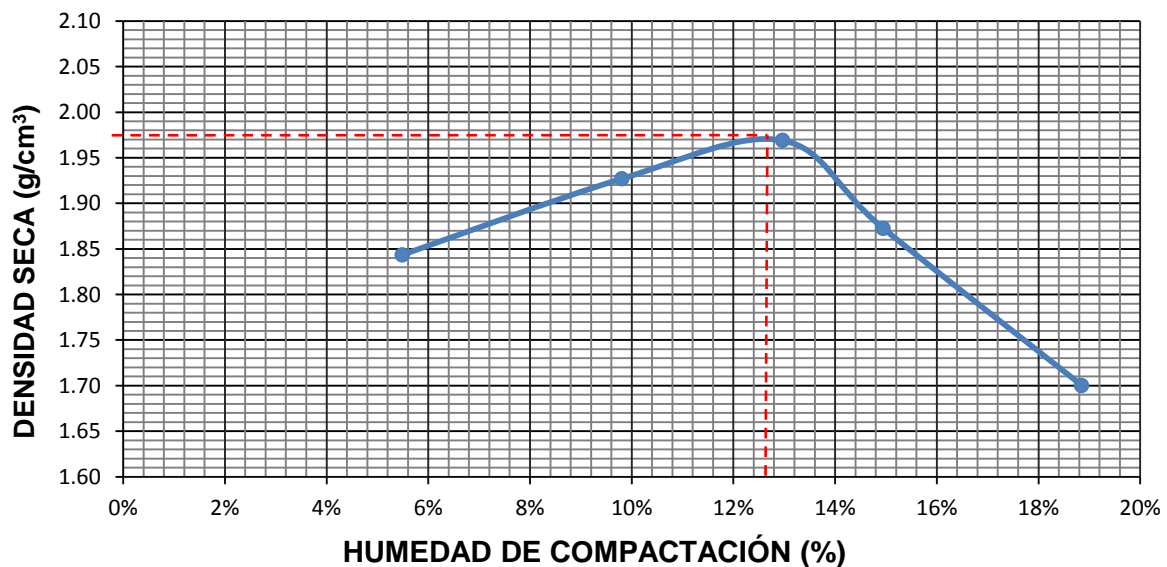
Fuente: Elaboración Propia, 2018.

**ANEXO n° 17: Resultados del ensayo de Proctor Modificado con aditivo CONAID**

*Tabla n° 174: Determinación del contenido de humedad y densidad de la calicata n° 2 con aditivo líquido CONAID 0.05 l/m<sup>3</sup>*

| MÉTODO DE COMPACTACIÓN:         | A                       | 6%           | 9%           | 12%           | 15%           | 18%           |
|---------------------------------|-------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>% DE AGUA</b>                |                         |              |              |               |               |               |
| Masa del suelo + molde          | <b>g</b>                | 5960.00      | 6120.00      | 6221.00       | 6154.00       | 6031.00       |
| Masa del molde                  | <b>g</b>                | 4144.00      | 4144.00      | 4144.00       | 4144.00       | 4144.00       |
| Masa de suelo húmedo compactado | <b>g</b>                | 1816.00      | 1976.00      | 2077.00       | 2010.00       | 1887.00       |
| Volumen del molde               | <b>cm<sup>3</sup></b>   | 933.80       | 933.80       | 933.80        | 933.80        | 933.80        |
| Densidad Humedad                | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | 1.94         | 2.12         | 2.22          | 2.15          | 2.02          |
| Recipiente N°                   |                         | <b>T1</b>    | <b>T2</b>    | <b>T3</b>     | <b>T4</b>     | <b>T5</b>     |
| Masa del suelo húmedo + tara    | <b>g</b>                | 125.52       | 137.20       | 135.19        | 164.81        | 153.74        |
| Masa del suelo seco + tara      | <b>g</b>                | 120.00       | 126.74       | 122.14        | 146.51        | 132.25        |
| Masa de Tara                    | <b>g</b>                | 19.47        | 20.10        | 21.50         | 24.06         | 18.26         |
| Masa de agua                    | <b>g</b>                | 5.52         | 10.46        | 13.05         | 18.30         | 21.49         |
| Masa del suelo seco             | <b>g</b>                | 100.53       | 106.64       | 100.64        | 122.45        | 113.99        |
| Contenido de agua               | <b>%</b>                | <b>5.49%</b> | <b>9.81%</b> | <b>12.97%</b> | <b>14.94%</b> | <b>18.85%</b> |
| Densidad seca                   | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | <b>1.84</b>  | <b>1.93</b>  | <b>1.97</b>   | <b>1.87</b>   | <b>1.70</b>   |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*



*Figura n°. 95: Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n° 2 con aditivo líquido CONAID*

**Tabla n° 175: Resultados de la calicata n° 2 con aditivo Líquido CONAID**

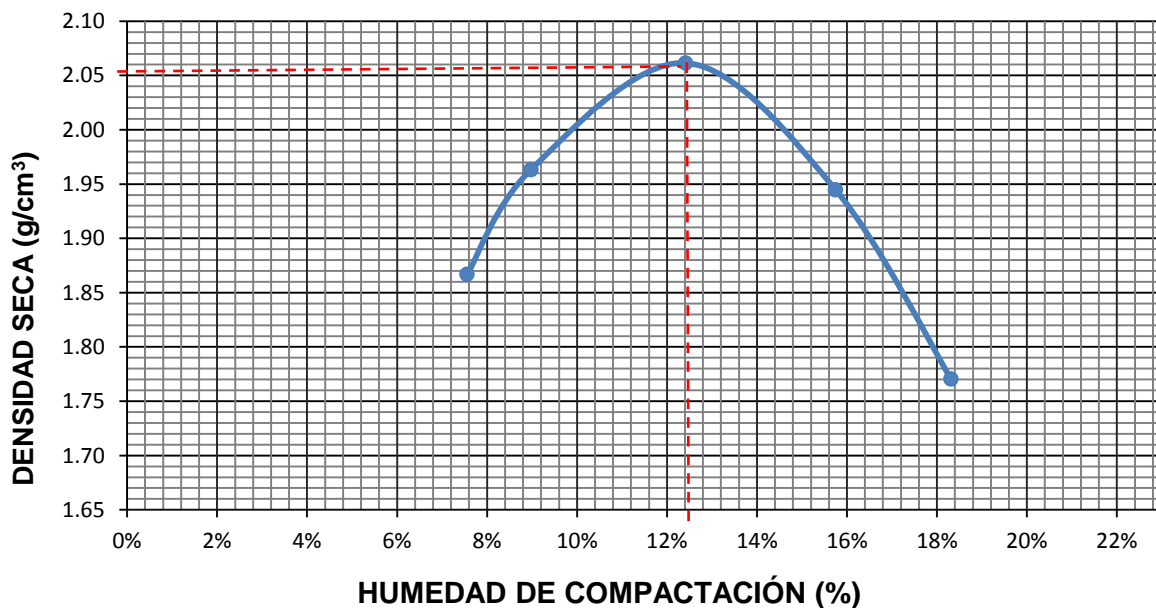
|  |       |
|--|-------|
| <b>Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b> | 1.97  |
| <b>Humedad óptima (%)</b>                      | 12.20 |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 176:** Determinación del contenido de humedad y densidad de la calicata n° 4 con aditivo líquido CONAID 0.05 l/m<sup>3</sup>

| MÉTODO DE COMPACTACIÓN:         |                   | A       |         |         |         |         |
|---------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| % DE AGUA                       |                   | 6%      | 9%      | 12%     | 15%     | 18%     |
| Masa del suelo + molde          | g                 | 6019.00 | 6142.00 | 6308.00 | 6246.00 | 6100.00 |
| Masa del molde                  | g                 | 4144.00 | 4144.00 | 4144.00 | 4144.00 | 4144.00 |
| Masa de suelo húmedo compactado | g                 | 1875.00 | 1998.00 | 2164.00 | 2102.00 | 1956.00 |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>   | 933.80  | 933.80  | 933.80  | 933.80  | 933.80  |
| Densidad Humedad                | g/cm <sup>3</sup> | 2.01    | 2.14    | 2.32    | 2.25    | 2.09    |
| Recipiente N°                   |                   | T1      | T2      | T3      | T4      | T5      |
| Masa del suelo húmedo+tara      | g                 | 186.17  | 264.87  | 156.53  | 123.27  | 146.84  |
| Masa del suelo seco + tara      | g                 | 174.64  | 244.90  | 141.31  | 109.24  | 127.15  |
| Masa de Tara                    | g                 | 22.14   | 22.49   | 18.72   | 20.14   | 19.63   |
| Masa de agua                    | g                 | 11.53   | 19.97   | 15.22   | 14.03   | 19.69   |
| Masa del suelo seco             | g                 | 152.50  | 222.41  | 122.59  | 89.10   | 107.52  |
| Contenido de agua               | %                 | 7.56%   | 8.98%   | 12.42%  | 15.75%  | 18.31%  |
| Densidad seca                   | g/cm <sup>3</sup> | 1.87    | 1.96    | 2.06    | 1.94    | 1.77    |

*Fuente:* Elaboración Propia, 2018.



**Figura n°. 96:** Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n° 4 con aditivo líquido CONAID

**Tabla n° 177:** Resultados de la calicata n° 4 con aditivo Líquido CONAID

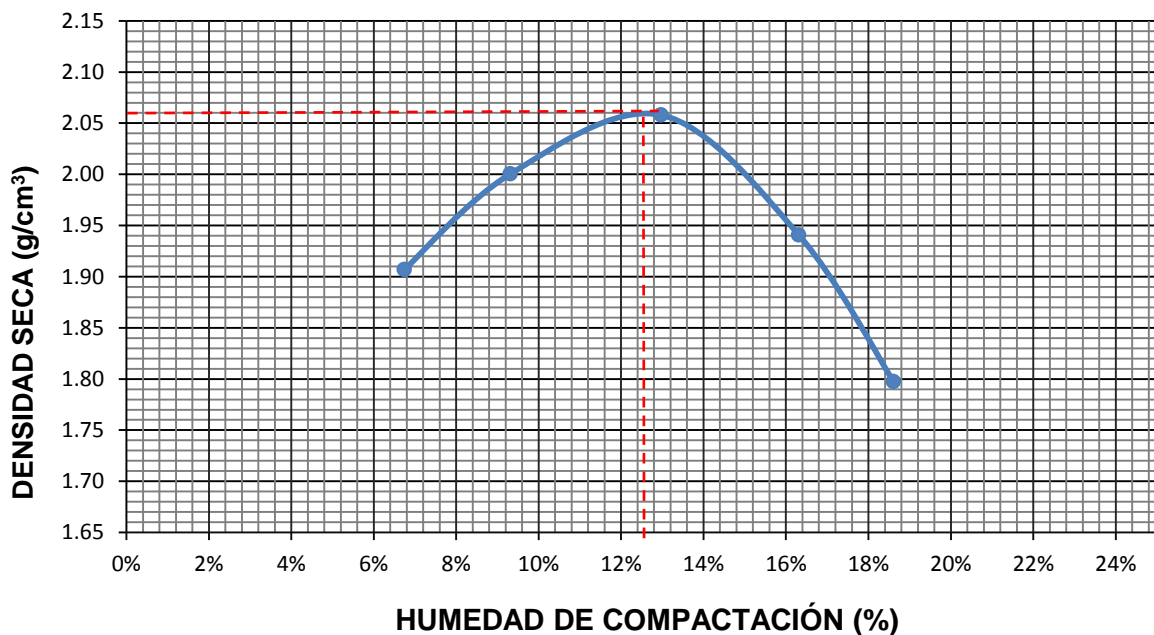
|   |       |
|---|-------|
| Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.05  |
| Humedad óptima (%)                        | 12.50 |

*Fuente:* Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 178:** Determinación del contenido de humedad y densidad de la calicata n° 6 con aditivo líquido CONAID 0.05 l/m<sup>3</sup>

| <b>MÉTODO DE COMPACTACIÓN: A</b> |                         | <b>6%</b>    | <b>9%</b>    | <b>12%</b>    | <b>15%</b>    | <b>18%</b>    |
|----------------------------------|-------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>% DE AGUA</b>                 |                         |              |              |               |               |               |
| Masa del suelo + molde           | <b>g</b>                | 6045.00      | 6186.00      | 6315.00       | 6252.00       | 6135.00       |
| Masa del molde                   | <b>g</b>                | 4144.00      | 4144.00      | 4144.00       | 4144.00       | 4144.00       |
| Masa de suelo húmedo compactado  | <b>g</b>                | 1901.00      | 2042.00      | 2171.00       | 2108.00       | 1991.00       |
| Volumen del molde                | <b>cm<sup>3</sup></b>   | 933.80       | 933.80       | 933.80        | 933.80        | 933.80        |
| Densidad Humedad                 | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | 2.04         | 2.19         | 2.32          | 2.26          | 2.13          |
| Recipiente N°                    |                         | <b>T1</b>    | <b>T2</b>    | <b>T3</b>     | <b>T4</b>     | <b>T5</b>     |
| Masa del suelo húmedo+tara       | <b>g</b>                | 124.66       | 246.32       | 154.58        | 183.23        | 172.01        |
| Masa del suelo seco + tara       | <b>g</b>                | 118.08       | 227.16       | 139.09        | 160.43        | 149.05        |
| Masa de Tara                     | <b>g</b>                | 20.56        | 21.48        | 19.65         | 20.62         | 22.40         |
| Masa de agua                     | <b>g</b>                | 6.58         | 19.16        | 15.49         | 22.80         | 22.96         |
| Masa del suelo seco              | <b>g</b>                | 97.52        | 205.68       | 119.44        | 139.81        | 126.65        |
| Contenido de agua                | <b>%</b>                | <b>6.75%</b> | <b>9.32%</b> | <b>12.97%</b> | <b>16.31%</b> | <b>18.13%</b> |
| Densidad seca                    | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | <b>1.91</b>  | <b>2.00</b>  | <b>2.06</b>   | <b>1.94</b>   | <b>1.80</b>   |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n°. 97:** Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n° 6 con aditivo líquido CONAID

**Tabla n° 179:** Resultados de la calicata n° 6 con aditivo Líquido CONAID

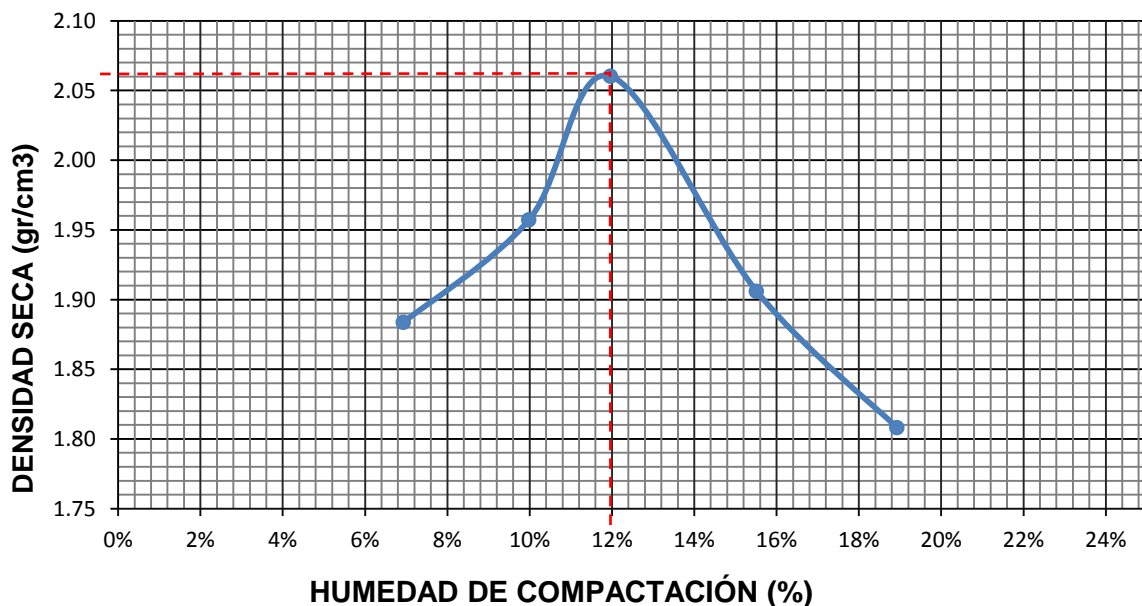
|   |       |
|---|-------|
| <b>Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b> | 2.06  |
| <b>Humedad óptima (%)</b>                       | 12.23 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 180:** Determinación del contenido de humedad y densidad de la calicata n° 8 con aditivo líquido CONAID 0.05 lt/m<sup>3</sup>

| MÉTODO DE COMPACTACIÓN:         |                         | A            |              |               |               |               |
|---------------------------------|-------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| % DE AGUA                       |                         | 6%           | 9%           | 12%           | 15%           | 18%           |
| Masa del suelo + molde          | <b>g</b>                | 6025.00      | 6154.00      | 6298.00       | 6200.00       | 6152.00       |
| Masa del molde                  | <b>g</b>                | 4144.00      | 4144.00      | 4144.00       | 4144.00       | 4144.00       |
| Masa de suelo húmedo compactado | <b>g</b>                | 1881.00      | 2010.00      | 2154.00       | 2056.00       | 2008.00       |
| Volumen del molde               | <b>cm<sup>3</sup></b>   | 933.80       | 933.80       | 933.80        | 933.80        | 933.80        |
| Densidad Humedad                | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | 2.01         | 2.15         | 2.31          | 2.20          | 2.15          |
| Recipiente N°                   |                         | <b>T1</b>    | <b>T2</b>    | <b>T3</b>     | <b>T4</b>     | <b>T5</b>     |
| Masa del suelo húmedo+tara      | <b>g</b>                | 296.42       | 195.17       | 125.54        | 144.13        | 154.68        |
| Masa del suelo seco + tara      | <b>g</b>                | 278.51       | 179.35       | 114.43        | 127.39        | 133.47        |
| Masa de Tara                    | <b>g</b>                | 20.20        | 20.88        | 21.56         | 19.48         | 21.41         |
| Masa de agua                    | <b>g</b>                | 17.91        | 15.82        | 11.11         | 16.74         | 21.21         |
| Masa del suelo seco             | <b>g</b>                | 258.31       | 158.47       | 92.87         | 107.91        | 112.06        |
| Contenido de agua               | <b>%</b>                | <b>6.93%</b> | <b>9.98%</b> | <b>11.96%</b> | <b>15.51%</b> | <b>18.93%</b> |
| Densidad seca                   | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | <b>1.88</b>  | <b>1.96</b>  | <b>2.06</b>   | <b>1.91</b>   | <b>1.81</b>   |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*



**Figura n° 98:** Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n° 8 con aditivo líquido CONAID

**Tabla n° 181:** Resultados de la calicata n° 8 con aditivo Líquido CONAID

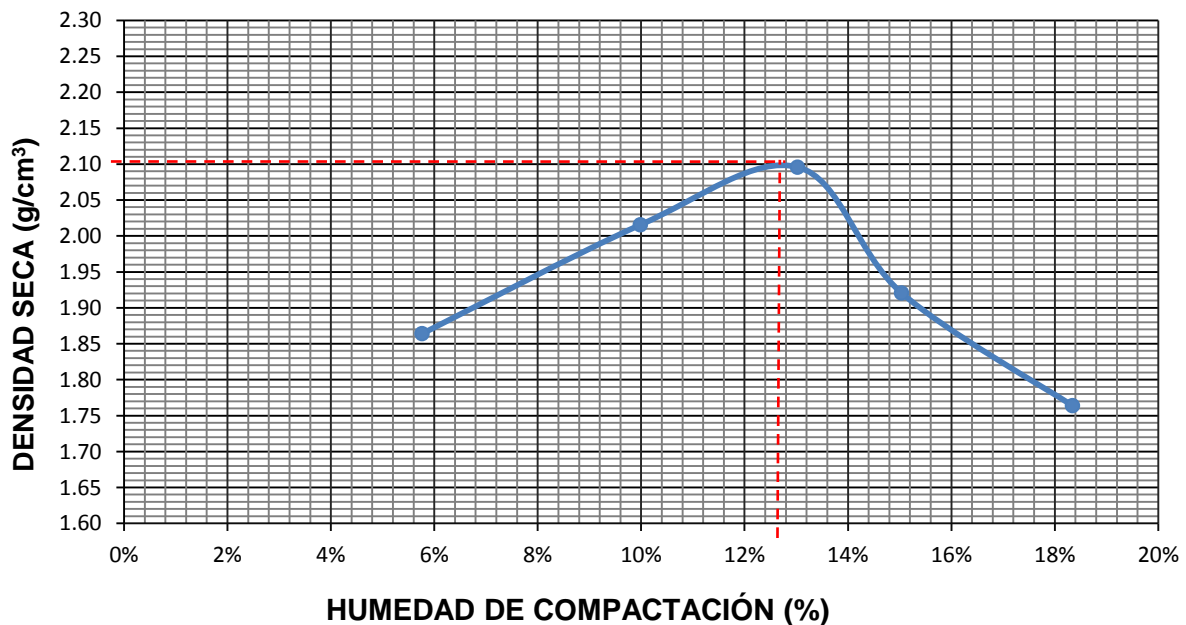
|  |       |
|--|-------|
| Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.06  |
| Humedad óptima (%)                         | 12.00 |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 182:** Determinación del contenido de humedad y densidad de la calicata n° 2 con aditivo líquido CONAID 0.05 l/m<sup>3</sup> + 50 kg/m<sup>3</sup>

| MÉTODO DE COMPACTACIÓN:         |                   | A       |         |         |         |         |
|---------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| % DE AGUA                       |                   | 6%      | 9%      | 12%     | 15%     | 18%     |
| Masa del suelo + molde          | g                 | 5985.00 | 6214.00 | 6356.00 | 6207.00 | 6093.00 |
| Masa del molde                  | g                 | 4144.00 | 4144.00 | 4144.00 | 4144.00 | 4144.00 |
| Masa de suelo húmedo compactado | g                 | 1841.00 | 2070.00 | 2212.00 | 2063.00 | 1949.00 |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>   | 933.80  | 933.80  | 933.80  | 933.80  | 933.80  |
| Densidad Humedad                | g/cm <sup>3</sup> | 1.97    | 2.22    | 2.37    | 2.21    | 2.09    |
| Recipiente N°                   |                   | T1      | T2      | T3      | T4      | T5      |
| Masa del suelo húmedo + tara    | g                 | 341.00  | 217.15  | 124.92  | 137.07  | 174.25  |
| Masa del suelo seco + tara      | g                 | 323.58  | 199.26  | 112.73  | 122.11  | 150.45  |
| Masa de Tara                    | g                 | 21.51   | 20.11   | 19.18   | 22.64   | 20.73   |
| Masa de agua                    | g                 | 17.42   | 17.89   | 12.19   | 14.96   | 23.80   |
| Masa del suelo seco             | g                 | 302.07  | 179.15  | 93.55   | 99.47   | 129.72  |
| Contenido de agua               | %                 | 5.77%   | 9.99%   | 13.03%  | 15.04%  | 18.35%  |
| Densidad seca                   | g/cm <sup>3</sup> | 1.86    | 2.02    | 2.10    | 1.92    | 1.76    |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n°. 99:** Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n° 2 con aditivo líquido CONAID + Cemento

**Tabla n° 183:** Resultados de la calicata n° 2 con aditivo Líquido CONAID + cemento

|  |       |
|--|-------|
| Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.10  |
| Humedad óptima (%)                         | 12.90 |

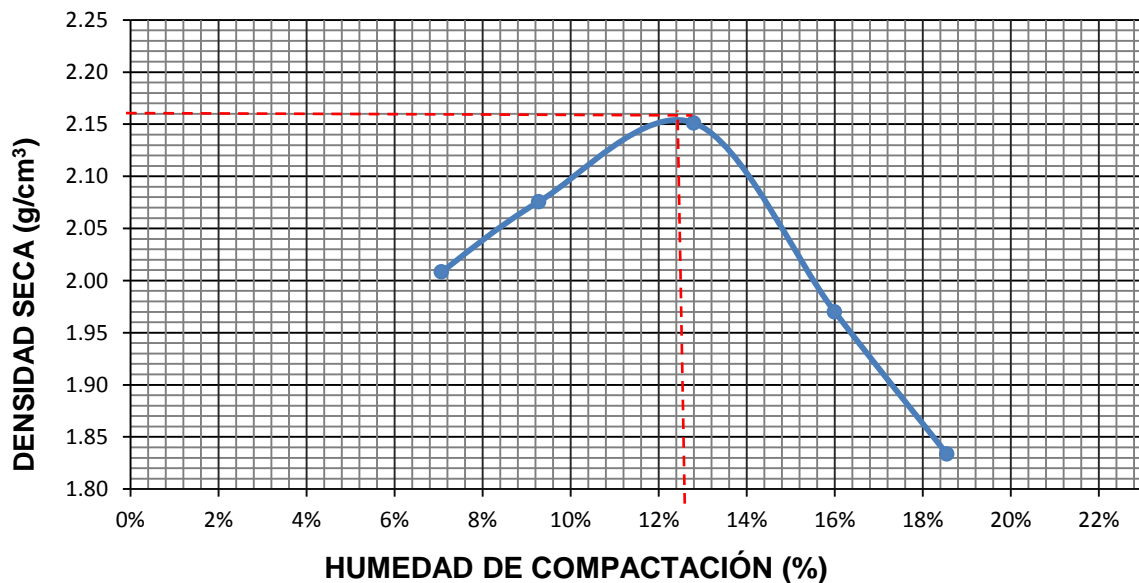
Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Tabla n° 184:** Determinación del contenido de humedad y densidad de la calicata n° 4 con aditivo líquido CONAID 0.05 l/m<sup>3</sup> + 50 kg/m<sup>3</sup>

| MÉTODO DE COMPACTACIÓN:         |                         | A            |              |               |               |               |
|---------------------------------|-------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| % DE AGUA                       |                         | 6%           | 9%           | 12%           | 15%           | 18%           |
| Masa del suelo + molde          | <b>g</b>                | 6152.00      | 6262.00      | 6410.00       | 6278.00       | 6174.00       |
| Masa del molde                  | <b>g</b>                | 4144.00      | 4144.00      | 4144.00       | 4144.00       | 4144.00       |
| Masa de suelo húmedo compactado | <b>g</b>                | 2008.00      | 2118.00      | 2266.00       | 2134.00       | 2030.00       |
| Volumen del molde               | <b>cm<sup>3</sup></b>   | 933.80       | 933.80       | 933.80        | 933.80        | 933.80        |
| Densidad Humedad                | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | 2.15         | 2.27         | 2.43          | 2.29          | 2.17          |
| Recipiente N°                   |                         | <b>T1</b>    | <b>T2</b>    | <b>T3</b>     | <b>T4</b>     | <b>T5</b>     |
| Masa del suelo húmedo+tara      | <b>g</b>                | 156.51       | 185.40       | 314.02        | 154.05        | 212.12        |
| Masa del suelo seco + tara      | <b>g</b>                | 147.44       | 171.48       | 280.72        | 135.54        | 182.30        |
| Masa de Tara                    | <b>g</b>                | 19.15        | 21.42        | 20.54         | 19.85         | 21.51         |
| Masa de agua                    | <b>g</b>                | 9.07         | 13.92        | 33.30         | 18.51         | 29.82         |
| Masa del suelo seco             | <b>g</b>                | 128.29       | 150.06       | 260.18        | 115.69        | 160.79        |
| Contenido de agua               | <b>%</b>                | <b>7.07%</b> | <b>9.28%</b> | <b>12.80%</b> | <b>16.00%</b> | <b>18.55%</b> |
| Densidad seca                   | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | <b>2.01</b>  | <b>2.08</b>  | <b>2.15</b>   | <b>1.97</b>   | <b>1.83</b>   |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n°. 100:** Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n° 4 con aditivo líquido CONAID + Cemento

**Tabla n° 185:** Resultados de la calicata n° 4 con aditivo Líquido CONAID + Cemento

|   |       |
|---|-------|
| Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.16  |
| Humedad óptima (%)                        | 12.13 |

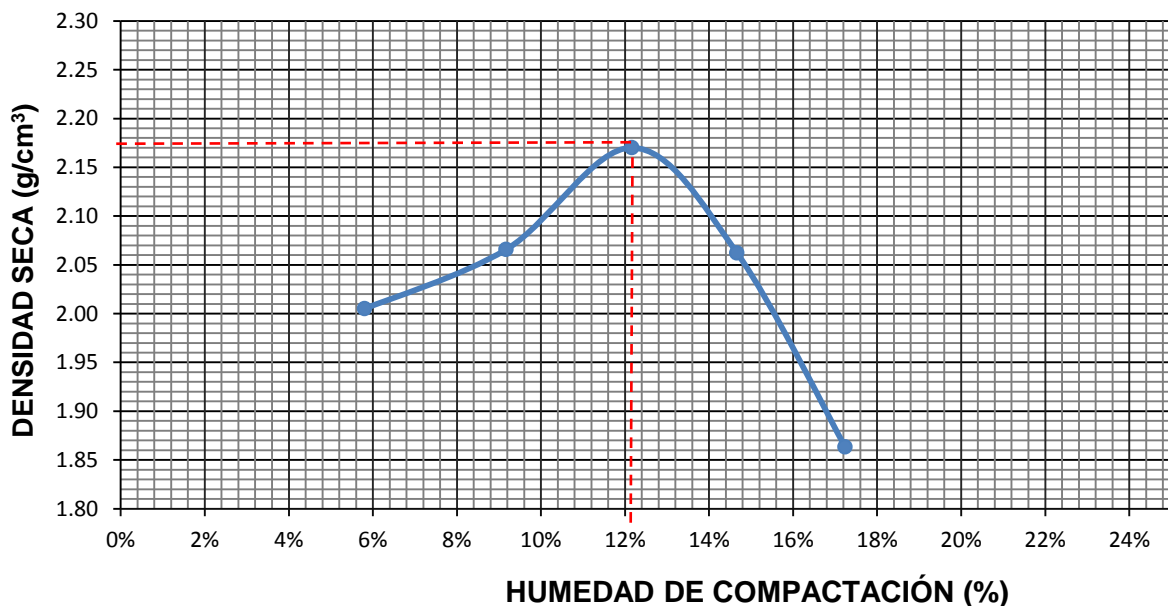
Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Tabla n° 186:** Determinación del contenido de humedad y densidad de la calicata n° 6 con aditivo líquido CONAID 0.05 l/m<sup>3</sup> + 50 kg/m<sup>3</sup>

| MÉTODO DE COMPACTACIÓN:         |                   | A       |         |         |         |         |
|---------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| % DE AGUA                       |                   | 6%      | 9%      | 12%     | 15%     | 18%     |
| Masa del suelo + molde          | g                 | 6125.00 | 6250.00 | 6417.00 | 6352.00 | 6184.00 |
| Masa del molde                  | g                 | 4144.00 | 4144.00 | 4144.00 | 4144.00 | 4144.00 |
| Masa de suelo húmedo compactado | g                 | 1981.00 | 2106.00 | 2273.00 | 2208.00 | 2040.00 |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>   | 933.80  | 933.80  | 933.80  | 933.80  | 933.80  |
| Densidad Humedad                | g/cm <sup>3</sup> | 2.12    | 2.26    | 2.43    | 2.36    | 2.18    |
| Recipiente N°                   |                   | T1      | T2      | T3      | T4      | T5      |
| Masa del suelo húmedo+tara      | g                 | 182.25  | 117.66  | 154.37  | 160.18  | 148.61  |
| Masa del suelo seco + tara      | g                 | 173.37  | 109.43  | 140.02  | 142.39  | 129.70  |
| Masa de Tara                    | g                 | 20.42   | 19.73   | 22.08   | 21.10   | 20.00   |
| Masa de agua                    | g                 | 8.88    | 8.23    | 14.35   | 17.79   | 18.91   |
| Masa del suelo seco             | g                 | 152.95  | 89.70   | 117.94  | 121.29  | 109.70  |
| Contenido de agua               | %                 | 5.81%   | 9.18%   | 12.17%  | 14.67%  | 17.24%  |
| Densidad seca                   | g/cm <sup>3</sup> | 2.01    | 2.07    | 2.17    | 2.06    | 1.86    |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n° 101:** Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n° 6 con aditivo líquido CONAID + Cemento

**Tabla n°187:** Resultados de la calicata n° 6 con aditivo Líquido CONAID + Cemento

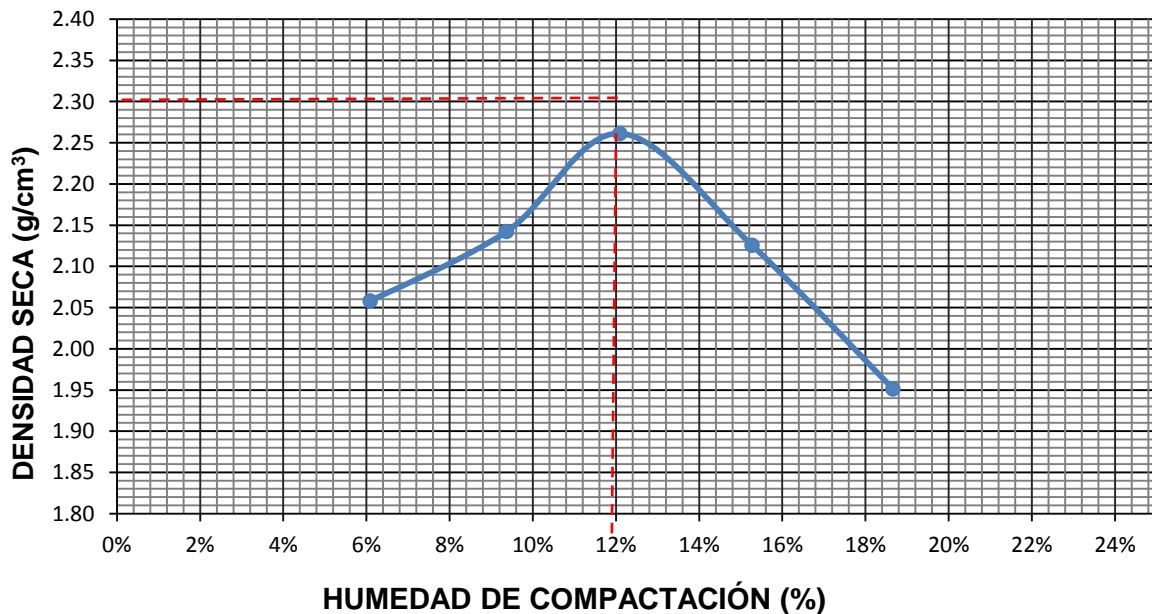
|  |       |
|--|-------|
| Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.17  |
| Humedad óptima (%)                         | 12.05 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 188:** Determinación del contenido de humedad y densidad de la calicata n° 8 con aditivo líquido CONAID 0.05 l/m<sup>3</sup> + 50 kg/m<sup>3</sup>

| MÉTODO DE COMPACTACIÓN:         |                   | A       |         |         |         |         |
|---------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| % DE AGUA                       |                   | 6%      | 9%      | 12%     | 15%     | 18%     |
| Masa del suelo + molde          | g                 | 6183.00 | 6332.00 | 6511.00 | 6432.00 | 6306.00 |
| Masa del molde                  | g                 | 4144.00 | 4144.00 | 4144.00 | 4144.00 | 4144.00 |
| Masa de suelo húmedo compactado | g                 | 2039.00 | 2188.00 | 2367.00 | 2288.00 | 2162.00 |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>   | 933.80  | 933.80  | 933.80  | 933.80  | 933.80  |
| Densidad Humedad                | g/cm <sup>3</sup> | 2.18    | 2.34    | 2.53    | 2.45    | 2.32    |
| Recipiente N°                   |                   | T1      | T2      | T3      | T4      | T5      |
| Masa del suelo húmedo + tara    | g                 | 315.00  | 186.53  | 198.37  | 125.51  | 151.88  |
| Masa del suelo seco + tara      | g                 | 298.00  | 172.47  | 179.14  | 111.73  | 131.26  |
| Masa de Tara                    | g                 | 19.15   | 22.47   | 20.22   | 21.51   | 20.77   |
| Masa de agua                    | g                 | 17.00   | 14.06   | 19.23   | 13.78   | 20.62   |
| Masa del suelo seco             | g                 | 278.85  | 150.00  | 158.92  | 90.22   | 110.49  |
| Contenido de agua               | %                 | 6.10%   | 9.37%   | 12.10%  | 15.27%  | 18.66%  |
| Densidad seca                   | g/cm <sup>3</sup> | 2.06    | 2.14    | 2.26    | 2.13    | 1.95    |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n°. 102:** Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n° 8 con aditivo líquido CONAID + Cemento

**Tabla n° 189:** Resultados de la calicata n° 8 con aditivo Líquido CONAID + Cemento

|  |       |
|--|-------|
| Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.30  |
| Humedad óptima (%)                         | 11.90 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

**ANEXO n° 18: Resultados del ensayo de CBR**

**Tabla n° 190: Contenido de Humedad y Densidad Seca de la Calicata 2 sin aditivo**

| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>     |                    |                  |             |                  |             |                  |             |
|---------------------------------|--------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| MOLDE N°                        |                    | MOLDE N° 1       |             | MOLDE N° 2       |             | MOLDE N° 3       |             |
| N° GOLPES                       |                    | 12               |             | 25               |             | 56               |             |
| Condición de la Muestra         |                    | Antes de saturar | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    |
| Masa del molde                  | gr                 | 7182.00          |             | 7096.00          |             | 7174.00          |             |
| Masa del suelo + molde          | gr                 | 10975.00         | 11336.00    | 11146.00         | 11403.00    | 11610.00         | 11721.00    |
| Masa de suelo húmedo compactado | gr                 | 3793.00          | 4154.00     | 4050.00          | 4307.00     | 4436.00          | 4547.00     |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>    | 2084.99          |             | 2084.99          |             | 2084.99          |             |
| Densidad Humedad                | gr/cm <sup>3</sup> | 1.82             | 1.99        | 1.94             | 2.07        | 2.13             | 2.18        |
| Recipiente N°                   |                    | T-1              |             | T-2              |             | T-3              |             |
| Masa de Tara                    | gr                 | 27.27            |             | 26.91            |             | 23.03            |             |
| Masa del suelo húmedo + tara    | gr                 | 182.93           |             | 162.79           |             | 108.88           |             |
| Masa del suelo seco + tara      | gr                 | 154.65           |             | 143.61           |             | 98.12            |             |
| Masa de agua                    | gr                 | 28.28            |             | 19.18            |             | 10.76            |             |
| Masa del suelo seco             | gr                 | 127.38           |             | 116.70           |             | 75.09            |             |
| Contenido de agua               | %                  | 22.20%           |             | 16.44%           |             | 14.33%           |             |
| Densidad seca                   | gr/cm <sup>3</sup> | <b>1.49</b>      | <b>1.63</b> | <b>1.67</b>      | <b>1.77</b> | <b>1.86</b>      | <b>1.91</b> |
| <b>Dimensiones MOLDE (cm)</b>   |                    |                  |             |                  |             |                  |             |
| Altura                          |                    | 17.70            |             |                  |             |                  |             |
| Diámetro                        |                    | 15.26            |             |                  |             |                  |             |
| <b>Disco espaciador (cm)</b>    |                    |                  |             |                  |             |                  |             |
| Diámetro                        |                    | 15.00            |             |                  |             |                  |             |
| Altura                          |                    | 6.30             |             |                  |             |                  |             |
| <b>Peso del disco (gr)</b>      |                    |                  |             |                  |             |                  |             |
|                                 |                    | 8.58             |             |                  |             |                  |             |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

Tabla n° 191: Ensayo de Expansión CBR de la Calicata 2 sin aditivo

| LECTURA DE HINCHAMIENTO |        |  |        |       |  |        |       |  |        |       |
|-------------------------|--------|--|--------|-------|--|--------|-------|--|--------|-------|
| DATOS                   |        | MOLDE N°1<br>12 GOLPES<br>Hinchamiento |        |       | MOLDE N°2<br>25 GOLPES<br>Hinchamiento |        |       | MOLDE N°3<br>56 GOLPES<br>Hinchamiento |        |       |
| (Horas)                 | (Días) | Deformación<br>(plg)                   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)                   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)                   | (mm)   | (%)   |
| 0                       | 0      | 0.300                                  | 7.620  | 2.206 | 0.500                                  | 12.700 | 3.788 | 0.400                                  | 10.160 | 2.963 |
| 24                      | 1      | 0.390                                  | 9.906  | 0.201 | 0.650                                  | 16.510 | 0.446 | 0.532                                  | 13.513 | 0.022 |
| 48                      | 2      | 0.394                                  | 10.008 | 0.111 | 0.661                                  | 16.789 | 0.201 | 0.533                                  | 13.538 | 0.000 |
| 72                      | 3      | 0.397                                  | 10.084 | 0.045 | 0.666                                  | 16.916 | 0.089 | 0.533                                  | 13.538 | 0.000 |
| 96                      | 4      | 0.399                                  | 10.135 | 0.000 | 0.670                                  | 17.018 | 0.000 | 0.533                                  | 13.538 | 0.000 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla n° 192: Ensayo de penetración CBR de la calicata 2 sin aditivo

| LECTURA DE PENETRACIÓN |             |              |                        |                  |                        |                        |                  |                        |                        |                  |                        |
|------------------------|-------------|--------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| PENETRACIÓN            |             |              | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |                  |                        |
| Medida                 | mm          | Pulg         | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) |
| 1                      | 0           | 0.000        | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   |
| 2                      | 0.63        | 0.025        | 5.76                   | 12.67            | 4.03                   | 18.17                  | 39.97            | 12.72                  | 32.32                  | 71.10            | 22.63                  |
| 3                      | 1.27        | 0.050        | 8.79                   | 19.34            | 6.16                   | 23.89                  | 52.56            | 16.73                  | 39.57                  | 87.05            | 27.71                  |
| 4                      | 1.9         | 0.075        | 13.14                  | 28.91            | 9.20                   | 29.95                  | 65.89            | 20.97                  | 47.98                  | 105.56           | 33.60                  |
| 5                      | <b>2.54</b> | <b>0.100</b> | <b>16.09</b>           | <b>35.40</b>     | <b>11.27</b>           | <b>34.16</b>           | <b>75.15</b>     | <b>23.92</b>           | <b>52.75</b>           | <b>116.05</b>    | <b>36.94</b>           |
| 6                      | 3.17        | 0.125        | 22.73                  | 50.01            | 15.92                  | 42.32                  | 93.10            | 29.64                  | 68.30                  | 150.26           | 47.83                  |
| 7                      | 3.81        | 0.150        | 26.96                  | 59.31            | 18.88                  | 48.23                  | 106.11           | 33.78                  | 73.95                  | 162.69           | 51.79                  |
| 8                      | <b>5.08</b> | <b>0.200</b> | <b>32.87</b>           | <b>72.31</b>     | <b>23.02</b>           | <b>54.18</b>           | <b>119.20</b>    | <b>37.94</b>           | <b>85.52</b>           | <b>188.14</b>    | <b>59.89</b>           |
| 9                      | 7.62        | 0.300        | 39.09                  | 86.00            | 27.37                  | 58.95                  | 129.69           | 41.28                  | 102.62                 | 225.76           | 71.87                  |
| 10                     | 10.16       | 0.400        | 43.23                  | 95.11            | 30.27                  | 67.01                  | 147.42           | 46.93                  | 109.85                 | 241.67           | 76.93                  |
| 11                     | 12.7        | 0.500        | 48.37                  | 106.41           | 33.87                  | 70.22                  | 154.48           | 49.18                  | 120.33                 | 264.73           | 84.27                  |

| Penetración | 0.1(") | 0.2(") |
|-------------|--------|--------|
| Molde 01    | 1.13   | 1.53   |
| Molde 02    | 2.39   | 2.53   |
| Molde 03    | 3.69   | 3.99   |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

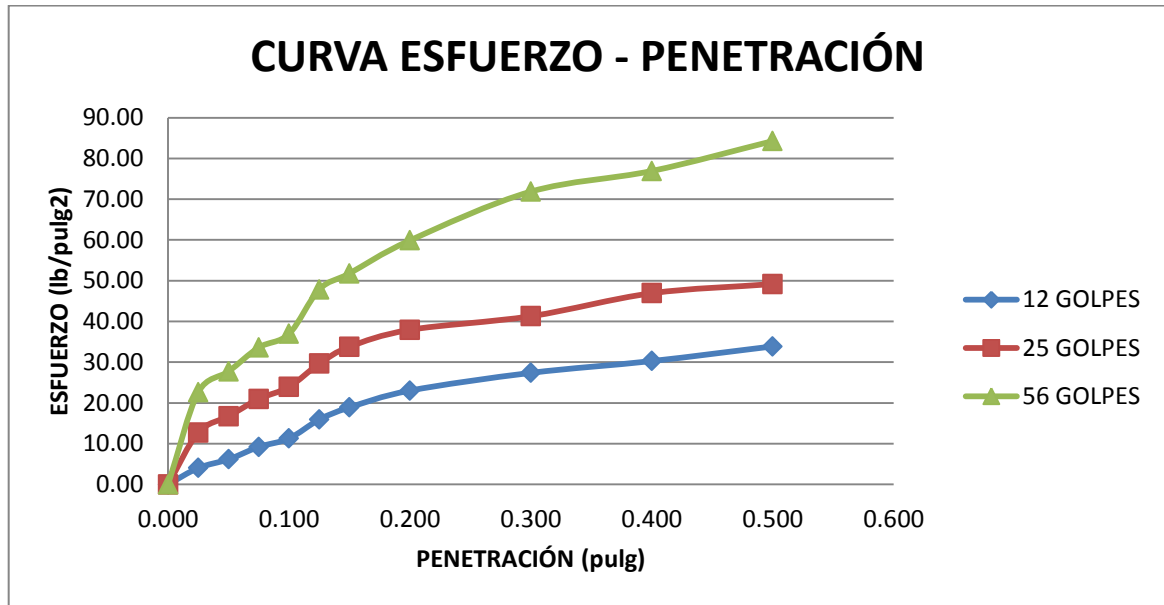


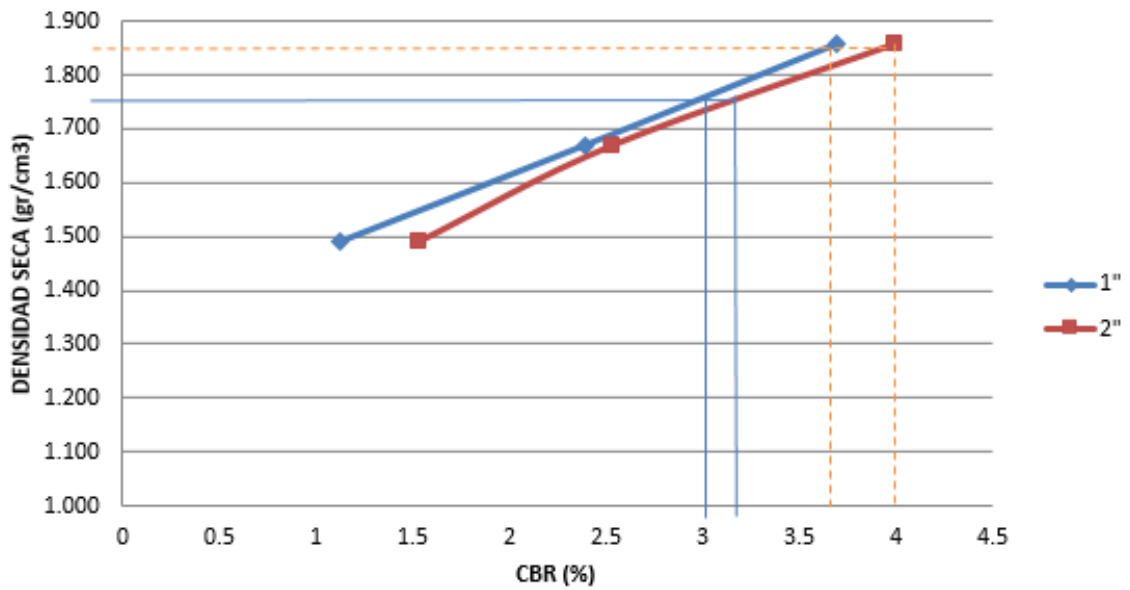
Figura n°. 103: Ensayo de esfuerzo vs deformación

Tabla n° 193: CBR vs Densidad Seca de la calicata 2 sin aditivo

| CBR VS DENSIDAD SECA                    |           |             |             |             |           |       |
|---|-----------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------|
| ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN |           |             |             |             |           |       |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |             | MOLDE N°2   |             | MOLDE N°3 |       |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"         | 01"         | 02"         | 01"       | 02"   |
| Esfuerzo Terreno (lb/plg2)              | 11.27     | 23.02       | 23.92       | 37.94       | 36.94     | 59.89 |
| Esfuerzo Patrón (lb/plg2)               | 1000      | 1500        | 1000        | 1500        | 1000      | 1500  |
| CBR (%)                                 | 1.13%     | 1.53%       | 2.39%       | 2.53%       | 3.69%     | 3.99% |
| CBR Y DENSIDAD SECA                     |           |             |             |             |           |       |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |             | MOLDE N°2   |             | MOLDE N°3 |       |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"         | 01"         | 02"         | 01"       | 02"   |
| CBR (%)                                 | 1.13%     | 1.53%       | 2.39%       | 2.53%       | 3.69%     | 3.99% |
| Ds (gr/cm3)                             | 1.49      | 1.49        | 1.67        | 1.67        | 1.86      | 1.86  |
|   |           | <b>100%</b> | <b>95%</b>  |             |           |       |
| Ds Max=                                 | 1.85      | CBR (0.1")  | <b>3.68</b> | <b>3.00</b> |           |       |
| 95% Ds Max=                             | 1.757     | CBR (0.2")  | <b>3.99</b> | <b>3.29</b> |           |       |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### CBR VS DENSIDAD SECA



*Figura n°. 104: Relación CBR vs Densidad Seca*

**Tabla n° 194:** Contenido de Humedad y Densidad Seca de la Calicata 4 sin aditivo

| CONTENIDO DE HUMEDAD            |                    |                  |             |                  |             |                  |             |
|---------------------------------|--------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| MOLDE N°                        |                    | MOLDE N° 1       |             | MOLDE N° 2       |             | MOLDE N° 3       |             |
| N° GOLPES                       |                    | 12               |             | 25               |             | 56               |             |
| Condición de la Muestra         |                    | Antes de saturar | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    |
| Masa del molde                  | gr                 | 7220.00          |             | 7180.00          |             | 7070.00          |             |
| Masa del suelo + molde          | gr                 | 11250.00         | 11665.00    | 11490.00         | 11845.00    | 11810.00         | 12035.00    |
| Masa de suelo húmedo compactado | gr                 | 4030.00          | 4445.00     | 4310.00          | 4665.00     | 4740.00          | 4965.00     |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>    | 2084.99          |             | 2084.99          |             | 2084.99          |             |
| Densidad Humedad                | gr/cm <sup>3</sup> | 1.93             | 2.13        | 2.07             | 2.24        | 2.27             | 2.38        |
| Recipiente N°                   |                    | T-1              |             | T-2              |             | T-3              |             |
| Masa de Tara                    | gr                 | 28.70            |             | 28.32            |             | 27.42            |             |
| Masa del suelo húmedo+tara      | gr                 | 169.78           |             | 166.51           |             | 204.27           |             |
| Masa del suelo seco + tara      | gr                 | 136.58           |             | 139.62           |             | 175.60           |             |
| Masa de agua                    | gr                 | 33.20            |             | 26.89            |             | 28.67            |             |
| Masa del suelo seco             | gr                 | 107.88           |             | 111.30           |             | 148.18           |             |
| Contenido de agua               | %                  | 30.77%           |             | 24.16%           |             | 19.35%           |             |
| Densidad seca                   | gr/cm <sup>3</sup> | <b>1.48</b>      | <b>1.63</b> | <b>1.66</b>      | <b>1.80</b> | <b>1.90</b>      | <b>2.00</b> |

| Dimensiones           |       |
|-----------------------|-------|
| MOLDE (cm)            |       |
| Altura                | 17.70 |
| Diámetro              | 15.26 |
| Disco espaciador (cm) |       |
| Diámetro              | 15.00 |
| Altura                | 6.30  |
| Peso del disco (gr)   |       |
|                       | 8.58  |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 195:** Contenido de Expansión CBR de la Calicata 4 sin aditivo

| LECTURA DE HINCHAMIENTO |        |                        |       |       |                        |        |       |                        |        |       |
|-------------------------|--------|------------------------|-------|-------|------------------------|--------|-------|------------------------|--------|-------|
| DATOS                   |        | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |       |       | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |        |       | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |        |       |
|                         |        | Hinchamiento           |       |       | Hinchamiento           |        |       | Hinchamiento           |        |       |
| (Horas)                 | (Días) | Deformación<br>(plg)   | (mm)  | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   |
| 0                       | 0      | 0.200                  | 5.080 | 2.451 | 0.500                  | 12.700 | 4.011 | 0.500                  | 12.700 | 3.565 |
| 24                      | 1      | 0.296                  | 7.518 | 0.312 | 0.659                  | 16.739 | 0.468 | 0.622                  | 15.799 | 0.847 |
| 48                      | 2      | 0.304                  | 7.722 | 0.134 | 0.673                  | 17.094 | 0.156 | 0.630                  | 16.002 | 0.668 |
| 72                      | 3      | 0.308                  | 7.823 | 0.045 | 0.678                  | 17.221 | 0.045 | 0.647                  | 16.434 | 0.290 |
| 96                      | 4      | 0.310                  | 7.874 | 0.000 | 0.680                  | 17.272 | 0.000 | 0.660                  | 16.764 | 0.000 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 196:** Ensayo de penetración CBR de la calicata 4 sin aditivo

| LECTURA DE PENETRACIÓN |             |              |                        |                  |                        |                        |                  |                        |                        |                  |                        |
|------------------------|-------------|--------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| PENETRACIÓN            |             |              | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |                  |                        |
|                        |             |              | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) |
| Medida                 | mm          | Pulg         |                        |                  |                        |                        |                  |                        |                        |                  |                        |
| 1                      | 0           | 0.000        | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   |
| 2                      | 0.63        | 0.025        | 8.60                   | 18.92            | 6.02                   | 16.02                  | 35.24            | 11.22                  | 19.20                  | 42.24            | 13.45                  |
| 3                      | 1.27        | 0.050        | 13.66                  | 30.05            | 9.57                   | 23.41                  | 51.50            | 16.39                  | 29.66                  | 65.25            | 20.77                  |
| 4                      | 1.9         | 0.075        | 16.98                  | 37.36            | 11.89                  | 27.18                  | 59.80            | 19.03                  | 36.15                  | 79.53            | 25.32                  |
| <b>5</b>               | <b>2.54</b> | <b>0.100</b> | <b>18.57</b>           | <b>40.85</b>     | <b>13.00</b>           | <b>30.35</b>           | <b>66.77</b>     | <b>21.25</b>           | <b>50.42</b>           | <b>110.92</b>    | <b>35.31</b>           |
| 6                      | 3.17        | 0.125        | 21.67                  | 47.67            | 15.18                  | 41.63                  | 91.59            | 29.15                  | 55.30                  | 121.66           | 38.73                  |
| 7                      | 3.81        | 0.150        | 25.06                  | 55.13            | 17.55                  | 51.08                  | 112.38           | 35.77                  | 71.38                  | 157.04           | 49.99                  |
| <b>8</b>               | <b>5.08</b> | <b>0.200</b> | <b>29.61</b>           | <b>65.14</b>     | <b>20.74</b>           | <b>60.03</b>           | <b>132.07</b>    | <b>42.04</b>           | <b>80.71</b>           | <b>177.56</b>    | <b>56.52</b>           |
| 9                      | 7.62        | 0.300        | 32.68                  | 71.90            | 22.89                  | 75.27                  | 165.59           | 52.71                  | 100.98                 | 222.16           | 70.72                  |
| 10                     | 10.16       | 0.400        | 36.31                  | 79.88            | 25.43                  | 88.97                  | 195.73           | 62.31                  | 122.78                 | 270.12           | 85.98                  |
| 11                     | 12.7        | 0.500        | 39.20                  | 86.24            | 27.45                  | 98.99                  | 217.78           | 69.32                  | 139.88                 | 307.74           | 97.96                  |

| Penetración | 0.1(") | 0.2(") |
|-------------|--------|--------|
| Molde 01    | 1.30   | 1.38   |
| Molde 02    | 2.13   | 2.80   |
| Molde 03    | 3.53   | 3.77   |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



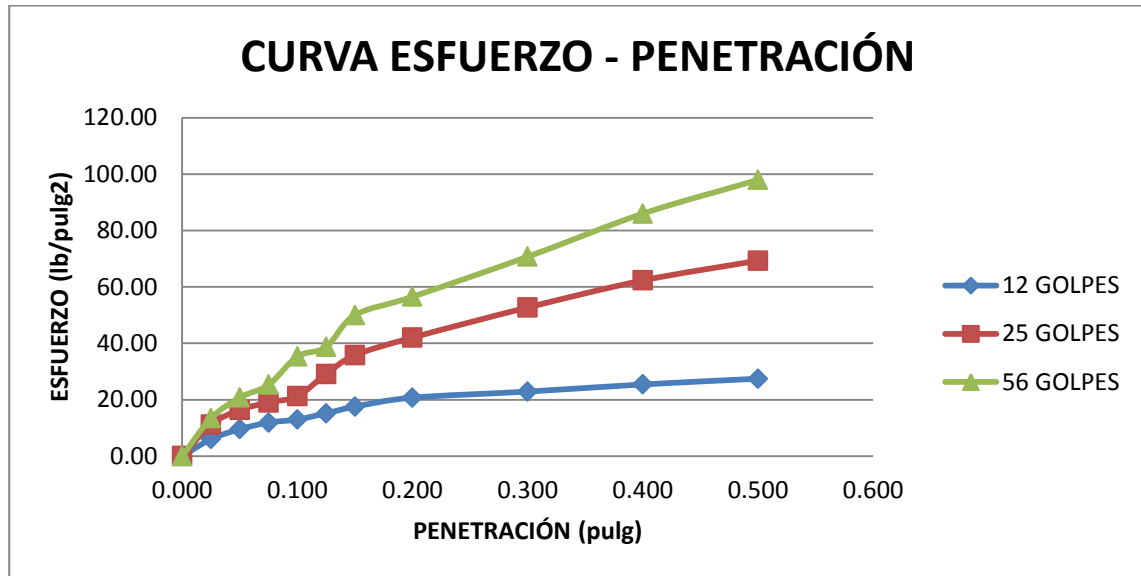


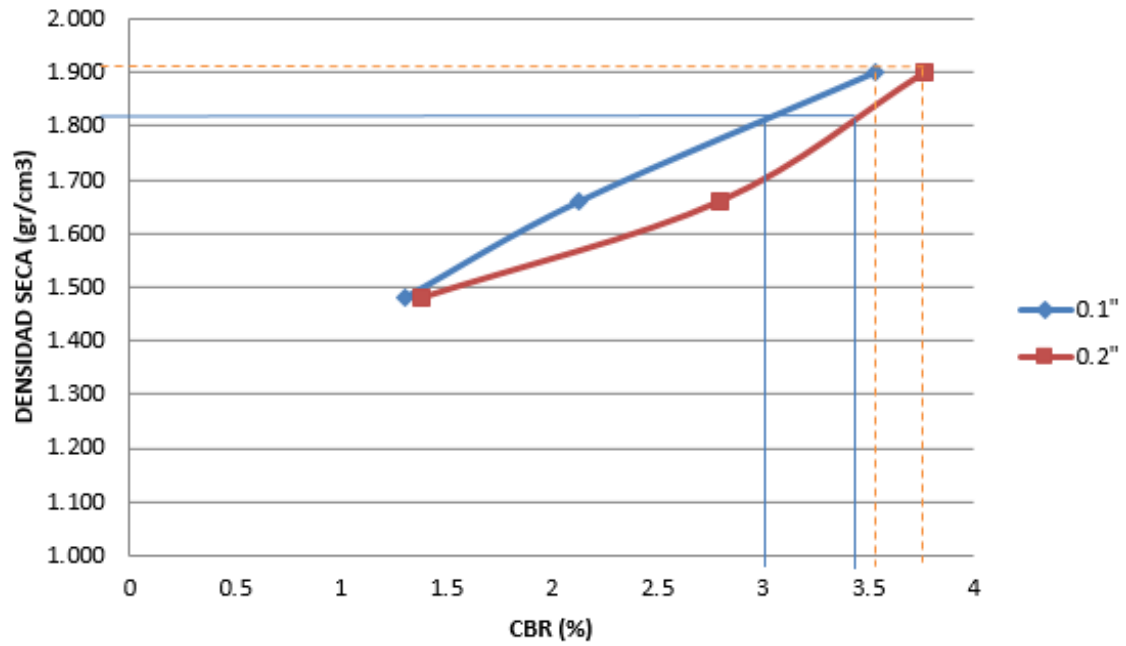
Figura n°. 105: Ensayo de esfuerzo vs deformación

Tabla n° 197: CBR vs Densidad Seca de la calicata 4 sin aditivo

| CBR VS DENSIDAD SECA                    |                  |             |             |       |           |       |
|---|------------------|-------------|-------------|-------|-----------|-------|
| ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN |                  |             |             |       |           |       |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1        |             | MOLDE N°2   |       | MOLDE N°3 |       |
| Penetración (")                         | 01"              | 02"         | 01"         | 02"   | 01"       | 02"   |
| Esfuerzo Terreno (lb/plg2)              | 13.00            | 20.74       | 21.25       | 42.04 | 35.31     | 56.52 |
| Esfuerzo Patrón (lb/plg2)               | 1000             | 1500        | 1000        | 1500  | 1000      | 1500  |
| CBR (%)                                 | 1.30%            | 1.38%       | 2.13%       | 2.80% | 3.53%     | 3.77% |
| CBR Y DENSIDAD SECA                     |                  |             |             |       |           |       |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1        |             | MOLDE N°2   |       | MOLDE N°3 |       |
| Penetración (")                         | 01"              | 02"         | 01"         | 02"   | 01"       | 02"   |
| CBR (%)                                 | 1.30%            | 1.38%       | 2.13%       | 2.80% | 3.53%     | 3.77% |
| Ds (gr/cm3)                             | 1.48             | 1.48        | 1.66        | 1.66  | 1.90      | 1.90  |
|   |                  | <b>100%</b> | <b>95%</b>  |       |           |       |
| Ds Max=                                 | 1.905 CBR (0.1") | <b>3.55</b> | <b>3.00</b> |       |           |       |
| 95% Ds Max=                             | 1.809 CBR (0.2") | <b>3.6</b>  | <b>3.48</b> |       |           |       |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### CBR VS DENSIDAD SECA



*Figura n°. 106: Relación CBR vs Densidad Seca*

**Tabla n° 198:** Contenido de Humedad y Densidad Seca de la Calicata 6 sin aditivo

| CONTENIDO DE HUMEDAD            |                    |                  |             |                  |             |                  |             |
|---------------------------------|--------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| MOLDE N°                        |                    | MOLDE N° 1       |             | MOLDE N° 2       |             | MOLDE N° 3       |             |
| N° GOLPES                       |                    | 12               |             | 25               |             | 56               |             |
| Condición de la Muestra         |                    | Antes de saturar | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    |
| Masa del molde                  | gr                 | 7080.00          |             | 7242.00          |             | 7112.00          |             |
| Masa del suelo + molde          | gr                 | 10858.00         | 11315.00    | 11400.00         | 11780.00    | 11800.00         | 12040.00    |
| Masa de suelo húmedo compactado | gr                 | 3778.00          | 4235.00     | 4158.00          | 4538.00     | 4688.00          | 4928.00     |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>    | 2084.99          |             | 2084.99          |             | 2084.99          |             |
| Densidad Humedad                | gr/cm <sup>3</sup> | 1.81             | 2.03        | 1.99             | 2.18        | 2.25             | 2.36        |
| Recipiente N°                   |                    | T-1              |             | T-2              |             | T-3              |             |
| Masa de Tara                    | gr                 | 27.86            |             | 27.39            |             | 26.94            |             |
| Masa del suelo húmedo + tara    | gr                 | 163.00           |             | 209.12           |             | 181.72           |             |
| Masa del suelo seco + tara      | gr                 | 139.01           |             | 177.21           |             | 163.54           |             |
| Masa de agua                    | gr                 | 23.99            |             | 31.91            |             | 18.18            |             |
| Masa del suelo seco             | gr                 | 111.15           |             | 149.82           |             | 136.60           |             |
| Contenido de agua               | %                  | 21.58%           |             | 21.30%           |             | 13.31%           |             |
| Densidad seca                   | gr/cm <sup>3</sup> | <b>1.49</b>      | <b>1.67</b> | <b>1.64</b>      | <b>1.79</b> | <b>1.98</b>      | <b>2.09</b> |

**Dimensiones MOLDE  
(cm)**

Altura 17.70

Diámetro 15.26

**Disco espaciador (cm)**

Diámetro 15.00

Altura 6.30

**Peso del disco (gr)**

8.58

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

Tabla n° 199: Ensayo de Expansión CBR de la Calicata 6 sin aditivo

| LECTURA DE HINCHAMIENTO |        |                        |        |       |                        |        |       |                        |        |       |
|-------------------------|--------|------------------------|--------|-------|------------------------|--------|-------|------------------------|--------|-------|
| DATOS                   |        | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |        |       | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |        |       | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |        |       |
|                         |        | Hinchamiento           |        |       | Hinchamiento           |        |       | Hinchamiento           |        |       |
| (Horas)                 | (Días) | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   |
| 0                       | 0      | 0.600                  | 15.240 | 3.543 | 0.200                  | 5.080  | 4.657 | 0.400                  | 10.160 | 3.899 |
| 24                      | 1      | 0.710                  | 18.034 | 1.092 | 0.343                  | 8.712  | 1.471 | 0.495                  | 12.573 | 1.782 |
| 48                      | 2      | 0.755                  | 19.177 | 0.089 | 0.394                  | 10.008 | 0.334 | 0.536                  | 13.614 | 0.869 |
| 72                      | 3      | 0.757                  | 19.228 | 0.045 | 0.400                  | 10.160 | 0.201 | 0.559                  | 14.199 | 0.356 |
| 96                      | 4      | 0.759                  | 19.279 | 0.000 | 0.409                  | 10.389 | 0.000 | 0.575                  | 14.605 | 0.000 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla n° 200: Ensayo de penetración CBR de la calicata 6 sin aditivo

| LECTURA DE PENETRACIÓN |             |              |                        |                  |                        |                        |                  |                        |                        |                  |                        |
|------------------------|-------------|--------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| PENETRACIÓN            |             |              | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |                  |                        |
| Medida                 | mm          | Pulg         | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) |
| 1                      | 0           | 0.000        | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   |
| 2                      | 0.63        | 0.025        | 4.67                   | 10.27            | 3.27                   | 6.87                   | 15.11            | 4.81                   | 12.78                  | 28.12            | 8.95                   |
| 3                      | 1.27        | 0.050        | 7.21                   | 15.86            | 5.05                   | 13.29                  | 29.24            | 9.31                   | 18.94                  | 41.67            | 13.26                  |
| 4                      | 1.9         | 0.075        | 9.39                   | 20.66            | 6.58                   | 18.40                  | 40.48            | 12.89                  | 25.73                  | 56.61            | 18.02                  |
| 5                      | <b>2.54</b> | <b>0.100</b> | <b>10.55</b>           | <b>23.21</b>     | <b>7.39</b>            | <b>20.63</b>           | <b>45.39</b>     | <b>14.45</b>           | <b>34.72</b>           | <b>76.38</b>     | <b>24.31</b>           |
| 6                      | 3.17        | 0.125        | 13.15                  | 28.93            | 9.21                   | 23.74                  | 52.23            | 16.63                  | 37.73                  | 83.01            | 26.42                  |
| 7                      | 3.81        | 0.150        | 15.22                  | 33.48            | 10.66                  | 27.78                  | 61.12            | 19.45                  | 44.78                  | 98.52            | 31.36                  |
| 8                      | <b>5.08</b> | <b>0.200</b> | <b>18.38</b>           | <b>40.44</b>     | <b>12.87</b>           | <b>33.02</b>           | <b>72.64</b>     | <b>23.12</b>           | <b>57.79</b>           | <b>127.14</b>    | <b>40.47</b>           |
| 9                      | 7.62        | 0.300        | 20.40                  | 44.88            | 14.29                  | 37.49                  | 82.48            | 26.25                  | 78.48                  | 172.66           | 54.96                  |
| 10                     | 10.16       | 0.400        | 23.99                  | 52.78            | 16.80                  | 43.50                  | 95.70            | 30.46                  | 93.58                  | 205.88           | 65.53                  |
| 11                     | 12.7        | 0.500        | 27.04                  | 59.49            | 18.94                  | 46.42                  | 102.12           | 32.51                  | 104.55                 | 230.01           | 73.22                  |

**Penetración 0.1(") 0.2(")**

|          |      |      |
|----------|------|------|
| Molde 01 | 0.74 | 0.86 |
| Molde 02 | 1.44 | 1.54 |
| Molde 03 | 2.43 | 2.70 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

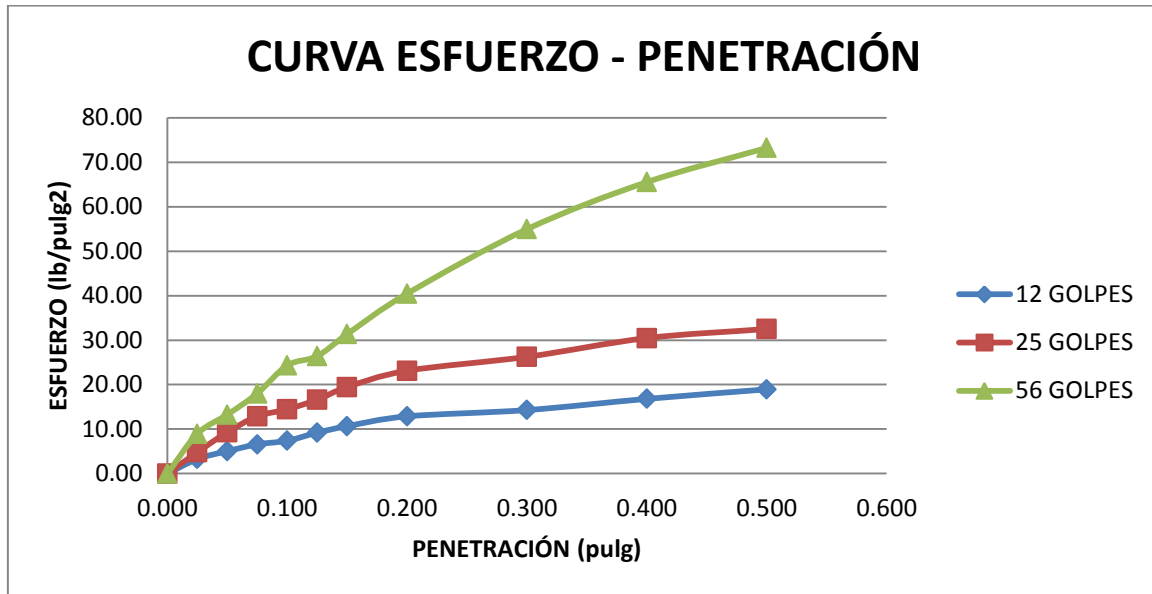


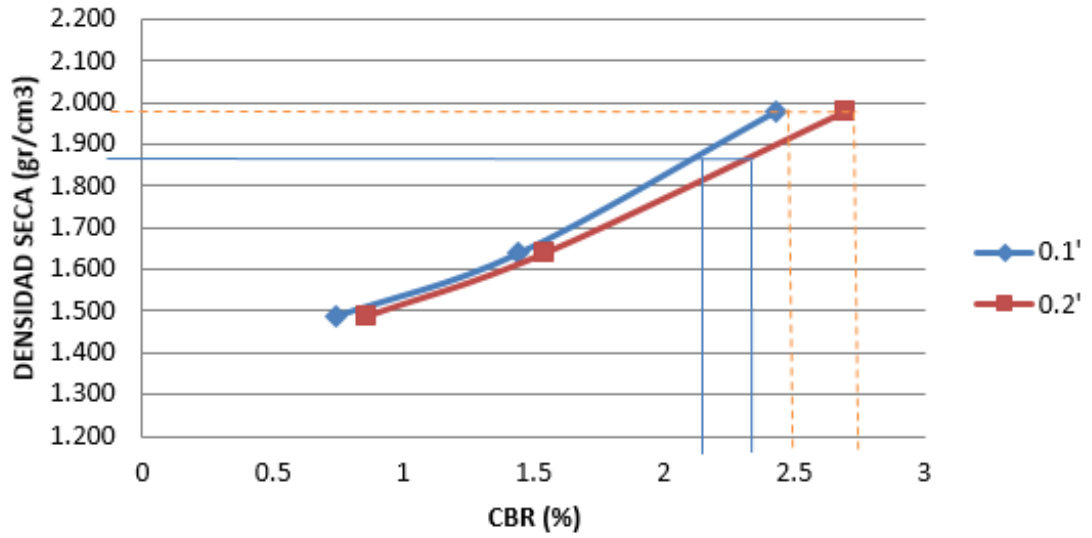
Figura n°. 107: Ensayo de esfuerzo vs deformación

Tabla n° 201: CBR vs Densidad Seca de la calicata 6 sin aditivo

| CBR VS DENSIDAD SECA                    |           |             |             |             |           |       |
|---|-----------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------|
| ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN |           |             |             |             |           |       |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |             | MOLDE N°2   |             | MOLDE N°3 |       |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"         | 01"         | 02"         | 01"       | 02"   |
| Esfuerzo Terreno (lb/plg2)              | 7.39      | 12.87       | 14.45       | 23.12       | 24.31     | 40.47 |
| Esfuerzo Patrón (lb/plg2)               | 1000      | 1500        | 1000        | 1500        | 1000      | 1500  |
| CBR (%)                                 | 0.74%     | 0.86%       | 1.44%       | 1.54%       | 2.43%     | 2.70% |
| CBR Y DENSIDAD SECA                     |           |             |             |             |           |       |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |             | MOLDE N°2   |             | MOLDE N°3 |       |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"         | 01"         | 02"         | 01"       | 02"   |
| CBR (%)                                 | 0.74%     | 0.86%       | 1.44%       | 1.54%       | 2.43%     | 2.70% |
| Ds (gr/cm3)                             | 1.49      | 1.49        | 1.64        | 1.64        | 1.98      | 1.98  |
|   |           | <b>100%</b> | <b>95%</b>  |             |           |       |
| Ds Max=                                 | 1.975     | CBR (0.1")  | <b>2.48</b> | <b>2.16</b> |           |       |
| 95% Ds Max=                             | 1.877     | CBR (0.2")  | <b>2.7</b>  | <b>2.41</b> |           |       |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### CBR VS DENSIDAD SECA



*Figura n°. 108: Relación CBR vs Densidad Seca*

**Tabla n° 202:** Contenido de Humedad y Densidad Seca de la Calicata 8 sin aditivo

| CONTENIDO DE HUMEDAD            |                           |             |                           |             |                           |             |             |
|---------------------------------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|-------------|
| MOLDE N°                        | MOLDE N° 1                |             | MOLDE N° 2                |             | MOLDE N° 3                |             |             |
| N° GOLPES                       | 12                        |             | 25                        |             | 56                        |             |             |
| Condición de la Muestra         | Antes de saturar Saturado |             | Antes de saturar Saturado |             | Antes de saturar Saturado |             |             |
| Masa del molde                  | <b>gr</b>                 | 7238.00     |                           | 7190.00     |                           | 7182.00     |             |
| Masa del suelo + molde          | <b>gr</b>                 | 11282.00    | 11590.00                  | 11668.00    | 11875.00                  | 11922.00    | 12030.00    |
| Masa de suelo húmedo compactado | <b>gr</b>                 | 4044.00     | 4352.00                   | 4478.00     | 4685.00                   | 4740.00     | 4848.00     |
| Volumen del molde               | <b>cm<sup>3</sup></b>     | 2084.99     |                           | 2084.99     |                           | 2084.99     |             |
| Densidad Humedad                | <b>gr/cm<sup>3</sup></b>  | 1.94        | 2.09                      | 2.15        | 2.25                      | 2.27        | 2.33        |
| Recipiente N°                   |                           | T-1         |                           | T-2         |                           | T-3         |             |
| Masa de Tara                    | <b>gr</b>                 | 26.95       |                           | 27.00       |                           | 28.73       |             |
| Masa del suelo húmedo + tara    | <b>gr</b>                 | 180.18      |                           | 182.53      |                           | 111.12      |             |
| Masa del suelo seco + tara      | <b>gr</b>                 | 155.14      |                           | 161.40      |                           | 102.31      |             |
| Masa de agua                    | <b>gr</b>                 | 25.04       |                           | 21.13       |                           | 8.81        |             |
| Masa del suelo seco             | <b>gr</b>                 | 128.19      |                           | 134.40      |                           | 73.58       |             |
| Contenido de agua               | <b>%</b>                  | 19.53%      |                           | 15.72%      |                           | 11.97%      |             |
| Densidad seca                   | <b>gr/cm<sup>3</sup></b>  | <b>1.62</b> | <b>1.75</b>               | <b>1.86</b> | <b>1.94</b>               | <b>2.03</b> | <b>2.08</b> |
| <b>Dimensiones MOLDE (cm)</b>   |                           |             |                           |             |                           |             |             |
| Altura                          |                           | 17.70       |                           |             |                           |             |             |
| Diámetro                        |                           | 15.26       |                           |             |                           |             |             |
| <b>Disco espaciador (cm)</b>    |                           |             |                           |             |                           |             |             |
| Diámetro                        |                           | 15.00       |                           |             |                           |             |             |
| Altura                          |                           | 6.30        |                           |             |                           |             |             |
| <b>Peso del disco (gr)</b>      |                           |             |                           |             |                           |             |             |
|                                 |                           | 8.58        |                           |             |                           |             |             |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

Tabla n° 203: Ensayo de Expansión CBR de la Calicata 8 sin aditivo

| LECTURA DE HINCHAMIENTO |        |  |        |       |  |        |       |  |        |       |
|-------------------------|--------|--|--------|-------|--|--------|-------|--|--------|-------|
| DATOS                   |        | MOLDE N°1<br>12 GOLPES<br>Hinchamiento |        |       | MOLDE N°2<br>25 GOLPES<br>Hinchamiento |        |       | MOLDE N°3<br>56 GOLPES<br>Hinchamiento |        |       |
| (Horas)                 | (Días) | Deformación<br>(plg)                   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)                   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)                   | (mm)   | (%)   |
| 0                       | 0      | 0.415                                  | 10.541 | 1.983 | 0.318                                  | 8.077  | 2.473 | 0.600                                  | 15.240 | 1.716 |
| 24                      | 1      | 0.491                                  | 12.471 | 0.290 | 0.401                                  | 10.185 | 0.624 | 0.635                                  | 16.129 | 0.936 |
| 48                      | 2      | 0.497                                  | 12.624 | 0.156 | 0.411                                  | 10.439 | 0.401 | 0.647                                  | 16.434 | 0.668 |
| 72                      | 3      | 0.502                                  | 12.751 | 0.045 | 0.426                                  | 10.820 | 0.067 | 0.664                                  | 16.866 | 0.290 |
| 96                      | 4      | 0.504                                  | 12.802 | 0.000 | 0.429                                  | 10.897 | 0.000 | 0.677                                  | 17.196 | 0.000 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla n° 204: Ensayo de penetración CBR de la calicata 8 sin aditivo

| LECTURA DE PENETRACIÓN |             |              |                        |                  |                        |                        |                  |                        |                        |                  |                        |
|------------------------|-------------|--------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| PENETRACIÓN            |             |              | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |                  |                        |
| Medida                 | mm          | Pulg         | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) |
| 1                      | 0           | 0.000        | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   |
| 2                      | 0.63        | 0.025        | 6.06                   | 13.33            | 4.24                   | 7.84                   | 17.25            | 5.49                   | 8.44                   | 18.57            | 5.91                   |
| 3                      | 1.27        | 0.050        | 10.64                  | 23.41            | 7.45                   | 12.88                  | 28.34            | 9.02                   | 14.56                  | 32.03            | 10.20                  |
| 4                      | 1.9         | 0.075        | 12.53                  | 27.57            | 8.77                   | 18.63                  | 40.99            | 13.05                  | 20.59                  | 45.30            | 14.42                  |
| <b>5</b>               | <b>2.54</b> | <b>0.100</b> | <b>15.41</b>           | <b>33.90</b>     | <b>10.79</b>           | <b>20.23</b>           | <b>44.51</b>     | <b>14.17</b>           | <b>31.09</b>           | <b>68.40</b>     | <b>21.77</b>           |
| 6                      | 3.17        | 0.125        | 17.26                  | 37.97            | 12.09                  | 24.45                  | 53.79            | 17.12                  | 35.25                  | 77.55            | 24.69                  |
| 7                      | 3.81        | 0.150        | 19.55                  | 43.01            | 13.69                  | 26.08                  | 57.38            | 18.26                  | 45.19                  | 99.42            | 31.65                  |
| <b>8</b>               | <b>5.08</b> | <b>0.200</b> | <b>25.38</b>           | <b>55.84</b>     | <b>17.77</b>           | <b>32.06</b>           | <b>70.53</b>     | <b>22.45</b>           | <b>52.48</b>           | <b>115.46</b>    | <b>36.75</b>           |
| 9                      | 7.62        | 0.300        | 28.94                  | 63.67            | 20.27                  | 39.64                  | 87.21            | 27.76                  | 78.91                  | 173.60           | 55.26                  |
| 10                     | 10.16       | 0.400        | 33.97                  | 74.73            | 23.79                  | 49.86                  | 109.69           | 34.92                  | 90.79                  | 199.74           | 63.58                  |
| 11                     | 12.7        | 0.500        | 40.55                  | 89.21            | 28.40                  | 66.13                  | 145.49           | 46.31                  | 110.85                 | 243.87           | 77.63                  |

| Penetración | 0.1(") | 0.2(") |
|-------------|--------|--------|
| Molde 01    | 1.08   | 1.18   |
| Molde 02    | 1.42   | 1.50   |
| Molde 03    | 2.18   | 2.45   |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



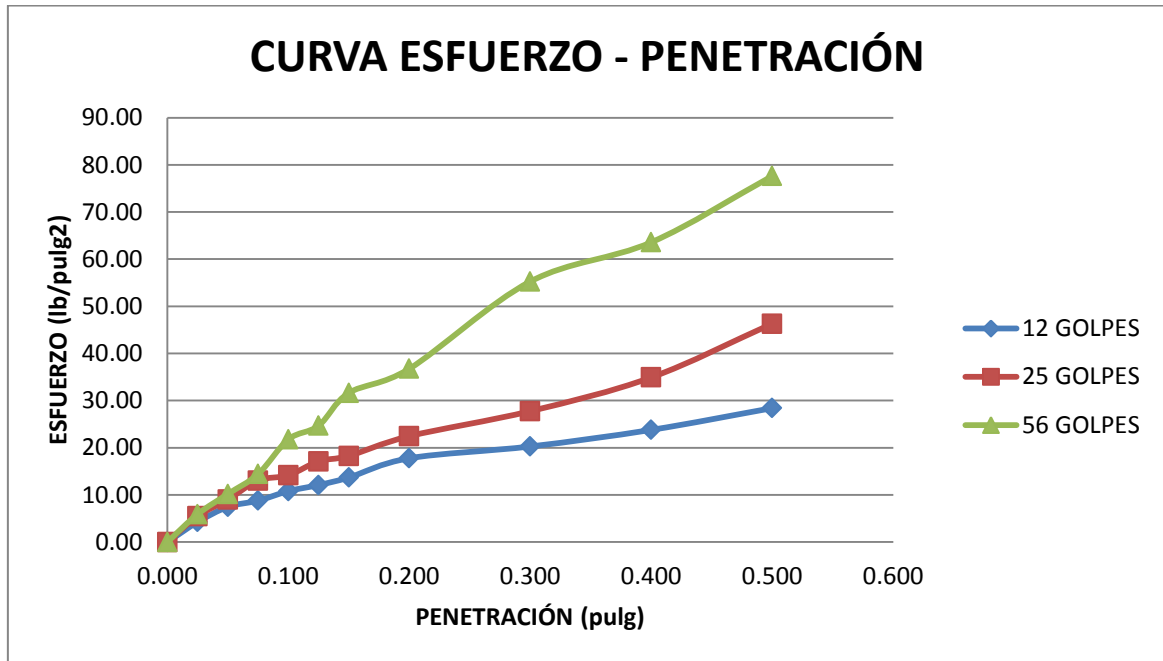


Figura n°. 109: Ensayo de esfuerzo vs deformación

Tabla n° 205: CBR vs Densidad Seca de la calicata 8 sin aditivo

**CBR VS DENSIDAD SECA**

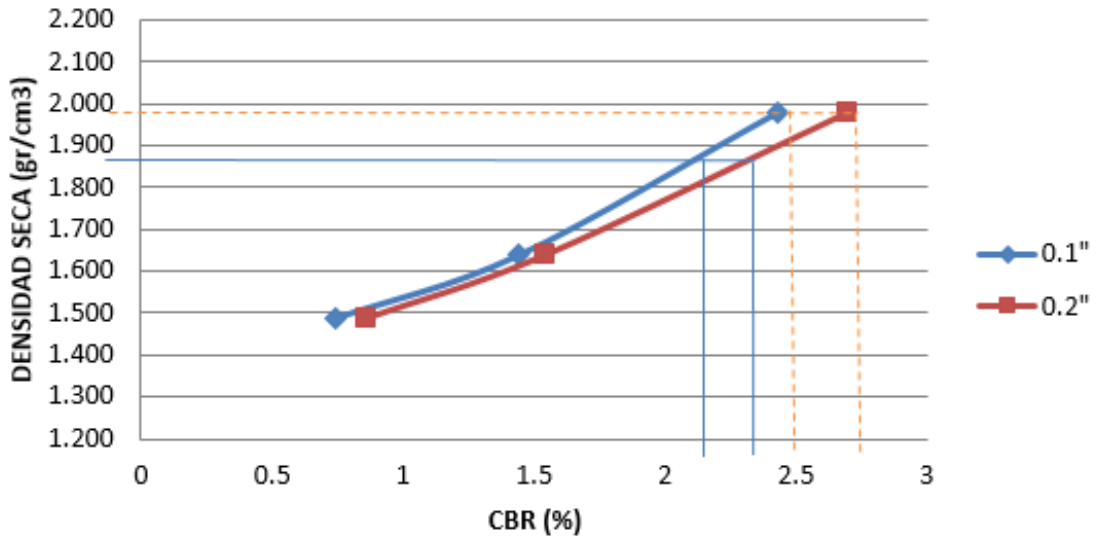
| ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN |           |       |           |       |           |       |
|---|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |       | MOLDE N°2 |       | MOLDE N°3 |       |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"   | 01"       | 02"   | 01"       | 02"   |
| Esfuerzo Terreno (lb/plg2)              | 7.39      | 12.87 | 14.45     | 23.12 | 24.31     | 40.47 |
| Esfuerzo Patrón (lb/plg2)               | 1000      | 1500  | 1000      | 1500  | 1000      | 1500  |
| CBR (%)                                 | 0.74%     | 0.86% | 1.44%     | 1.54% | 2.43%     | 2.70% |

| CBR Y DENSIDAD SECA |           |       |           |       |           |       |
|---------------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| MOLDE N°            | MOLDE N°1 |       | MOLDE N°2 |       | MOLDE N°3 |       |
| Penetración (")     | 01"       | 02"   | 01"       | 02"   | 01"       | 02"   |
| CBR (%)             | 0.74%     | 0.86% | 1.44%     | 1.54% | 2.43%     | 2.70% |
| Ds (gr/cm3)         | 1.49      | 1.49  | 1.64      | 1.64  | 1.98      | 1.98  |

|             |                  | 100%        | 95%         |
|-------------|------------------|-------------|-------------|
| Ds Max=     | 1.975 CBR (0.1") | <b>2.48</b> | <b>2.16</b> |
| 95% Ds Max= | 1.877 CBR (0.2") | <b>2.7</b>  | <b>2.41</b> |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### CBR VS DENSIDAD SECA



*Figura n°. 110: Relación CBR vs Densidad Seca*

**ANEXO n° 19: Resultados del ensayo de CBR con aditivo PROES**

**Tabla n° 206: Contenido de Humedad y Densidad Seca de la Calicata 2 con aditivo líquido Proes  
0.35 l/m<sup>3</sup>**

| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>     |                    |                  |             |                  |             |                  |             |
|---------------------------------|--------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| MOLDE N°                        |                    | MOLDE N° 1       |             | MOLDE N° 2       |             | MOLDE N° 3       |             |
| N° GOLPES                       |                    | 12               |             | 25               |             | 56               |             |
| Condición de la Muestra         |                    | Antes de saturar | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    |
| Masa del molde                  | gr                 | 7118.00          |             | 7242.00          |             | 7080.00          |             |
| Masa del suelo + molde          | gr                 | 11100.00         | 11280.00    | 11445.00         | 11523.00    | 11602.00         | 11679.00    |
| Masa de suelo húmedo compactado | gr                 | 3982.00          | 4162.00     | 4203.00          | 4281.00     | 4522.00          | 4599.00     |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>    | 2084.99          |             | 2084.99          |             | 2084.99          |             |
| Densidad Humedad                | gr/cm <sup>3</sup> | 1.91             | 2.00        | 2.02             | 2.05        | 2.17             | 2.21        |
| Recipiente N°                   |                    | T-1              |             | T-2              |             | T-3              |             |
| Masa de Tara                    | gr                 | 28.52            |             | 28.75            |             | 27.21            |             |
| Masa del suelo húmedo + tara    | gr                 | 181.26           |             | 210.75           |             | 185.40           |             |
| Masa del suelo seco + tara      | gr                 | 151.74           |             | 189.21           |             | 180.00           |             |
| Masa de agua                    | gr                 | 29.52            |             | 21.54            |             | 5.40             |             |
| Masa del suelo seco             | gr                 | 123.22           |             | 160.46           |             | 152.79           |             |
| Contenido de agua               | %                  | 23.96%           |             | 13.42%           |             | 3.53%            |             |
| Densidad seca                   | gr/cm <sup>3</sup> | <b>1.54</b>      | <b>1.61</b> | <b>1.78</b>      | <b>1.81</b> | <b>2.09</b>      | <b>2.13</b> |

**Dimensiones MOLDE  
(cm)**

|          |       |
|----------|-------|
| Altura   | 17.70 |
| Diámetro | 15.26 |

**Disco espaciador  
(cm)**

|          |       |
|----------|-------|
| Diámetro | 15.00 |
| Altura   | 6.30  |

**Peso del disco (gr)**

8.58

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 207: Ensayo de Expansión CBR de la Calicata 2 con aditivo Líquido Proes**

| LECTURA DE HINCHAMIENTO |        |  |       |       |  |       |       |  |        |       |
|-------------------------|--------|--|-------|-------|--|-------|-------|--|--------|-------|
| DATOS                   |        | MOLDE N°1<br>12 GOLPES<br>Hinchamiento |       |       | MOLDE N°2<br>25 GOLPES<br>Hinchamiento |       |       | MOLDE N°3<br>56 GOLPES<br>Hinchamiento |        |       |
| (Horas)                 | (Días) | Deformación<br>(plg)                   | (mm)  | (%)   | Deformación<br>(plg)                   | (mm)  | (%)   | Deformación<br>(plg)                   | (mm)   | (%)   |
| 0                       | 0      | 0.249                                  | 6.325 | 1.849 | 0.241                                  | 6.121 | 2.785 | 0.310                                  | 7.874  | 2.139 |
| 24                      | 1      | 0.272                                  | 6.909 | 1.337 | 0.290                                  | 7.366 | 1.693 | 0.357                                  | 9.068  | 1.092 |
| 48                      | 2      | 0.328                                  | 8.331 | 0.089 | 0.351                                  | 8.915 | 0.334 | 0.384                                  | 9.754  | 0.490 |
| 72                      | 3      | 0.330                                  | 8.382 | 0.045 | 0.361                                  | 9.169 | 0.111 | 0.398                                  | 10.109 | 0.178 |
| 96                      | 4      | 0.332                                  | 8.433 | 0.000 | 0.366                                  | 9.296 | 0.000 | 0.406                                  | 10.312 | 0.000 |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 208: Ensayo de penetración CBR de la calicata 2 con aditivo líquido Proes**

| LECTURA DE PENETRACIÓN |             |              |                        |                  |                        |                        |                  |                        |                        |                  |                        |
|------------------------|-------------|--------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| PENETRACIÓN            |             |              | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |                  |                        |
| Medida                 | mm          | Pulg         | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) |
| 1                      | 0           | 0.000        | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   |
| 2                      | 0.63        | 0.025        | 31.68                  | 69.70            | 22.19                  | 33.25                  | 73.15            | 23.29                  | 93.01                  | 204.62           | 65.14                  |
| 3                      | 1.27        | 0.050        | 57.01                  | 125.42           | 39.92                  | 59.99                  | 131.98           | 42.01                  | 150.50                 | 331.10           | 105.40                 |
| 4                      | 1.9         | 0.075        | 65.84                  | 144.85           | 46.11                  | 82.53                  | 181.57           | 57.80                  | 190.88                 | 419.94           | 133.67                 |
| <b>5</b>               | <b>2.54</b> | <b>0.100</b> | <b>76.89</b>           | <b>169.16</b>    | <b>53.85</b>           | <b>110.25</b>          | <b>242.55</b>    | <b>77.21</b>           | <b>228.29</b>          | <b>502.24</b>    | <b>159.87</b>          |
| 6                      | 3.17        | 0.125        | 93.04                  | 204.69           | 65.16                  | 126.03                 | 277.27           | 88.26                  | 279.20                 | 614.24           | 195.52                 |
| 7                      | 3.81        | 0.150        | 111.72                 | 245.78           | 78.24                  | 142.46                 | 313.41           | 99.77                  | 307.22                 | 675.88           | 215.15                 |
| <b>8</b>               | <b>5.08</b> | <b>0.200</b> | <b>151.14</b>          | <b>332.51</b>    | <b>105.84</b>          | <b>188.00</b>          | <b>413.60</b>    | <b>131.66</b>          | <b>373.47</b>          | <b>821.63</b>    | <b>261.54</b>          |
| 9                      | 7.62        | 0.300        | 166.70                 | 366.74           | 116.74                 | 199.56                 | 439.03           | 139.75                 | 436.29                 | 959.84           | 305.53                 |
| 10                     | 10.16       | 0.400        | 169.87                 | 373.71           | 118.96                 | 224.57                 | 494.05           | 157.27                 | 489.71                 | 1077.36          | 342.95                 |
| 11                     | 12.7        | 0.500        | 178.00                 | 391.60           | 124.65                 | 261.56                 | 575.43           | 183.17                 | 511.76                 | 1125.87          | 358.39                 |

**Penetración 0.1(") 0.2(")**

|          |       |       |
|----------|-------|-------|
| Molde 01 | 5.38  | 7.06  |
| Molde 02 | 7.72  | 8.78  |
| Molde 03 | 15.99 | 17.44 |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

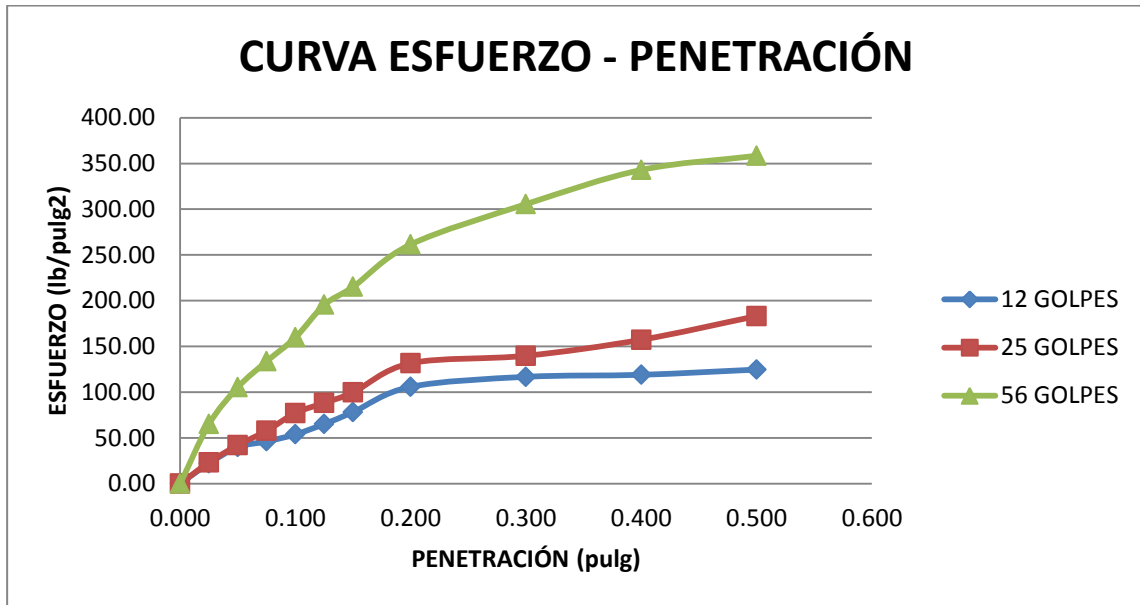


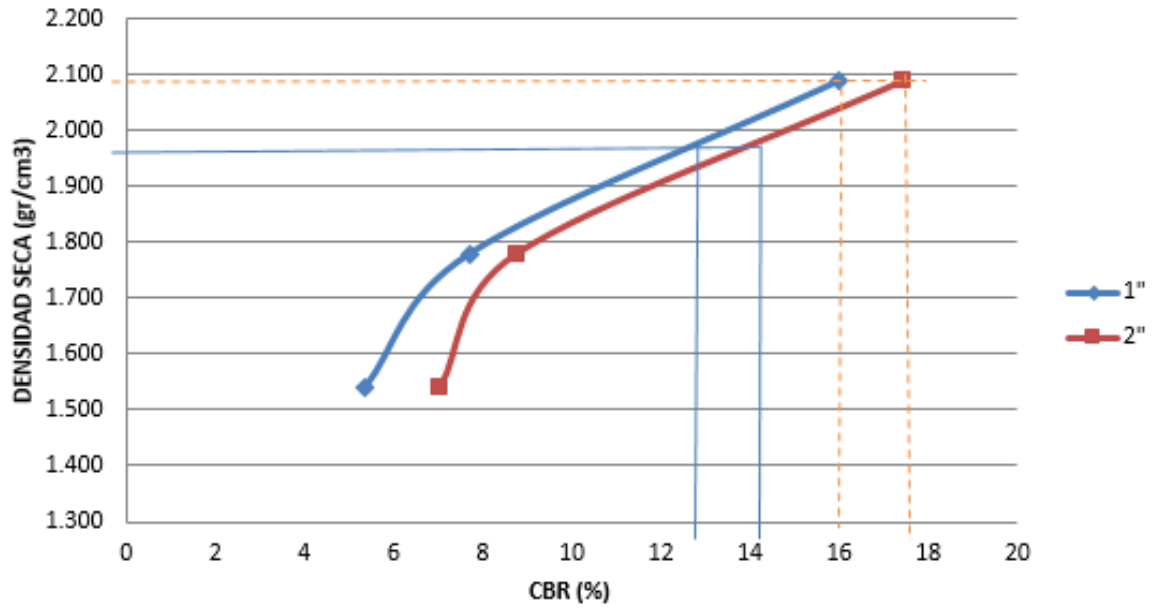
Figura n°. 111: Ensayo de esfuerzo vs deformación

Tabla n° 209: CBR vs Densidad Seca de la calicata 2 con aditivo líquido Proes

| CBR VS DENSIDAD SECA                    |           |            |             |              |           |        |
|---|-----------|------------|-------------|--------------|-----------|--------|
| ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN |           |            |             |              |           |        |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |            | MOLDE N°2   |              | MOLDE N°3 |        |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"        | 01"         | 02"          | 01"       | 02"    |
| Esfuerzo Terreno (lb/plg2)              | 53.85     | 105.84     | 77.21       | 131.66       | 159.87    | 261.54 |
| Esfuerzo Patrón (lb/plg2)               | 1000      | 1500       | 1000        | 1500         | 1000      | 1500   |
| CBR (%)                                 | 5.38%     | 7.06%      | 7.72%       | 8.78%        | 15.99%    | 17.44% |
| CBR Y DENSIDAD SECA                     |           |            |             |              |           |        |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |            | MOLDE N°2   |              | MOLDE N°3 |        |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"        | 01"         | 02"          | 01"       | 02"    |
| CBR (%)                                 | 5.38%     | 7.06%      | 7.72%       | 8.78%        | 15.99%    | 17.44% |
| Ds (gr/cm3)                             | 1.54      | 1.54       | 1.78        | 1.78         | 2.09      | 2.09   |
|   |           |            | <b>100%</b> | <b>95%</b>   |           |        |
| Ds Max=                                 | 2.08      | CBR (0.1") | <b>16</b>   | <b>12.90</b> |           |        |
| 95% Ds Max=                             | 1.976     | CBR (0.2") | <b>17.9</b> | <b>14.1</b>  |           |        |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### CBR VS DENSIDAD SECA



*Figura n°. 112: Relación CBR vs Densidad Seca*

**Tabla n° 210:** Contenido de Humedad y Densidad Seca de la Calicata 4 con aditivo líquido Proes 0.35 l/m<sup>3</sup>

| CONTENIDO DE HUMEDAD            |                    |                  |             |                  |             |                  |             |
|---------------------------------|--------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| MOLDE N°                        |                    | MOLDE N° 1       |             | MOLDE N° 2       |             | MOLDE N° 3       |             |
| N° GOLPES                       |                    | 12               |             | 25               |             | 56               |             |
| Condición de la Muestra         |                    | Antes de saturar | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    |
| Masa del molde                  | gr                 | 7096.00          |             | 7170.00          |             | 7180.00          |             |
| Masa del suelo + molde          | gr                 | 11350.00         | 11433.00    | 11474.00         | 11550.00    | 11776.00         | 11828.00    |
| Masa de suelo húmedo compactado | gr                 | 4254.00          | 4337.00     | 4304.00          | 4380.00     | 4596.00          | 4648.00     |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>    | 2084.99          |             | 2084.99          |             | 2084.99          |             |
| Densidad Humedad                | gr/cm <sup>3</sup> | 2.04             | 2.08        | 2.06             | 2.10        | 2.20             | 2.23        |
| Recipiente N°                   |                    | T-1              |             | T-2              |             | T-3              |             |
| Masa de Tara                    | gr                 | 26.54            |             | 20.84            |             | 22.46            |             |
| Masa del suelo húmedo + tara    | gr                 | 203.47           |             | 167.21           |             | 157.35           |             |
| Masa del suelo seco + tara      | gr                 | 168.33           |             | 152.84           |             | 149.31           |             |
| Masa de agua                    | gr                 | 35.14            |             | 14.37            |             | 8.04             |             |
| Masa del suelo seco             | gr                 | 141.79           |             | 132.00           |             | 126.85           |             |
| Contenido de agua               | %                  | 24.78%           |             | 10.89%           |             | 6.34%            |             |
| Densidad seca                   | gr/cm <sup>3</sup> | <b>1.64</b>      | <b>1.67</b> | <b>1.86</b>      | <b>1.89</b> | <b>2.07</b>      | <b>2.10</b> |

**Dimensiones MOLDE  
(cm)**

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| Altura                       | 17.70 |
| Diámetro                     | 15.26 |
| <b>Disco espaciador (cm)</b> |       |
| Diámetro                     | 15.00 |
| Altura                       | 6.30  |
| <b>Peso del disco (gr)</b>   |       |
|                              | 8.58  |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 211:** Ensayo de Expansión CBR de la Calicata 4 con aditivo Líquido Proes

| LECTURA DE HINCHAMIENTO |        |  |       |       |  |       |       |  |        |       |
|-------------------------|--------|--|-------|-------|--|-------|-------|--|--------|-------|
| DATOS                   |        | MOLDE N°1<br>12 GOLPES<br>Hinchamiento |       |       | MOLDE N°2<br>25 GOLPES<br>Hinchamiento |       |       | MOLDE N°3<br>56 GOLPES<br>Hinchamiento |        |       |
| (Horas)                 | (Días) | Deformación (plg)                      | (mm)  | (%)   | Deformación (plg)                      | (mm)  | (%)   | Deformación (plg)                      | (mm)   | (%)   |
| 0                       | 0      | 0.220                                  | 5.588 | 2.495 | 0.100                                  | 2.540 | 3.699 | 0.475                                  | 12.065 | 3.275 |
| 24                      | 1      | 0.312                                  | 7.925 | 0.446 | 0.251                                  | 6.375 | 0.334 | 0.599                                  | 15.215 | 0.512 |
| 48                      | 2      | 0.325                                  | 8.255 | 0.156 | 0.261                                  | 6.629 | 0.111 | 0.616                                  | 15.646 | 0.134 |
| 72                      | 3      | 0.328                                  | 8.331 | 0.089 | 0.264                                  | 6.706 | 0.045 | 0.619                                  | 15.723 | 0.067 |
| 96                      | 4      | 0.332                                  | 8.433 | 0.000 | 0.266                                  | 6.756 | 0.000 | 0.622                                  | 15.799 | 0.000 |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 212:** Ensayo de penetración CBR de la calicata 4 con aditivo líquido Proes

| LECTURA DE PENETRACIÓN |             |              |                        |               |                     |                        |               |                     |                        |               |                     |
|------------------------|-------------|--------------|------------------------|---------------|---------------------|------------------------|---------------|---------------------|------------------------|---------------|---------------------|
| PENETRACIÓN            |             |              | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |               |                     | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |               |                     | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |               |                     |
| Medida                 | mm          | Pulg         | Carga (Kg)             | Esfuerzo (lb) | Esfuerzo (lb/pulg2) | Carga (Kg)             | Esfuerzo (lb) | Esfuerzo (lb/pulg2) | Carga (Kg)             | Esfuerzo (lb) | Esfuerzo (lb/pulg2) |
| 1                      | 0           | 0.000        | 0.00                   | 0.00          | 0.00                | 0.00                   | 0.00          | 0.00                | 0.00                   | 0.00          | 0.00                |
| 2                      | 0.63        | 0.025        | 27.42                  | 60.32         | 19.20               | 31.42                  | 69.12         | 22.00               | 80.42                  | 176.92        | 56.32               |
| 3                      | 1.27        | 0.050        | 55.17                  | 121.37        | 38.64               | 56.65                  | 124.63        | 39.67               | 130.25                 | 286.55        | 91.21               |
| 4                      | 1.9         | 0.075        | 63.98                  | 140.76        | 44.81               | 79.99                  | 175.98        | 56.02               | 187.68                 | 412.90        | 131.43              |
| 5                      | <b>2.54</b> | <b>0.100</b> | <b>74.08</b>           | <b>162.98</b> | <b>51.88</b>        | <b>107.00</b>          | <b>235.40</b> | <b>74.93</b>        | <b>222.20</b>          | <b>488.84</b> | <b>155.61</b>       |
| 6                      | 3.17        | 0.125        | 90.44                  | 198.97        | 63.34               | 122.41                 | 269.30        | 85.72               | 268.33                 | 590.33        | 187.91              |
| 7                      | 3.81        | 0.150        | 109.27                 | 240.39        | 76.52               | 137.28                 | 302.02        | 96.14               | 300.74                 | 661.63        | 210.61              |
| 8                      | <b>5.08</b> | <b>0.200</b> | <b>142.99</b>          | <b>314.58</b> | <b>100.14</b>       | <b>180.97</b>          | <b>398.13</b> | <b>126.73</b>       | <b>364.16</b>          | <b>801.15</b> | <b>255.02</b>       |
| 9                      | 7.62        | 0.300        | 162.00                 | 356.40        | 113.45              | 199.56                 | 439.03        | 139.75              | 425.51                 | 936.12        | 297.99              |
| 10                     | 10.16       | 0.400        | 168.43                 | 370.55        | 117.95              | 224.57                 | 494.05        | 157.27              | 471.02                 | 1036.24       | 329.86              |
| 11                     | 12.7        | 0.500        | 176.20                 | 387.64        | 123.39              | 261.56                 | 575.43        | 183.17              | 504.95                 | 1110.89       | 353.62              |

| Penetración | 0.1(") | 0.2(") |
|-------------|--------|--------|
| Molde 01    | 5.19   | 6.68   |
| Molde 02    | 7.49   | 8.45   |
| Molde 03    | 15.56  | 17.00  |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*



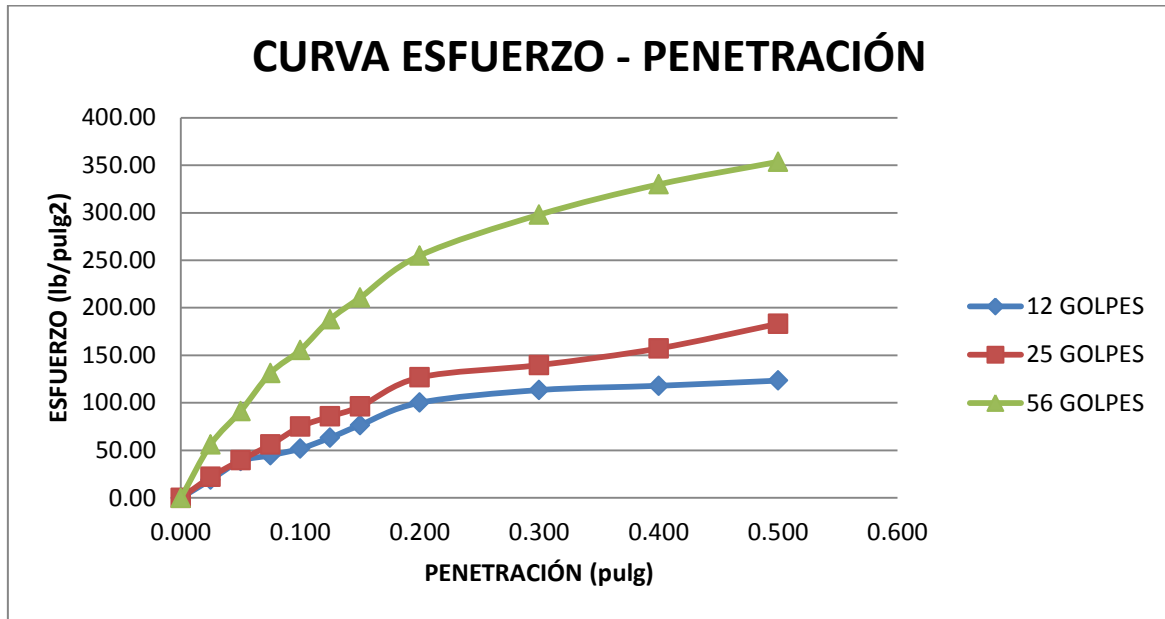


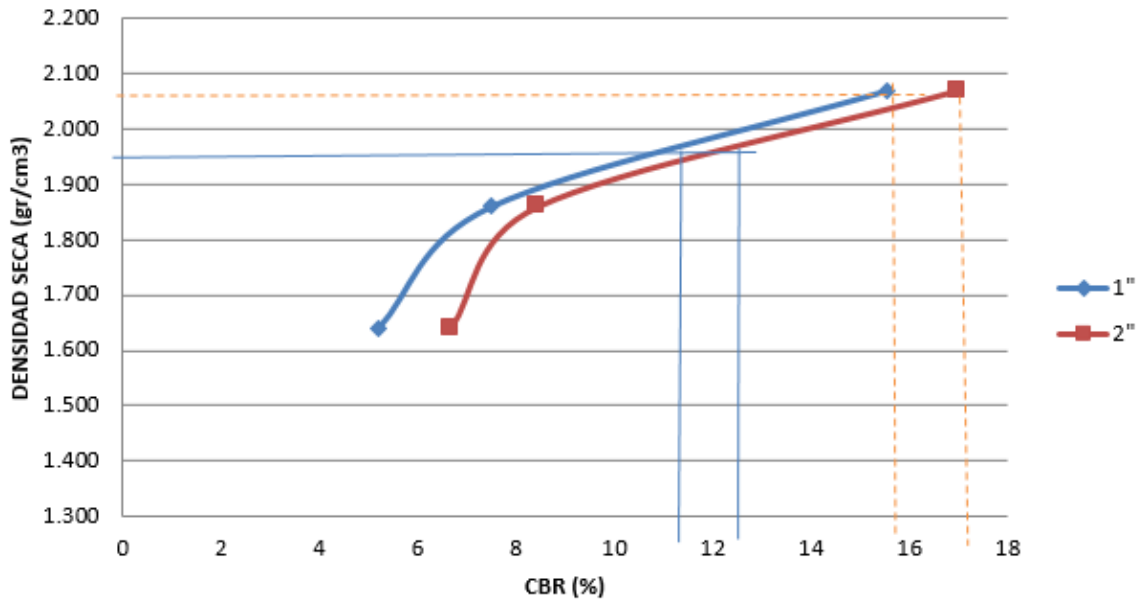
Figura n°. 113: Ensayo de esfuerzo vs deformación

Tabla n° 213: CBR vs Densidad Seca de la calicata 4 con aditivo líquido Proes

| CBR VS DENSIDAD SECA                    |           |            |              |              |           |        |
|---|-----------|------------|--------------|--------------|-----------|--------|
| ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN |           |            |              |              |           |        |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |            | MOLDE N°2    |              | MOLDE N°3 |        |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"        | 01"          | 02"          | 01"       | 02"    |
| Esfuerzo Terreno (lb/plg2)              | 51.88     | 100.14     | 74.93        | 126.73       | 155.61    | 255.02 |
| Esfuerzo Patrón (lb/plg2)               | 1000      | 1500       | 1000         | 1500         | 1000      | 1500   |
| CBR (%)                                 | 5.19%     | 6.68%      | 7.49%        | 8.45%        | 15.56%    | 17.00% |
| CBR Y DENSIDAD SECA                     |           |            |              |              |           |        |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |            | MOLDE N°2    |              | MOLDE N°3 |        |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"        | 01"          | 02"          | 01"       | 02"    |
| CBR (%)                                 | 5.19%     | 6.68%      | 7.49%        | 8.45%        | 15.56%    | 17.00% |
| Ds (gr/cm3)                             | 1.64      | 1.64       | 1.86         | 1.86         | 2.07      | 2.07   |
|   |           |            | <b>100%</b>  | <b>95%</b>   |           |        |
| Ds Max=                                 | 2.06      | CBR (0.1") | <b>15.97</b> | <b>11.80</b> |           |        |
| 95% Ds Max=                             | 1.957     | CBR (0.2") | <b>17.2</b>  | <b>12.2</b>  |           |        |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### CBR VS DENSIDAD SECA



*Figura n°. 114: Relación CBR vs Densidad Seca*

**Tabla n° 214:** Contenido de Humedad y Densidad Seca de la Calicata 6 con aditivo líquido Proes 0.35 l/m<sup>3</sup>

| CONTENIDO DE HUMEDAD            |                    |                  |             |                  |             |                  |             |
|---------------------------------|--------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| MOLDE N°                        |                    | MOLDE N° 1       |             | MOLDE N° 2       |             | MOLDE N° 3       |             |
| N° GOLPES                       |                    | 12               |             | 25               |             | 56               |             |
| Condición de la Muestra         |                    | Antes de saturar | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    |
| Masa del molde                  | gr                 | 7190.00          |             | 7238.00          |             | 7180.00          |             |
| Masa del suelo + molde          | gr                 | 11290.00         | 11550.00    | 11673.00         | 11804.00    | 12088.00         | 12310.00    |
| Masa de suelo húmedo compactado | gr                 | 4100.00          | 4360.00     | 4435.00          | 4566.00     | 4908.00          | 5130.00     |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>    | 2084.99          |             | 2084.99          |             | 2084.99          |             |
| Densidad Humedad                | gr/cm <sup>3</sup> | 1.97             | 2.09        | 2.13             | 2.19        | 2.35             | 2.46        |
| Recipiente N°                   |                    | T-1              |             | T-2              |             | T-3              |             |
| Masa de Tara                    | gr                 | 27.00            |             | 28.32            |             | 26.95            |             |
| Masa del suelo húmedo+tara      | gr                 | 230.47           |             | 185.64           |             | 212.38           |             |
| Masa del suelo seco + tara      | gr                 | 200.73           |             | 165.55           |             | 191.40           |             |
| Masa de agua                    | gr                 | 29.74            |             | 20.09            |             | 20.98            |             |
| Masa del suelo seco             | gr                 | 173.73           |             | 137.23           |             | 164.45           |             |
| Contenido de agua               | %                  | 17.12%           |             | 14.64%           |             | 12.76%           |             |
| Densidad seca                   | gr/cm <sup>3</sup> | <b>1.68</b>      | <b>1.79</b> | <b>1.86</b>      | <b>1.91</b> | <b>2.09</b>      | <b>2.18</b> |

**Dimensiones MOLDE  
(cm)**

|          |       |
|----------|-------|
| Altura   | 17.70 |
| Diámetro | 15.26 |

**Disco espaciador  
(cm)**

|          |       |
|----------|-------|
| Diámetro | 15.00 |
| Altura   | 6.30  |

**Peso del disco (gr)**

8.58

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 215:** Ensayo de Expansión CBR de la Calicata 6 con aditivo Líquido Proes

| LECTURA DE HINCHAMIENTO |        |                   |        |       |                   |        |       |                   |       |       |
|-------------------------|--------|-------------------|--------|-------|-------------------|--------|-------|-------------------|-------|-------|
| DATOS                   |        | MOLDE N°1         |        |       | MOLDE N°2         |        |       | MOLDE N°3         |       |       |
|                         |        | 12 GOLPES         |        |       | 25 GOLPES         |        |       | 56 GOLPES         |       |       |
| (Horas)                 | (Días) | Hinchamiento      |        |       | Hinchamiento      |        |       | Hinchamiento      |       |       |
|                         |        | Deformación (plg) | (mm)   | (%)   | Deformación (plg) | (mm)   | (%)   | Deformación (plg) | (mm)  | (%)   |
| 0                       | 0      | 0.400             | 10.160 | 2.963 | 0.300             | 7.620  | 4.367 | 0.100             | 2.540 | 3.988 |
| 24                      | 1      | 0.502             | 12.751 | 0.691 | 0.425             | 10.795 | 1.582 | 0.233             | 5.918 | 1.025 |
| 48                      | 2      | 0.526             | 13.360 | 0.156 | 0.477             | 12.116 | 0.423 | 0.264             | 6.706 | 0.334 |
| 72                      | 3      | 0.529             | 13.437 | 0.089 | 0.490             | 12.446 | 0.134 | 0.276             | 7.010 | 0.067 |
| 96                      | 4      | 0.533             | 13.538 | 0.000 | 0.496             | 12.598 | 0.000 | 0.279             | 7.087 | 0.000 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 216:** Ensayo de penetración CBR de la calicata 6 con aditivo líquido Proes

| LECTURA DE PENETRACIÓN |             |              |               |               |                     |               |               |                     |               |               |                     |
|------------------------|-------------|--------------|---------------|---------------|---------------------|---------------|---------------|---------------------|---------------|---------------|---------------------|
| PENETRACIÓN            |             |              | MOLDE N°1     |               |                     | MOLDE N°2     |               |                     | MOLDE N°3     |               |                     |
|                        |             |              | 12 GOLPES     |               |                     | 25 GOLPES     |               |                     | 56 GOLPES     |               |                     |
| Medida                 | mm          | Pulg         | Carga (Kg)    | Esfuerzo (lb) | Esfuerzo (lb/pulg2) | Carga (Kg)    | Esfuerzo (lb) | Esfuerzo (lb/pulg2) | Carga (Kg)    | Esfuerzo (lb) | Esfuerzo (lb/pulg2) |
| 1                      | 0           | 0.000        | 0.00          | 0.00          | 0.00                | 0.00          | 0.00          | 0.00                | 0.00          | 0.00          | 0.00                |
| 2                      | 0.63        | 0.025        | 28.67         | 63.07         | 20.08               | 36.87         | 81.11         | 25.82               | 91.57         | 201.45        | 64.13               |
| 3                      | 1.27        | 0.050        | 53.51         | 117.72        | 37.47               | 60.14         | 132.31        | 42.12               | 129.18        | 284.20        | 90.47               |
| 4                      | 1.9         | 0.075        | 66.63         | 146.59        | 46.66               | 82.58         | 181.68        | 57.83               | 190.24        | 418.53        | 133.23              |
| <b>5</b>               | <b>2.54</b> | <b>0.100</b> | <b>75.32</b>  | <b>165.70</b> | <b>52.75</b>        | <b>115.72</b> | <b>254.58</b> | <b>81.04</b>        | <b>230.36</b> | <b>506.79</b> | <b>161.32</b>       |
| 6                      | 3.17        | 0.125        | 92.41         | 203.30        | 64.71               | 125.31        | 275.68        | 87.75               | 265.81        | 584.78        | 186.15              |
| 7                      | 3.81        | 0.150        | 113.05        | 248.71        | 79.17               | 142.07        | 312.55        | 99.49               | 314.02        | 690.84        | 219.91              |
| <b>8</b>               | <b>5.08</b> | <b>0.200</b> | <b>150.47</b> | <b>331.03</b> | <b>105.37</b>       | <b>188.63</b> | <b>414.99</b> | <b>132.10</b>       | <b>373.63</b> | <b>821.99</b> | <b>261.65</b>       |
| 9                      | 7.62        | 0.300        | 167.88        | 369.34        | 117.57              | 209.18        | 460.20        | 146.49              | 430.21        | 946.46        | 301.28              |
| 10                     | 10.16       | 0.400        | 170.22        | 374.48        | 119.21              | 233.33        | 513.33        | 163.40              | 473.73        | 1042.21       | 331.75              |
| 11                     | 12.7        | 0.500        | 178.34        | 392.35        | 124.89              | 270.25        | 594.55        | 189.26              | 490.49        | 1079.08       | 343.49              |

**Penetración 0.1(") 0.2(")**

|          |       |       |
|----------|-------|-------|
| Molde 01 | 5.27  | 7.02  |
| Molde 02 | 8.10  | 8.81  |
| Molde 03 | 16.13 | 17.44 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

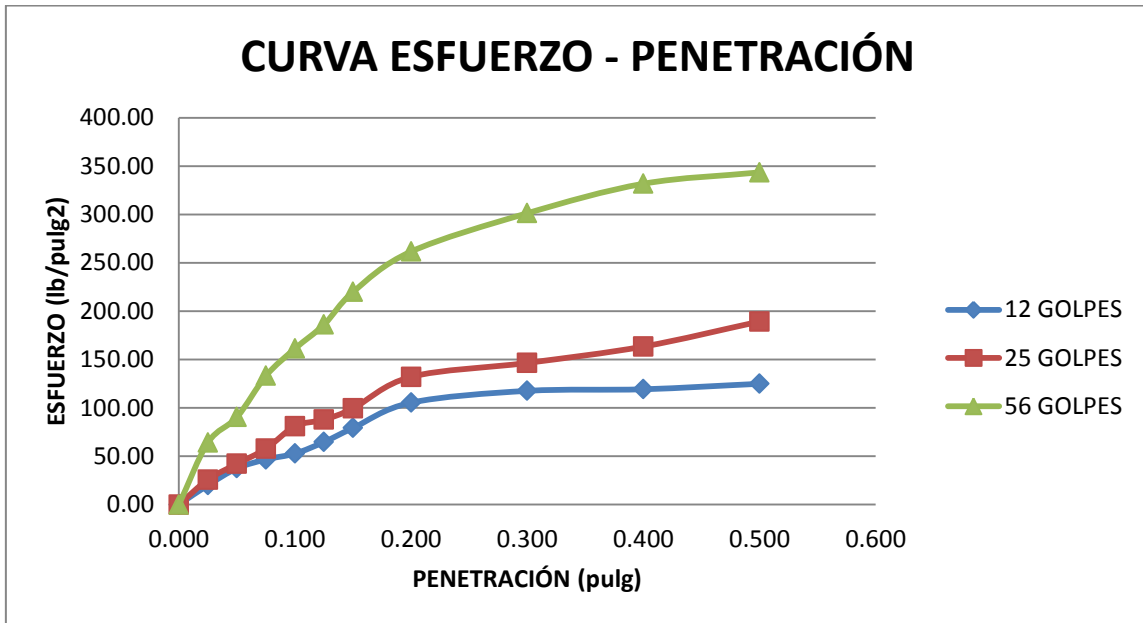


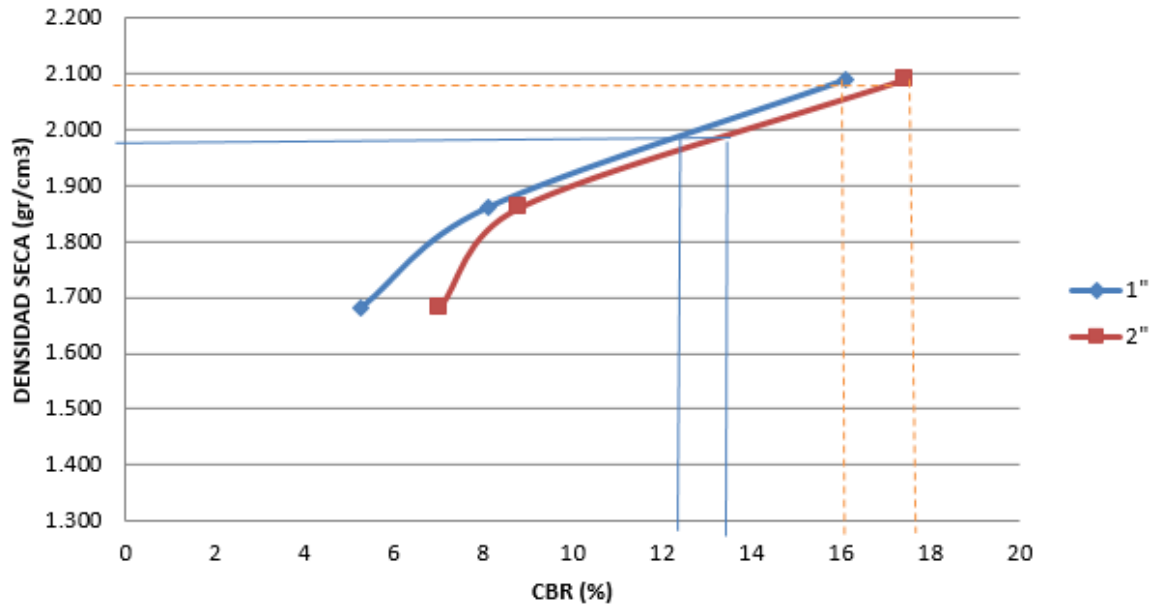
Figura n°. 115: Ensayo de esfuerzo vs deformación

Tabla n° 217: CBR vs Densidad Seca de la calicata 6 con aditivo líquido Proes

| CBR VS DENSIDAD SECA                    |           |             |              |              |           |        |
|---|-----------|-------------|--------------|--------------|-----------|--------|
| ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN |           |             |              |              |           |        |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |             | MOLDE N°2    |              | MOLDE N°3 |        |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"         | 01"          | 02"          | 01"       | 02"    |
| Esfuerzo Terreno (lb/plg2)              | 52.75     | 105.37      | 81.04        | 132.10       | 161.32    | 261.65 |
| Esfuerzo Patrón (lb/plg2)               | 1000      | 1500        | 1000         | 1500         | 1000      | 1500   |
| CBR (%)                                 | 5.27%     | 7.02%       | 8.10%        | 8.81%        | 16.13%    | 17.44% |
| CBR Y DENSIDAD SECA                     |           |             |              |              |           |        |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |             | MOLDE N°2    |              | MOLDE N°3 |        |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"         | 01"          | 02"          | 01"       | 02"    |
| CBR (%)                                 | 5.27%     | 7.02%       | 8.10%        | 8.81%        | 16.13%    | 17.44% |
| Ds (gr/cm3)                             | 1.68      | 1.68        | 1.86         | 1.86         | 2.09      | 2.09   |
|   |           | <b>100%</b> | <b>95%</b>   |              |           |        |
| Ds Max=                                 | 2.07      | CBR (0.1")  | <b>15.97</b> | <b>12.10</b> |           |        |
| 95% Ds Max=                             | 1.967     | CBR (0.2")  | <b>17.9</b>  | <b>13.5</b>  |           |        |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### CBR VS DENSIDAD SECA



*Figura n°. 116: Relación CBR vs Densidad Seca*

**Tabla n° 218:** Contenido de Humedad y Densidad Seca de la Calicata 8 con aditivo líquido Proes  
0.35 l/m<sup>3</sup>

| CONTENIDO DE HUMEDAD            |                    |             |                  |             |                  |             |             |
|---------------------------------|--------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|-------------|
| MOLDE N°                        | MOLDE N° 1         |             | MOLDE N° 2       |             | MOLDE N° 3       |             |             |
| N° GOLPES                       | 12                 |             | 25               |             | 56               |             |             |
| Condición de la Muestra         | Antes de saturar   |             | Antes de saturar |             | Antes de saturar |             | Saturado    |
| Masa del molde                  | 7112.00            |             | 7242.00          |             | 7080.00          |             |             |
| Masa del suelo + molde          | gr                 | 11248.00    | 11400.00         | 11610.00    | 11880.00         | 12008.00    | 12085.00    |
| Masa de suelo húmedo compactado | gr                 | 4136.00     | 4288.00          | 4368.00     | 4638.00          | 4928.00     | 5005.00     |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>    | 2084.99     |                  | 2084.99     |                  | 2084.99     |             |
| Densidad Humedad                | gr/cm <sup>3</sup> | 1.98        | 2.06             | 2.09        | 2.22             | 2.36        | 2.40        |
| Recipiente N°                   |                    | T-1         |                  | T-2         |                  | T-3         |             |
| Masa de Tara                    | gr                 | 28.77       |                  | 27.39       |                  | 27.86       |             |
| Masa del suelo húmedo + tara    | gr                 | 218.15      |                  | 285.88      |                  | 168.40      |             |
| Masa del suelo seco + tara      | gr                 | 188.68      |                  | 257.36      |                  | 156.51      |             |
| Masa de agua                    | gr                 | 29.47       |                  | 28.52       |                  | 11.89       |             |
| Masa del suelo seco             | gr                 | 159.91      |                  | 229.97      |                  | 128.65      |             |
| Contenido de agua               | %                  | 18.43%      |                  | 12.40%      |                  | 9.24%       |             |
| Densidad seca                   | gr/cm <sup>3</sup> | <b>1.68</b> | <b>1.74</b>      | <b>1.86</b> | <b>1.98</b>      | <b>2.16</b> | <b>2.20</b> |
| <b>Dimensiones MOLDE (cm)</b>   |                    |             |                  |             |                  |             |             |
| Altura                          | 17.70              |             |                  |             |                  |             |             |
| Diámetro                        | 15.26              |             |                  |             |                  |             |             |
| <b>Disco espaciador (cm)</b>    |                    |             |                  |             |                  |             |             |
| Diámetro                        | 15.00              |             |                  |             |                  |             |             |
| Altura                          | 6.30               |             |                  |             |                  |             |             |
| <b>Peso del disco (gr)</b>      |                    |             |                  |             |                  |             |             |
|                                 | 8.58               |             |                  |             |                  |             |             |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 219:** Ensayo de Expansión CBR de la Calicata 8 con aditivo Líquido Proes

| LECTURA DE HINCHAMIENTO |      |                        |       |       |                        |        |       |                        |       |       |
|-------------------------|------|------------------------|-------|-------|------------------------|--------|-------|------------------------|-------|-------|
| DATOS                   |      | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |       |       | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |        |       | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |       |       |
| Horas                   | Días | Hinchamiento           |       |       | Hinchamiento           |        |       | Hinchamiento           |       |       |
|                         |      | Deformación (plg)      | (mm)  | (%)   | Deformación (plg)      | (mm)   | (%)   | Deformación (plg)      | (mm)  | (%)   |
| 0                       | 0    | 0.150                  | 3.810 | 3.476 | 0.635                  | 16.129 | 3.944 | 0.220                  | 5.588 | 3.609 |
| 24                      | 1    | 0.262                  | 6.655 | 0.980 | 0.751                  | 19.075 | 1.359 | 0.347                  | 8.814 | 0.780 |
| 48                      | 2    | 0.297                  | 7.544 | 0.201 | 0.799                  | 20.295 | 0.290 | 0.361                  | 9.169 | 0.468 |
| 72                      | 3    | 0.303                  | 7.696 | 0.067 | 0.809                  | 20.549 | 0.067 | 0.380                  | 9.652 | 0.045 |
| 96                      | 4    | 0.306                  | 7.772 | 0.000 | 0.812                  | 20.625 | 0.000 | 0.382                  | 9.703 | 0.000 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 220:** Ensayo de penetración CBR de la calicata 8 con aditivo líquido Proes

| LECTURA DE PENETRACIÓN |             |              |                        |               |               |                        |               |               |                        |               |               |
|------------------------|-------------|--------------|------------------------|---------------|---------------|------------------------|---------------|---------------|------------------------|---------------|---------------|
| PENETRACIÓN            |             |              | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |               |               | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |               |               | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |               |               |
| Medida                 | mm          | Pulg         | Carga                  | Esfuerzo      | Esfuerzo      | Carga                  | Esfuerzo      | Esfuerzo      | Carga                  | Esfuerzo      | Esfuerzo      |
|                        |             |              | (Kg)                   | (lb)          | (lb/pulg2)    | (Kg)                   | (lb)          | (lb/pulg2)    | (Kg)                   | (lb)          | (lb/pulg2)    |
| 1                      | 0           | 0.000        | 0.00                   | 0.00          | 0.00          | 0.00                   | 0.00          | 0.00          | 0.00                   | 0.00          | 0.00          |
| 2                      | 0.63        | 0.025        | 35.14                  | 77.31         | 24.61         | 50.57                  | 111.25        | 35.41         | 112.10                 | 246.62        | 78.50         |
| 3                      | 1.27        | 0.050        | 60.75                  | 133.65        | 42.54         | 73.64                  | 162.01        | 51.57         | 158.17                 | 347.97        | 110.77        |
| 4                      | 1.9         | 0.075        | 82.31                  | 181.08        | 57.64         | 97.48                  | 214.46        | 68.27         | 204.51                 | 449.92        | 143.22        |
| 5                      | <b>2.54</b> | <b>0.100</b> | <b>100.03</b>          | <b>220.07</b> | <b>70.05</b>  | <b>118.32</b>          | <b>260.30</b> | <b>82.86</b>  | <b>227.26</b>          | <b>499.97</b> | <b>159.15</b> |
| 6                      | 3.17        | 0.125        | 120.69                 | 265.52        | 84.52         | 141.49                 | 311.28        | 99.09         | 273.08                 | 600.78        | 191.24        |
| 7                      | 3.81        | 0.150        | 137.77                 | 303.09        | 96.48         | 160.08                 | 352.18        | 112.10        | 317.33                 | 698.13        | 222.23        |
| 8                      | <b>5.08</b> | <b>0.200</b> | <b>162.20</b>          | <b>356.84</b> | <b>113.59</b> | <b>194.21</b>          | <b>427.26</b> | <b>136.01</b> | <b>382.45</b>          | <b>841.39</b> | <b>267.83</b> |
| 9                      | 7.62        | 0.300        | 171.48                 | 377.26        | 120.09        | 227.14                 | 499.71        | 159.07        | 403.62                 | 887.96        | 282.66        |
| 10                     | 10.16       | 0.400        | 179.57                 | 395.05        | 125.75        | 259.90                 | 571.78        | 182.01        | 427.51                 | 940.52        | 299.39        |
| 11                     | 12.7        | 0.500        | 184.24                 | 405.33        | 129.02        | 290.43                 | 638.95        | 203.39        | 464.84                 | 1022.65       | 325.53        |

| Penetración | 0.1(") | 0.2(") |
|-------------|--------|--------|
| Molde 01    | 7.01   | 7.57   |
| Molde 02    | 8.29   | 9.07   |
| Molde 03    | 15.92  | 17.86  |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



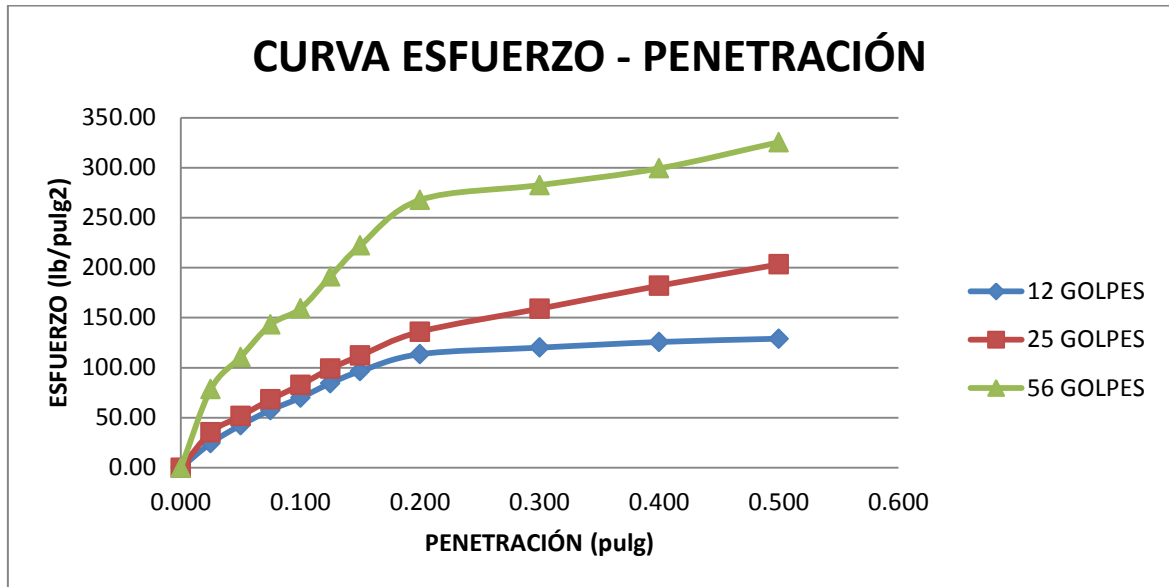


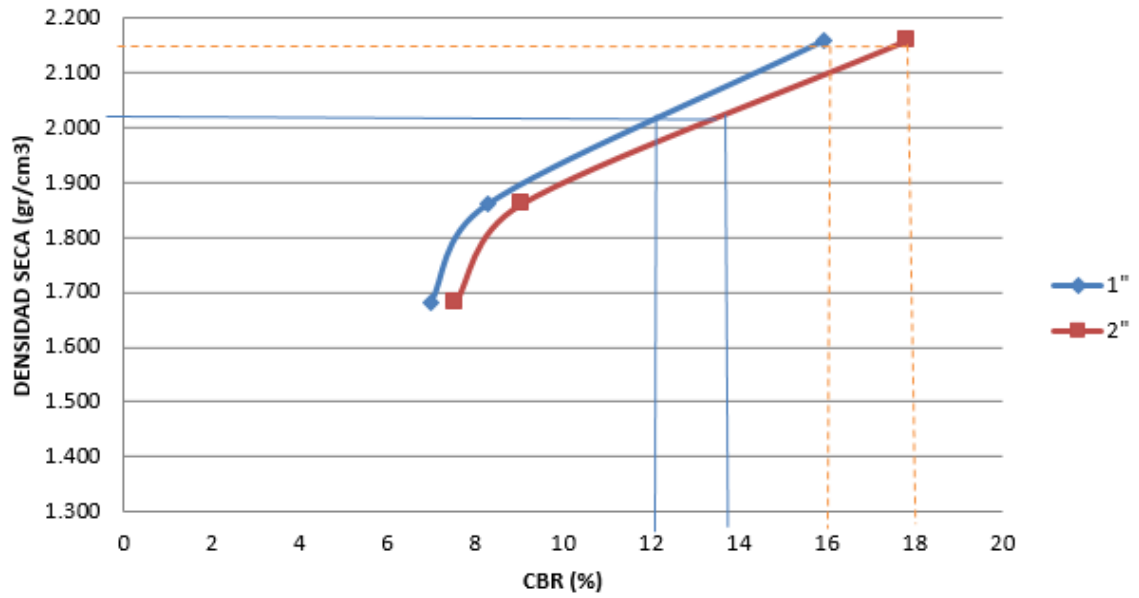
Figura n°. 117: Ensayo de esfuerzo vs deformación

Tabla n° 221: CBR vs Densidad Seca de la calicata 8 con aditivo líquido Proes

| CBR VS DENSIDAD SECA                    |           |            |              |              |           |        |
|---|-----------|------------|--------------|--------------|-----------|--------|
| ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN |           |            |              |              |           |        |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |            | MOLDE N°2    |              | MOLDE N°3 |        |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"        | 01"          | 02"          | 01"       | 02"    |
| Esfuerzo Terreno (lb/plg2)              | 70.05     | 113.59     | 82.86        | 136.01       | 159.15    | 267.83 |
| Esfuerzo Patrón (lb/plg2)               | 1000      | 1500       | 1000         | 1500         | 1000      | 1500   |
| CBR (%)                                 | 7.01%     | 7.57%      | 8.29%        | 9.07%        | 15.92%    | 17.86% |
| CBR Y DENSIDAD SECA                     |           |            |              |              |           |        |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |            | MOLDE N°2    |              | MOLDE N°3 |        |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"        | 01"          | 02"          | 01"       | 02"    |
| CBR (%)                                 | 7.01%     | 7.57%      | 8.29%        | 9.07%        | 15.92%    | 17.86% |
| Ds (gr/cm3)                             | 1.68      | 1.68       | 1.86         | 1.86         | 2.16      | 2.16   |
|   |           |            | <b>100%</b>  | <b>95%</b>   |           |        |
| Ds Max=                                 | 2.15      | CBR (0.1") | <b>15.98</b> | <b>12.00</b> |           |        |
| 95% Ds Max=                             | 2.042     | CBR (0.2") | <b>18</b>    | <b>13.9</b>  |           |        |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### CBR VS DENSIDAD SECA



*Figura n°. 118: Relación CBR vs Densidad Seca*

**Tabla n° 222:** Contenido de Humedad y Densidad Seca de la Calicata 2 con aditivo líquido Proes  
0.30 lt/m<sup>3</sup> + 50kg/m<sup>3</sup> de cemento

| CONTENIDO DE HUMEDAD            |                    |                           |             |                           |             |                           |             |
|---------------------------------|--------------------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|
| MOLDE N°                        |                    | MOLDE N° 1                |             | MOLDE N° 2                |             | MOLDE N° 3                |             |
| N° GOLPES                       |                    | 12                        |             | 25                        |             | 56                        |             |
| Condición de la Muestra         |                    | Antes de saturar Saturado |             | Antes de saturar Saturado |             | Antes de saturar Saturado |             |
| Masa del molde                  | gr                 | 7070.00                   |             | 7220.00                   |             | 7180.00                   |             |
| Masa del suelo + molde          | gr                 | 11385.0                   |             | 11826.0                   |             | 12220.0                   |             |
| Masa de suelo húmedo compactado | gr                 | 0                         | 11714.00    | 0                         | 11993.00    | 0                         | 12455.00    |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>    | 2084.99                   |             | 2084.99                   |             | 2084.99                   |             |
| Densidad Humedad                | gr/cm <sup>3</sup> | 2.07                      | 2.23        | 2.21                      | 2.29        | 2.42                      | 2.53        |
| Recipiente N°                   |                    | T-1                       |             | T-2                       |             | T-3                       |             |
| Masa de Tara                    | gr                 | 28.46                     |             | 28.74                     |             | 22.64                     |             |
| Masa del suelo húmedo+tara      | gr                 | 152.29                    |             | 217.00                    |             | 240.83                    |             |
| Masa del suelo seco + tara      | gr                 | 128.20                    |             | 195.00                    |             | 221.00                    |             |
| Masa de agua                    | gr                 | 24.09                     |             | 22.00                     |             | 19.83                     |             |
| Masa del suelo seco             | gr                 | 99.74                     |             | 166.26                    |             | 198.36                    |             |
| Contenido de agua               | %                  | 24.15%                    |             | 13.23%                    |             | 10.00%                    |             |
| Densidad seca                   | gr/cm <sup>3</sup> | <b>1.67</b>               | <b>1.79</b> | <b>1.95</b>               | <b>2.02</b> | <b>2.20</b>               | <b>2.30</b> |

**Dimensiones MOLDE**

| MOLDE (cm)            |       |
|-----------------------|-------|
| Altura                | 17.70 |
| Diámetro              | 15.26 |
| Disco espaciador (cm) |       |
| Diámetro              | 15.00 |
| Altura                | 6.30  |
| Peso del disco (gr)   |       |
|                       | 8.58  |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 223:** Ensayo de Expansión CBR de la Calicata 2 con aditivo Líquido Proes + cemento

### LECTURA DE HINCHAMIENTO

| DATOS   |        | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |        |       | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |        |       | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |       |       |
|---------|--------|------------------------|--------|-------|------------------------|--------|-------|------------------------|-------|-------|
|         |        | Hinchamiento           |        |       | Hinchamiento           |        |       | Hinchamiento           |       |       |
| (Horas) | (Días) | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)  | (%)   |
| 0       | 0      | 0.500                  | 12.700 | 3.186 | 0.357                  | 9.068  | 3.810 | 0.200                  | 5.080 | 3.632 |
| 24      | 1      | 0.612                  | 15.545 | 0.691 | 0.500                  | 12.700 | 0.624 | 0.333                  | 8.458 | 0.668 |
| 48      | 2      | 0.639                  | 16.231 | 0.089 | 0.523                  | 13.284 | 0.111 | 0.355                  | 9.017 | 0.178 |
| 72      | 3      | 0.642                  | 16.307 | 0.022 | 0.526                  | 13.360 | 0.045 | 0.360                  | 9.144 | 0.067 |
| 96      | 4      | 0.643                  | 16.332 | 0.000 | 0.528                  | 13.411 | 0.000 | 0.363                  | 9.220 | 0.000 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla n° 224: Ensayo de penetración CBR de la calicata 2 con aditivo líquido Proes + cemento

### LECTURA DE PENETRACIÓN

| PENETRACIÓN |             |              | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |                  |                        |
|-------------|-------------|--------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| Medida      | mm          | Pulg         | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) |
| 1           | 0           | 0.000        | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   |
| 2           | 0.63        | 0.025        | 70.01                  | 154.02           | 49.03                  | 174.56                 | 384.03           | 122.24                 | 383.09                 | 842.80           | 268.28                 |
| 3           | 1.27        | 0.050        | 117.88                 | 259.34           | 82.55                  | 270.95                 | 596.09           | 189.75                 | 627.80                 | 1381.16          | 439.65                 |
| 4           | 1.9         | 0.075        | 139.41                 | 306.70           | 97.63                  | 357.08                 | 785.58           | 250.06                 | 973.61                 | 2141.94          | 681.82                 |
| 5           | <b>2.54</b> | <b>0.100</b> | <b>154.58</b>          | <b>340.08</b>    | <b>108.25</b>          | <b>448.29</b>          | <b>986.24</b>    | <b>313.94</b>          | <b>1161.07</b>         | <b>2554.35</b>   | <b>813.10</b>          |
| 6           | 3.17        | 0.125        | 190.63                 | 419.39           | 133.50                 | 604.38                 | 1329.64          | 423.25                 | 1419.43                | 3122.75          | 994.03                 |
| 7           | 3.81        | 0.150        | 210.32                 | 462.70           | 147.29                 | 695.30                 | 1529.66          | 486.92                 | 1798.44                | 3956.57          | 1259.45                |
| 8           | <b>5.08</b> | <b>0.200</b> | <b>279.89</b>          | <b>615.76</b>    | <b>196.01</b>          | <b>815.31</b>          | <b>1793.68</b>   | <b>570.96</b>          | <b>1975.13</b>         | <b>4345.29</b>   | <b>1383.19</b>         |
| 9           | 7.62        | 0.300        | 292.40                 | 643.28           | 204.77                 | 935.06                 | 2057.13          | 654.82                 | 2004.75                | 4410.45          | 1403.93                |
| 10          | 10.16       | 0.400        | 327.59                 | 720.70           | 229.41                 | 958.34                 | 2108.35          | 671.13                 | 2027.10                | 4459.62          | 1419.58                |
| 11          | 12.7        | 0.500        | 361.76                 | 795.87           | 253.34                 | 989.90                 | 2177.78          | 693.23                 | 2077.34                | 4570.15          | 1454.77                |

| Penetración | 0.1(") | 0.2(") |
|-------------|--------|--------|
| Molde 01    | 10.83  | 13.07  |
| Molde 02    | 31.39  | 38.06  |
| Molde 03    | 81.31  | 92.21  |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

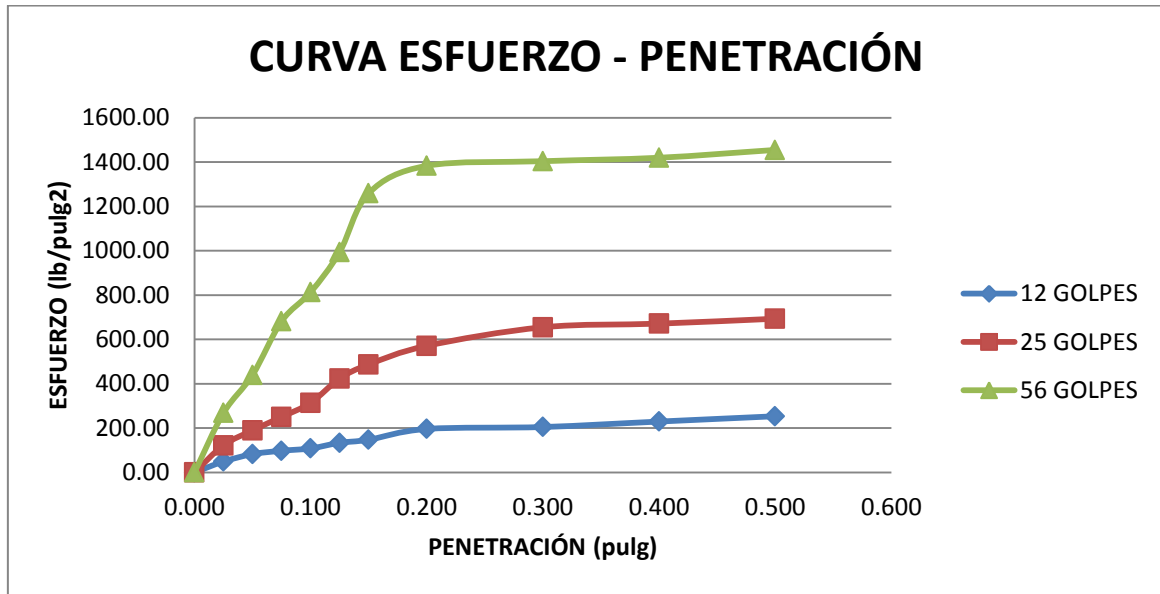


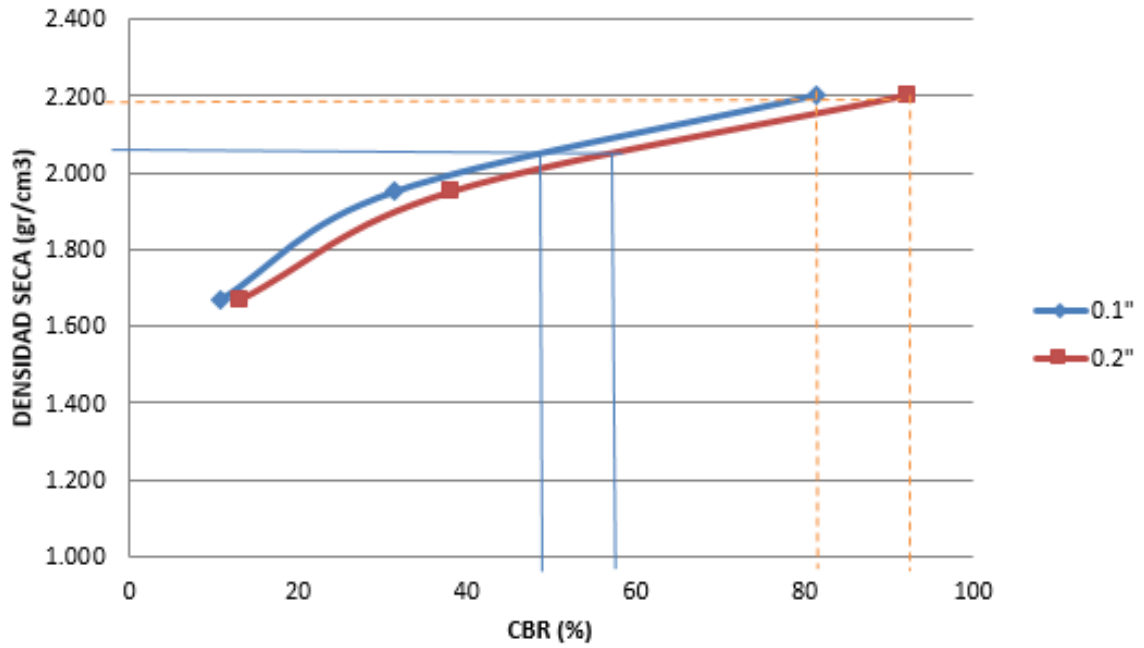
Figura n°. 119: Ensayo de esfuerzo vs deformación

Tabla n° 225: CBR vs Densidad Seca de la calicata 2 con aditivo líquido Proes + cemento

| CBR VS DENSIDAD SECA                    |           |            |             |              |           |         |
|---|-----------|------------|-------------|--------------|-----------|---------|
| ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN |           |            |             |              |           |         |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |            | MOLDE N°2   |              | MOLDE N°3 |         |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"        | 01"         | 02"          | 01"       | 02"     |
| Esfuerzo Terreno (lb/plg2)              | 108.25    | 196.01     | 313.94      | 570.96       | 813.10    | 1383.19 |
| Esfuerzo Patrón (lb/plg2)               | 1000      | 1500       | 1000        | 1500         | 1000      | 1500    |
| CBR (%)                                 | 10.83%    | 13.07%     | 31.39%      | 38.06%       | 81.31%    | 92.21%  |
| CBR Y DENSIDAD SECA                     |           |            |             |              |           |         |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |            | MOLDE N°2   |              | MOLDE N°3 |         |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"        | 01"         | 02"          | 01"       | 02"     |
| CBR (%)                                 | 10.83%    | 13.07%     | 31.39%      | 38.06%       | 81.31%    | 92.21%  |
| Ds (gr/cm3)                             | 1.67      | 1.67       | 1.95        | 1.95         | 2.20      | 2.20    |
|   |           |            | <b>100%</b> | <b>95%</b>   |           |         |
| Ds Max=                                 | 2.18      | CBR (0.1") | <b>81</b>   | <b>49.00</b> |           |         |
| 95% Ds Max=                             | 2.071     | CBR (0.2") | <b>92</b>   | <b>57</b>    |           |         |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### CBR VS DENSIDAD SECA



*Figura n°. 120: Relación CBR vs Densidad Seca*

**Tabla n° 226:** Contenido de Humedad y Densidad Seca de la Calicata 4 con aditivo líquido Proes  
 $0.30 \text{ lt/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$  cemento

| CONTENIDO DE HUMEDAD            |                    |                  |          |                  |          |                  |          |
|---------------------------------|--------------------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|
| MOLDE N°                        |                    | MOLDE N° 1       |          | MOLDE N° 2       |          | MOLDE N° 3       |          |
| N° GOLPES                       |                    | 12               |          | 25               |          | 56               |          |
| Condición de la Muestra         |                    | Antes de saturar |          | Antes de saturar |          | Antes de saturar |          |
| Masa del molde                  | gr                 | 7120.00          |          | 7067.00          |          | 7190.00          |          |
| Masa del suelo + molde          | gr                 | 11517.00         | 12008.00 | 12003.00         | 12334.00 | 12724.00         | 12808.00 |
| Masa de suelo húmedo compactado | gr                 | 4397.00          | 4888.00  | 4936.00          | 5267.00  | 5534.00          | 5618.00  |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>    | 2084.99          |          | 2084.99          |          | 2084.99          |          |
| Densidad Humedad                | gr/cm <sup>3</sup> | 2.11             | 2.34     | 2.37             | 2.53     | 2.65             | 2.69     |
| Recipiente N°                   |                    | T-1              |          | T-2              |          | T-3              |          |
| Masa de Tara                    | gr                 | 18.60            |          | 22.10            |          | 28.80            |          |
| Masa del suelo húmedo+ tara     | gr                 | 270.45           |          | 151.64           |          | 212.65           |          |
| Masa del suelo seco + tara      | gr                 | 222.64           |          | 129.37           |          | 183.41           |          |
| Masa de agua                    | gr                 | 47.81            |          | 22.27            |          | 29.24            |          |
| Masa del suelo seco             | gr                 | 204.04           |          | 107.27           |          | 154.61           |          |
| Contenido de agua               | %                  | 23.43%           |          | 20.76%           |          | 18.91%           |          |
| Densidad seca                   | gr/cm <sup>3</sup> | 1.71             | 1.90     | 1.96             | 2.09     | 2.23             | 2.27     |

**Dimensiones MOLDE (cm)**

|          |       |
|----------|-------|
| Altura   | 17.70 |
| Diámetro | 15.26 |

**Disco espaciador (cm)**

|          |       |
|----------|-------|
| Diámetro | 15.00 |
| Altura   | 6.30  |

**Peso del disco (gr)**

8.58

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 227:** Ensayo de Expansión CBR de la Calicata 4 con aditivo Líquido Proes + cemento

| LECTURA DE HINCHAMIENTO |        |                        |        |       |                        |       |       |                        |        |       |
|-------------------------|--------|------------------------|--------|-------|------------------------|-------|-------|------------------------|--------|-------|
| DATOS                   |        | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |        |       | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |       |       | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |        |       |
| (Horas)                 | (Días) | Hinchamiento           |        |       | Hinchamiento           |       |       | Hinchamiento           |        |       |
|                         |        | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)  | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   |
| 0                       | 0      | 0.650                  | 16.510 | 2.763 | 0.120                  | 3.048 | 3.743 | 0.287                  | 7.290  | 3.186 |
| 24                      | 1      | 0.724                  | 18.390 | 1.114 | 0.237                  | 6.020 | 1.136 | 0.390                  | 9.906  | 0.891 |
| 48                      | 2      | 0.767                  | 19.482 | 0.156 | 0.279                  | 7.087 | 0.201 | 0.418                  | 10.617 | 0.267 |
| 72                      | 3      | 0.771                  | 19.583 | 0.067 | 0.286                  | 7.264 | 0.045 | 0.427                  | 10.846 | 0.067 |
| 96                      | 4      | 0.774                  | 19.660 | 0.000 | 0.288                  | 7.315 | 0.000 | 0.430                  | 10.922 | 0.000 |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 228:** Ensayo de penetración CBR de la calicata 4 con aditivo líquido Proes + cemento

| LECTURA DE PENETRACIÓN |             |              |                        |                  |                        |                        |                  |                        |                        |                  |                        |
|------------------------|-------------|--------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| PENETRACIÓN            |             |              | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |                  |                        |
| Medida                 | mm          | Pulg         | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) |
| 1                      | 0           | 0.000        | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   |
| 2                      | 0.63        | 0.025        | 82.24                  | 180.93           | 57.59                  | 221.43                 | 487.15           | 155.07                 | 435.70                 | 958.54           | 305.12                 |
| 3                      | 1.27        | 0.050        | 125.01                 | 275.02           | 87.54                  | 294.51                 | 647.92           | 206.25                 | 694.27                 | 1527.39          | 486.20                 |
| 4                      | 1.9         | 0.075        | 161.87                 | 356.11           | 113.36                 | 377.04                 | 829.49           | 264.04                 | 1000.06                | 2200.13          | 700.34                 |
| 5                      | <b>2.54</b> | <b>0.100</b> | <b>175.54</b>          | <b>386.19</b>    | <b>122.93</b>          | <b>500.00</b>          | <b>1100.00</b>   | <b>350.15</b>          | <b>1257.35</b>         | <b>2766.17</b>   | <b>880.53</b>          |
| 6                      | 3.17        | 0.125        | 210.63                 | 463.39           | 147.50                 | 667.48                 | 1468.46          | 467.44                 | 1515.00                | 3333.00          | 1060.96                |
| 7                      | 3.81        | 0.150        | 245.16                 | 539.35           | 171.69                 | 740.72                 | 1629.58          | 518.73                 | 1861.62                | 4095.56          | 1303.70                |
| 8                      | <b>5.08</b> | <b>0.200</b> | <b>297.44</b>          | <b>654.37</b>    | <b>208.30</b>          | <b>956.11</b>          | <b>2103.44</b>   | <b>669.57</b>          | <b>2022.88</b>         | <b>4450.34</b>   | <b>1416.63</b>         |
| 9                      | 7.62        | 0.300        | 314.70                 | 692.34           | 220.39                 | 1110.08                | 2442.18          | 777.39                 | 2063.31                | 4539.28          | 1444.94                |
| 10                     | 10.16       | 0.400        | 367.27                 | 807.99           | 257.20                 | 1197.55                | 2634.61          | 838.65                 | 2091.14                | 4600.51          | 1464.43                |
| 11                     | 12.7        | 0.500        | 388.52                 | 854.74           | 272.08                 | 1309.43                | 2880.75          | 917.00                 | 2120.46                | 4665.01          | 1484.96                |

| Penetración | 0.1(") | 0.2(") |
|-------------|--------|--------|
| Molde 01    | 12.29  | 13.89  |
| Molde 02    | 35.02  | 44.64  |
| Molde 03    | 88.05  | 94.44  |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*



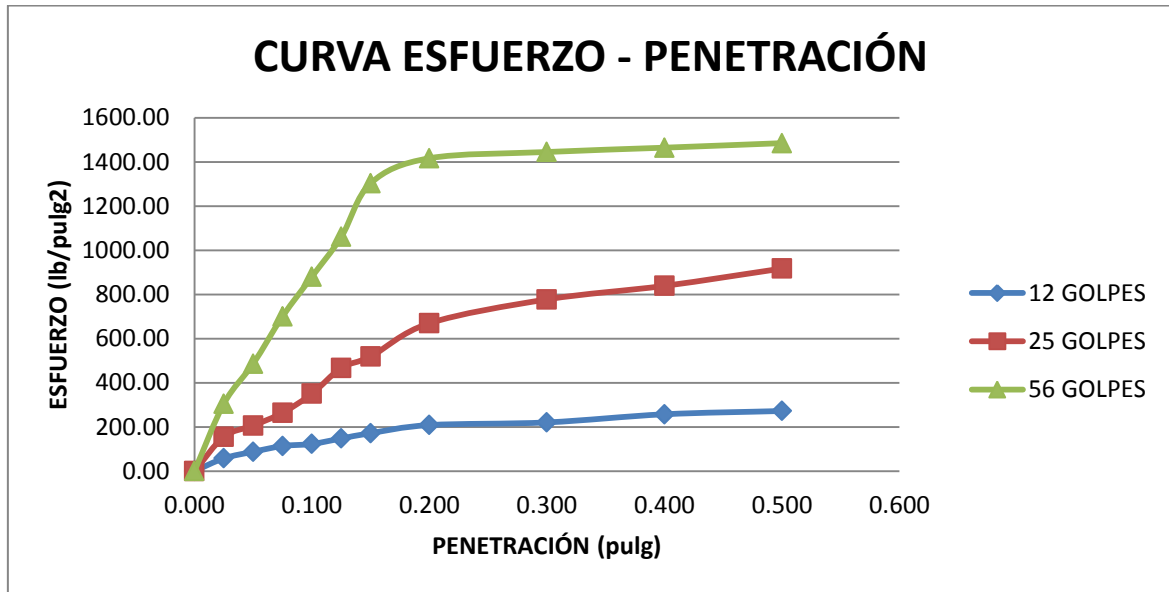


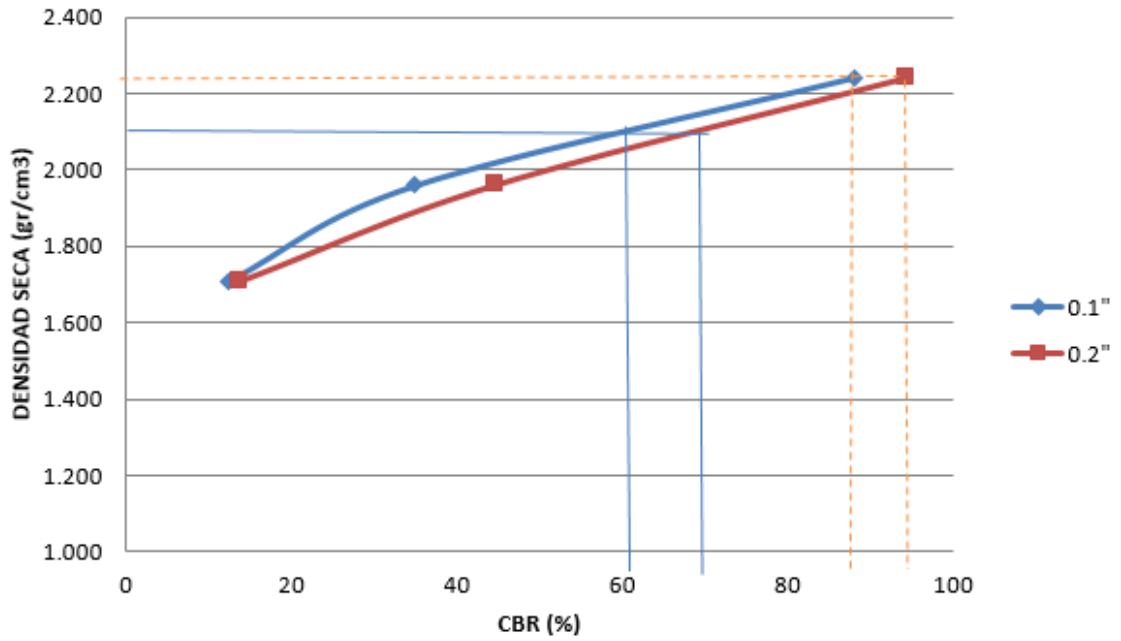
Figura n°. 121: Ensayo de esfuerzo vs deformación

Tabla n° 229: CBR vs Densidad Seca de la calicata 4 con aditivo líquido Proes + cemento

| CBR VS DENSIDAD SECA                    |           |             |            |              |           |         |
|---|-----------|-------------|------------|--------------|-----------|---------|
| ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN |           |             |            |              |           |         |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |             | MOLDE N°2  |              | MOLDE N°3 |         |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"         | 01"        | 02"          | 01"       | 02"     |
| Esfuerzo Terreno (lb/plg2)              | 122.93    | 208.30      | 350.15     | 669.57       | 880.53    | 1416.63 |
| Esfuerzo Patrón (lb/plg2)               | 1000      | 1500        | 1000       | 1500         | 1000      | 1500    |
| CBR (%)                                 | 12.29%    | 13.89%      | 35.02%     | 44.64%       | 88.05%    | 94.44%  |
| CBR Y DENSIDAD SECA                     |           |             |            |              |           |         |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |             | MOLDE N°2  |              | MOLDE N°3 |         |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"         | 01"        | 02"          | 01"       | 02"     |
| CBR (%)                                 | 12.29%    | 13.89%      | 35.02%     | 44.64%       | 88.05%    | 94.44%  |
| Ds (gr/cm3)                             | 1.71      | 1.71        | 1.96       | 1.96         | 2.23      | 2.23    |
|   |           | <b>100%</b> | <b>95%</b> |              |           |         |
| Ds Max=                                 | 2.22      | CBR (0.1")  | <b>88</b>  | <b>60.00</b> |           |         |
| 95% Ds Max=                             | 2.109     | CBR (0.2")  | <b>96</b>  | <b>78</b>    |           |         |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### CBR VS DENSIDAD SECA



*Figura n°. 122: Relación CBR vs Densidad Seca*

**Tabla n° 230:** Contenido de Humedad y Densidad Seca de la Calicata 6 con aditivo líquido Proes  
 $0.30 \text{ lt/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$  de cemento

| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>     |                          |                   |             |                   |             |                   |             |
|---------------------------------|--------------------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
| MOLDE N°                        |                          | <b>MOLDE N° 1</b> |             | <b>MOLDE N° 2</b> |             | <b>MOLDE N° 3</b> |             |
| N° GOLPES                       |                          | 12                |             | 25                |             | 56                |             |
| Condición de la Muestra         |                          | Antes de saturar  | Saturado    | Antes de saturar  | Saturado    | Antes de saturar  | Saturado    |
| Masa del molde                  | <b>gr</b>                | 7210.00           |             | 7085.00           |             | 7170.00           |             |
| Masa del suelo + molde          | <b>gr</b>                | 11517.00          | 12008.00    | 12003.00          | 12334.00    | 12754.00          | 12808.00    |
| Masa de suelo húmedo compactado | <b>gr</b>                | 4307.00           | 4798.00     | 4918.00           | 5249.00     | 5584.00           | 5638.00     |
| Volumen del molde               | <b>cm<sup>3</sup></b>    | 2084.99           |             | 2084.99           |             | 2084.99           |             |
| Densidad Humedad                | <b>gr/cm<sup>3</sup></b> | 2.07              | 2.30        | 2.36              | 2.52        | 2.68              | 2.70        |
| Recipiente N°                   |                          | T-1               |             | T-2               |             | T-3               |             |
| Masa de Tara                    | <b>gr</b>                | 18.60             |             | 22.10             |             | 28.80             |             |
| Masa del suelo húmedo+tara      | <b>gr</b>                | 270.45            |             | 151.64            |             | 212.65            |             |
| Masa del suelo seco + tara      | <b>gr</b>                | 222.64            |             | 129.37            |             | 183.41            |             |
| Masa de agua                    | <b>gr</b>                | 47.81             |             | 22.27             |             | 29.24             |             |
| Masa del suelo seco             | <b>gr</b>                | 204.04            |             | 107.27            |             | 154.61            |             |
| Contenido de agua               | <b>%</b>                 | 23.43%            |             | 20.76%            |             | 18.91%            |             |
| Densidad seca                   | <b>gr/cm<sup>3</sup></b> | <b>1.67</b>       | <b>1.86</b> | <b>1.95</b>       | <b>2.08</b> | <b>2.25</b>       | <b>2.27</b> |
| <b>Dimensiones MOLDE (cm)</b>   |                          |                   |             |                   |             |                   |             |
| Altura                          |                          | 17.70             |             |                   |             |                   |             |
| Diámetro                        |                          | 15.26             |             |                   |             |                   |             |
| <b>Disco espaciador (cm)</b>    |                          |                   |             |                   |             |                   |             |
| Diámetro                        |                          | 15.00             |             |                   |             |                   |             |
| Altura                          |                          | 6.30              |             |                   |             |                   |             |
| <b>Peso del disco (gr)</b>      |                          |                   |             |                   |             |                   |             |
|                                 |                          | 8.58              |             |                   |             |                   |             |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 231:** Ensayo de Expansión CBR de la Calicata 6 con aditivo Líquido Proes + cemento

| LECTURA DE HINCHAMIENTO |        |                        |        |       |                        |        |       |                        |       |       |
|-------------------------|--------|------------------------|--------|-------|------------------------|--------|-------|------------------------|-------|-------|
| DATOS                   |        | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |        |       | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |        |       | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |       |       |
|                         |        | Hinchamiento           |        |       | Hinchamiento           |        |       | Hinchamiento           |       |       |
| (Horas)                 | (Días) | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)  | (%)   |
| 0                       | 0      | 0.400                  | 10.160 | 2.495 | 0.433                  | 10.998 | 3.565 | 0.159                  | 4.039 | 1.693 |
| 24                      | 1      | 0.499                  | 12.675 | 0.290 | 0.575                  | 14.605 | 0.401 | 0.230                  | 5.842 | 0.111 |
| 48                      | 2      | 0.510                  | 12.954 | 0.045 | 0.589                  | 14.961 | 0.089 | 0.233                  | 5.918 | 0.045 |
| 72                      | 3      | 0.512                  | 13.005 | 0.000 | 0.591                  | 15.011 | 0.045 | 0.234                  | 5.944 | 0.022 |
| 96                      | 4      | 0.512                  | 13.005 | 0.000 | 0.593                  | 15.062 | 0.000 | 0.235                  | 5.969 | 0.000 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n°232:** Ensayo de penetración CBR de la calicata 6 con aditivo líquido Proes + cemento

| LECTURA DE PENETRACIÓN |             |              |                        |                  |                        |                        |                  |                        |                        |                  |                        |
|------------------------|-------------|--------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| PENETRACIÓN            |             |              | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |                  |                        |
| Medida                 | mm          | Pulg         | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) |
| 1                      | 0           | 0.000        | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   |
| 2                      | 0.63        | 0.025        | 76.53                  | 168.37           | 53.59                  | 197.83                 | 435.23           | 138.54                 | 435.70                 | 958.54           | 305.12                 |
| 3                      | 1.27        | 0.050        | 118.40                 | 260.48           | 82.92                  | 256.35                 | 563.97           | 179.52                 | 694.27                 | 1527.39          | 486.20                 |
| 4                      | 1.9         | 0.075        | 154.74                 | 340.43           | 108.36                 | 321.72                 | 707.78           | 225.30                 | 1000.06                | 2200.13          | 700.34                 |
| <b>5</b>               | <b>2.54</b> | <b>0.100</b> | <b>181.03</b>          | <b>398.27</b>    | <b>126.78</b>          | <b>497.44</b>          | <b>1094.37</b>   | <b>348.36</b>          | <b>1357.31</b>         | <b>2986.08</b>   | <b>950.53</b>          |
| 6                      | 3.17        | 0.125        | 225.87                 | 496.91           | 158.18                 | 601.00                 | 1322.20          | 420.88                 | 1645.14                | 3619.31          | 1152.10                |
| 7                      | 3.81        | 0.150        | 273.16                 | 600.95           | 191.29                 | 732.47                 | 1611.43          | 512.95                 | 1983.47                | 4363.63          | 1389.03                |
| <b>8</b>               | <b>5.08</b> | <b>0.200</b> | <b>303.45</b>          | <b>667.59</b>    | <b>212.51</b>          | <b>910.53</b>          | <b>2003.17</b>   | <b>637.65</b>          | <b>2245.03</b>         | <b>4939.07</b>   | <b>1572.20</b>         |
| 9                      | 7.62        | 0.300        | 328.34                 | 722.35           | 229.94                 | 1200.72                | 2641.58          | 840.87                 | 2407.00                | 5295.40          | 1685.63                |
| 10                     | 10.16       | 0.400        | 384.50                 | 845.90           | 269.27                 | 1264.05                | 2780.91          | 885.22                 | 2473.18                | 5441.00          | 1731.97                |
| 11                     | 12.7        | 0.500        | 399.90                 | 879.78           | 280.05                 | 1293.41                | 2845.50          | 905.78                 | 2500.00                | 5500.00          | 1750.76                |

| Penetración | 0.1(") | 0.2(") |
|-------------|--------|--------|
| Molde 01    | 12.68  | 14.17  |
| Molde 02    | 34.84  | 42.51  |
| Molde 03    | 95.05  | 104.81 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

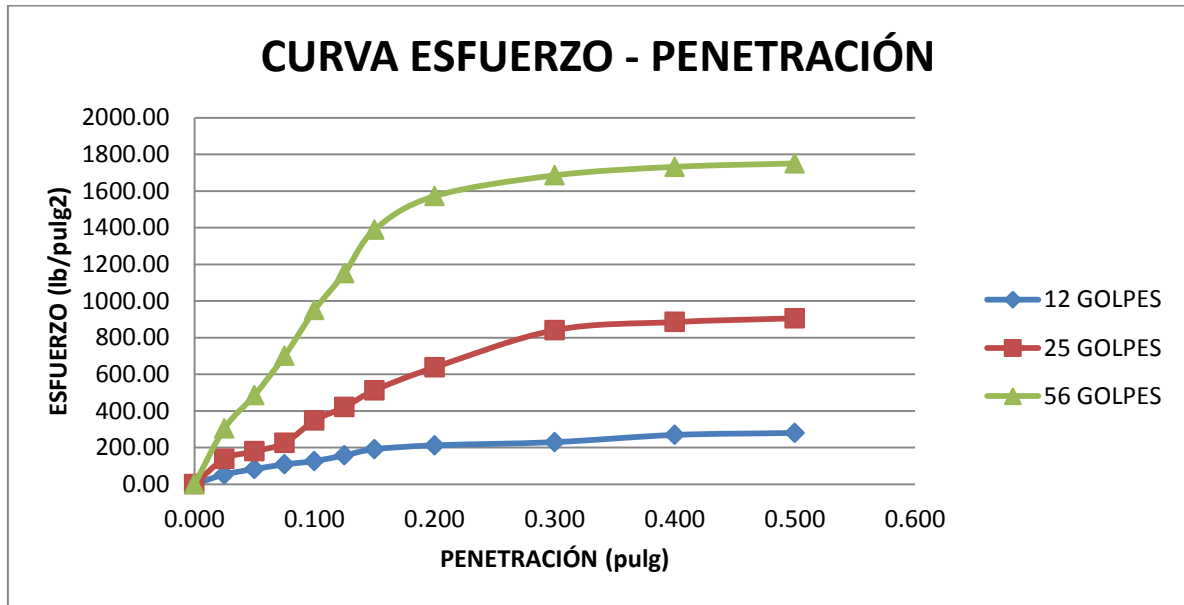


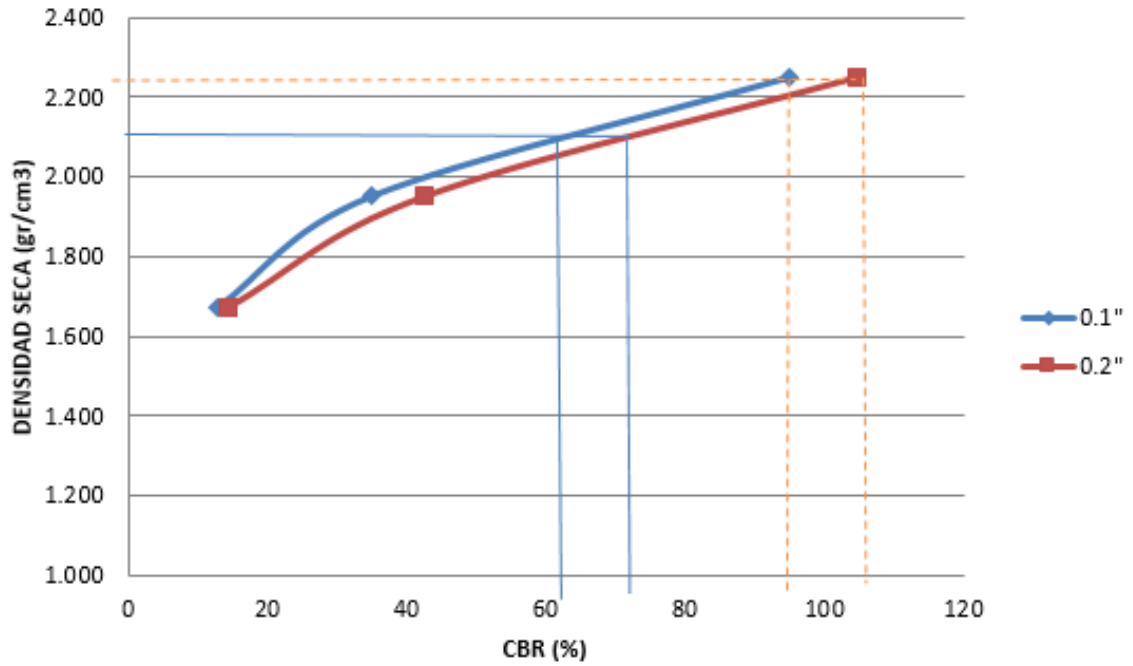
Figura n°. 123: Ensayo de esfuerzo vs deformación

Tabla n° 233: CBR vs Densidad Seca de la calicata 6 con aditivo líquido Proes + cemento

| CBR VS DENSIDAD SECA                    |                  |             |              |        |           |         |
|---|------------------|-------------|--------------|--------|-----------|---------|
| ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN |                  |             |              |        |           |         |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1        |             | MOLDE N°2    |        | MOLDE N°3 |         |
| Penetración (")                         | 01"              | 02"         | 01"          | 02"    | 01"       | 02"     |
| Esfuerzo Terreno (lb/plg2)              | 126.78           | 212.51      | 348.36       | 637.65 | 950.53    | 1572.20 |
| Esfuerzo Patrón (lb/plg2)               | 1000             | 1500        | 1000         | 1500   | 1000      | 1500    |
| CBR (%)                                 | 12.68%           | 14.17%      | 34.84%       | 42.51% | 95.05%    | 104.81% |
| CBR Y DENSIDAD SECA                     |                  |             |              |        |           |         |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1        |             | MOLDE N°2    |        | MOLDE N°3 |         |
| Penetración (")                         | 01"              | 02"         | 01"          | 02"    | 01"       | 02"     |
| CBR (%)                                 | 12.68%           | 14.17%      | 34.84%       | 42.51% | 95.05%    | 104.81% |
| Ds (gr/cm3)                             | 1.67             | 1.67        | 1.95         | 1.95   | 2.25      | 2.25    |
|   |                  | <b>100%</b> | <b>95%</b>   |        |           |         |
| Ds Max=                                 | 2.23 CBR (0.1")  | <b>97</b>   | <b>62.00</b> |        |           |         |
| 95% Ds Max=                             | 2.118 CBR (0.2") | <b>105</b>  | <b>72</b>    |        |           |         |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### CBR VS DENSIDAD SECA



*Figura n°. 124: Relación CBR vs Densidad Seca*

**Tabla n° 234:** Contenido de Humedad y Densidad Seca de la Calicata 8 con aditivo líquido Proes  
 $0.30 \text{ lt/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$  cemento

| CONTENIDO DE HUMEDAD            |                  |          |                  |          |                  |          |  |
|---------------------------------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|--|
| MOLDE N°                        | MOLDE N° 1       |          | MOLDE N° 2       |          | MOLDE N° 3       |          |  |
| N° GOLPES                       | 12               |          | 25               |          | 56               |          |  |
| Condición de la Muestra         | Antes de saturar |          | Antes de saturar |          | Antes de saturar |          |  |
| Masa del molde                  | 7150.00          |          | 7185.00          |          | 7260.00          |          |  |
| Masa del suelo + molde          | 11464.1          |          | 12180.2          |          | 12995.0          |          |  |
| Masa de suelo húmedo compactado | 5                | 11850.35 | 1                | 12320.24 | 8                | 13109.70 |  |
| Volumen del molde               | 2084.99          |          | 2084.99          |          | 2084.99          |          |  |
| Densidad Humedad                | 2.07             | 2.25     | 2.40             | 2.46     | 2.75             | 2.81     |  |
| Recipiente N°                   | T-1              |          | T-2              |          | T-3              |          |  |
| Masa de Tara                    | 20.75            |          | 21.42            |          | 23.60            |          |  |
| Masa del suelo húmedo + tara    | 168.78           |          | 234.31           |          | 173.24           |          |  |
| Masa del suelo seco + tara      | 143.11           |          | 200.37           |          | 152.05           |          |  |
| Masa de agua                    | 25.67            |          | 33.94            |          | 21.19            |          |  |
| Masa del suelo seco             | 122.36           |          | 178.95           |          | 128.45           |          |  |
| Contenido de agua               | 20.98%           |          | 18.97%           |          | 16.50%           |          |  |
| Densidad seca                   | 1.71             | 1.86     | 2.01             | 2.07     | 2.36             | 2.41     |  |
| <b>Dimensiones</b>              |                  |          |                  |          |                  |          |  |
| <b>MOLDE (cm)</b>               |                  |          |                  |          |                  |          |  |
| Altura                          | 17.70            |          |                  |          |                  |          |  |
| Diámetro                        | 15.26            |          |                  |          |                  |          |  |
| <b>Disco espaciador (cm)</b>    |                  |          |                  |          |                  |          |  |
| Diámetro                        | 15.00            |          |                  |          |                  |          |  |
| Altura                          | 6.30             |          |                  |          |                  |          |  |
| <b>Peso del disco (gr)</b>      |                  |          |                  |          |                  |          |  |
|                                 | 8.58             |          |                  |          |                  |          |  |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 235: Ensayo de Expansión CBR de la Calicata 8 con aditivo Líquido Proes + cemento**

| LECTURA DE HINCHAMIENTO |        |                        |        |       |                        |       |       |                        |        |       |
|-------------------------|--------|------------------------|--------|-------|------------------------|-------|-------|------------------------|--------|-------|
| DATOS                   |        | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |        |       | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |       |       | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |        |       |
|                         |        | Hinchamiento           |        |       | Hinchamiento           |       |       | Hinchamiento           |        |       |
| (Horas)                 | (Días) | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)  | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   |
| 0                       | 0      | 0.700                  | 17.780 | 2.585 | 0.120                  | 3.048 | 2.941 | 0.500                  | 12.700 | 2.495 |
| 24                      | 1      | 0.800                  | 20.320 | 0.356 | 0.241                  | 6.121 | 0.245 | 0.589                  | 14.961 | 0.512 |
| 48                      | 2      | 0.811                  | 20.599 | 0.111 | 0.249                  | 6.325 | 0.067 | 0.604                  | 15.342 | 0.178 |
| 72                      | 3      | 0.814                  | 20.676 | 0.045 | 0.250                  | 6.350 | 0.045 | 0.610                  | 15.494 | 0.045 |
| 96                      | 4      | 0.816                  | 20.726 | 0.000 | 0.252                  | 6.401 | 0.000 | 0.612                  | 15.545 | 0.000 |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 236: Ensayo de penetración CBR de la calicata 8 con aditivo líquido Proes + cemento**

| LECTURA DE PENETRACIÓN |             |              |                        |                  |                        |                        |                  |                        |                        |                  |                        |
|------------------------|-------------|--------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| PENETRACIÓN            |             |              | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |                  |                        |
| Medida                 | mm          | Pulg         | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) |
| 1                      | 0           | 0.000        | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   |
| 2                      | 0.63        | 0.025        | 80.14                  | 176.31           | 56.12                  | 210.57                 | 463.25           | 147.46                 | 507.19                 | 1115.82          | 355.19                 |
| 3                      | 1.27        | 0.050        | 122.00                 | 268.40           | 85.44                  | 287.18                 | 631.80           | 201.11                 | 731.11                 | 1608.44          | 512.00                 |
| 4                      | 1.9         | 0.075        | 167.50                 | 368.50           | 117.30                 | 353.31                 | 777.28           | 247.42                 | 1010.00                | 2222.00          | 707.31                 |
| <b>5</b>               | <b>2.54</b> | <b>0.100</b> | <b>196.45</b>          | <b>432.19</b>    | <b>137.57</b>          | <b>487.35</b>          | <b>1072.17</b>   | <b>341.29</b>          | <b>1387.00</b>         | <b>3051.40</b>   | <b>971.32</b>          |
| 6                      | 3.17        | 0.125        | 249.53                 | 548.97           | 174.75                 | 638.14                 | 1403.91          | 446.89                 | 1768.34                | 3890.35          | 1238.37                |
| 7                      | 3.81        | 0.150        | 290.35                 | 638.77           | 203.33                 | 890.05                 | 1958.11          | 623.30                 | 2021.50                | 4447.30          | 1415.66                |
| <b>8</b>               | <b>5.08</b> | <b>0.200</b> | <b>322.87</b>          | <b>710.31</b>    | <b>226.11</b>          | <b>1102.10</b>         | <b>2424.62</b>   | <b>771.80</b>          | <b>2299.94</b>         | <b>5059.87</b>   | <b>1610.65</b>         |
| 9                      | 7.62        | 0.300        | 353.12                 | 776.86           | 247.29                 | 1328.36                | 2922.39          | 930.25                 | 2483.22                | 5463.08          | 1739.00                |
| 10                     | 10.16       | 0.400        | 367.09                 | 807.60           | 257.07                 | 1360.87                | 2993.91          | 953.02                 | 2510.76                | 5523.67          | 1758.29                |
| 11                     | 12.7        | 0.500        | 386.66                 | 850.65           | 270.78                 | 1400.00                | 3080.00          | 980.42                 | 2543.81                | 5596.38          | 1781.44                |

| Penetración | 0.1(") | 0.2(") |
|-------------|--------|--------|
| Molde 01    | 13.76  | 15.07  |
| Molde 02    | 34.13  | 51.45  |
| Molde 03    | 97.13  | 107.38 |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*



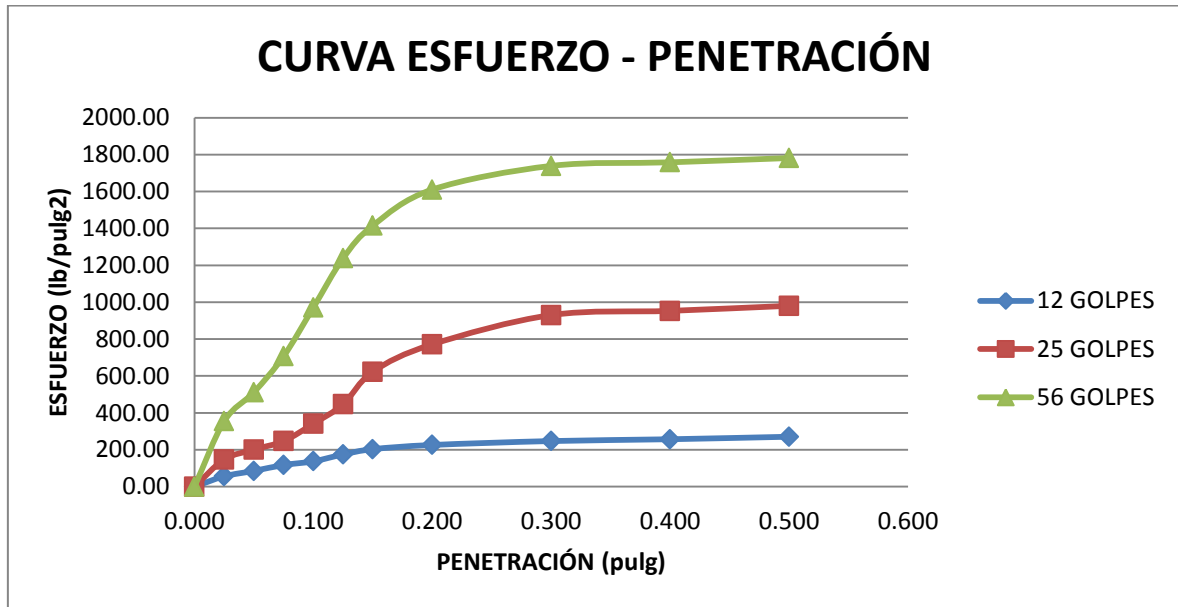


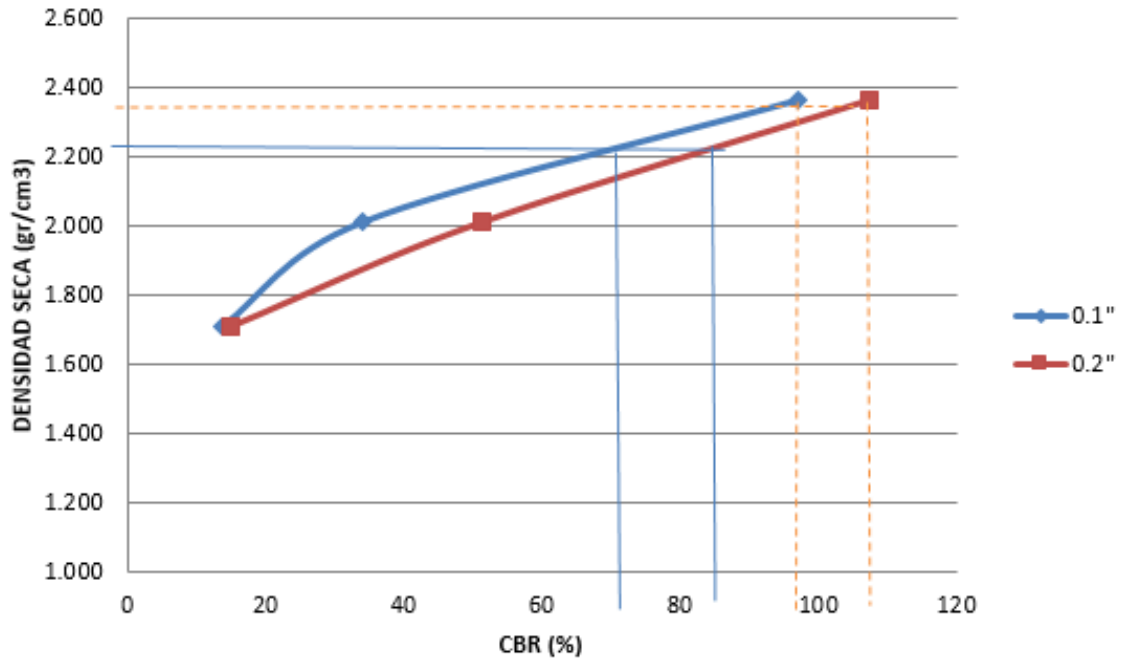
Figura n°. 125: Ensayo de esfuerzo vs deformación

Tabla n° 237: CBR vs Densidad Seca de la calicata 8 con aditivo líquido Proes + cemento

| CBR VS DENSIDAD SECA                    |           |            |             |              |           |         |
|---|-----------|------------|-------------|--------------|-----------|---------|
| ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN |           |            |             |              |           |         |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |            | MOLDE N°2   |              | MOLDE N°3 |         |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"        | 01"         | 02"          | 01"       | 02"     |
| Esfuerzo Terreno (lb/plg2)              | 137.57    | 226.11     | 341.29      | 771.80       | 971.32    | 1610.65 |
| Esfuerzo Patrón (lb/plg2)               | 1000      | 1500       | 1000        | 1500         | 1000      | 1500    |
| CBR (%)                                 | 13.76%    | 15.07%     | 34.13%      | 51.45%       | 97.13%    | 107.38% |
| CBR Y DENSIDAD SECA                     |           |            |             |              |           |         |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |            | MOLDE N°2   |              | MOLDE N°3 |         |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"        | 01"         | 02"          | 01"       | 02"     |
| CBR (%)                                 | 13.76%    | 15.07%     | 34.13%      | 51.45%       | 97.13%    | 107.38% |
| Ds (gr/cm3)                             | 1.71      | 1.71       | 2.01        | 2.01         | 2.36      | 2.36    |
|   |           |            | <b>100%</b> | <b>95%</b>   |           |         |
| Ds Max=                                 | 2.35      | CBR (0.1") | <b>99</b>   | <b>70.00</b> |           |         |
| 95% Ds Max=                             | 2.232     | CBR (0.2") | <b>110</b>  | <b>84</b>    |           |         |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### CBR VS DENSIDAD SECA



*Figura n°. 126: Relación CBR vs Densidad Seca*

**ANEXO n° 20: Resultados del ensayo de CBR con aditivo CONAID**

**Tabla n°238: Contenido de Humedad y Densidad Seca de la Calicata 2 con aditivo líquido CONAID**

0.05 l/m<sup>3</sup>

| CONTENIDO DE HUMEDAD            |                    |                  |             |                  |             |                  |             |
|---------------------------------|--------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| MOLDE N°                        |                    | MOLDE N° 1       |             | MOLDE N° 2       |             | MOLDE N° 3       |             |
| N° GOLPES                       |                    | 12               |             | 25               |             | 56               |             |
| Condición de la Muestra         |                    | Antes de saturar | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    |
| Masa del molde                  | gr                 | 7268.00          |             | 7160.00          |             | 7230.00          |             |
| Masa del suelo + molde          | gr                 | 11289.00         | 11532.00    | 11580.00         | 11800.00    | 12150.00         | 12305.00    |
| Masa de suelo húmedo compactado | gr                 | 4021.00          | 4264.00     | 4420.00          | 4640.00     | 4920.00          | 5075.00     |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>    | 2084.99          |             | 2084.99          |             | 2084.99          |             |
| Densidad Humedad                | gr/cm <sup>3</sup> | 1.93             | 2.05        | 2.12             | 2.23        | 2.36             | 2.43        |
| Recipiente N°                   |                    | T-1              |             | T-2              |             | T-3              |             |
| Masa de Tara                    | gr                 | 25.51            |             | 28.74            |             | 22.64            |             |
| Masa del suelo húmedo + tara    | gr                 | 210.25           |             | 217.00           |             | 240.83           |             |
| Masa del suelo seco + tara      | gr                 | 178.04           |             | 186.00           |             | 208.00           |             |
| Masa de agua                    | gr                 | 32.21            |             | 31.00            |             | 32.83            |             |
| Masa del suelo seco             | gr                 | 152.53           |             | 157.26           |             | 185.36           |             |
| Contenido de agua               | %                  | 21.12%           |             | 19.71%           |             | 17.71%           |             |
| Densidad seca                   | gr/cm <sup>3</sup> | <b>1.59</b>      | <b>1.69</b> | <b>1.77</b>      | <b>1.86</b> | <b>2.00</b>      | <b>2.07</b> |
| <b>Dimensiones MOLDE (cm)</b>   |                    |                  |             |                  |             |                  |             |
| Altura                          |                    | 17.70            |             |                  |             |                  |             |
| Diámetro                        |                    | 15.26            |             |                  |             |                  |             |
| <b>Disco espaciador (cm)</b>    |                    |                  |             |                  |             |                  |             |
| Diámetro                        |                    | 15.00            |             |                  |             |                  |             |
| Altura                          |                    | 6.30             |             |                  |             |                  |             |
| <b>Peso del disco (gr)</b>      |                    |                  |             |                  |             |                  |             |
|                                 |                    | 8.58             |             |                  |             |                  |             |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 239:** Ensayo de Expansión CBR de la Calicata 2 con aditivo Líquido CONAID

| LECTURA DE HINCHAMIENTO |        |                        |       |       |                        |        |       |                        |        |       |
|-------------------------|--------|------------------------|-------|-------|------------------------|--------|-------|------------------------|--------|-------|
| DATOS                   |        | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |       |       | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |        |       | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |        |       |
|                         |        | Hinchamiento           |       |       | Hinchamiento           |        |       | Hinchamiento           |        |       |
| (Horas)                 | (Días) | Deformación<br>(plg)   | (mm)  | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   |
| 0                       | 0      | 0.100                  | 2.540 | 2.674 | 0.350                  | 8.890  | 2.963 | 0.500                  | 12.700 | 2.785 |
| 24                      | 1      | 0.209                  | 5.309 | 0.245 | 0.472                  | 11.989 | 0.245 | 0.612                  | 15.545 | 0.290 |
| 48                      | 2      | 0.214                  | 5.436 | 0.134 | 0.478                  | 12.141 | 0.111 | 0.620                  | 15.748 | 0.111 |
| 72                      | 3      | 0.217                  | 5.512 | 0.067 | 0.480                  | 12.192 | 0.067 | 0.622                  | 15.799 | 0.067 |
| 96                      | 4      | 0.220                  | 5.588 | 0.000 | 0.483                  | 12.268 | 0.000 | 0.625                  | 15.875 | 0.000 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 240:** Ensayo de penetración CBR de la calicata 2 con aditivo Líquido Conaid

| LECTURA DE PENETRACIÓN |             |              |                        |                  |                        |                        |                  |                        |                        |                  |                        |
|------------------------|-------------|--------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| PENETRACIÓN            |             |              | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |                  |                        |
| Medida                 | mm          | Pulg         | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) |
| 1                      | 0           | 0.000        | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   |
| 2                      | 0.63        | 0.025        | 23.51                  | 51.72            | 16.46                  | 41.41                  | 91.10            | 29.00                  | 73.34                  | 161.35           | 51.36                  |
| 3                      | 1.27        | 0.050        | 33.26                  | 73.17            | 23.29                  | 65.51                  | 144.12           | 45.88                  | 103.28                 | 227.22           | 72.33                  |
| 4                      | 1.9         | 0.075        | 39.94                  | 87.87            | 27.97                  | 89.64                  | 197.21           | 62.78                  | 127.47                 | 280.43           | 89.27                  |
| <b>5</b>               | <b>2.54</b> | <b>0.100</b> | <b>45.23</b>           | <b>99.51</b>     | <b>31.67</b>           | <b>107.88</b>          | <b>237.34</b>    | <b>75.55</b>           | <b>158.71</b>          | <b>349.16</b>    | <b>111.14</b>          |
| 6                      | 3.17        | 0.125        | 52.49                  | 115.48           | 36.76                  | 119.99                 | 263.98           | 84.03                  | 177.40                 | 390.28           | 124.23                 |
| 7                      | 3.81        | 0.150        | 63.35                  | 139.37           | 44.36                  | 139.72                 | 307.38           | 97.85                  | 210.55                 | 463.21           | 147.45                 |
| <b>8</b>               | <b>5.08</b> | <b>0.200</b> | <b>76.84</b>           | <b>169.05</b>    | <b>53.81</b>           | <b>173.83</b>          | <b>382.43</b>    | <b>121.73</b>          | <b>268.91</b>          | <b>591.60</b>    | <b>188.32</b>          |
| 9                      | 7.62        | 0.300        | 79.23                  | 174.31           | 55.48                  | 193.92                 | 426.62           | 135.80                 | 288.37                 | 634.41           | 201.95                 |
| 10                     | 10.16       | 0.400        | 85.26                  | 187.57           | 59.71                  | 216.41                 | 476.10           | 151.55                 | 293.07                 | 644.75           | 205.24                 |
| 11                     | 12.7        | 0.500        | 89.41                  | 196.70           | 62.61                  | 223.31                 | 491.28           | 156.38                 | 300.98                 | 662.16           | 210.78                 |

| Penetración | 0.1(") | 0.2(") |
|-------------|--------|--------|
| Molde 01    | 3.17   | 3.59   |
| Molde 02    | 7.55   | 8.12   |
| Molde 03    | 11.11  | 12.55  |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

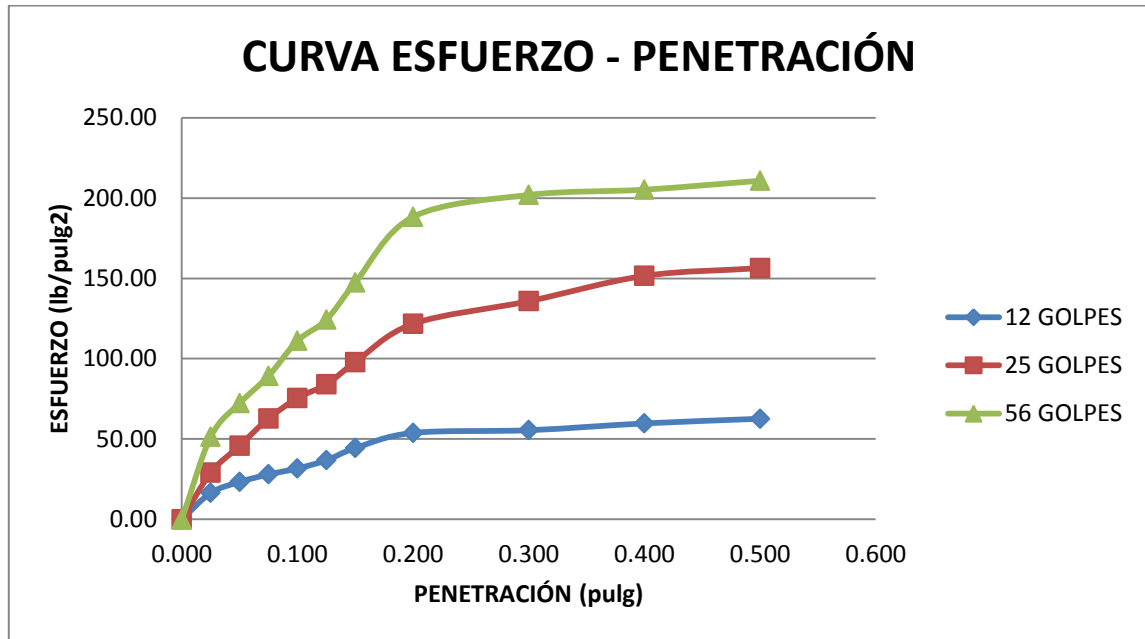


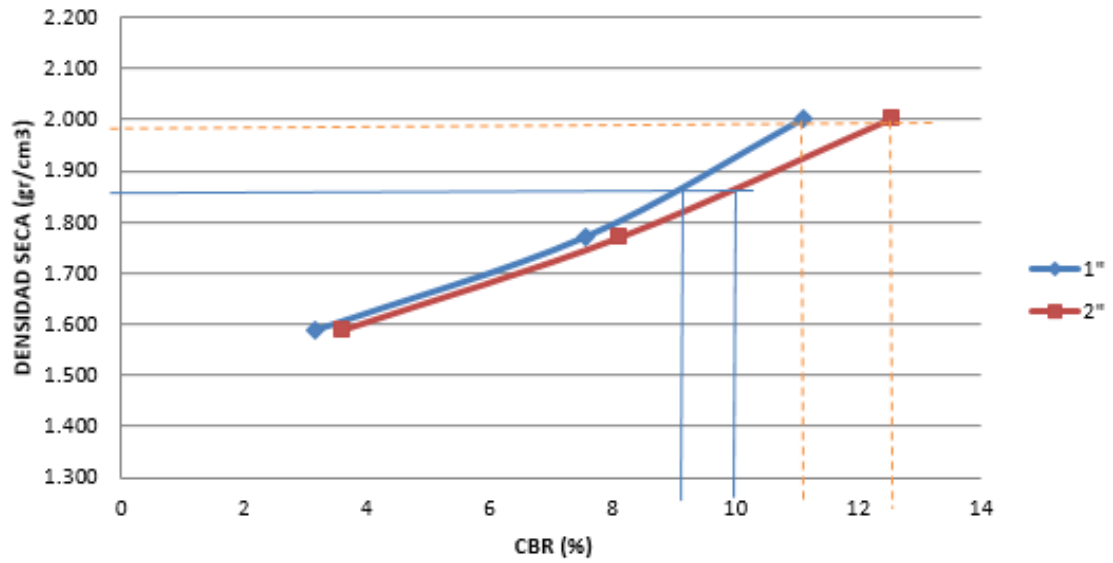
Figura n°. 127: Ensayo de esfuerzo vs deformación

Tabla n° 241: CBR vs Densidad Seca de la calicata 2 con aditivo líquido Conaid

| CBR VS DENSIDAD SECA                    |           |             |             |            |           |        |
|---|-----------|-------------|-------------|------------|-----------|--------|
| ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN |           |             |             |            |           |        |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |             | MOLDE N°2   |            | MOLDE N°3 |        |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"         | 01"         | 02"        | 01"       | 02"    |
| Esfuerzo Terreno (lb/plg2)              | 31.67     | 53.81       | 75.55       | 121.73     | 111.14    | 188.32 |
| Esfuerzo Patrón (lb/plg2)               | 1000      | 1500        | 1000        | 1500       | 1000      | 1500   |
| CBR (%)                                 | 3.17%     | 3.59%       | 7.55%       | 8.12%      | 11.11%    | 12.55% |
| CBR Y DENSIDAD SECA                     |           |             |             |            |           |        |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |             | MOLDE N°2   |            | MOLDE N°3 |        |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"         | 01"         | 02"        | 01"       | 02"    |
| CBR (%)                                 | 3.17%     | 3.59%       | 7.55%       | 8.12%      | 11.11%    | 12.55% |
| Ds (gr/cm3)                             | 1.59      | 1.59        | 1.77        | 1.77       | 2.00      | 2.00   |
|   |           | <b>100%</b> | <b>95%</b>  |            |           |        |
| Ds Max=                                 | 1.97      | CBR (0.1")  | <b>11.0</b> | <b>9.0</b> |           |        |
| 95% Ds Max=                             | 1.871     | CBR (0.2")  | <b>12.5</b> | <b>10</b>  |           |        |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### CBR VS DENSIDAD SECA



*Figura n°. 128: Relación CBR vs Densidad Seca*

**Tabla n°242:** Contenido de Humedad y Densidad Seca de la Calicata 4 con aditivo líquido CONAID  
0.05 l/m<sup>3</sup>

| CONTENIDO DE HUMEDAD            |                    |             |                  |             |                  |             |             |
|---------------------------------|--------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|-------------|
| MOLDE N°                        | MOLDE N° 1         |             | MOLDE N° 2       |             | MOLDE N° 3       |             |             |
| N° GOLPES                       | 12                 |             | 25               |             | 56               |             |             |
| Condición de la Muestra         | Antes de saturar   | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    |             |
| Masa del molde                  | 7070.00            |             | 7220.00          |             | 7180.00          |             |             |
| Masa del suelo + molde          | gr                 | 11368.00    | 11602.00         | 11660.00    | 11890.00         | 12287.00    | 12396.00    |
| Masa de suelo húmedo compactado | gr                 | 4298.00     | 4532.00          | 4440.00     | 4670.00          | 5107.00     | 5216.00     |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>    | 2084.99     |                  | 2084.99     |                  | 2084.99     |             |
| Densidad Humedad                | gr/cm <sup>3</sup> | 2.06        | 2.17             | 2.13        | 2.24             | 2.45        | 2.50        |
| Recipiente N°                   |                    | T-1         |                  | T-2         |                  | T-3         |             |
| Masa de Tara                    | gr                 | 28.32       |                  | 28.70       |                  | 27.42       |             |
| Masa del suelo húmedo + tara    | gr                 | 231.06      |                  | 302.72      |                  | 156.47      |             |
| Masa del suelo seco + tara      | gr                 | 194.67      |                  | 260.17      |                  | 137.54      |             |
| Masa de agua                    | gr                 | 36.39       |                  | 42.55       |                  | 18.93       |             |
| Masa del suelo seco             | gr                 | 166.35      |                  | 231.47      |                  | 110.12      |             |
| Contenido de agua               | %                  | 21.88%      |                  | 18.38%      |                  | 17.19%      |             |
| Densidad seca                   | gr/cm <sup>3</sup> | <b>1.69</b> | <b>1.78</b>      | <b>1.80</b> | <b>1.89</b>      | <b>2.09</b> | <b>2.13</b> |

**Dimensiones MOLDE  
(cm)**

|          |       |
|----------|-------|
| Altura   | 17.70 |
| Diámetro | 15.26 |

**Disco espaciador  
(cm)**

|          |       |
|----------|-------|
| Diámetro | 15.00 |
| Altura   | 6.30  |

**Peso del disco (gr)**

8.58

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 243:** Ensayo de Expansión CBR de la Calicata 4 con aditivo Líquido CONAID

| LECTURA DE HINCHAMIENTO |        |                        |        |       |                        |        |       |                        |       |       |  |
|-------------------------|--------|------------------------|--------|-------|------------------------|--------|-------|------------------------|-------|-------|--|
| DATOS                   |        | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |        |       | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |        |       | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |       |       |  |
| (Horas)                 | (Días) | Hinchamiento           |        |       | Hinchamiento           |        |       | Hinchamiento           |       |       |  |
|                         |        | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)  | (%)   |  |
| 0                       | 0      | 0.420                  | 10.668 | 2.317 | 0.386                  | 9.804  | 2.518 | 0.300                  | 7.620 | 2.072 |  |
| 24                      | 1      | 0.511                  | 12.979 | 0.290 | 0.481                  | 12.217 | 0.401 | 0.384                  | 9.754 | 0.201 |  |
| 48                      | 2      | 0.518                  | 13.157 | 0.134 | 0.492                  | 12.497 | 0.156 | 0.391                  | 9.931 | 0.045 |  |
| 72                      | 3      | 0.522                  | 13.259 | 0.045 | 0.496                  | 12.598 | 0.067 | 0.393                  | 9.982 | 0.000 |  |
| 96                      | 4      | 0.524                  | 13.310 | 0.000 | 0.499                  | 12.675 | 0.000 | 0.393                  | 9.982 | 0.000 |  |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 244:** Ensayo de penetración CBR de la calicata 4 con aditivo líquido Conaid

| LECTURA DE PENETRACIÓN |             |              |                        |                  |                        |                        |                  |                        |                        |                  |                        |
|------------------------|-------------|--------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| PENETRACIÓN            |             |              | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |                  |                        |
| Medida                 | mm          | Pulg         | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) |
| 1                      | 0           | 0.000        | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   |
| 2                      | 0.63        | 0.025        | 19.57                  | 43.05            | 13.70                  | 28.28                  | 62.22            | 19.80                  | 65.18                  | 143.40           | 45.65                  |
| 3                      | 1.27        | 0.050        | 27.35                  | 60.17            | 19.15                  | 48.85                  | 107.47           | 34.21                  | 99.57                  | 219.05           | 69.73                  |
| 4                      | 1.9         | 0.075        | 53.14                  | 116.91           | 37.21                  | 78.14                  | 171.91           | 54.72                  | 165.23                 | 363.51           | 115.71                 |
| <b>5</b>               | <b>2.54</b> | <b>0.100</b> | <b>63.24</b>           | <b>139.13</b>    | <b>44.29</b>           | <b>105.53</b>          | <b>232.17</b>    | <b>73.90</b>           | <b>200.25</b>          | <b>440.55</b>    | <b>140.24</b>          |
| 6                      | 3.17        | 0.125        | 89.31                  | 196.48           | 62.54                  | 119.19                 | 262.22           | 83.47                  | 254.33                 | 559.53           | 178.11                 |
| 7                      | 3.81        | 0.150        | 93.55                  | 205.81           | 65.51                  | 142.27                 | 312.99           | 99.63                  | 296.47                 | 652.23           | 207.62                 |
| <b>8</b>               | <b>5.08</b> | <b>0.200</b> | <b>122.40</b>          | <b>269.28</b>    | <b>85.72</b>           | <b>178.53</b>          | <b>392.77</b>    | <b>125.02</b>          | <b>323.02</b>          | <b>710.64</b>    | <b>226.21</b>          |
| 9                      | 7.62        | 0.300        | 129.27                 | 284.39           | 90.53                  | 200.11                 | 440.24           | 140.14                 | 377.06                 | 829.53           | 264.06                 |
| 10                     | 10.16       | 0.400        | 133.38                 | 293.44           | 93.41                  | 228.86                 | 503.49           | 160.27                 | 405.50                 | 892.10           | 283.97                 |
| 11                     | 12.7        | 0.500        | 140.09                 | 308.20           | 98.11                  | 233.47                 | 513.63           | 163.50                 | 427.41                 | 940.30           | 299.32                 |

| Penetración | 0.1(") | 0.2(") |
|-------------|--------|--------|
| Molde 01    | 4.43   | 5.71   |
| Molde 02    | 7.39   | 8.33   |
| Molde 03    | 14.02  | 15.08  |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*



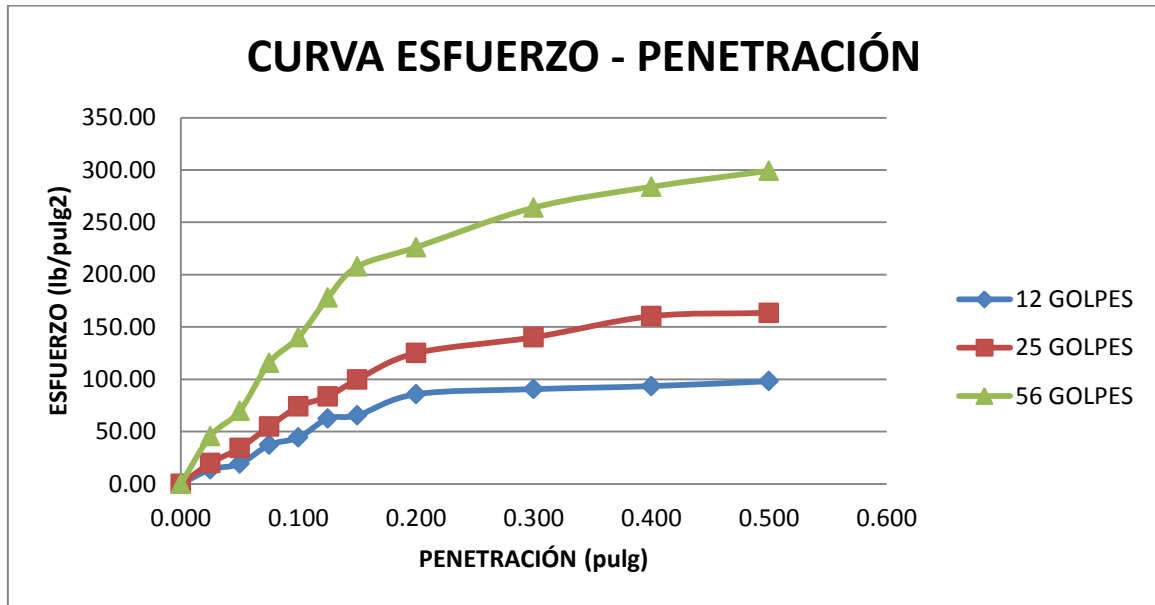


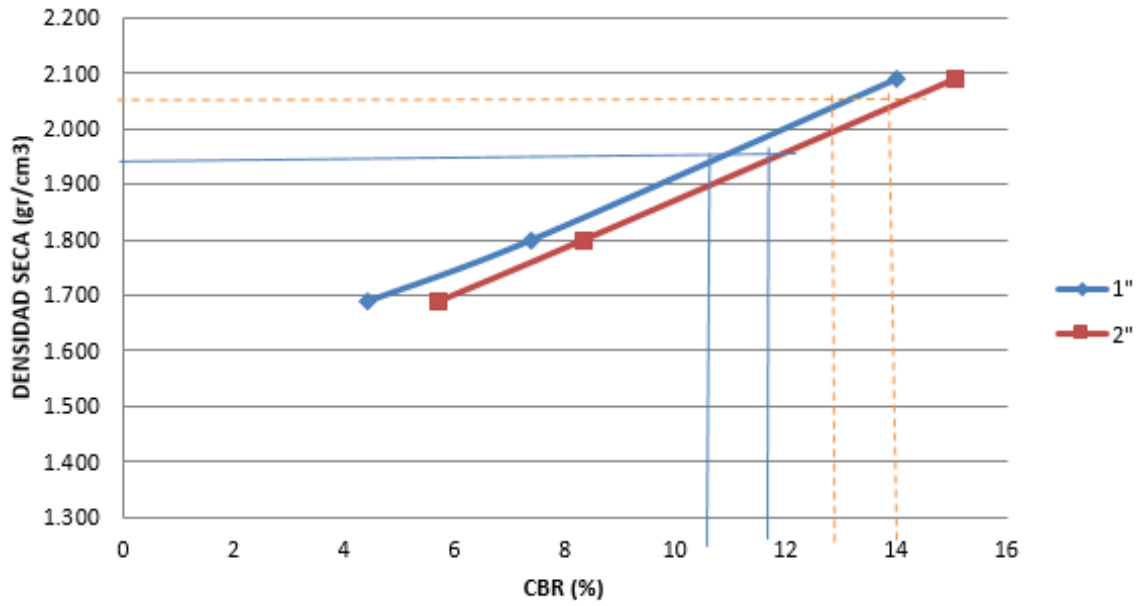
Figura n°. 129: Ensayo de esfuerzo vs deformación

Tabla n° 245: CBR vs Densidad Seca de la calicata 4 con aditivo líquido Conaid

| CBR VS DENSIDAD SECA                    |           |            |             |              |           |        |
|---|-----------|------------|-------------|--------------|-----------|--------|
| ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN |           |            |             |              |           |        |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |            | MOLDE N°2   |              | MOLDE N°3 |        |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"        | 01"         | 02"          | 01"       | 02"    |
| Esfuerzo Terreno (lb/plg2)              | 44.29     | 85.72      | 73.90       | 125.02       | 140.24    | 226.21 |
| Esfuerzo Patrón (lb/plg2)               | 1000      | 1500       | 1000        | 1500         | 1000      | 1500   |
| CBR (%)                                 | 4.43%     | 5.71%      | 7.39%       | 8.33%        | 14.02%    | 15.08% |
| CBR Y DENSIDAD SECA                     |           |            |             |              |           |        |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |            | MOLDE N°2   |              | MOLDE N°3 |        |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"        | 01"         | 02"          | 01"       | 02"    |
| CBR (%)                                 | 4.43%     | 5.71%      | 7.39%       | 8.33%        | 14.02%    | 15.08% |
| Ds (gr/cm3)                             | 1.69      | 1.69       | 1.80        | 1.80         | 2.09      | 2.09   |
|   |           |            | <b>100%</b> | <b>95%</b>   |           |        |
| Ds Max=                                 | 2.05      | CBR (0.1") | <b>13</b>   | <b>10.30</b> |           |        |
| 95% Ds Max=                             | 1.947     | CBR (0.2") | <b>14</b>   | <b>11.9</b>  |           |        |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### CBR VS DENSIDAD SECA



*Figura n°. 130: Relación CBR vs Densidad Seca*

**Tabla n°246:** Contenido de Humedad y Densidad Seca de la Calicata 6 con aditivo líquido CONAID  
0.05 l/m<sup>3</sup>

| CONTENIDO DE HUMEDAD            |                    |                  |          |                  |          |                  |          |
|---------------------------------|--------------------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|
| MOLDE N°                        |                    | MOLDE N° 1       |          | MOLDE N° 2       |          | MOLDE N° 3       |          |
| N° GOLPES                       |                    | 12               |          | 25               |          | 56               |          |
| Condición de la Muestra         |                    | Antes de saturar | Saturado | Antes de saturar | Saturado | Antes de saturar | Saturado |
| Masa del molde                  | gr                 | 7085.00          |          | 7230.00          |          | 7225.00          |          |
| Masa del suelo + molde          | gr                 | 10940.00         | 11320.00 | 11495.00         | 11740.00 | 12135.00         | 12565.00 |
| Masa de suelo húmedo compactado | gr                 | 3855.00          | 4235.00  | 4265.00          | 4510.00  | 4910.00          | 5340.00  |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>    | 2084.99          |          | 2084.99          |          | 2084.99          |          |
| Densidad Humedad                | gr/cm <sup>3</sup> | 1.85             | 2.03     | 2.05             | 2.16     | 2.35             | 2.56     |
| Recipiente N°                   |                    | T-1              |          | T-2              |          | T-3              |          |
| Masa de Tara                    | gr                 | 27.20            |          | 28.03            |          | 27.23            |          |
| Masa del suelo húmedo+tara      | gr                 | 178.26           |          | 232.05           |          | 210.40           |          |
| Masa del suelo seco + tara      | gr                 | 150.34           |          | 198.22           |          | 185.67           |          |
| Masa de agua                    | gr                 | 27.92            |          | 33.83            |          | 24.73            |          |
| Masa del suelo seco             | gr                 | 123.14           |          | 170.19           |          | 158.44           |          |
| Contenido de agua               | %                  | 22.67%           |          | 19.88%           |          | 15.61%           |          |
| Densidad seca                   | gr/cm <sup>3</sup> | 1.51             | 1.66     | 1.71             | 1.80     | 2.04             | 2.22     |

| Dimensiones MOLDE (cm) |       |
|------------------------|-------|
| Altura                 | 17.70 |
| Diámetro               | 15.26 |
| Disco espaciador (cm)  |       |
| Diámetro               | 15.00 |
| Altura                 | 6.30  |
| Peso del disco (gr)    |       |
|                        | 8.58  |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

Tabla n° 247: Ensayo de Expansión CBR de la Calicata 6 con aditivo Líquido CONAID

| LECTURA DE HINCHAMIENTO |        |                        |        |       |                        |        |       |                        |        |       |
|-------------------------|--------|------------------------|--------|-------|------------------------|--------|-------|------------------------|--------|-------|
| DATOS                   |        | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |        |       | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |        |       | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |        |       |
|                         |        | Hinchamiento           |        |       | Hinchamiento           |        |       | Hinchamiento           |        |       |
| (Horas)                 | (Días) | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   |
| 0                       | 0      | 0.500                  | 12.700 | 2.273 | 0.600                  | 15.240 | 3.832 | 0.300                  | 7.620  | 3.342 |
| 24                      | 1      | 0.596                  | 15.138 | 0.134 | 0.730                  | 18.542 | 0.936 | 0.411                  | 10.439 | 0.869 |
| 48                      | 2      | 0.600                  | 15.240 | 0.045 | 0.765                  | 19.431 | 0.156 | 0.443                  | 11.252 | 0.156 |
| 72                      | 3      | 0.601                  | 15.265 | 0.022 | 0.769                  | 19.533 | 0.067 | 0.448                  | 11.379 | 0.045 |
| 96                      | 4      | 0.602                  | 15.291 | 0.000 | 0.772                  | 19.609 | 0.000 | 0.450                  | 11.430 | 0.000 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla n° 248: Ensayo de penetración CBR de la calicata 6 con aditivo líquido Conaid

| LECTURA DE PENETRACIÓN |             |              |                        |                  |                        |                        |                  |                        |                        |                  |                        |
|------------------------|-------------|--------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| PENETRACIÓN            |             |              | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |                  |                        |
|                        |             |              | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) |
| Medida                 | mm          | Pulg         |                        |                  |                        |                        |                  |                        |                        |                  |                        |
| 1                      | 0           | 0.000        | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   |
| 2                      | 0.63        | 0.025        | 20.65                  | 45.43            | 14.46                  | 32.20                  | 70.84            | 22.55                  | 88.35                  | 194.37           | 61.87                  |
| 3                      | 1.27        | 0.050        | 35.24                  | 77.53            | 24.68                  | 55.18                  | 121.40           | 38.64                  | 122.24                 | 268.93           | 85.60                  |
| 4                      | 1.9         | 0.075        | 43.51                  | 95.72            | 30.47                  | 80.29                  | 176.64           | 56.23                  | 156.62                 | 344.56           | 109.68                 |
| <b>5</b>               | <b>2.54</b> | <b>0.100</b> | <b>63.05</b>           | <b>138.71</b>    | <b>44.15</b>           | <b>94.74</b>           | <b>208.43</b>    | <b>66.35</b>           | <b>176.24</b>          | <b>387.73</b>    | <b>123.42</b>          |
| 6                      | 3.17        | 0.125        | 82.18                  | 180.80           | 57.55                  | 118.52                 | 260.74           | 83.00                  | 193.31                 | 425.28           | 135.38                 |
| 7                      | 3.81        | 0.150        | 102.02                 | 224.44           | 71.44                  | 133.30                 | 293.26           | 93.35                  | 227.08                 | 499.58           | 159.02                 |
| <b>8</b>               | <b>5.08</b> | <b>0.200</b> | <b>123.33</b>          | <b>271.33</b>    | <b>86.37</b>           | <b>153.47</b>          | <b>337.63</b>    | <b>107.48</b>          | <b>286.50</b>          | <b>630.30</b>    | <b>200.64</b>          |
| 9                      | 7.62        | 0.300        | 148.82                 | 327.40           | 104.22                 | 179.05                 | 393.91           | 125.39                 | 326.01                 | 717.22           | 228.31                 |
| 10                     | 10.16       | 0.400        | 162.35                 | 357.17           | 113.69                 | 194.57                 | 428.05           | 136.26                 | 349.57                 | 769.05           | 244.80                 |
| 11                     | 12.7        | 0.500        | 176.64                 | 388.61           | 123.70                 | 206.06                 | 453.33           | 144.30                 | 377.28                 | 830.02           | 264.21                 |

| Penetración | 0.1(") | 0.2(") |
|-------------|--------|--------|
| Molde 01    | 4.42   | 5.76   |
| Molde 02    | 6.63   | 7.17   |
| Molde 03    | 12.34  | 13.38  |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

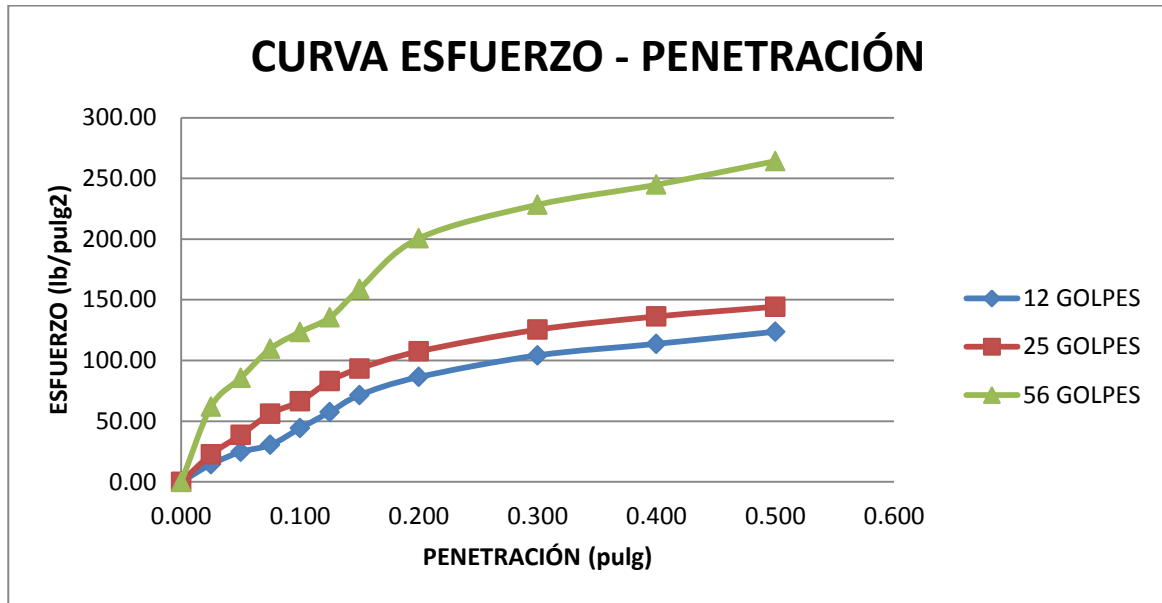


Figura n°. 131: Ensayo de esfuerzo vs deformación

Tabla n° 249: CBR vs Densidad Seca de la calicata 6 con aditivo líquido Conaid

| CBR VS DENSIDAD SECA                    |           |            |             |             |           |        |
|---|-----------|------------|-------------|-------------|-----------|--------|
| ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN |           |            |             |             |           |        |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |            | MOLDE N°2   |             | MOLDE N°3 |        |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"        | 01"         | 02"         | 01"       | 02"    |
| Esfuerzo Terreno (lb/plg2)              | 44.15     | 86.37      | 66.35       | 107.48      | 123.42    | 200.64 |
| Esfuerzo Patrón (lb/plg2)               | 1000      | 1500       | 1000        | 1500        | 1000      | 1500   |
| CBR (%)                                 | 4.42%     | 5.76%      | 6.63%       | 7.17%       | 12.34%    | 13.38% |
| CBR Y DENSIDAD SECA                     |           |            |             |             |           |        |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |            | MOLDE N°2   |             | MOLDE N°3 |        |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"        | 01"         | 02"         | 01"       | 02"    |
| CBR (%)                                 | 4.42%     | 5.76%      | 6.63%       | 7.17%       | 12.34%    | 13.38% |
| Ds (gr/cm3)                             | 1.51      | 1.51       | 1.71        | 1.71        | 2.04      | 2.04   |
|   |           |            | <b>100%</b> | <b>95%</b>  |           |        |
| Ds Max=                                 | 2.04      | CBR (0.1") | <b>12.2</b> | <b>10.1</b> |           |        |
| 95% Ds Max=                             | 1.938     | CBR (0.2") | <b>13.8</b> | <b>11.9</b> |           |        |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### CBR VS DENSIDAD SECA

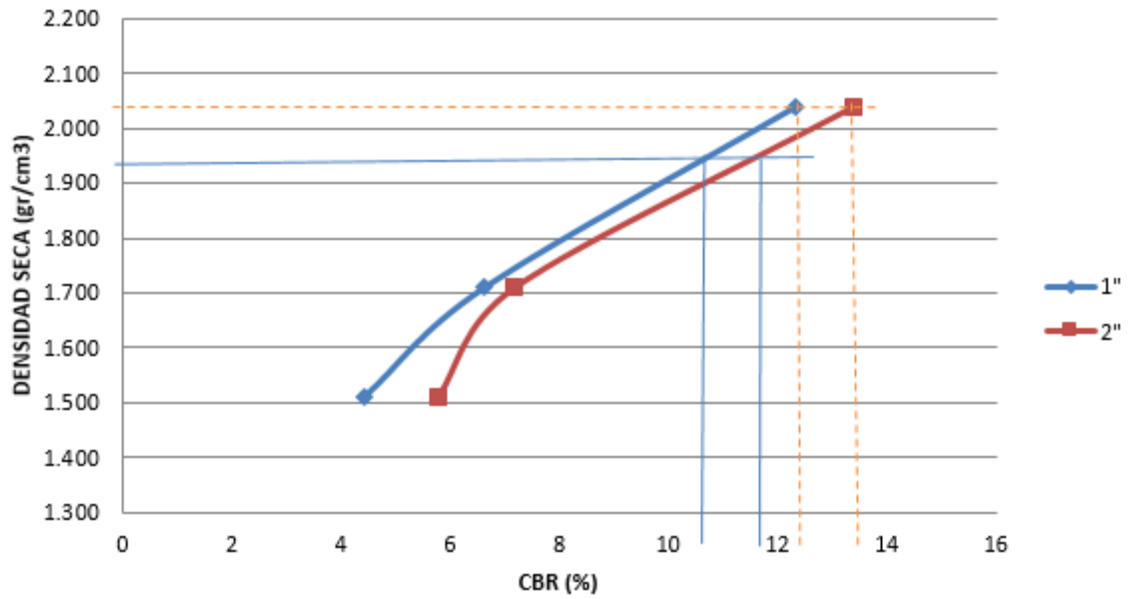


Figura n°. 132: Relación CBR vs Densidad Seca

**Tabla n°250:** Contenido de Humedad y Densidad Seca de la Calicata 8 con aditivo líquido CONAID  
0.05 l/m<sup>3</sup>

| CONTENIDO DE HUMEDAD            |                    |                  |             |                  |             |                  |             |
|---------------------------------|--------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| MOLDE N°                        |                    | MOLDE N° 1       |             | MOLDE N° 2       |             | MOLDE N° 3       |             |
| N° GOLPES                       |                    | 12               |             | 25               |             | 56               |             |
| Condición de la Muestra         |                    | Antes de saturar | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    |
| Masa del molde                  | gr                 | 7268.00          |             | 7196.00          |             | 7130.00          |             |
| Masa del suelo + molde          | gr                 | 11684.00         | 12100.00    | 12010.00         | 12100.00    | 12240.00         | 12620.00    |
| Masa de suelo húmedo compactado | gr                 | 4416.00          | 4832.00     | 4814.00          | 4904.00     | 5110.00          | 5490.00     |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>    | 2084.99          |             | 2084.99          |             | 2084.99          |             |
| Densidad Humedad                | gr/cm <sup>3</sup> | 2.12             | 2.32        | 2.31             | 2.35        | 2.45             | 2.63        |
| Recipiente N°                   |                    | T-1              |             | T-2              |             | T-3              |             |
| Masa de Tara                    | gr                 | 27.32            |             | 28.21            |             | 22.14            |             |
| Masa del suelo húmedo+tara      | gr                 | 168.24           |             | 254.25           |             | 196.27           |             |
| Masa del suelo seco + tara      | gr                 | 142.38           |             | 215.54           |             | 169.82           |             |
| Masa de agua                    | gr                 | 25.86            |             | 38.71            |             | 26.45            |             |
| Masa del suelo seco             | gr                 | 115.06           |             | 187.33           |             | 147.68           |             |
| Contenido de agua               | %                  | 22.48%           |             | 20.66%           |             | 17.91%           |             |
| Densidad seca                   | gr/cm <sup>3</sup> | <b>1.73</b>      | <b>1.89</b> | <b>1.91</b>      | <b>1.95</b> | <b>2.08</b>      | <b>2.23</b> |

**Dimensiones MOLDE  
(cm)**

|          |       |
|----------|-------|
| Altura   | 17.70 |
| Diámetro | 15.26 |

**Disco espaciador  
(cm)**

|          |       |
|----------|-------|
| Diámetro | 15.00 |
| Altura   | 6.30  |

**Peso del disco (gr)**

8.58

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 251: Ensayo de Expansión CBR de la Calicata 8 con aditivo Líquido CONAID**

| LECTURA DE HINCHAMIENTO |        |                        |        |       |                        |       |       |                        |       |       |
|-------------------------|--------|------------------------|--------|-------|------------------------|-------|-------|------------------------|-------|-------|
| DATOS                   |        | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |        |       | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |       |       | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |       |       |
| (Horas)                 | (Días) | Hinchamiento           |        |       | Hinchamiento           |       |       | Hinchamiento           |       |       |
|                         |        | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)  | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)  | (%)   |
| 0                       | 0      | 0.362                  | 9.195  | 1.961 | 0.250                  | 6.350 | 2.807 | 0.205                  | 5.207 | 2.763 |
| 24                      | 1      | 0.424                  | 10.770 | 0.579 | 0.369                  | 9.373 | 0.156 | 0.312                  | 7.925 | 0.379 |
| 48                      | 2      | 0.444                  | 11.278 | 0.134 | 0.373                  | 9.474 | 0.067 | 0.322                  | 8.179 | 0.156 |
| 72                      | 3      | 0.448                  | 11.379 | 0.045 | 0.375                  | 9.525 | 0.022 | 0.326                  | 8.280 | 0.067 |
| 96                      | 4      | 0.450                  | 11.430 | 0.000 | 0.376                  | 9.550 | 0.000 | 0.329                  | 8.357 | 0.000 |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 252: Ensayo de penetración CBR de la calicata 8 con aditivo líquido Conaid**

| LECTURA DE PENETRACIÓN |             |              |                        |               |               |                        |               |               |                        |               |               |
|------------------------|-------------|--------------|------------------------|---------------|---------------|------------------------|---------------|---------------|------------------------|---------------|---------------|
| PENETRACIÓN            |             |              | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |               |               | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |               |               | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |               |               |
| Medida                 | mm          | Pulg         | Carga                  | Esfuerzo      | Esfuerzo      | Carga                  | Esfuerzo      | Esfuerzo      | Carga                  | Esfuerzo      | Esfuerzo      |
|                        |             |              | (Kg)                   | (lb)          | (lb/pulg2)    | (Kg)                   | (lb)          | (lb/pulg2)    | (Kg)                   | (lb)          | (lb/pulg2)    |
| 1                      | 0           | 0.000        | 0.00                   | 0.00          | 0.00          | 0.00                   | 0.00          | 0.00          | 0.00                   | 0.00          | 0.00          |
| 2                      | 0.63        | 0.025        | 26.54                  | 58.39         | 18.59         | 42.00                  | 92.40         | 29.41         | 107.75                 | 237.05        | 75.46         |
| 3                      | 1.27        | 0.050        | 49.24                  | 108.33        | 34.48         | 73.36                  | 161.39        | 51.37         | 149.30                 | 328.46        | 104.56        |
| 4                      | 1.9         | 0.075        | 73.01                  | 160.62        | 51.13         | 98.88                  | 217.54        | 69.25         | 197.72                 | 434.98        | 138.46        |
| <b>5</b>               | <b>2.54</b> | <b>0.100</b> | <b>96.32</b>           | <b>211.90</b> | <b>67.45</b>  | <b>124.32</b>          | <b>273.50</b> | <b>87.06</b>  | <b>224.44</b>          | <b>493.77</b> | <b>157.18</b> |
| 6                      | 3.17        | 0.125        | 113.30                 | 249.26        | 79.34         | 151.49                 | 333.28        | 106.09        | 291.25                 | 640.75        | 203.96        |
| 7                      | 3.81        | 0.150        | 124.57                 | 274.05        | 87.24         | 167.56                 | 368.63        | 117.34        | 325.33                 | 715.73        | 227.83        |
| <b>8</b>               | <b>5.08</b> | <b>0.200</b> | <b>149.99</b>          | <b>329.98</b> | <b>105.04</b> | <b>199.48</b>          | <b>438.86</b> | <b>139.70</b> | <b>367.04</b>          | <b>807.49</b> | <b>257.04</b> |
| 9                      | 7.62        | 0.300        | 163.35                 | 359.37        | 114.39        | 224.66                 | 494.25        | 157.33        | 397.27                 | 873.99        | 278.21        |
| 10                     | 10.16       | 0.400        | 172.08                 | 378.58        | 120.51        | 243.91                 | 536.60        | 170.81        | 413.58                 | 909.88        | 289.63        |
| 11                     | 12.7        | 0.500        | 179.52                 | 394.94        | 125.72        | 255.50                 | 562.10        | 178.93        | 446.39                 | 982.06        | 312.61        |

| Penetración | 0.1(") | 0.2(") |
|-------------|--------|--------|
| Molde 01    | 6.75   | 7.00   |
| Molde 02    | 8.71   | 9.31   |
| Molde 03    | 15.72  | 17.14  |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*



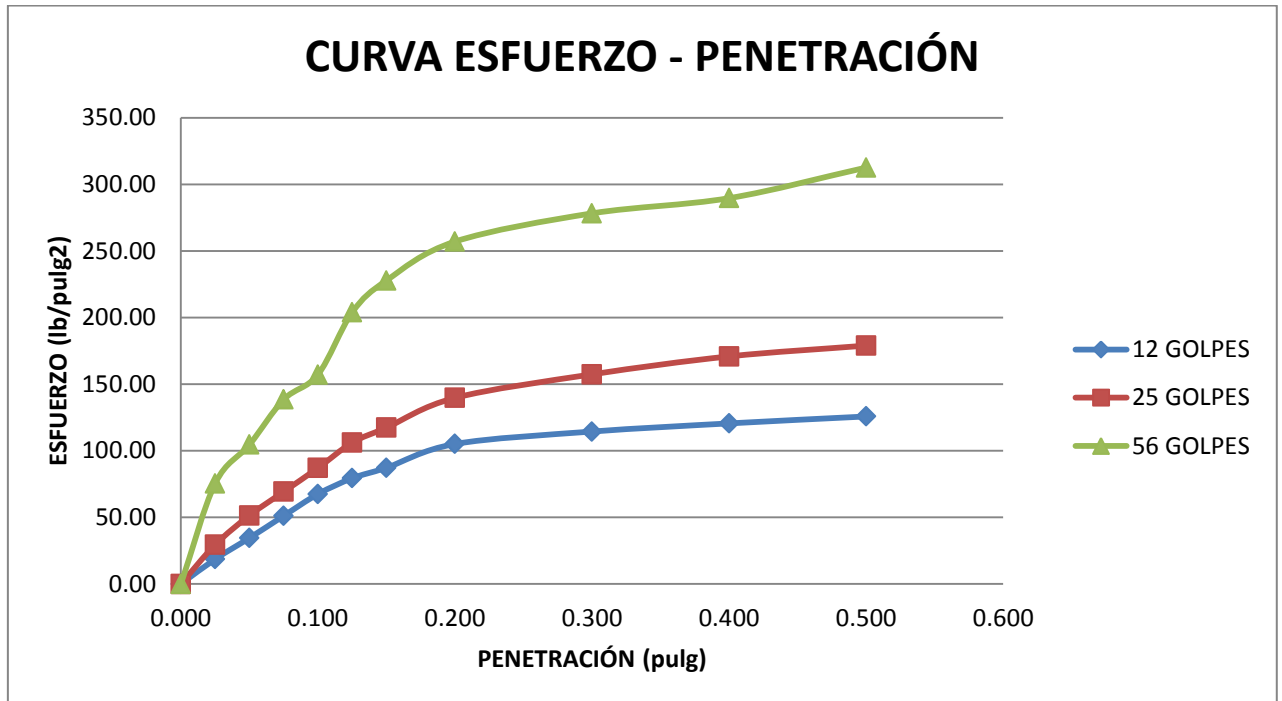
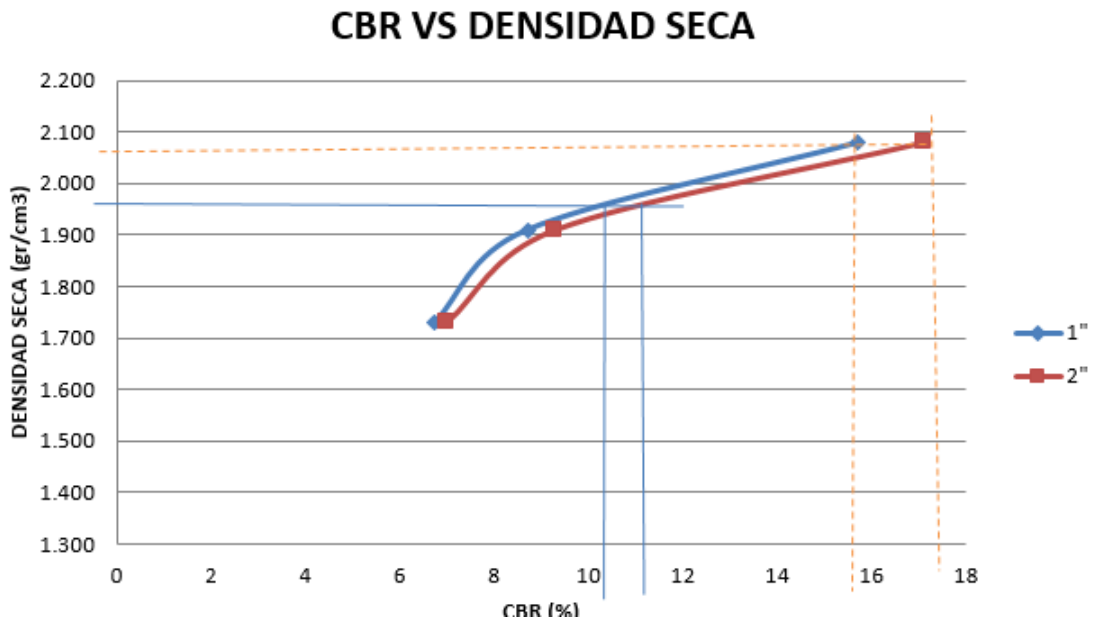


Figura n°. 133: Ensayo de esfuerzo vs deformación

Tabla n° 253: CBR vs Densidad Seca de la calicata 8 con aditivo líquido Conaid

| CBR VS DENSIDAD SECA                           |           |            |             |              |           |        |
|--|-----------|------------|-------------|--------------|-----------|--------|
| <b>ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN</b> |           |            |             |              |           |        |
| MOLDE N°                                       | MOLDE N°1 |            | MOLDE N°2   |              | MOLDE N°3 |        |
| Penetración (")                                | 01"       | 02"        | 01"         | 02"          | 01"       | 02"    |
| Esfuerzo Terreno (lb/plg2)                     | 67.45     | 105.04     | 87.06       | 139.70       | 157.18    | 257.04 |
| Esfuerzo Patrón (lb/plg2)                      | 1000      | 1500       | 1000        | 1500         | 1000      | 1500   |
| CBR (%)  | 6.75%     | 7.00%      | 8.71%       | 9.31%        | 15.72%    | 17.14% |
| <b>CBR Y DENSIDAD SECA</b>                     |           |            |             |              |           |        |
| MOLDE N°                                       | MOLDE N°1 |            | MOLDE N°2   |              | MOLDE N°3 |        |
| Penetración (")                                | 01"       | 02"        | 01"         | 02"          | 01"       | 02"    |
| CBR (%)  | 6.75%     | 7.00%      | 8.71%       | 9.31%        | 15.72%    | 17.14% |
| Ds (gr/cm3)                                    | 1.73      | 1.73       | 1.91        | 1.91         | 2.08      | 2.08   |
|  |           |            | <b>100%</b> | <b>95%</b>   |           |        |
| Ds Max=  | 2.06      | CBR (0.1") | <b>15.9</b> | <b>10.10</b> |           |        |
| 95% Ds Max=                                    | 1.957     | CBR (0.2") | <b>17.9</b> | <b>11.50</b> |           |        |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



*Figura n°. 134: Relación CBR vs Densidad Seca*

**Tabla n°254:** Contenido de Humedad y Densidad Seca de la Calicata 2 con aditivo líquido CONAID

$0.05 \text{ l/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$

| CONTENIDO DE HUMEDAD            |                    |                  |             |                  |             |                  |             |
|---------------------------------|--------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| MOLDE N°                        |                    | MOLDE N° 1       |             | MOLDE N° 2       |             | MOLDE N° 3       |             |
| N° GOLPES                       |                    | 12               |             | 25               |             | 56               |             |
| Condición de la Muestra         |                    | Antes de saturar | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    |
| Masa del molde                  | gr                 | 7150.00          |             | 7175.00          |             | 7212.00          |             |
| Masa del suelo + molde          | gr                 | 11163.00         | 11514.00    | 11732.00         | 11940.00    | 12105.00         | 12310.00    |
| Masa de suelo húmedo compactado | gr                 | 4013.00          | 4364.00     | 4557.00          | 4765.00     | 4893.00          | 5098.00     |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>    | 2084.99          |             | 2084.99          |             | 2084.99          |             |
| Densidad Humedad                | gr/cm <sup>3</sup> | 1.92             | 2.09        | 2.19             | 2.29        | 2.35             | 2.45        |
| Recipiente N°                   |                    | T-1              |             | T-2              |             | T-3              |             |
| Masa de Tara                    | gr                 | 24.34            |             | 22.61            |             | 21.74            |             |
| Masa del suelo húmedo + tara    | gr                 | 265.18           |             | 175.31           |             | 164.00           |             |
| Masa del suelo seco + tara      | gr                 | 228.37           |             | 153.86           |             | 144.58           |             |
| Masa de agua                    | gr                 | 36.81            |             | 21.45            |             | 19.42            |             |
| Masa del suelo seco             | gr                 | 204.03           |             | 131.25           |             | 122.84           |             |
| Contenido de agua               | %                  | 18.04%           |             | 16.34%           |             | 15.81%           |             |
| Densidad seca                   | gr/cm <sup>3</sup> | <b>1.63</b>      | <b>1.77</b> | <b>1.88</b>      | <b>1.96</b> | <b>2.03</b>      | <b>2.11</b> |
| <b>Dimensiones MOLDE (cm)</b>   |                    |                  |             |                  |             |                  |             |
| Altura                          |                    | 17.70            |             |                  |             |                  |             |
| Diámetro                        |                    | 15.26            |             |                  |             |                  |             |
| <b>Disco espaciador (cm)</b>    |                    |                  |             |                  |             |                  |             |
| Diámetro                        |                    | 15.00            |             |                  |             |                  |             |
| Altura                          |                    | 6.30             |             |                  |             |                  |             |
| <b>Peso del disco (gr)</b>      |                    |                  |             |                  |             |                  |             |
|                                 |                    | 8.58             |             |                  |             |                  |             |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 255:** Ensayo de Expansión CBR de la Calicata 2 con aditivo Líquido CONAID + Cemento

| LECTURA DE HINCHAMIENTO |        |                   |       |       |                   |        |       |                   |        |       |  |
|-------------------------|--------|-------------------|-------|-------|-------------------|--------|-------|-------------------|--------|-------|--|
| DATOS                   |        | MOLDE N°1         |       |       | MOLDE N°2         |        |       | MOLDE N°3         |        |       |  |
|                         |        | 12 GOLPES         |       |       | 25 GOLPES         |        |       | 56 GOLPES         |        |       |  |
| (Horas)                 | (Días) | Hinchamiento      |       |       | Hinchamiento      |        |       | Hinchamiento      |        |       |  |
|                         |        | Deformación (plg) | (mm)  | (%)   | Deformación (plg) | (mm)   | (%)   | Deformación (plg) | (mm)   | (%)   |  |
| 0                       | 0      | 0.175             | 4.445 | 1.671 | 0.263             | 6.680  | 3.030 | 0.420             | 10.668 | 2.139 |  |
| 24                      | 1      | 0.233             | 5.918 | 0.379 | 0.381             | 9.677  | 0.401 | 0.496             | 12.598 | 0.446 |  |
| 48                      | 2      | 0.245             | 6.223 | 0.111 | 0.392             | 9.957  | 0.156 | 0.513             | 13.030 | 0.067 |  |
| 72                      | 3      | 0.248             | 6.299 | 0.045 | 0.396             | 10.058 | 0.067 | 0.515             | 13.081 | 0.022 |  |
| 96                      | 4      | 0.250             | 6.350 | 0.000 | 0.399             | 10.135 | 0.000 | 0.516             | 13.106 | 0.000 |  |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 256:** Ensayo de penetración CBR de la calicata 2 con aditivo líquido Conaid + cemento

| LECTURA DE PENETRACIÓN |             |              |               |               |                                  |               |                |                                  |                |                |                                  |
|------------------------|-------------|--------------|---------------|---------------|----------------------------------|---------------|----------------|----------------------------------|----------------|----------------|----------------------------------|
| PENETRACIÓN            |             |              | MOLDE N°1     |               |                                  | MOLDE N°2     |                |                                  | MOLDE N°3      |                |                                  |
|                        |             |              | 12 GOLPES     |               |                                  | 25 GOLPES     |                |                                  | 56 GOLPES      |                |                                  |
| Medida                 | mm          | Pulg         | Carga (Kg)    | Esfuerzo (lb) | Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> ) | Carga (Kg)    | Esfuerzo (lb)  | Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> ) | Carga (Kg)     | Esfuerzo (lb)  | Esfuerzo (lb/pulg <sup>2</sup> ) |
| 1                      | 0           | 0.000        | 0.00          | 0.00          | 0.00                             | 0.00          | 0.00           | 0.00                             | 0.00           | 0.00           | 0.00                             |
| 2                      | 0.63        | 0.025        | 51.24         | 112.73        | 35.88                            | 109.30        | 240.46         | 76.54                            | 258.24         | 568.13         | 180.85                           |
| 3                      | 1.27        | 0.050        | 93.66         | 206.05        | 65.59                            | 175.54        | 386.19         | 122.93                           | 494.76         | 1088.47        | 346.48                           |
| 4                      | 1.9         | 0.075        | 125.41        | 275.90        | 87.82                            | 260.68        | 573.50         | 182.55                           | 757.58         | 1666.68        | 530.54                           |
| <b>5</b>               | <b>2.54</b> | <b>0.100</b> | <b>141.87</b> | <b>312.11</b> | <b>99.35</b>                     | <b>417.21</b> | <b>917.86</b>  | <b>292.17</b>                    | <b>1036.35</b> | <b>2279.97</b> | <b>725.76</b>                    |
| 6                      | 3.17        | 0.125        | 186.23        | 409.71        | 130.42                           | 488.50        | 1074.70        | 342.10                           | 1268.31        | 2790.28        | 888.20                           |
| 7                      | 3.81        | 0.150        | 207.75        | 457.05        | 145.49                           | 540.99        | 1190.18        | 378.86                           | 1475.45        | 3245.99        | 1033.26                          |
| <b>8</b>               | <b>5.08</b> | <b>0.200</b> | <b>231.51</b> | <b>509.32</b> | <b>162.13</b>                    | <b>708.47</b> | <b>1558.63</b> | <b>496.14</b>                    | <b>1748.20</b> | <b>3846.04</b> | <b>1224.27</b>                   |
| 9                      | 7.62        | 0.300        | 249.78        | 549.52        | 174.92                           | 744.17        | 1637.17        | 521.14                           | 1983.54        | 4363.79        | 1389.08                          |
| 10                     | 10.16       | 0.400        | 253.36        | 557.39        | 177.43                           | 763.68        | 1680.10        | 534.81                           | 2014.15        | 4431.13        | 1410.51                          |
| 11                     | 12.7        | 0.500        | 259.00        | 569.80        | 181.38                           | 789.25        | 1736.35        | 552.71                           | 2023.33        | 4451.33        | 1416.94                          |

| Penetración | 0.1(") | 0.2(") |
|-------------|--------|--------|
| Molde 01    | 9.94   | 10.81  |
| Molde 02    | 29.22  | 33.08  |
| Molde 03    | 72.58  | 81.62  |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

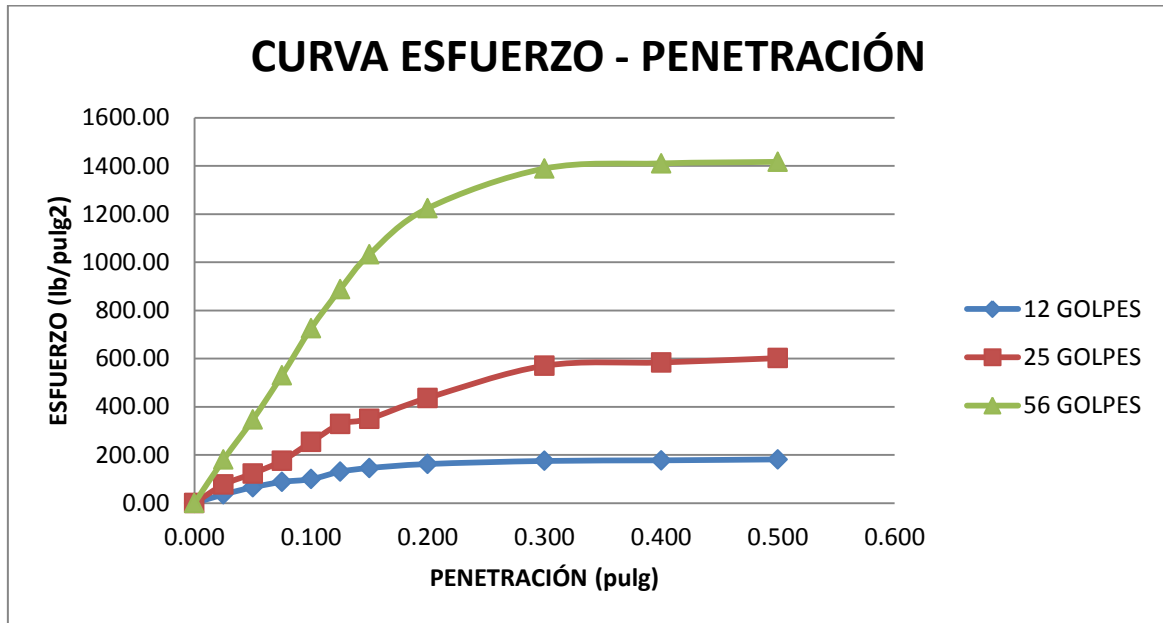


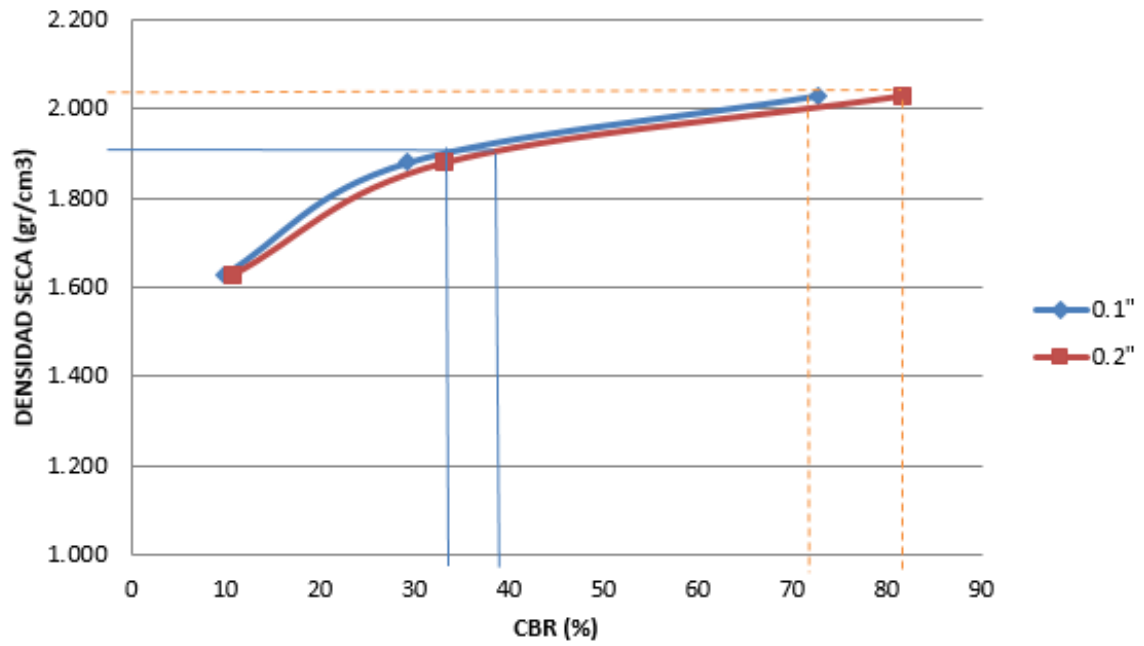
Figura n°. 135: Ensayo de esfuerzo vs deformación

Tabla n° 257: CBR vs Densidad Seca de la calicata 2 con aditivo líquido Conaid + cemento

| CBR VS DENSIDAD SECA                    |                 |             |             |        |           |         |
|---|-----------------|-------------|-------------|--------|-----------|---------|
| ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN |                 |             |             |        |           |         |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1       |             | MOLDE N°2   |        | MOLDE N°3 |         |
| Penetración (")                         | 01"             | 02"         | 01"         | 02"    | 01"       | 02"     |
| Esfuerzo Terreno (lb/plg2)              | 99.35           | 162.13      | 292.17      | 496.14 | 725.76    | 1224.27 |
| Esfuerzo Patrón (lb/plg2)               | 1000            | 1500        | 1000        | 1500   | 1000      | 1500    |
| CBR (%)                                 | 9.94%           | 10.81%      | 29.22%      | 33.08% | 72.58%    | 81.62%  |
| CBR Y DENSIDAD SECA                     |                 |             |             |        |           |         |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1       |             | MOLDE N°2   |        | MOLDE N°3 |         |
| Penetración (")                         | 01"             | 02"         | 01"         | 02"    | 01"       | 02"     |
| CBR (%)                                 | 9.94%           | 10.81%      | 29.22%      | 33.08% | 72.58%    | 81.62%  |
| Ds (gr/cm3)                             | 1.63            | 1.63        | 1.88        | 1.88   | 2.03      | 2.03    |
|   |                 | <b>100%</b> | <b>95%</b>  |        |           |         |
| Ds Max=                                 | 2.1 CBR (0.1")  | <b>72.0</b> | <b>34.0</b> |        |           |         |
| 95% Ds Max=                             | 1.99 CBR (0.2") | <b>82</b>   | <b>39</b>   |        |           |         |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### CBR VS DENSIDAD SECA



*Figura n°. 136: Relación CBR vs Densidad Seca*

**Tabla n° 258:** Contenido de Humedad y Densidad Seca de la Calicata 4 con aditivo líquido CONAID

$0.05 \text{ l/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$

| CONTENIDO DE HUMEDAD            |                    |             |                  |             |                  |             |             |
|---------------------------------|--------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|-------------|
| MOLDE N°                        | MOLDE N° 1         |             | MOLDE N° 2       |             | MOLDE N° 3       |             |             |
| N° GOLPES                       | 12                 |             | 25               |             | 56               |             |             |
| Condición de la Muestra         | Antes de saturar   |             | Antes de saturar |             | Antes de saturar |             | Saturado    |
| Masa del molde                  | 7262.00            |             | 7152.00          |             | 7231.00          |             |             |
| Masa del suelo + molde          | gr                 | 11336.00    | 11636.00         | 11726.00    | 12057.00         | 12591.00    | 12725.00    |
| Masa de suelo húmedo compactado | gr                 | 4074.00     | 4374.00          | 4574.00     | 4905.00          | 5360.00     | 5494.00     |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>    | 2084.99     |                  | 2084.99     |                  | 2084.99     |             |
| Densidad Humedad                | gr/cm <sup>3</sup> | 1.95        | 2.10             | 2.19        | 2.35             | 2.57        | 2.64        |
| Recipiente N°                   |                    | T-1         |                  | T-2         |                  | T-3         |             |
| Masa de Tara                    | gr                 | 20.57       |                  | 21.22       |                  | 27.55       |             |
| Masa del suelo húmedo + tara    | gr                 | 168.51      |                  | 167.21      |                  | 194.00      |             |
| Masa del suelo seco + tara      | gr                 | 141.25      |                  | 141.17      |                  | 168.14      |             |
| Masa de agua                    | gr                 | 27.26       |                  | 26.04       |                  | 25.86       |             |
| Masa del suelo seco             | gr                 | 120.68      |                  | 119.95      |                  | 140.59      |             |
| Contenido de agua               | %                  | 22.59%      |                  | 21.71%      |                  | 18.39%      |             |
| Densidad seca                   | gr/cm <sup>3</sup> | <b>1.59</b> | <b>1.71</b>      | <b>1.80</b> | <b>1.93</b>      | <b>2.17</b> | <b>2.23</b> |
| <b>Dimensiones MOLDE (cm)</b>   |                    |             |                  |             |                  |             |             |
| Altura                          |                    | 17.70       |                  |             |                  |             |             |
| Diámetro                        |                    | 15.26       |                  |             |                  |             |             |
| <b>Disco espaciador (cm)</b>    |                    |             |                  |             |                  |             |             |
| Diámetro                        |                    | 15.00       |                  |             |                  |             |             |
| Altura                          |                    | 6.30        |                  |             |                  |             |             |
| <b>Peso del disco (gr)</b>      |                    |             |                  |             |                  |             |             |
|                                 |                    | 8.58        |                  |             |                  |             |             |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 259: Ensayo de Expansión CBR de la Calicata 4 con aditivo Líquido CONAID + Cemento**

| LECTURA DE HINCHAMIENTO |        |                        |       |       |                        |        |       |                        |        |       |
|-------------------------|--------|------------------------|-------|-------|------------------------|--------|-------|------------------------|--------|-------|
| DATOS                   |        | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |       |       | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |        |       | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |        |       |
|                         |        | Hinchamiento           |       |       | Hinchamiento           |        |       | Hinchamiento           |        |       |
| (Horas)                 | (Días) | Deformación<br>(plg)   | (mm)  | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   |
| 0                       | 0      | 0.200                  | 5.080 | 3.075 | 0.300                  | 7.620  | 3.142 | 0.500                  | 12.700 | 2.094 |
| 24                      | 1      | 0.324                  | 8.230 | 0.312 | 0.418                  | 10.617 | 0.512 | 0.584                  | 14.834 | 0.223 |
| 48                      | 2      | 0.330                  | 8.382 | 0.178 | 0.436                  | 11.074 | 0.111 | 0.590                  | 14.986 | 0.089 |
| 72                      | 3      | 0.336                  | 8.534 | 0.045 | 0.439                  | 11.151 | 0.045 | 0.593                  | 15.062 | 0.022 |
| 96                      | 4      | 0.338                  | 8.585 | 0.000 | 0.441                  | 11.201 | 0.000 | 0.594                  | 15.088 | 0.000 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 260: Ensayo de penetración CBR de la calicata 4 con aditivo líquido Conaid + cemento**

| LECTURA DE PENETRACIÓN |             |              |                        |                  |                        |                        |                  |                        |                        |                  |                        |
|------------------------|-------------|--------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| PENETRACIÓN            |             |              | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |                  |                        |
| Medida                 | mm          | Pulg         | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) |
| 1                      | 0           | 0.000        | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   |
| 2                      | 0.63        | 0.025        | 65.57                  | 144.25           | 45.92                  | 176.23                 | 387.71           | 123.41                 | 329.55                 | 725.01           | 230.78                 |
| 3                      | 1.27        | 0.050        | 83.63                  | 183.99           | 58.57                  | 231.15                 | 508.53           | 161.87                 | 591.27                 | 1300.79          | 414.07                 |
| 4                      | 1.9         | 0.075        | 112.24                 | 246.93           | 78.60                  | 286.37                 | 630.01           | 200.55                 | 863.66                 | 1900.05          | 604.82                 |
| <b>5</b>               | <b>2.54</b> | <b>0.100</b> | <b>127.50</b>          | <b>280.50</b>    | <b>89.29</b>           | <b>333.20</b>          | <b>733.04</b>    | <b>233.34</b>          | <b>1107.70</b>         | <b>2436.94</b>   | <b>775.72</b>          |
| 6                      | 3.17        | 0.125        | 176.34                 | 387.95           | 123.49                 | 459.17                 | 1010.17          | 321.56                 | 1325.01                | 2915.02          | 927.91                 |
| 7                      | 3.81        | 0.150        | 202.02                 | 444.44           | 141.48                 | 561.94                 | 1236.27          | 393.53                 | 1669.18                | 3672.20          | 1168.93                |
| <b>8</b>               | <b>5.08</b> | <b>0.200</b> | <b>237.33</b>          | <b>522.13</b>    | <b>166.20</b>          | <b>688.80</b>          | <b>1515.36</b>   | <b>482.37</b>          | <b>1903.42</b>         | <b>4187.52</b>   | <b>1332.97</b>         |
| 9                      | 7.62        | 0.300        | 299.25                 | 658.35           | 209.57                 | 1007.25                | 2215.95          | 705.38                 | 1993.38                | 4385.44          | 1395.97                |
| 10                     | 10.16       | 0.400        | 343.07                 | 754.75           | 240.25                 | 1056.39                | 2324.06          | 739.79                 | 2017.24                | 4437.93          | 1412.68                |
| 11                     | 12.7        | 0.500        | 377.15                 | 829.73           | 264.12                 | 1084.72                | 2386.38          | 759.63                 | 2096.67                | 4612.67          | 1468.30                |

| Penetración | 0.1(") | 0.2(") |
|-------------|--------|--------|
| Molde 01    | 8.93   | 11.08  |
| Molde 02    | 23.33  | 32.16  |
| Molde 03    | 77.57  | 88.86  |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



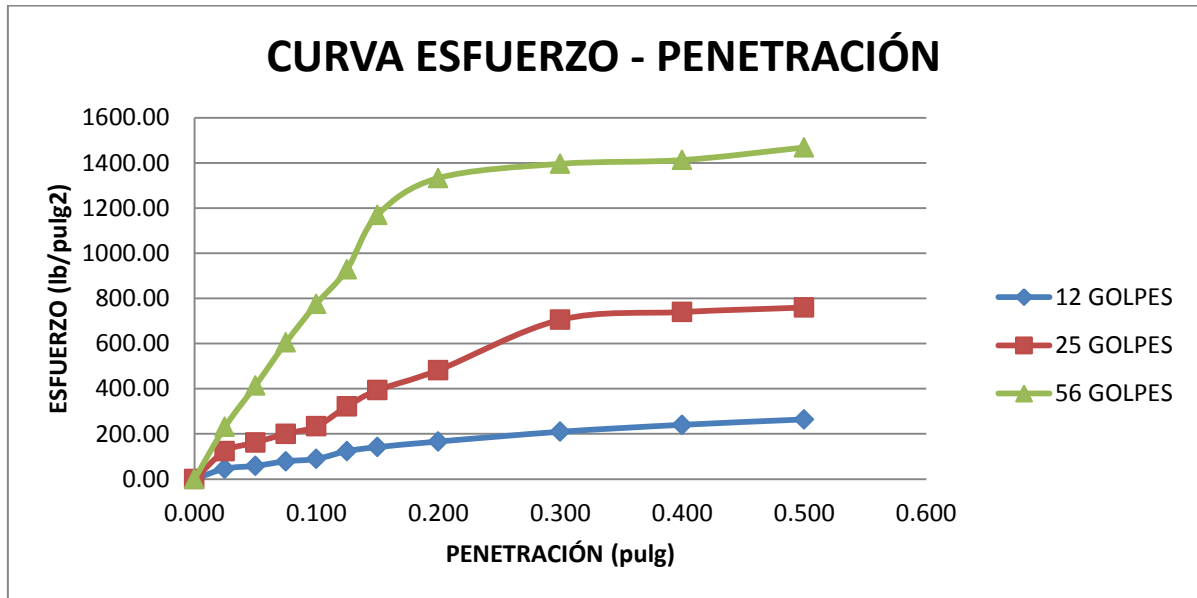


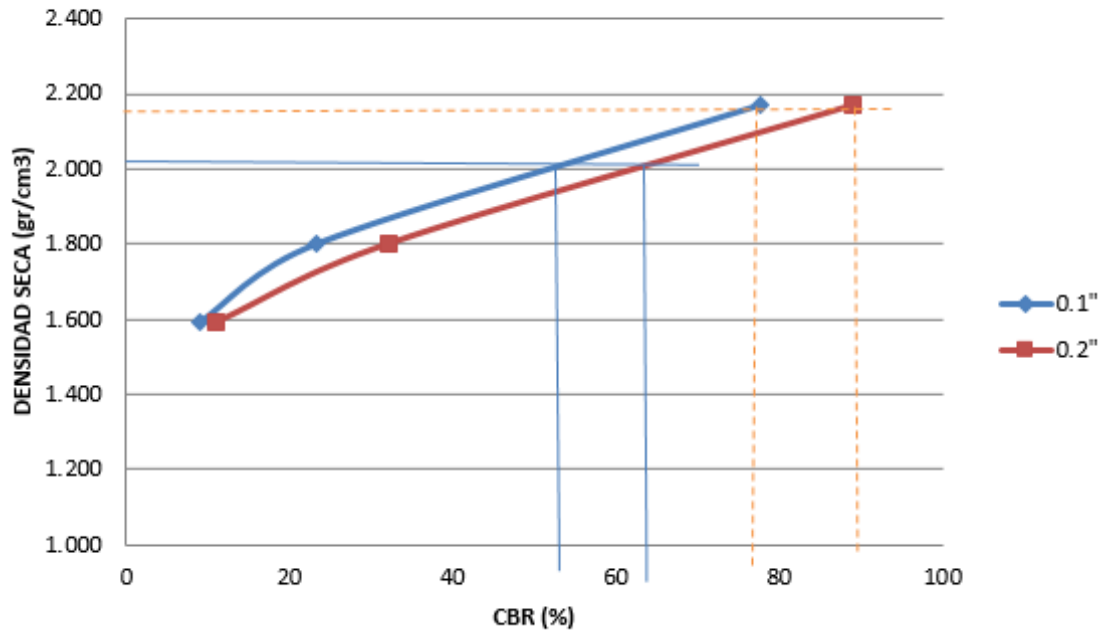
Figura n°. 137: Ensayo de esfuerzo vs deformación

Tabla n° 261: CBR vs Densidad Seca de la calicata 4 con aditivo líquido Conaid + cemento

| CBR VS DENSIDAD SECA                           |           |             |             |             |           |         |
|--|-----------|-------------|-------------|-------------|-----------|---------|
| <b>ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN</b> |           |             |             |             |           |         |
| MOLDE N°                                       | MOLDE N°1 |             | MOLDE N°2   |             | MOLDE N°3 |         |
| Penetración (")                                | 01"       | 02"         | 01"         | 02"         | 01"       | 02"     |
| Esfuerzo Terreno (lb/plg2)                     | 89.29     | 166.20      | 233.34      | 482.37      | 775.72    | 1332.97 |
| Esfuerzo Patrón (lb/plg2)                      | 1000      | 1500        | 1000        | 1500        | 1000      | 1500    |
| CBR (%)  | 8.93%     | 11.08%      | 23.33%      | 32.16%      | 77.57%    | 88.86%  |
| <b>CBR Y DENSIDAD SECA</b>                     |           |             |             |             |           |         |
| MOLDE N°                                       | MOLDE N°1 |             | MOLDE N°2   |             | MOLDE N°3 |         |
| Penetración (")                                | 01"       | 02"         | 01"         | 02"         | 01"       | 02"     |
| CBR (%)  | 8.93%     | 11.08%      | 23.33%      | 32.16%      | 77.57%    | 88.86%  |
| Ds (gr/cm3)                                    | 1.59      | 1.59        | 1.80        | 1.80        | 2.17      | 2.17    |
|  |           | <b>100%</b> | <b>95%</b>  |             |           |         |
| Ds Max=  | 2.16      | CBR (0.1")  | <b>79.0</b> | <b>52.0</b> |           |         |
| 95% Ds Max=                                    | 2.052     | CBR (0.2")  | <b>90</b>   | <b>62</b>   |           |         |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

### CBR VS DENSIDAD SECA



*Figura n°. 138: Relación CBR vs Densidad Seca*

**Tabla n° 262:** Contenido de Humedad y Densidad Seca de la Calicata 6 con aditivo líquido CONAID  
 $0.05 \text{ l/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$

| CONTENIDO DE HUMEDAD            |                    |                  |             |                  |             |                  |             |
|---------------------------------|--------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| MOLDE N°                        |                    | MOLDE N° 1       |             | MOLDE N° 2       |             | MOLDE N° 3       |             |
| N° GOLPES                       |                    | 12               |             | 25               |             | 56               |             |
| Condición de la Muestra         |                    | Antes de saturar | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    | Antes de saturar | Saturado    |
| Masa del molde                  | gr                 | 7082.00          |             | 7160.00          |             | 7238.00          |             |
| Masa del suelo + molde          | gr                 | 11259.00         | 11530.00    | 11610.00         | 11807.00    | 12597.00         | 12673.00    |
| Masa de suelo húmedo compactado | gr                 | 4177.00          | 4448.00     | 4450.00          | 4647.00     | 5359.00          | 5435.00     |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>    | 2084.99          |             | 2084.99          |             | 2084.99          |             |
| Densidad Humedad                | gr/cm <sup>3</sup> | 2.00             | 2.13        | 2.13             | 2.23        | 2.57             | 2.61        |
| Recipiente N°                   |                    | T-1              |             | T-2              |             | T-3              |             |
| Masa de Tara                    | gr                 | 20.45            |             | 19.24            |             | 26.31            |             |
| Masa del suelo húmedo + tara    | gr                 | 154.15           |             | 214.88           |             | 304.05           |             |
| Masa del suelo seco + tara      | gr                 | 130.20           |             | 183.24           |             | 262.36           |             |
| Masa de agua                    | gr                 | 23.95            |             | 31.64            |             | 41.69            |             |
| Masa del suelo seco             | gr                 | 109.75           |             | 164.00           |             | 236.05           |             |
| Contenido de agua               | %                  | 21.82%           |             | 19.29%           |             | 17.66%           |             |
| Densidad seca                   | gr/cm <sup>3</sup> | <b>1.64</b>      | <b>1.75</b> | <b>1.79</b>      | <b>1.87</b> | <b>2.18</b>      | <b>2.22</b> |

| Dimensiones           |       |
|-----------------------|-------|
| MOLDE (cm)            |       |
| Altura                | 17.70 |
| Diámetro              | 15.26 |
| Disco espaciador (cm) |       |
| Diámetro              | 15.00 |
| Altura                | 6.30  |
| Peso del disco (gr)   |       |
|                       | 8.58  |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 263:** Ensayo de Expansión CBR de la Calicata 6 con aditivo Líquido CONAID + Cemento

| LECTURA DE HINCHAMIENTO |        |                        |       |       |                        |        |       |                        |        |       |
|-------------------------|--------|------------------------|-------|-------|------------------------|--------|-------|------------------------|--------|-------|
| DATOS                   |        | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |       |       | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |        |       | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |        |       |
|                         |        | Hinchamiento           |       |       | Hinchamiento           |        |       | Hinchamiento           |        |       |
| (Horas)                 | (Días) | Deformación<br>(plg)   | (mm)  | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   |
| 0                       | 0      | 0.157                  | 3.988 | 3.208 | 0.268                  | 6.807  | 3.877 | 0.615                  | 15.621 | 2.562 |
| 24                      | 1      | 0.272                  | 6.909 | 0.646 | 0.399                  | 10.135 | 0.958 | 0.701                  | 17.805 | 0.646 |
| 48                      | 2      | 0.296                  | 7.518 | 0.111 | 0.436                  | 11.074 | 0.134 | 0.721                  | 18.313 | 0.201 |
| 72                      | 3      | 0.299                  | 7.595 | 0.045 | 0.439                  | 11.151 | 0.067 | 0.728                  | 18.491 | 0.045 |
| 96                      | 4      | 0.301                  | 7.645 | 0.000 | 0.442                  | 11.227 | 0.000 | 0.730                  | 18.542 | 0.000 |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 264:** Ensayo de penetración CBR de la calicata 6 con aditivo líquido Conaid + cemento

| LECTURA DE PENETRACIÓN |             |              |                        |                  |                        |                        |                  |                        |                        |                  |                        |
|------------------------|-------------|--------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| PENETRACIÓN            |             |              | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |                  |                        | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |                  |                        |
|                        |             |              | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) | Carga<br>(Kg)          | Esfuerzo<br>(lb) | Esfuerzo<br>(lb/pulg2) |
| Medida                 | mm          | Pulg         |                        |                  |                        |                        |                  |                        |                        |                  |                        |
| 1                      | 0           | 0.000        | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   | 0.00                   | 0.00             | 0.00                   |
| 2                      | 0.63        | 0.025        | 58.58                  | 128.88           | 41.02                  | 136.00                 | 299.20           | 95.24                  | 349.04                 | 767.89           | 244.43                 |
| 3                      | 1.27        | 0.050        | 94.24                  | 207.33           | 66.00                  | 200.51                 | 441.12           | 140.42                 | 563.47                 | 1239.63          | 394.60                 |
| 4                      | 1.9         | 0.075        | 138.57                 | 304.85           | 97.04                  | 289.64                 | 637.21           | 202.84                 | 891.18                 | 1960.60          | 624.10                 |
| <b>5</b>               | <b>2.54</b> | <b>0.100</b> | <b>142.04</b>          | <b>312.49</b>    | <b>99.47</b>           | <b>352.17</b>          | <b>774.77</b>    | <b>246.63</b>          | <b>1094.14</b>         | <b>2407.11</b>   | <b>766.23</b>          |
| 6                      | 3.17        | 0.125        | 186.36                 | 409.99           | 130.51                 | 480.21                 | 1056.46          | 336.29                 | 1267.61                | 2788.74          | 887.71                 |
| 7                      | 3.81        | 0.150        | 231.11                 | 508.44           | 161.85                 | 617.48                 | 1358.46          | 432.42                 | 1468.15                | 3229.93          | 1028.15                |
| <b>8</b>               | <b>5.08</b> | <b>0.200</b> | <b>261.80</b>          | <b>575.96</b>    | <b>183.34</b>          | <b>774.97</b>          | <b>1704.93</b>   | <b>542.71</b>          | <b>1937.36</b>         | <b>4262.19</b>   | <b>1356.74</b>         |
| 9                      | 7.62        | 0.300        | 303.22                 | 667.08           | 212.35                 | 1012.52                | 2227.54          | 709.07                 | 2248.00                | 4945.60          | 1574.28                |
| 10                     | 10.16       | 0.400        | 328.94                 | 723.67           | 230.36                 | 1106.84                | 2435.05          | 775.12                 | 2296.05                | 5051.31          | 1607.93                |
| 11                     | 12.7        | 0.500        | 340.40                 | 748.88           | 238.38                 | 1203.37                | 2647.41          | 842.72                 | 2310.49                | 5083.08          | 1618.04                |

| Penetración | 0.1(") | 0.2(") |
|-------------|--------|--------|
| Molde 01    | 9.95   | 12.22  |
| Molde 02    | 24.66  | 36.18  |
| Molde 03    | 76.62  | 90.45  |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

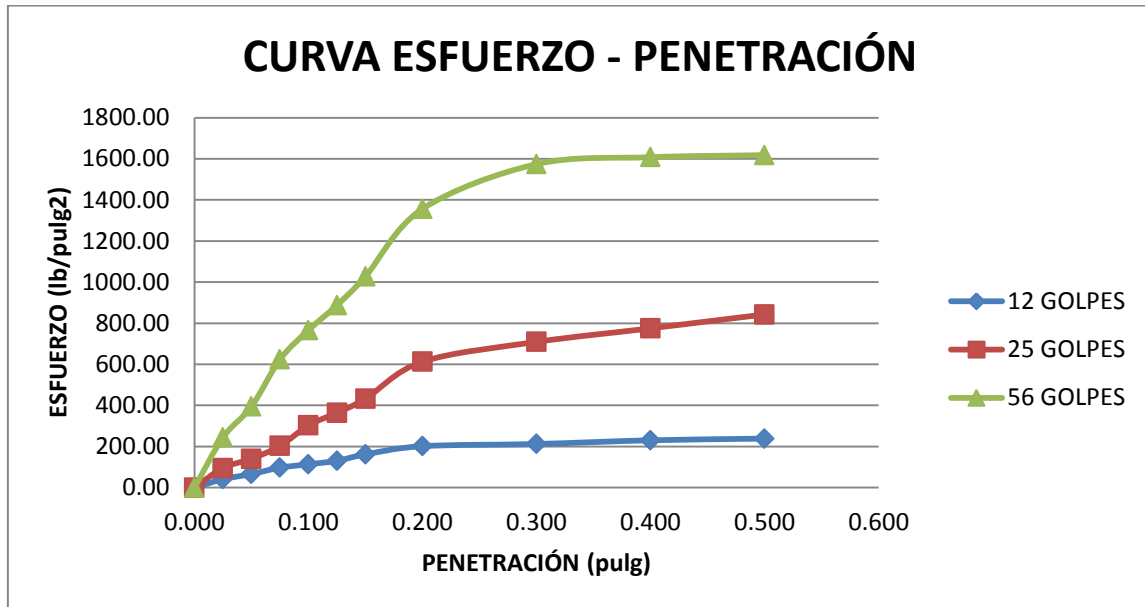
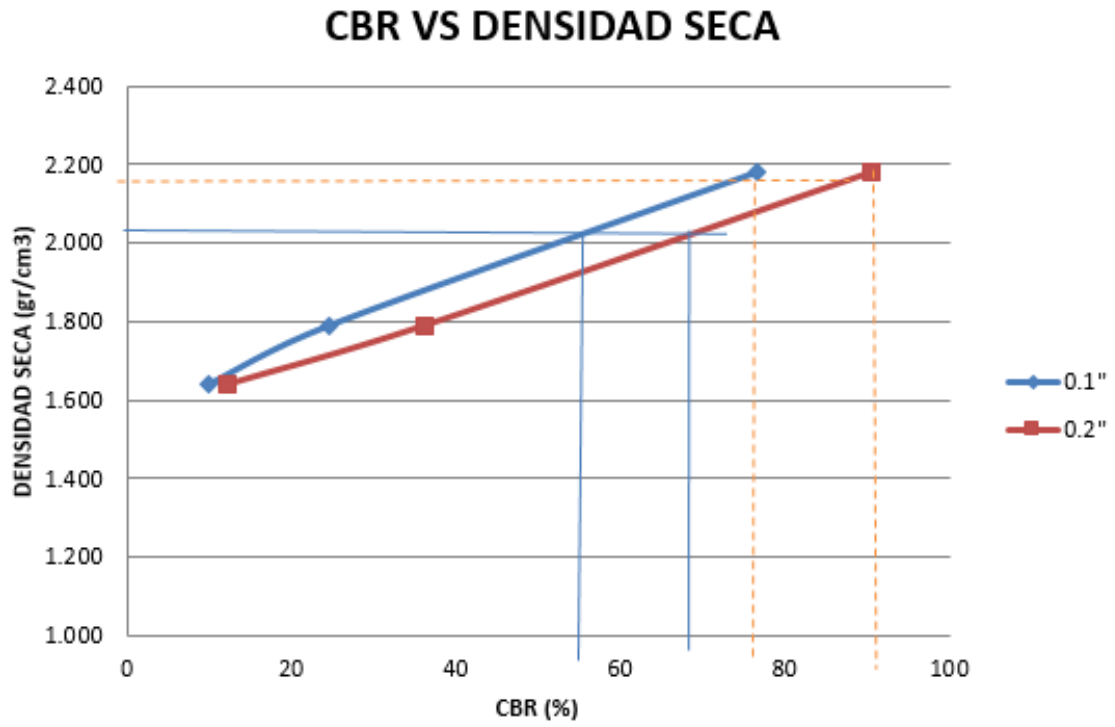


Figura n°. 139: Ensayo de esfuerzo vs deformación

Tabla n° 265: CBR vs Densidad Seca de la calicata 6 con aditivo líquido Conaid + cemento

| CBR VS DENSIDAD SECA                           |           |             |             |             |           |         |
|--|-----------|-------------|-------------|-------------|-----------|---------|
| <b>ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN</b> |           |             |             |             |           |         |
| MOLDE N°                                       | MOLDE N°1 |             | MOLDE N°2   |             | MOLDE N°3 |         |
| Penetración (")                                | 01"       | 02"         | 01"         | 02"         | 01"       | 02"     |
| Esfuerzo Terreno (lb/plg2)                     | 99.47     | 183.34      | 246.63      | 542.71      | 766.23    | 1356.74 |
| Esfuerzo Patrón (lb/plg2)                      | 1000      | 1500        | 1000        | 1500        | 1000      | 1500    |
| CBR (%)  | 9.95%     | 12.22%      | 24.66%      | 36.18%      | 76.62%    | 90.45%  |
| <b>CBR Y DENSIDAD SECA</b>                     |           |             |             |             |           |         |
| MOLDE N°                                       | MOLDE N°1 |             | MOLDE N°2   |             | MOLDE N°3 |         |
| Penetración (")                                | 01"       | 02"         | 01"         | 02"         | 01"       | 02"     |
| CBR (%)  | 9.95%     | 12.22%      | 24.66%      | 36.18%      | 76.62%    | 90.45%  |
| Ds (gr/cm3)                                    | 1.64      | 1.64        | 1.79        | 1.79        | 2.18      | 2.18    |
|  |           | <b>100%</b> | <b>95%</b>  |             |           |         |
| Ds Max=  | 2.17      | CBR (0.1")  | <b>78.0</b> | <b>55.0</b> |           |         |
| 95% Ds Max=                                    | 2.061     | CBR (0.2")  | <b>97</b>   | <b>63</b>   |           |         |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



*Figura n°. 140: Relación CBR vs Densidad Seca*

**Tabla n°266:** Contenido de Humedad y Densidad Seca de la Calicata 8 con aditivo líquido CONAID

$0.05 \text{ l/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$

| CONTENIDO DE HUMEDAD            |                    |                  |          |                  |          |                  |          |
|---------------------------------|--------------------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|
| MOLDE N°                        |                    | MOLDE N° 1       |          | MOLDE N° 2       |          | MOLDE N° 3       |          |
| N° GOLPES                       |                    | 12               |          | 25               |          | 56               |          |
| Condición de la Muestra         |                    | Antes de saturar |          | Antes de saturar |          | Antes de saturar |          |
| Masa del molde                  | gr                 | 7170.00          |          | 7220.00          |          | 7190.00          |          |
| Masa del suelo + molde          | gr                 | 11288.00         | 11658.00 | 11925.00         | 12130.00 | 12750.00         | 12910.00 |
| Masa de suelo húmedo compactado | gr                 | 4118.00          | 4488.00  | 4705.00          | 4910.00  | 5560.00          | 5720.00  |
| Volumen del molde               | cm <sup>3</sup>    | 2084.99          |          | 2084.99          |          | 2084.99          |          |
| Densidad Humedad                | gr/cm <sup>3</sup> | 1.98             | 2.15     | 2.26             | 2.35     | 2.67             | 2.74     |
| Recipiente N°                   |                    | T-1              |          | T-2              |          | T-3              |          |
| Masa de Tara                    | gr                 | 21.21            |          | 21.43            |          | 28.30            |          |
| Masa del suelo húmedo + tara    | gr                 | 165.46           |          | 135.46           |          | 216.84           |          |
| Masa del suelo seco + tara      | gr                 | 140.24           |          | 117.54           |          | 191.19           |          |
| Masa de agua                    | gr                 | 25.22            |          | 17.92            |          | 25.65            |          |
| Masa del suelo seco             | gr                 | 119.03           |          | 96.11            |          | 162.89           |          |
| Contenido de agua               | %                  | 21.19%           |          | 18.65%           |          | 15.75%           |          |
| Densidad seca                   | gr/cm <sup>3</sup> | 1.63             | 1.78     | 1.90             | 1.98     | 2.30             | 2.37     |

| Dimensiones MOLDE (cm) |       |
|------------------------|-------|
| Altura                 | 17.70 |
| Diámetro               | 15.26 |
| Disco espaciador (cm)  |       |
| Diámetro               | 15.00 |
| Altura                 | 6.30  |
| Peso del disco (gr)    |       |
|                        | 8.58  |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n° 267: Ensayo de Expansión CBR de la Calicata 8 con aditivo Líquido CONAID + Cemento**

| LECTURA DE HINCHAMIENTO |        |                        |       |       |                        |        |       |                        |       |       |
|-------------------------|--------|------------------------|-------|-------|------------------------|--------|-------|------------------------|-------|-------|
| DATOS                   |        | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |       |       | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |        |       | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |       |       |
| (Horas)                 | (Días) | Hinchamiento           |       |       | Hinchamiento           |        |       | Hinchamiento           |       |       |
|                         |        | Deformación<br>(plg)   | (mm)  | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)   | (%)   | Deformación<br>(plg)   | (mm)  | (%)   |
| 0                       | 0      | 0.155                  | 3.937 | 2.094 | 0.300                  | 7.620  | 3.431 | 0.230                  | 5.842 | 3.231 |
| 24                      | 1      | 0.237                  | 6.020 | 0.267 | 0.401                  | 10.185 | 1.181 | 0.345                  | 8.763 | 0.668 |
| 48                      | 2      | 0.242                  | 6.147 | 0.156 | 0.449                  | 11.405 | 0.111 | 0.369                  | 9.373 | 0.134 |
| 72                      | 3      | 0.248                  | 6.299 | 0.022 | 0.452                  | 11.481 | 0.045 | 0.372                  | 9.449 | 0.067 |
| 96                      | 4      | 0.249                  | 6.325 | 0.000 | 0.454                  | 11.532 | 0.000 | 0.375                  | 9.525 | 0.000 |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n° 268: Ensayo de penetración CBR de la calicata 8 con aditivo líquido Conaid + cemento**

| LECTURA DE PENETRACIÓN |             |              |                        |               |               |                        |                |               |                        |                |                |
|------------------------|-------------|--------------|------------------------|---------------|---------------|------------------------|----------------|---------------|------------------------|----------------|----------------|
| PENETRACIÓN            |             |              | MOLDE N°1<br>12 GOLPES |               |               | MOLDE N°2<br>25 GOLPES |                |               | MOLDE N°3<br>56 GOLPES |                |                |
| Medida                 | mm          | Pulg         | Carga                  | Esfuerzo      | Esfuerzo      | Carga                  | Esfuerzo       | Esfuerzo      | Carga                  | Esfuerzo       | Esfuerzo       |
|                        |             |              | (Kg)                   | (lb)          | (lb/pulg2)    | (Kg)                   | (lb)           | (lb/pulg2)    | (Kg)                   | (lb)           | (lb/pulg2)     |
| 1                      | 0           | 0.000        | 0.00                   | 0.00          | 0.00          | 0.00                   | 0.00           | 0.00          | 0.00                   | 0.00           | 0.00           |
| 2                      | 0.63        | 0.025        | 62.54                  | 137.59        | 43.80         | 185.30                 | 407.66         | 129.77        | 403.34                 | 887.35         | 282.46         |
| 3                      | 1.27        | 0.050        | 86.14                  | 189.51        | 60.32         | 276.21                 | 607.66         | 193.43        | 687.16                 | 1511.75        | 481.22         |
| 4                      | 1.9         | 0.075        | 105.00                 | 231.00        | 73.53         | 408.46                 | 898.61         | 286.05        | 915.54                 | 2014.19        | 641.15         |
| 5                      | <b>2.54</b> | <b>0.100</b> | <b>177.72</b>          | <b>390.98</b> | <b>124.46</b> | <b>437.35</b>          | <b>962.17</b>  | <b>306.28</b> | <b>1234.72</b>         | <b>2716.38</b> | <b>864.68</b>  |
| 6                      | 3.17        | 0.125        | 213.05                 | 468.71        | 149.20        | 603.33                 | 1327.33        | 422.51        | 1416.57                | 3116.45        | 992.03         |
| 7                      | 3.81        | 0.150        | 268.14                 | 589.91        | 187.78        | 768.68                 | 1691.10        | 538.31        | 1734.91                | 3816.80        | 1214.96        |
| 8                      | <b>5.08</b> | <b>0.200</b> | <b>307.17</b>          | <b>675.77</b> | <b>215.11</b> | <b>1037.18</b>         | <b>2281.80</b> | <b>726.34</b> | <b>2108.75</b>         | <b>4639.25</b> | <b>1476.76</b> |
| 9                      | 7.62        | 0.300        | 334.52                 | 735.94        | 234.27        | 1238.85                | 2725.47        | 867.57        | 2308.54                | 5078.79        | 1616.68        |
| 10                     | 10.16       | 0.400        | 359.57                 | 791.05        | 251.81        | 1294.80                | 2848.56        | 906.75        | 2458.12                | 5407.86        | 1721.43        |
| 11                     | 12.7        | 0.500        | 389.99                 | 857.98        | 273.11        | 1353.68                | 2978.10        | 947.99        | 2503.72                | 5508.18        | 1753.36        |

| Penetración | 0.1(") | 0.2(") |
|-------------|--------|--------|
| Molde 01    | 12.45  | 14.34  |
| Molde 02    | 30.63  | 48.42  |
| Molde 03    | 86.47  | 98.45  |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*



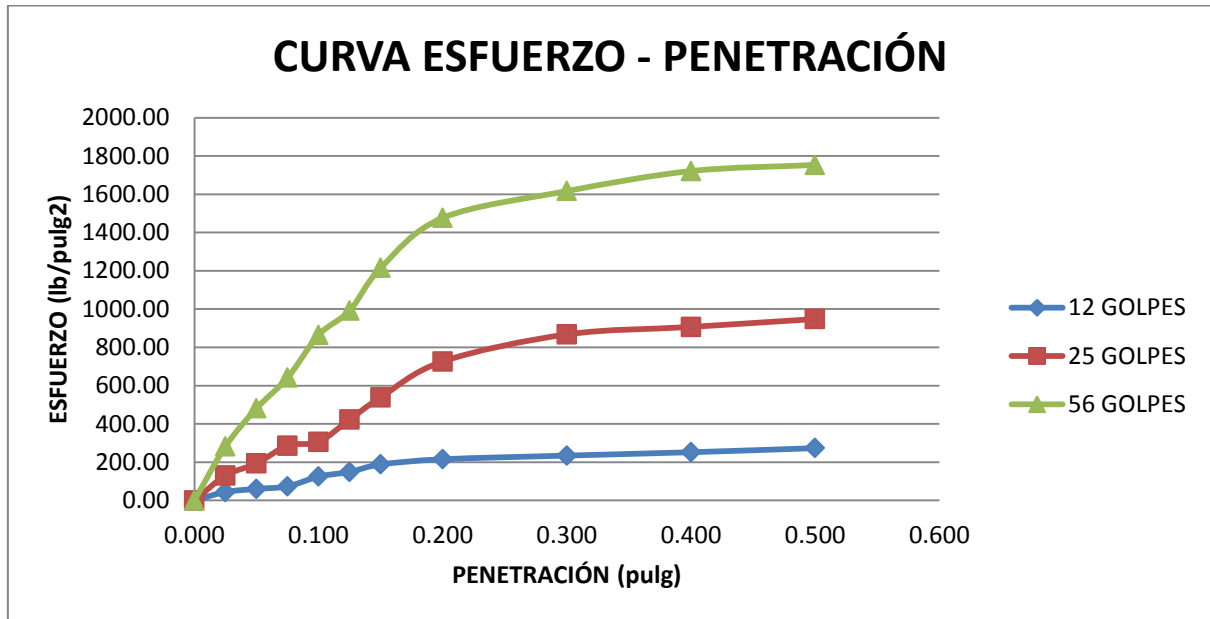
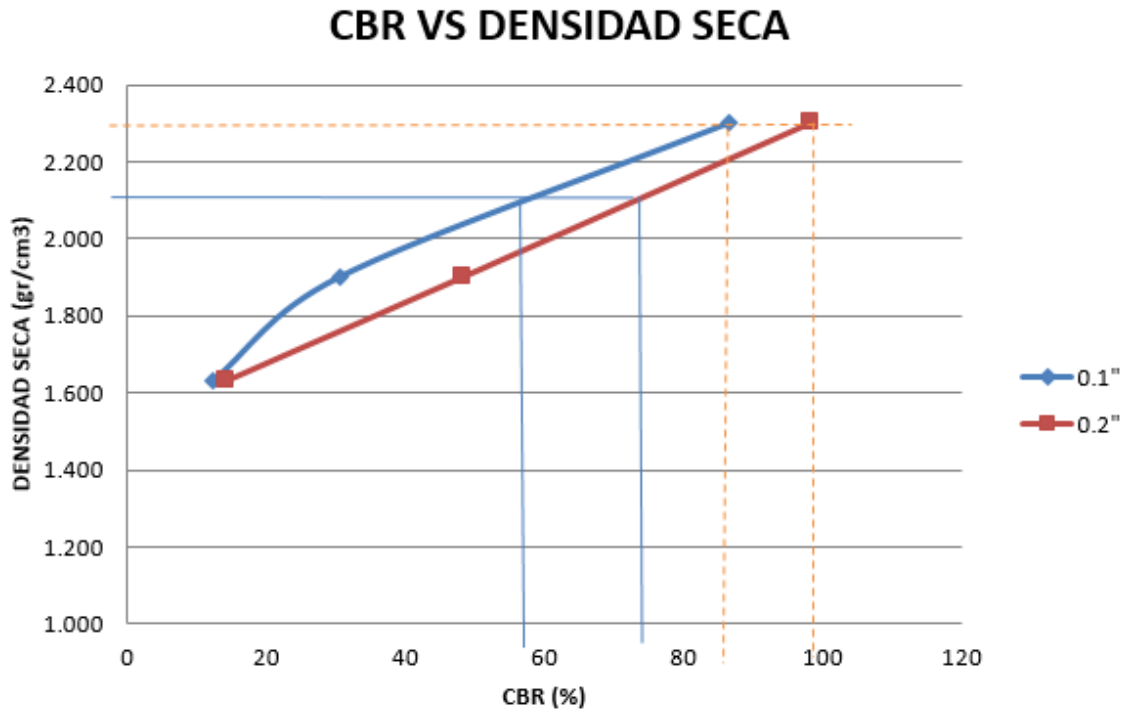


Figura n°. 141: Ensayo de esfuerzo vs deformación

Tabla n° 269: CBR vs Densidad Seca de la calicata 8 con aditivo líquido Conaid + cemento

| CBR VS DENSIDAD SECA                    |           |            |             |              |           |         |
|---|-----------|------------|-------------|--------------|-----------|---------|
| ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN |           |            |             |              |           |         |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |            | MOLDE N°2   |              | MOLDE N°3 |         |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"        | 01"         | 02"          | 01"       | 02"     |
| Esfuerzo Terreno (lb/plg2)              | 124.46    | 215.11     | 306.28      | 726.34       | 864.68    | 1476.76 |
| Esfuerzo Patrón (lb/plg2)               | 1000      | 1500       | 1000        | 1500         | 1000      | 1500    |
| CBR (%)                                 | 12.45%    | 14.34%     | 30.63%      | 48.42%       | 86.47%    | 98.45%  |
| CBR Y DENSIDAD SECA                     |           |            |             |              |           |         |
| MOLDE N°                                | MOLDE N°1 |            | MOLDE N°2   |              | MOLDE N°3 |         |
| Penetración (")                         | 01"       | 02"        | 01"         | 02"          | 01"       | 02"     |
| CBR (%)                                 | 12.45%    | 14.34%     | 30.63%      | 48.42%       | 86.47%    | 98.45%  |
| Ds (gr/cm3)                             | 1.63      | 1.63       | 1.90        | 1.90         | 2.30      | 2.30    |
|   |           |            | <b>100%</b> | <b>95%</b>   |           |         |
| Ds Max=                                 | 2.3       | CBR (0.1") | <b>83</b>   | <b>58.00</b> |           |         |
| 95% Ds Max=                             | 2.185     | CBR (0.2") | <b>99</b>   | <b>75.00</b> |           |         |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



*Figura n°. 142: Relación CBR vs Densidad Seca*

*ANEXO n° 21: Resultados del ensayo de Compresión Simple No Confinada*

*Tabla n° 270: Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C2 sin aditivo*

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |                                 |                   |                         |                         |            |                   |                           |          |     |
|----------------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|------------|-------------------|---------------------------|----------|-----|
| Recipiente N°              |                                 | T-1               |                         | Diametro                | <b>cm</b>  | 10.124            |                           |          |     |
| Masa de Tara               | <b>g</b>                        | 27.29             |                         | Altura Inicial          | <b>cm</b>  | 11.616            |                           |          |     |
| Masa del suelo húmedo+tara | <b>g</b>                        | 134.18            |                         | Area                    | <b>cm2</b> | 80.500            |                           |          |     |
| Masa del suelo seco + tara | <b>g</b>                        | 123.00            |                         | Peso                    | <b>g</b>   | 1859.16           |                           |          |     |
| Masa de agua               | <b>g</b>                        | 11.18             |                         |                         |            |                   |                           |          |     |
| Masa del suelo seco        | <b>g</b>                        | 95.71             |                         |                         |            |                   |                           |          |     |
| Contenido de agua          | <b>%</b>                        | 11.68%            |                         |                         |            |                   |                           |          |     |
| TIEMPO<br>(SEG)            | CARGA                           |                   | DEFORMACIÓN<br>VERTICAL |                         |            | AREA<br>CORREGIDA | ESFUERZO DE<br>COMPRESIÓN |          |     |
|                            | Lectura de<br>marco de<br>carga | Carga<br>aplicada | DIAL<br>LC-8            | Deformación<br>Unitaria | 1 - ε      |                   | Ao / (1 - ε)              | KG / CM2 | kPa |
|                            | Número de<br>Divisiones         | kg                | 0.001"                  | ε = ΔH / H              |            |                   |                           |          |     |
| 0                          | 0.00                            | 0.00              | 0.000                   | 0.0000                  | 1.0000     | 80.4997           | 0.00                      | 0.00     |     |
| 9                          | 1.00                            | 0.60              | 0.025                   | 0.0055                  | 0.9945     | 80.9422           | 0.01                      | 0.73     |     |
| 14                         | 1.43                            | 2.53              | 0.050                   | 0.0109                  | 0.9891     | 81.3895           | 0.03                      | 3.05     |     |
| 21                         | 1.91                            | 4.69              | 0.075                   | 0.0164                  | 0.9836     | 81.8419           | 0.06                      | 5.61     |     |
| 24                         | 2.40                            | 6.89              | 0.100                   | 0.0219                  | 0.9781     | 82.2993           | 0.08                      | 8.20     |     |
| 31                         | 2.93                            | 9.27              | 0.125                   | 0.0273                  | 0.9727     | 82.7618           | 0.11                      | 10.98    |     |
| 35                         | 3.22                            | 10.57             | 0.150                   | 0.0328                  | 0.9672     | 83.2296           | 0.13                      | 12.45    |     |
| 37                         | 3.67                            | 12.59             | 0.175                   | 0.0383                  | 0.9617     | 83.7027           | 0.15                      | 14.75    |     |
| 41                         | 3.80                            | 13.17             | 0.200                   | 0.0437                  | 0.9563     | 84.1812           | 0.16                      | 15.34    |     |
| 45                         | 3.66                            | 12.54             | 0.225                   | 0.0492                  | 0.9508     | 84.6652           | 0.15                      | 14.53    |     |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

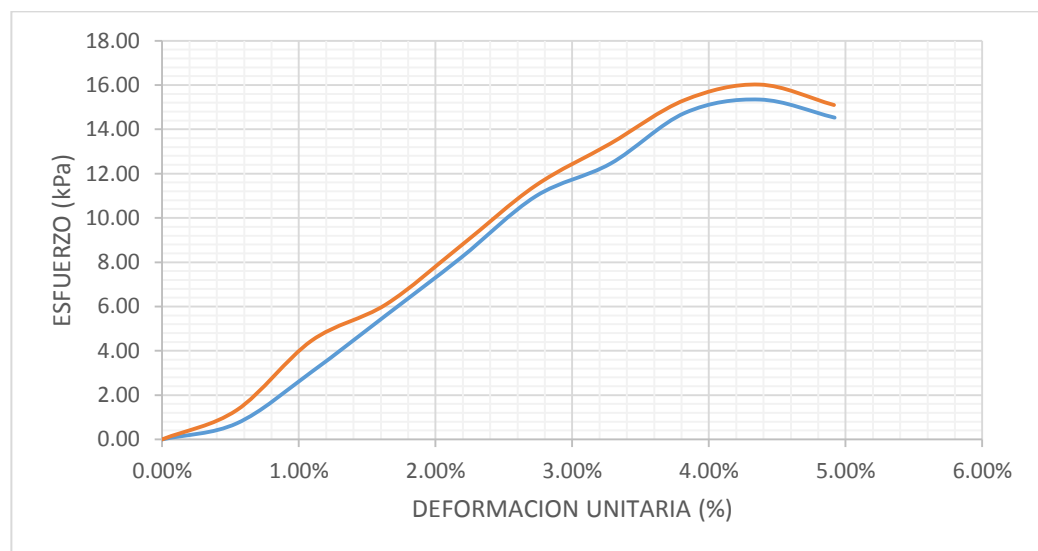
**Tabla n°271: Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C2 sin aditivo**

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |  |        |  |  |                |                 |         |
|----------------------------|---|--|--------|--|--|----------------|-----------------|---------|
| Recipiente N°              |   |  | T-1    |  |  | Diametro       | cm              | 10.125  |
| Masa de Tara               | g |  | 28.57  |  |  | Altura Inicial | cm              | 11.627  |
| Masa del suelo húmedo+tara | g |  | 132.31 |  |  | Area           | cm <sup>2</sup> | 80.516  |
| Masa del suelo seco + tara | g |  | 121.28 |  |  | Peso           | g               | 1921.27 |
| Masa de agua               | g |  | 11.03  |  |  |                |                 |         |
| Masa del suelo seco        | g |  | 92.71  |  |  |                |                 |         |
| Contenido de agua          | % |  | 11.90% |  |  |                |                 |         |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |        | AREA CORREGIDA<br>Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |       |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------|--------------------------------|------------------------|-------|
|              | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε  |                                | KG / CM2               | kPa   |
|              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |        |                                |                        |       |
| 0            | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000 | 80.5156                        | 0.00                   | 0.00  |
| 9            | 1.11                      | 1.09           | 0.025                | 0.0055               | 0.9945 | 80.9577                        | 0.01                   | 1.32  |
| 14           | 1.69                      | 3.70           | 0.050                | 0.0109               | 0.9891 | 81.4048                        | 0.05                   | 4.45  |
| 21           | 2.00                      | 5.09           | 0.075                | 0.0164               | 0.9836 | 81.8567                        | 0.06                   | 6.10  |
| 24           | 2.50                      | 7.33           | 0.100                | 0.0218               | 0.9782 | 82.3138                        | 0.09                   | 8.74  |
| 31           | 3.02                      | 9.67           | 0.125                | 0.0273               | 0.9727 | 82.7760                        | 0.12                   | 11.46 |
| 35           | 3.39                      | 11.33          | 0.150                | 0.0328               | 0.9672 | 83.2433                        | 0.14                   | 13.35 |
| 37           | 3.78                      | 13.08          | 0.175                | 0.0382               | 0.9618 | 83.7160                        | 0.16                   | 15.32 |
| 41           | 3.93                      | 13.76          | 0.200                | 0.0437               | 0.9563 | 84.1941                        | 0.16                   | 16.02 |
| 45           | 3.77                      | 13.04          | 0.225                | 0.0492               | 0.9508 | 84.6777                        | 0.15                   | 15.10 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n°. 143: Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria**

**Tabla n° 272: Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C4 sin aditivo**

| CONTENIDO DE HUMEDAD         |                           |                |           |                      |        |                |                        |          |
|------------------------------|---------------------------|----------------|-----------|----------------------|--------|----------------|------------------------|----------|
| Recipiente N°                |                           |                | T-1       |                      |        | Diámetro       | cm                     | 10.130   |
| Masa de Tara                 | g                         |                | 22.84     |                      |        | Altura Inicial | cm                     | 11.677   |
| Masa del suelo húmedo +t ara | g                         |                | 234.95    |                      |        | Área           | cm <sup>2</sup>        | 80.595   |
| Masa del suelo seco + tara   | g                         |                | 211.08    |                      |        | Peso           | g                      | 1929.42  |
| Masa de agua                 | g                         |                | 23.87     |                      |        |                |                        |          |
| Masa del suelo seco          | g                         |                | 188.24    |                      |        |                |                        |          |
| Contenido de agua            | %                         |                | 12.68%    |                      |        |                |                        |          |
| DEFORMACIÓN VERTICAL         |                           |                |           |                      |        |                |                        |          |
| TIEMPO (SEG)                 | CARGA                     |                | DIAL LC-8 | Deformación Unitaria | 1 - ε  | AREA CORREGIDA | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |          |
|                              | Lectura de marco de carga | Carga aplicada |           |                      |        |                | Ao / (1 - ε)           | KG / CM2 |
|                              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"    | ε = ΔH / H           |        |                |                        |          |
| 0                            | 0                         | 0.00           | 0.000     | 0.0000               | 1.0000 | 80.5951        | 0.00                   | 0.00     |
| 9                            | 1.12                      | 1.14           | 0.025     | 0.0054               | 0.9946 | 81.0358        | 0.01                   | 1.38     |
| 14                           | 1.39                      | 2.35           | 0.050     | 0.0109               | 0.9891 | 81.4813        | 0.03                   | 2.83     |
| 21                           | 1.86                      | 4.46           | 0.075     | 0.0163               | 0.9837 | 81.9318        | 0.05                   | 5.34     |
| 24                           | 2.22                      | 6.08           | 0.100     | 0.0218               | 0.9782 | 82.3872        | 0.07                   | 7.23     |
| 31                           | 2.84                      | 8.86           | 0.125     | 0.0272               | 0.9728 | 82.8478        | 0.11                   | 10.49    |
| 35                           | 3.07                      | 9.89           | 0.150     | 0.0326               | 0.9674 | 83.3135        | 0.12                   | 11.65    |
| 37                           | 3.49                      | 11.78          | 0.175     | 0.0381               | 0.9619 | 83.7845        | 0.14                   | 13.79    |
| 40                           | 3.75                      | 12.95          | 0.200     | 0.0435               | 0.9565 | 84.2608        | 0.15                   | 15.07    |
| 44                           | 3.62                      | 12.36          | 0.225     | 0.0489               | 0.9511 | 84.7426        | 0.15                   | 14.31    |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

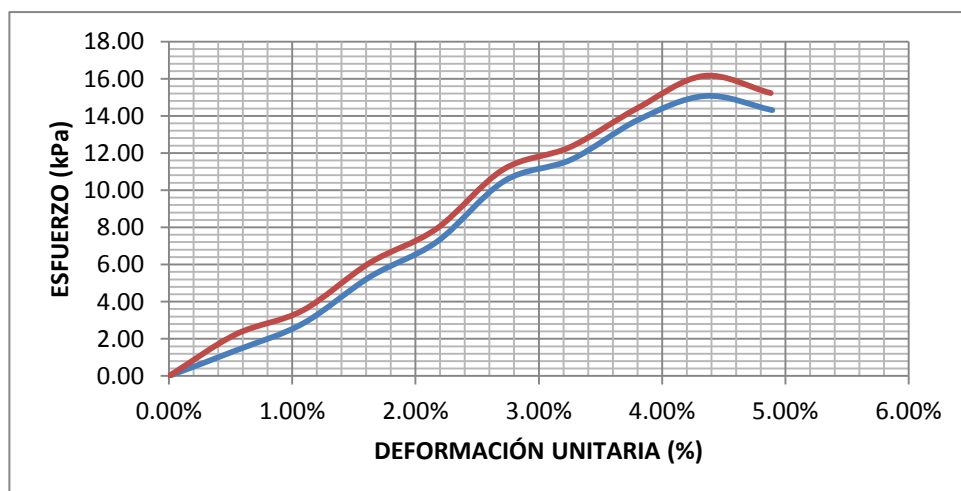
**Tabla n° 273:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C4 sin aditivo

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |          |  |        |  |                |            |  |         |
|----------------------------|----------|--|--------|--|----------------|------------|--|---------|
| Recipiente N°              |          |  | T-1    |  | Diámetro       | <b>cm</b>  |  | 10.136  |
| Masa de Tara               | <b>g</b> |  | 27.29  |  | Altura Inicial | <b>cm</b>  |  | 11.708  |
| Masa del suelo húmedo+tara | <b>g</b> |  | 163.00 |  | Área           | <b>cm2</b> |  | 80.691  |
| Masa del suelo seco + tara | <b>g</b> |  | 147.85 |  | Peso           | <b>g</b>   |  | 1886.65 |
| Masa de agua               | <b>g</b> |  | 15.15  |  |                |            |  |         |
| Masa del suelo seco        | <b>g</b> |  | 120.56 |  |                |            |  |         |
| Contenido de agua          | <b>%</b> |  | 12.57% |  |                |            |  |         |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |        | AREA CORREGIDA | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |       |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------|----------------|------------------------|-------|
|              | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε  |                | KG / CM2               | kPa   |
|              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |        |                |                        |       |
| 0            | 0                         | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000 | 80.6906        | 0.00                   | 0.00  |
| 9            | 1.28                      | 1.86           | 0.025                | 0.0054               | 0.9946 | 81.1306        | 0.02                   | 2.24  |
| 14           | 1.52                      | 2.93           | 0.050                | 0.0108               | 0.9892 | 81.5755        | 0.04                   | 3.53  |
| 21           | 2                         | 5.09           | 0.075                | 0.0163               | 0.9837 | 82.0253        | 0.06                   | 6.08  |
| 24           | 2.35                      | 6.66           | 0.100                | 0.0217               | 0.9783 | 82.4800        | 0.08                   | 7.92  |
| 31           | 2.96                      | 9.40           | 0.125                | 0.0271               | 0.9729 | 82.9398        | 0.11                   | 11.11 |
| 35           | 3.2                       | 10.48          | 0.150                | 0.0325               | 0.9675 | 83.4048        | 0.13                   | 12.32 |
| 37           | 3.61                      | 12.32          | 0.175                | 0.0380               | 0.9620 | 83.8750        | 0.15                   | 14.40 |
| 41           | 3.96                      | 13.89          | 0.200                | 0.0434               | 0.9566 | 84.3505        | 0.16                   | 16.15 |
| 44           | 3.8                       | 13.17          | 0.225                | 0.0488               | 0.9512 | 84.8315        | 0.16                   | 15.23 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n° 144:** Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria

**Tabla n° 274:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C6 sin aditivo

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |          |  |        |  |                |                       |  |         |
|----------------------------|----------|--|--------|--|----------------|-----------------------|--|---------|
| Recipiente N°              |          |  | T-1    |  | Diámetro       | <b>cm</b>             |  | 10.083  |
| Masa de Tara               | <b>g</b> |  | 27.21  |  | Altura Inicial | <b>cm</b>             |  | 11.715  |
| Masa del suelo húmedo+tara | <b>g</b> |  | 188.40 |  | Área           | <b>cm<sup>2</sup></b> |  | 79.849  |
| Masa del suelo seco + tara | <b>g</b> |  | 171.75 |  | Peso           | <b>g</b>              |  | 2097.22 |
| Masa de agua               | <b>g</b> |  | 16.65  |  |                |                       |  |         |
| Masa del suelo seco        | <b>g</b> |  | 144.54 |  |                |                       |  |         |
| Contenido de agua          | <b>%</b> |  | 11.52% |  |                |                       |  |         |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |        | AREA CORREGIDA | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |       |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------|----------------|------------------------|-------|
|              | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε  |                | KG / CM <sup>2</sup>   | kPa   |
|              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |        | Ao / (1 - ε)   |                        |       |
| 0            | 0                         | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000 | 79.8490        | 0.00                   | 0.00  |
| 9            | 1.59                      | 3.25           | 0.025                | 0.0054               | 0.9946 | 80.2842        | 0.04                   | 3.97  |
| 14           | 2.02                      | 5.18           | 0.050                | 0.0108               | 0.9892 | 80.7241        | 0.06                   | 6.29  |
| 21           | 2.68                      | 8.14           | 0.075                | 0.0163               | 0.9837 | 81.1689        | 0.10                   | 9.84  |
| 24           | 2.96                      | 9.40           | 0.100                | 0.0217               | 0.9783 | 81.6186        | 0.12                   | 11.29 |
| 31           | 3.1                       | 10.03          | 0.125                | 0.0271               | 0.9729 | 82.0733        | 0.12                   | 11.98 |
| 35           | 3.57                      | 12.14          | 0.150                | 0.0325               | 0.9675 | 82.5332        | 0.15                   | 14.42 |
| 43           | 3.91                      | 13.67          | 0.175                | 0.0379               | 0.9621 | 82.9982        | 0.16                   | 16.15 |
| 47           | 4                         | 14.07          | 0.200                | 0.0434               | 0.9566 | 83.4684        | 0.17                   | 16.53 |
| 50           | 3.88                      | 13.53          | 0.225                | 0.0488               | 0.9512 | 83.9441        | 0.16                   | 15.81 |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

Tabla n° 275: Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C6 sin aditivo

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |  |        |  |                |                 |         |  |
|----------------------------|---|--|--------|--|----------------|-----------------|---------|--|
| Recipiente N°              |   |  | T-1    |  | Diametro       | cm              | 10.100  |  |
| Masa de Tara               | g |  | 28.52  |  | Altura Inicial | cm              | 11.722  |  |
| Masa del suelo húmedo+tara | g |  | 181.26 |  | Area           | cm <sup>2</sup> | 80.118  |  |
| Masa del suelo seco + tara | g |  | 165.14 |  | Peso           | g               | 2082.92 |  |
| Masa de agua               | g |  | 16.12  |  |                |                 |         |  |
| Masa del suelo seco        | g |  | 136.62 |  |                |                 |         |  |
| Contenido de agua          | % |  | 11.80% |  |                |                 |         |  |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |        | AREA CORREGIDA | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |       |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------|----------------|------------------------|-------|
|              | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformacion Unitaria | 1 - ε  |                | KG / CM2               | kPa   |
|              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |        |                | Ao / (1 - ε)           |       |
| 0            | 0                         | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000 | 80.1185        | 0.00                   | 0.00  |
| 9            | 1.75                      | 3.97           | 0.025                | 0.0054               | 0.9946 | 80.5548        | 0.05                   | 4.83  |
| 14           | 2.2                       | 5.99           | 0.050                | 0.0108               | 0.9892 | 80.9960        | 0.07                   | 7.25  |
| 21           | 2.82                      | 8.77           | 0.075                | 0.0163               | 0.9837 | 81.4420        | 0.11                   | 10.56 |
| 24           | 3.08                      | 9.94           | 0.100                | 0.0217               | 0.9783 | 81.8930        | 0.12                   | 11.90 |
| 31           | 3.3                       | 10.93          | 0.125                | 0.0271               | 0.9729 | 82.3490        | 0.13                   | 13.01 |
| 35           | 3.79                      | 13.13          | 0.150                | 0.0325               | 0.9675 | 82.8100        | 0.16                   | 15.55 |
| 37           | 4.07                      | 14.38          | 0.175                | 0.0379               | 0.9621 | 83.2763        | 0.17                   | 16.94 |
| 41           | 4.15                      | 14.74          | 0.200                | 0.0433               | 0.9567 | 83.7479        | 0.18                   | 17.26 |
| 44           | 4                         | 14.07          | 0.225                | 0.0488               | 0.9512 | 84.2248        | 0.17                   | 16.38 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

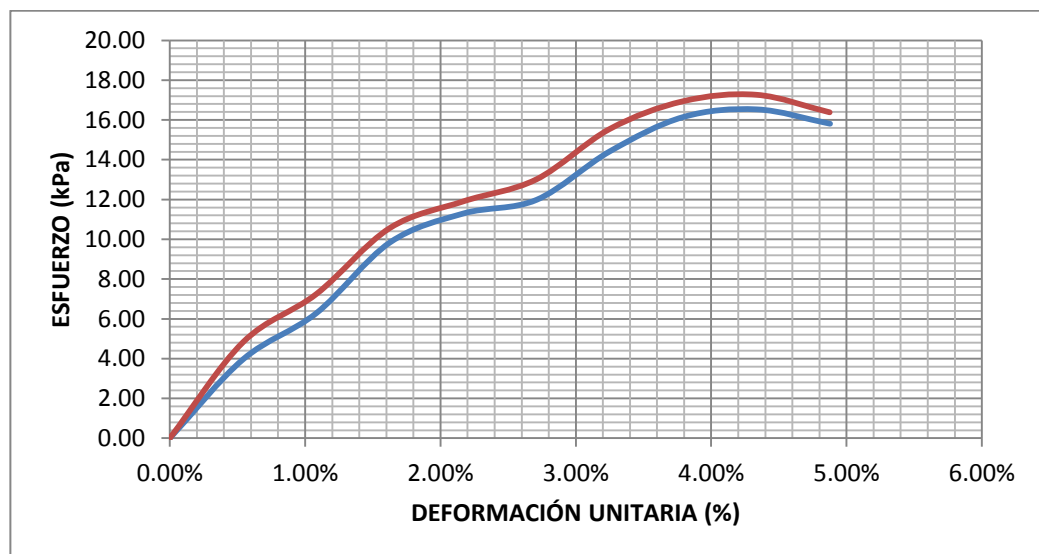


Figura n°. 145: Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria



**Tabla n° 276: Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C8 sin aditivo**

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |                           |                |           |                      |                |                 |                        |                      |
|----------------------------|---------------------------|----------------|-----------|----------------------|----------------|-----------------|------------------------|----------------------|
| Recipiente N°              |                           |                | T-1       |                      | Diámetro       | cm              | 10.240                 |                      |
| Masa de Tara               | g                         | 28.75          |           |                      | Altura Inicial | cm              | 11.769                 |                      |
| Masa del suelo húmedo+tara | g                         | 210.75         |           |                      | Área           | cm <sup>2</sup> | 82.355                 |                      |
| Masa del suelo seco + tara | g                         | 190.36         |           |                      | Peso           | g               | 2088.29                |                      |
| Masa de agua               | g                         | 20.39          |           |                      |                |                 |                        |                      |
| Masa del suelo seco        | g                         | 161.61         |           |                      |                |                 |                        |                      |
| Contenido de agua          | %                         | 12.62%         |           |                      |                |                 |                        |                      |
| DEFORMACIÓN VERTICAL       |                           |                |           |                      |                |                 |                        |                      |
| TIEMPO                     | CARGA                     |                | DIAL LC-8 | Deformación Unitaria | 1 - ε          | AREA            | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |                      |
|                            | Lectura de marco de carga | Carga aplicada |           |                      |                |                 | Ao / (1 - ε)           | KG / CM <sup>2</sup> |
|                            | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"    | ε = ΔH / H           |                |                 |                        |                      |
| 0                          | 0                         | 0.00           | 0.000     | 0.0000               | 1.0000         | 82.3550         | 0.00                   | 0.00                 |
| 9                          | 1.02                      | 0.69           | 0.025     | 0.0054               | 0.9946         | 82.8017         | 0.01                   | 0.82                 |
| 14                         | 1.25                      | 1.72           | 0.050     | 0.0108               | 0.9892         | 83.2534         | 0.02                   | 2.03                 |
| 21                         | 1.8                       | 4.19           | 0.075     | 0.0162               | 0.9838         | 83.7099         | 0.05                   | 4.91                 |
| 24                         | 2.14                      | 5.72           | 0.100     | 0.0216               | 0.9784         | 84.1716         | 0.07                   | 6.66                 |
| 31                         | 2.67                      | 8.10           | 0.125     | 0.0270               | 0.9730         | 84.6383         | 0.10                   | 9.38                 |
| 35                         | 2.99                      | 9.54           | 0.150     | 0.0324               | 0.9676         | 85.1103         | 0.11                   | 10.99                |
| 34                         | 3.25                      | 10.70          | 0.175     | 0.0378               | 0.9622         | 85.5875         | 0.13                   | 12.26                |
| 39                         | 3.44                      | 11.56          | 0.200     | 0.0432               | 0.9568         | 86.0701         | 0.13                   | 13.17                |
| 41                         | 3.35                      | 11.15          | 0.225     | 0.0486               | 0.9514         | 86.5582         | 0.13                   | 12.63                |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

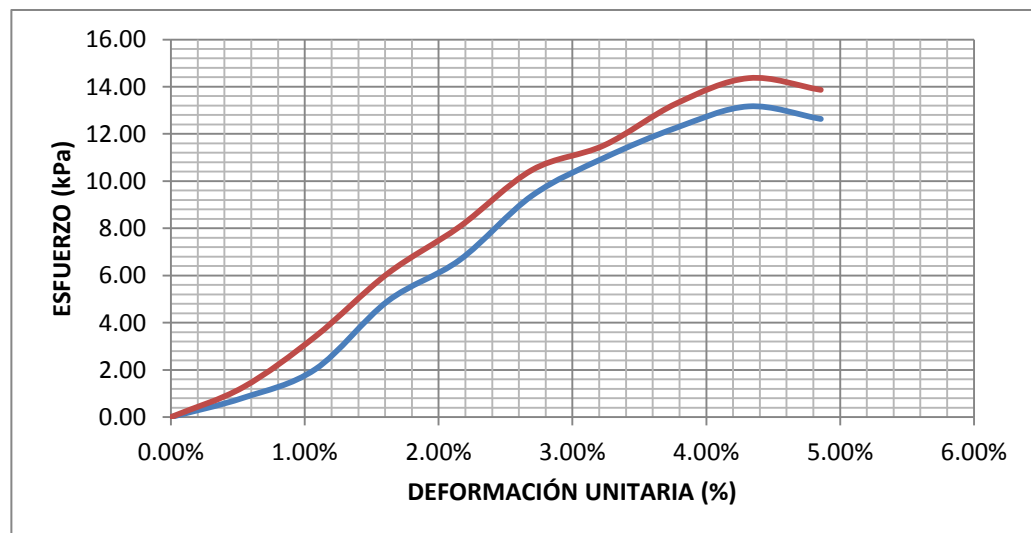
**Tabla n° 277:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C8 sin aditivo

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |        |  |                |                 |         |  |  |
|----------------------------|---|--------|--|----------------|-----------------|---------|--|--|
| Recipiente N°              |   | T-1    |  | Diámetro       | cm              | 10.141  |  |  |
| Masa de Tara               | g | 28.50  |  | Altura Inicial | cm              | 11.770  |  |  |
| Masa del suelo húmedo+tara | g | 206.24 |  | Área           | cm <sup>2</sup> | 80.770  |  |  |
| Masa del suelo seco + tara | g | 187.07 |  | Peso           | g               | 2078.34 |  |  |
| Masa de agua               | g | 19.17  |  |                |                 |         |  |  |
| Masa del suelo seco        | g | 158.57 |  |                |                 |         |  |  |
| Contenido de agua          | % | 12.09% |  |                |                 |         |  |  |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |              | AREA CORREGIDA | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |       |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------------|----------------|------------------------|-------|
|              | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε        |                | KG / CM <sup>2</sup>   | kPa   |
|              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           | Ao / (1 - ε) |                |                        |       |
| 0            | 0                         | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000       | 80.7703        | 0.00                   | 0.00  |
| 9            | 1.1                       | 1.05           | 0.025                | 0.0054               | 0.9946       | 81.2084        | 0.01                   | 1.27  |
| 14           | 1.5                       | 2.84           | 0.050                | 0.0108               | 0.9892       | 81.6513        | 0.03                   | 3.42  |
| 21           | 2                         | 5.09           | 0.075                | 0.0162               | 0.9838       | 82.0990        | 0.06                   | 6.08  |
| 24           | 2.38                      | 6.80           | 0.100                | 0.0216               | 0.9784       | 82.5517        | 0.08                   | 8.07  |
| 31           | 2.84                      | 8.86           | 0.125                | 0.0270               | 0.9730       | 83.0095        | 0.11                   | 10.47 |
| 35           | 3.05                      | 9.80           | 0.150                | 0.0324               | 0.9676       | 83.4723        | 0.12                   | 11.52 |
| 37           | 3.4                       | 11.38          | 0.175                | 0.0378               | 0.9622       | 83.9403        | 0.14                   | 13.29 |
| 39           | 3.62                      | 12.36          | 0.200                | 0.0432               | 0.9568       | 84.4136        | 0.15                   | 14.36 |
| 43           | 3.54                      | 12.00          | 0.225                | 0.0486               | 0.9514       | 84.8923        | 0.14                   | 13.87 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n°. 146:** Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria

**ANEXO n° 22:** Resultados del ensayo de Compresión Simple No Confinada con aditivo PROES.

**Tabla n° 278:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C2 con aditivo líquido Proes 0.35 L/m<sup>3</sup>

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |                           |                |                      |                      |        |                |                        |                      |     |
|----------------------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------|----------------|------------------------|----------------------|-----|
| Recipiente N°              |                           |                | T-1                  |                      |        | Diametro       | <b>cm</b>              | 10.100               |     |
| Masa de Tara               | <b>g</b>                  |                | 28.03                |                      |        | Altura Inicial | <b>cm</b>              | 11.600               |     |
| Masa del suelo húmedo+tara | <b>g</b>                  |                | 157.17               |                      |        | Area           | <b>cm<sup>2</sup></b>  | 80.118               |     |
| Masa del suelo seco + tara | <b>g</b>                  |                | 143.50               |                      |        | Peso           | <b>g</b>               | 1897.9               |     |
| Masa de agua               | <b>g</b>                  |                | 13.67                |                      |        |                |                        |                      |     |
| Masa del suelo seco        | <b>g</b>                  |                | 115.47               |                      |        |                |                        |                      |     |
| Contenido de agua          | <b>%</b>                  |                | 11.84%               |                      |        |                |                        |                      |     |
| TIEMPO (SEG)               | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |        | AREA CORREGIDA | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |                      |     |
|                            | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε  |                | Ao / (1 - ε)           | KG / CM <sup>2</sup> | kPa |
|                            | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |        |                |                        |                      |     |
| 0                          | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000 | 80.1185        | 0.00                   | 0.00                 |     |
| 9                          | 8.56                      | 34.54          | 0.025                | 0.0055               | 0.9945 | 80.5595        | 0.43                   | 42.05                |     |
| 14                         | 9.08                      | 36.88          | 0.050                | 0.0109               | 0.9891 | 81.0053        | 0.46                   | 44.64                |     |
| 21                         | 9.56                      | 39.03          | 0.075                | 0.0164               | 0.9836 | 81.4562        | 0.48                   | 46.99                |     |
| 24                         | 10.10                     | 41.46          | 0.100                | 0.0219               | 0.9781 | 81.9121        | 0.51                   | 49.63                |     |
| 31                         | 10.94                     | 45.23          | 0.125                | 0.0274               | 0.9726 | 82.3731        | 0.55                   | 53.84                |     |
| 35                         | 11.65                     | 48.41          | 0.150                | 0.0328               | 0.9672 | 82.8393        | 0.58                   | 57.31                |     |
| 37                         | 12.00                     | 49.98          | 0.175                | 0.0383               | 0.9617 | 83.3109        | 0.60                   | 58.84                |     |
| 41                         | 12.25                     | 51.11          | 0.200                | 0.0438               | 0.9562 | 83.7878        | 0.61                   | 59.82                |     |
| 45                         | 11.85                     | 49.31          | 0.225                | 0.0493               | 0.9507 | 84.2702        | 0.59                   | 57.38                |     |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

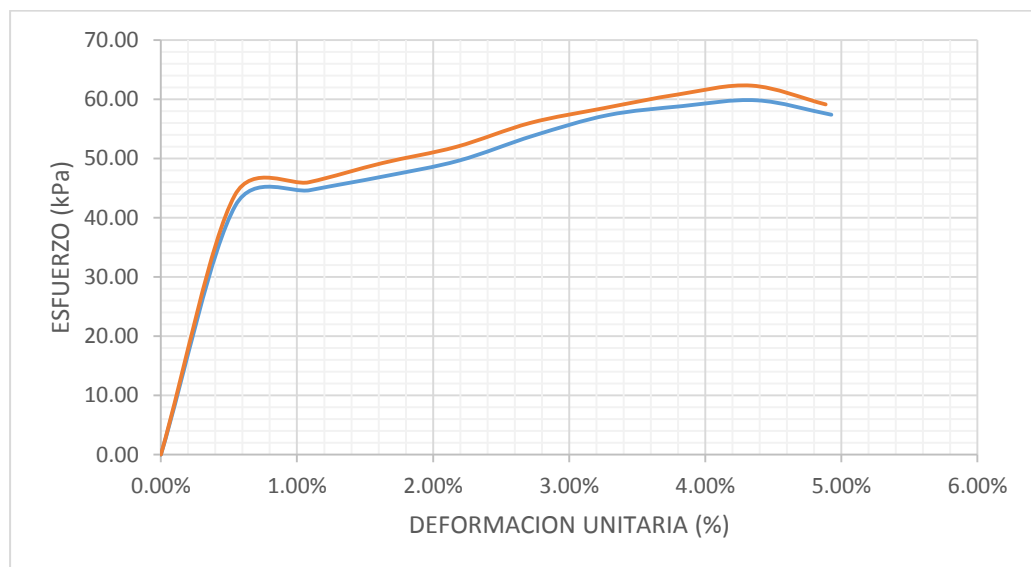
**Tabla n° 279:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C2 con aditivo Líquido Proes 0.35 L/m<sup>3</sup>

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |  |        |  |  |                |                 |        |
|----------------------------|---|--|--------|--|--|----------------|-----------------|--------|
| Recipiente N°              |   |  | T-1    |  |  | Diametro       | cm              | 10.110 |
| Masa de Tara               | g |  | 22.64  |  |  | Altura Inicial | cm              | 11.700 |
| Masa del suelo húmedo+tara | g |  | 234.87 |  |  | Area           | cm <sup>2</sup> | 80.277 |
| Masa del suelo seco + tara | g |  | 211.32 |  |  | Peso           | g               | 1908.8 |
| Masa de agua               | g |  | 23.55  |  |  |                |                 |        |
| Masa del suelo seco        | g |  | 188.68 |  |  |                |                 |        |
| Contenido de agua          | % |  | 12.48% |  |  |                |                 |        |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |              | AREA CORREGIDA | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |       |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------------|----------------|------------------------|-------|
|              | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε        |                | KG / CM2               | kPa   |
|              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |              |                |                        |       |
|              |                           |                |                      |                      | Ao / (1 - ε) |                |                        |       |
| 0            | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000       | 80.2772        | 0.00                   | 0.00  |
| 9            | 8.89                      | 36.02          | 0.025                | 0.0054               | 0.9946       | 80.7153        | 0.45                   | 43.77 |
| 14           | 9.34                      | 38.04          | 0.050                | 0.0109               | 0.9891       | 81.1581        | 0.47                   | 45.97 |
| 21           | 9.99                      | 40.96          | 0.075                | 0.0163               | 0.9837       | 81.6059        | 0.50                   | 49.22 |
| 24           | 10.55                     | 43.48          | 0.100                | 0.0217               | 0.9783       | 82.0586        | 0.53                   | 51.96 |
| 31           | 11.36                     | 47.11          | 0.125                | 0.0271               | 0.9729       | 82.5164        | 0.57                   | 55.99 |
| 35           | 11.89                     | 49.49          | 0.150                | 0.0326               | 0.9674       | 82.9793        | 0.60                   | 58.49 |
| 37           | 12.39                     | 51.73          | 0.175                | 0.0380               | 0.9620       | 83.4475        | 0.62                   | 60.80 |
| 41           | 12.74                     | 53.31          | 0.200                | 0.0434               | 0.9566       | 83.9209        | 0.64                   | 62.29 |
| 45           | 12.20                     | 50.88          | 0.225                | 0.0488               | 0.9512       | 84.3998        | 0.60                   | 59.12 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n° 147:** Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria

**Tabla n°280:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C4 con aditivo  
Líquido Proes 0.35 L/m<sup>3</sup>

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |                           |                |           |                      |        |                |                        |                      |
|----------------------------|---------------------------|----------------|-----------|----------------------|--------|----------------|------------------------|----------------------|
| Recipiente N°              |                           |                | T-1       |                      |        | Diametro       | <b>cm</b>              | 10.100               |
| Masa de Tara               | <b>g</b>                  | 28.30          |           |                      |        | Altura Inicial | <b>cm</b>              | 11.600               |
| Masa del suelo húmedo+tara | <b>g</b>                  | 196.24         |           |                      |        | Area           | <b>cm<sup>2</sup></b>  | 80.118               |
| Masa del suelo seco + tara | <b>g</b>                  | 176.08         |           |                      |        | Peso           | <b>g</b>               | 1922.4               |
| Masa de agua               | <b>g</b>                  | 20.16          |           |                      |        |                |                        |                      |
| Masa del suelo seco        | <b>g</b>                  | 147.78         |           |                      |        |                |                        |                      |
| Contenido de agua          | <b>%</b>                  | 13.64%         |           |                      |        |                |                        |                      |
| DEFORMACIÓN VERTICAL       |                           |                |           |                      |        |                |                        |                      |
| TIEMPO (SEG)               | CARGA                     |                | DIAL LC-8 | Deformación Unitaria | 1 - ε  | AREA CORREGIDA | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |                      |
|                            | Lectura de marco de carga | Carga aplicada |           |                      |        |                | Ao / (1 - ε)           | KG / CM <sup>2</sup> |
|                            | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"    | ε = ΔH / H           |        |                |                        |                      |
| 0                          | 0.00                      | 0.00           | 0.000     | 0.0000               | 1.0000 | 80.1185        | 0.00                   | 0.00                 |
| 9                          | 8.00                      | 32.03          | 0.025     | 0.0055               | 0.9945 | 80.5595        | 0.40                   | 38.99                |
| 14                         | 8.48                      | 34.18          | 0.050     | 0.0109               | 0.9891 | 81.0053        | 0.42                   | 41.38                |
| 21                         | 9.31                      | 37.91          | 0.075     | 0.0164               | 0.9836 | 81.4562        | 0.47                   | 45.64                |
| 24                         | 9.75                      | 39.88          | 0.100     | 0.0219               | 0.9781 | 81.9121        | 0.49                   | 47.75                |
| 31                         | 10.22                     | 41.99          | 0.125     | 0.0274               | 0.9726 | 82.3731        | 0.51                   | 49.99                |
| 35                         | 10.96                     | 45.32          | 0.150     | 0.0328               | 0.9672 | 82.8393        | 0.55                   | 53.65                |
| 37                         | 11.78                     | 49.00          | 0.175     | 0.0383               | 0.9617 | 83.3109        | 0.59                   | 57.67                |
| 40                         | 12.00                     | 49.98          | 0.200     | 0.0438               | 0.9562 | 83.7878        | 0.60                   | 58.50                |
| 44                         | 11.85                     | 49.31          | 0.225     | 0.0493               | 0.9507 | 84.2702        | 0.59                   | 57.38                |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

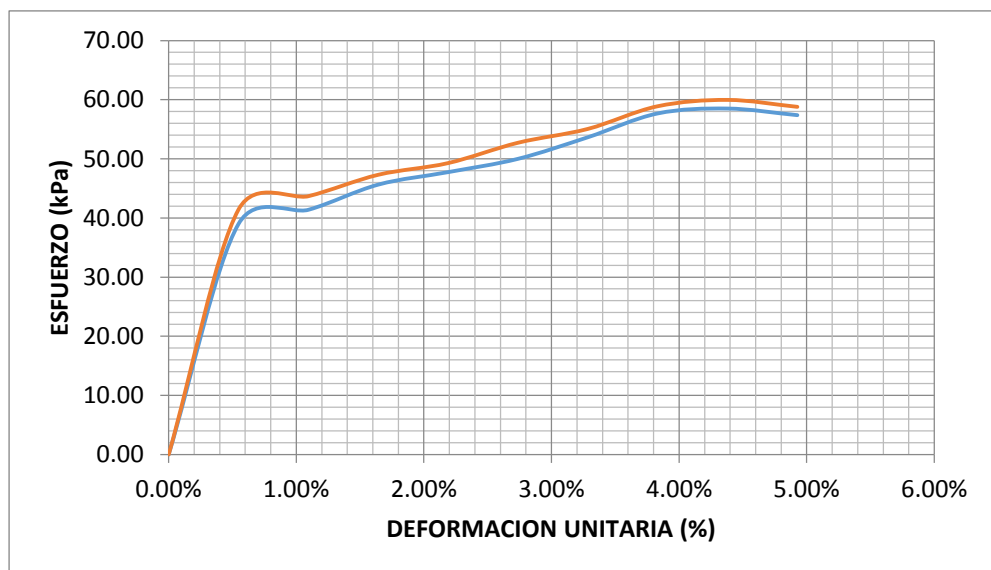
**Tabla n°281:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C4 con aditivo  
Líquido Proes 0.35 L/m<sup>3</sup>

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |        |  |                |                 |         |  |  |
|----------------------------|---|--------|--|----------------|-----------------|---------|--|--|
| Recipiente N°              |   | T-1    |  | Diametro       | cm              | 10.136  |  |  |
| Masa de Tara               | g | 28.31  |  | Altura Inicial | cm              | 11.600  |  |  |
| Masa del suelo húmedo+tara | g | 265.44 |  | Area           | cm <sup>2</sup> | 80.691  |  |  |
| Masa del suelo seco + tara | g | 237.22 |  | Peso           | g               | 1975.02 |  |  |
| Masa de agua               | g | 28.22  |  |                |                 |         |  |  |
| Masa del suelo seco        | g | 208.91 |  |                |                 |         |  |  |
| Contenido de agua          | % | 13.51% |  |                |                 |         |  |  |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |              | AREA CORREGIDA | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |       |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------------|----------------|------------------------|-------|
|              | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε        |                | KG / CM2               | kPa   |
|              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |              |                |                        |       |
|              |                           |                |                      |                      | Ao / (1 - ε) |                |                        |       |
| 0            | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000       | 80.6906        | 0.00                   | 0.00  |
| 9            | 8.50                      | 34.27          | 0.025                | 0.0055               | 0.9945       | 81.1348        | 0.42                   | 41.43 |
| 14           | 8.96                      | 36.34          | 0.050                | 0.0109               | 0.9891       | 81.5838        | 0.45                   | 43.68 |
| 21           | 9.68                      | 39.57          | 0.075                | 0.0164               | 0.9836       | 82.0379        | 0.48                   | 47.30 |
| 24           | 10.10                     | 41.46          | 0.100                | 0.0219               | 0.9781       | 82.4970        | 0.50                   | 49.28 |
| 31           | 10.80                     | 44.60          | 0.125                | 0.0274               | 0.9726       | 82.9613        | 0.54                   | 52.72 |
| 35           | 11.30                     | 46.84          | 0.150                | 0.0328               | 0.9672       | 83.4309        | 0.56                   | 55.06 |
| 37           | 12.09                     | 50.39          | 0.175                | 0.0383               | 0.9617       | 83.9058        | 0.60                   | 58.89 |
| 41           | 12.36                     | 51.60          | 0.200                | 0.0438               | 0.9562       | 84.3862        | 0.61                   | 59.96 |
| 44           | 12.20                     | 50.88          | 0.225                | 0.0493               | 0.9507       | 84.8720        | 0.60                   | 58.79 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n°. 148:** Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria

**Tabla n°282:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C6 con aditivo  
Líquido Proes 0.35 L/m<sup>3</sup>

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |                                 |                   |                         |                         |        |                   |                           |          |     |
|----------------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|--------|-------------------|---------------------------|----------|-----|
| Recipiente N°              |                                 |                   | T-1                     |                         |        | Diametro          | cm                        | 10.100   |     |
| Masa de Tara               | g                               |                   | 21.02                   |                         |        | Altura Inicial    | cm                        | 11.600   |     |
| Masa del suelo húmedo+tara | g                               |                   | 165.43                  |                         |        | Area              | cm <sup>2</sup>           | 80.118   |     |
| Masa del suelo seco + tara | g                               |                   | 149.96                  |                         |        | Peso              | g                         | 1934.98  |     |
| Masa de agua               | g                               |                   | 15.47                   |                         |        |                   |                           |          |     |
| Masa del suelo seco        | g                               |                   | 128.94                  |                         |        |                   |                           |          |     |
| Contenido de agua          | %                               |                   | 12.00%                  |                         |        |                   |                           |          |     |
| TIEMPO<br>(SEG)            | CARGA                           |                   | DEFORMACIÓN<br>VERTICAL |                         |        | AREA<br>CORREGIDA | ESFUERZO DE<br>COMPRESIÓN |          |     |
|                            | Lectura de<br>marco de<br>carga | Carga<br>aplicada | DIAL<br>LC-8            | Deformación<br>Unitaria | 1 - ε  |                   | Ao / (1 - ε)              | KG / CM2 | kPa |
|                            | Número de<br>Divisiones         | kg                | 0.001"                  | ε = ΔH / H              |        |                   |                           |          |     |
| 0                          | 0.00                            | 0.00              | 0.000                   | 0.0000                  | 1.0000 | 80.1185           | 0.00                      | 0.00     |     |
| 9                          | 8.78                            | 35.53             | 0.025                   | 0.0055                  | 0.9945 | 80.5595           | 0.44                      | 43.25    |     |
| 14                         | 9.17                            | 37.28             | 0.050                   | 0.0109                  | 0.9891 | 81.0053           | 0.46                      | 45.13    |     |
| 21                         | 9.86                            | 40.38             | 0.075                   | 0.0164                  | 0.9836 | 81.4562           | 0.50                      | 48.61    |     |
| 24                         | 10.34                           | 42.53             | 0.100                   | 0.0219                  | 0.9781 | 81.9121           | 0.52                      | 50.92    |     |
| 31                         | 11.00                           | 45.50             | 0.125                   | 0.0274                  | 0.9726 | 82.3731           | 0.55                      | 54.16    |     |
| 35                         | 11.57                           | 48.05             | 0.150                   | 0.0328                  | 0.9672 | 82.8393           | 0.58                      | 56.89    |     |
| 43                         | 11.91                           | 49.58             | 0.175                   | 0.0383                  | 0.9617 | 83.3109           | 0.60                      | 58.36    |     |
| 47                         | 12.38                           | 51.69             | 0.200                   | 0.0438                  | 0.9562 | 83.7878           | 0.62                      | 60.50    |     |
| 50                         | 11.90                           | 49.54             | 0.225                   | 0.0493                  | 0.9507 | 84.2702           | 0.59                      | 57.64    |     |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n°283:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C6 con aditivo  
Líquido Proes 0.35 L/m<sup>3</sup>

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |  |        |  |  |                |                 |         |  |
|----------------------------|---|--|--------|--|--|----------------|-----------------|---------|--|
| Recipiente N°              |   |  | T-1    |  |  | Diametro       | cm              | 10.100  |  |
| Masa de Tara               | g |  | 31.24  |  |  | Altura Inicial | cm              | 11.600  |  |
| Masa del suelo húmedo+tara | g |  | 234.18 |  |  | Area           | cm <sup>2</sup> | 80.118  |  |
| Masa del suelo seco + tara | g |  | 211.64 |  |  | Peso           | g               | 1890.21 |  |
| Masa de agua               | g |  | 22.54  |  |  |                |                 |         |  |
| Masa del suelo seco        | g |  | 180.40 |  |  |                |                 |         |  |
| Contenido de agua          | % |  | 12.49% |  |  |                |                 |         |  |

| TIEMPO (SEG) | CARGA   |                      | DEFORMACIÓN VERTICAL |                                    |        | AREA CORREGIDA<br>Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |       |  |  |
|--------------|---|----------------------|----------------------|------------------------------------|--------|--------------------------------|------------------------|-------|--|--|
|              | Lectura de marco de carga<br>Número de Divisiones | Carga aplicada<br>kg | DIAL LC-8<br>0.001"  | Deformación Unitaria<br>ε = ΔH / H | 1 - ε  |                                | KG / CM2               | kPa   |  |  |
|              |   |                      |                      |                                    |        |                                |                        |       |  |  |
|              |   |                      |                      |                                    |        |                                |                        |       |  |  |
| 0            | 0.00  | 0.00                 | 0.000                | 0.0000                             | 1.0000 | 80.1185                        | 0.00                   | 0.00  |  |  |
| 9            | 9.12  | 37.06                | 0.025                | 0.0055                             | 0.9945 | 80.5595                        | 0.46                   | 45.11 |  |  |
| 14           | 9.75  | 39.88                | 0.050                | 0.0109                             | 0.9891 | 81.0053                        | 0.49                   | 48.29 |  |  |
| 21           | 10.10   | 41.46                | 0.075                | 0.0164                             | 0.9836 | 81.4562                        | 0.51                   | 49.91 |  |  |
| 24           | 10.68   | 44.06                | 0.100                | 0.0219                             | 0.9781 | 81.9121                        | 0.54                   | 52.75 |  |  |
| 31           | 11.36   | 47.11                | 0.125                | 0.0274                             | 0.9726 | 82.3731                        | 0.57                   | 56.09 |  |  |
| 35           | 11.96   | 49.80                | 0.150                | 0.0328                             | 0.9672 | 82.8393                        | 0.60                   | 58.96 |  |  |
| 37           | 12.20   | 50.88                | 0.175                | 0.0383                             | 0.9617 | 83.3109                        | 0.61                   | 59.89 |  |  |
| 41           | 12.67   | 52.99                | 0.200                | 0.0438                             | 0.9562 | 83.7878                        | 0.63                   | 62.02 |  |  |
| 44           | 12.11   | 50.48                | 0.225                | 0.0493                             | 0.9507 | 84.2702                        | 0.60                   | 58.74 |  |  |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

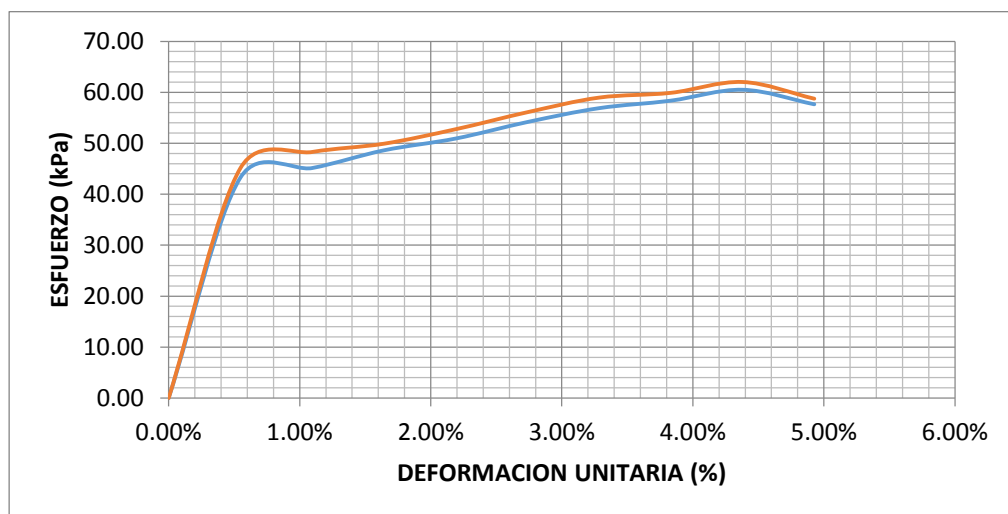


Figura n°. 149: Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria



**Tabla n° 284:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C8 con aditivo Líquido Proes 0.35 L/m<sup>3</sup>

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |                           |                |           |                      |        |                |                        |          |
|----------------------------|---------------------------|----------------|-----------|----------------------|--------|----------------|------------------------|----------|
| Recipiente N°              |                           |                | T-1       |                      |        | Diametro       | cm                     | 10.100   |
| Masa de Tara               | g                         |                | 23.37     |                      |        | Altura Inicial | cm                     | 11.600   |
| Masa del suelo húmedo+tara | g                         |                | 156.35    |                      |        | Area           | cm <sup>2</sup>        | 80.118   |
| Masa del suelo seco + tara | g                         |                | 140.47    |                      |        | Peso           | g                      | 2045.76  |
| Masa de agua               | g                         |                | 15.88     |                      |        |                |                        |          |
| Masa del suelo seco        | g                         |                | 117.10    |                      |        |                |                        |          |
| Contenido de agua          | %                         |                | 13.56%    |                      |        |                |                        |          |
| DEFORMACIÓN VERTICAL       |                           |                |           |                      |        |                |                        |          |
| TIEMPO                     | CARGA                     |                | DIAL LC-8 | Deformación Unitaria | 1 - ε  | AREA           | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |          |
|                            | Lectura de marco de carga | Carga aplicada |           |                      |        |                | Ao / (1 - ε)           | KG / CM2 |
|                            | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"    | ε = ΔH / H           |        |                |                        |          |
| 0                          | 0.00                      | 0.00           | 0.000     | 0.0000               | 1.0000 | 80.1185        | 0.00                   | 0.00     |
| 9                          | 8.61                      | 34.77          | 0.025     | 0.0055               | 0.9945 | 80.5595        | 0.43                   | 42.32    |
| 14                         | 9.54                      | 38.94          | 0.050     | 0.0109               | 0.9891 | 81.0053        | 0.48                   | 47.14    |
| 21                         | 10.10                     | 41.46          | 0.075     | 0.0164               | 0.9836 | 81.4562        | 0.51                   | 49.91    |
| 24                         | 10.50                     | 43.25          | 0.100     | 0.0219               | 0.9781 | 81.9121        | 0.53                   | 51.78    |
| 31                         | 11.00                     | 45.50          | 0.125     | 0.0274               | 0.9726 | 82.3731        | 0.55                   | 54.16    |
| 35                         | 11.85                     | 49.31          | 0.150     | 0.0328               | 0.9672 | 82.8393        | 0.60                   | 58.37    |
| 34                         | 12.50                     | 52.23          | 0.175     | 0.0383               | 0.9617 | 83.3109        | 0.63                   | 61.48    |
| 39                         | 12.92                     | 54.11          | 0.200     | 0.0438               | 0.9562 | 83.7878        | 0.65                   | 63.33    |
| 41                         | 12.66                     | 52.95          | 0.225     | 0.0493               | 0.9507 | 84.2702        | 0.63                   | 61.61    |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

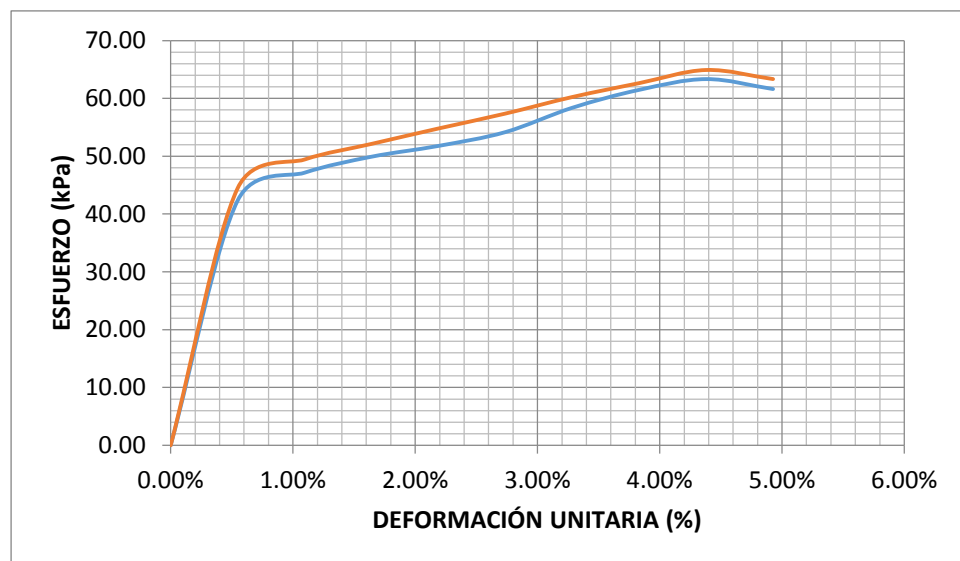
**Tabla n° 285:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C8 con aditivo líquido Proes 0.35 L/m<sup>3</sup>

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |  |        |  |  |                |                 |         |
|----------------------------|---|--|--------|--|--|----------------|-----------------|---------|
| Recipiente N°              |   |  | T-1    |  |  | Diametro       | cm              | 10.100  |
| Masa de Tara               | g |  | 28.28  |  |  | Altura Inicial | cm              | 11.600  |
| Masa del suelo húmedo+tara | g |  | 167.56 |  |  | Area           | cm <sup>2</sup> | 80.118  |
| Masa del suelo seco + tara | g |  | 151.54 |  |  | Peso           | g               | 1901.34 |
| Masa de agua               | g |  | 16.02  |  |  |                |                 |         |
| Masa del suelo seco        | g |  | 123.26 |  |  |                |                 |         |
| Contenido de agua          | % |  | 13.00% |  |  |                |                 |         |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |        | AREA CORREGIDA<br>Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |       |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------|--------------------------------|------------------------|-------|
|              | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε  |                                | KG / CM2               | kPa   |
|              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |        |                                |                        |       |
|              |                           |                |                      |                      |        |                                |                        |       |
| 0            | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000 | 80.1185                        | 0.00                   | 0.00  |
| 9            | 9.00                      | 36.52          | 0.025                | 0.0055               | 0.9945 | 80.5595                        | 0.45                   | 44.45 |
| 14           | 9.96                      | 40.83          | 0.050                | 0.0109               | 0.9891 | 81.0053                        | 0.50                   | 49.43 |
| 21           | 10.51                     | 43.30          | 0.075                | 0.0164               | 0.9836 | 81.4562                        | 0.53                   | 52.12 |
| 24           | 11.06                     | 45.76          | 0.100                | 0.0219               | 0.9781 | 81.9121                        | 0.56                   | 54.79 |
| 31           | 11.60                     | 48.19          | 0.125                | 0.0274               | 0.9726 | 82.3731                        | 0.59                   | 57.37 |
| 35           | 12.20                     | 50.88          | 0.150                | 0.0328               | 0.9672 | 82.8393                        | 0.61                   | 60.23 |
| 37           | 12.72                     | 53.22          | 0.175                | 0.0383               | 0.9617 | 83.3109                        | 0.64                   | 62.64 |
| 39           | 13.22                     | 55.46          | 0.200                | 0.0438               | 0.9562 | 83.7878                        | 0.66                   | 64.91 |
| 43           | 12.99                     | 54.43          | 0.225                | 0.0493               | 0.9507 | 84.2702                        | 0.65                   | 63.34 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n° 150:** Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria

**Tabla n° 286:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C2 con aditivo líquido Proes  $0.30 \text{ L/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$  de cemento.

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |                           |                |                      |                      |              |                |                        |         |
|----------------------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------------|----------------|------------------------|---------|
| Recipiente N°              |                           |                | T-1                  |                      |              | Diametro       | cm                     | 10.100  |
| Masa de Tara               | g                         |                | 22.05                |                      |              | Altura Inicial | cm                     | 11.600  |
| Masa del suelo húmedo+tara | g                         |                | 264.98               |                      |              | Area           | cm <sup>2</sup>        | 80.118  |
| Masa del suelo seco + tara | g                         |                | 236.17               |                      |              | Peso           | g                      | 1913.93 |
| Masa de agua               | g                         |                | 28.81                |                      |              |                |                        |         |
| Masa del suelo seco        | g                         |                | 214.12               |                      |              |                |                        |         |
| Contenido de agua          | %                         |                | 13.46%               |                      |              |                |                        |         |
| TIEMPO (SEG)               | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |              | AREA CORREGIDA | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |         |
|                            | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε        |                | KG / CM <sup>2</sup>   | kPa     |
|                            | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           | Ao / (1 - ε) |                |                        |         |
| 0                          | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000       | 80.1185        | 0.00                   | 0.00    |
| 9                          | 31.65                     | 138.14         | 0.025                | 0.0055               | 0.9945       | 80.5595        | 1.71                   | 168.16  |
| 14                         | 33.06                     | 144.46         | 0.050                | 0.0109               | 0.9891       | 81.0053        | 1.78                   | 174.88  |
| 21                         | 33.57                     | 146.74         | 0.075                | 0.0164               | 0.9836       | 81.4562        | 1.80                   | 176.67  |
| 24                         | 34.00                     | 148.67         | 0.100                | 0.0219               | 0.9781       | 81.9121        | 1.82                   | 177.99  |
| 31                         | 36.33                     | 159.12         | 0.125                | 0.0274               | 0.9726       | 82.3731        | 1.93                   | 189.43  |
| 35                         | 37.89                     | 166.11         | 0.150                | 0.0328               | 0.9672       | 82.8393        | 2.01                   | 196.65  |
| 37                         | 38.96                     | 170.91         | 0.175                | 0.0383               | 0.9617       | 83.3109        | 2.05                   | 201.18  |
| 41                         | 40.08                     | 175.93         | 0.200                | 0.0438               | 0.9562       | 83.7878        | 2.10                   | 205.91  |
| 45                         | 39.75                     | 174.45         | 0.225                | 0.0493               | 0.9507       | 84.2702        | 2.07                   | 203.01  |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

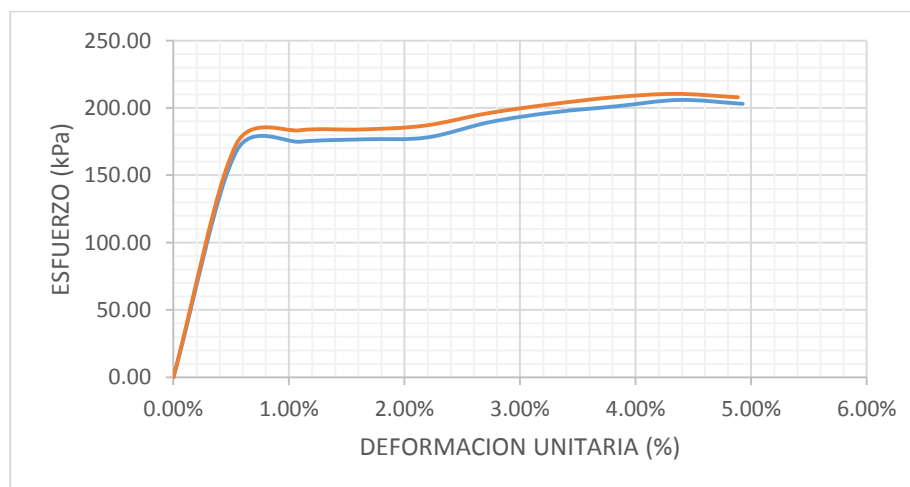
**Tabla n°287:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C2 con aditivo líquido Proes  $0.30 \text{ L/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$  de cemento.

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |        |     |  |  |                |                 |         |  |
|----------------------------|---|--------|-----|--|--|----------------|-----------------|---------|--|
| Recipiente N°              |   |        | T-1 |  |  | Diametro       | cm              | 10.110  |  |
| Masa de Tara               | g | 23.24  |     |  |  | Altura Inicial | cm              | 11.700  |  |
| Masa del suelo húmedo+tara | g | 175.21 |     |  |  | Area           | cm <sup>2</sup> | 80.277  |  |
| Masa del suelo seco + tara | g | 157.70 |     |  |  | Peso           | g               | 1910.97 |  |
| Masa de agua               | g | 17.51  |     |  |  |                |                 |         |  |
| Masa del suelo seco        | g | 134.46 |     |  |  |                |                 |         |  |
| Contenido de agua          | % | 13.02% |     |  |  |                |                 |         |  |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |              | AREA CORREGIDA | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |        |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------------|----------------|------------------------|--------|
|              | lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε        |                | KG / CM <sup>2</sup>   | kPa    |
|              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           | Ao / (1 - ε) |                |                        |        |
| 0            | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000       | 80.2772        | 0.00                   | 0.00   |
| 9            | 32.57                     | 142.26         | 0.025                | 0.0054               | 0.9946       | 80.7153        | 1.76                   | 172.84 |
| 14           | 34.68                     | 151.72         | 0.050                | 0.0109               | 0.9891       | 81.1581        | 1.87                   | 183.33 |
| 21           | 34.99                     | 153.11         | 0.075                | 0.0163               | 0.9837       | 81.6059        | 1.88                   | 183.99 |
| 24           | 35.70                     | 156.29         | 0.100                | 0.0217               | 0.9783       | 82.0586        | 1.90                   | 186.78 |
| 31           | 37.61                     | 164.86         | 0.125                | 0.0271               | 0.9729       | 82.5164        | 2.00                   | 195.92 |
| 35           | 39.07                     | 171.40         | 0.150                | 0.0326               | 0.9674       | 82.9793        | 2.07                   | 202.56 |
| 37           | 40.28                     | 176.82         | 0.175                | 0.0380               | 0.9620       | 83.4475        | 2.12                   | 207.80 |
| 41           | 41.00                     | 180.05         | 0.200                | 0.0434               | 0.9566       | 83.9209        | 2.15                   | 210.40 |
| 45           | 40.75                     | 178.93         | 0.225                | 0.0488               | 0.9512       | 84.3998        | 2.12                   | 207.90 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n°. 151:** Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria

**Tabla n° 288:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C4 con aditivo líquido Proes  $0.30 \text{ L/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$  de cemento.

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |                           |                |                      |                      |                |                 |                        |         |
|----------------------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|----------------|-----------------|------------------------|---------|
| Recipiente N°              |                           |                | T-1                  |                      | Diametro       | cm              |                        | 10.100  |
| Masa de Tara               | g                         |                | 28.27                |                      | Altura Inicial | cm              |                        | 11.600  |
| Masa del suelo húmedo+tara | g                         |                | 165.34               |                      | Area           | cm <sup>2</sup> |                        | 80.118  |
| Masa del suelo seco + tara | g                         |                | 150.18               |                      | Peso           | g               |                        | 1890.52 |
| Masa de agua               | g                         |                | 15.16                |                      |                |                 |                        |         |
| Masa del suelo seco        | g                         |                | 121.91               |                      |                |                 |                        |         |
| Contenido de agua          | %                         |                | 12.44%               |                      |                |                 |                        |         |
| TIEMPO (SEG)               | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |                | AREA CORREGIDA  | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |         |
|                            | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε          |                 | KG / CM2               | kPa     |
|                            | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           | Ao / (1 - ε)   |                 |                        |         |
| 0                          | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000         | 80.1185         | 0.00                   | 0.00    |
| 9                          | 32.23                     | 140.74         | 0.025                | 0.0055               | 0.9945         | 80.5595         | 1.75                   | 171.32  |
| 14                         | 32.88                     | 143.65         | 0.050                | 0.0109               | 0.9891         | 81.0053         | 1.77                   | 173.91  |
| 21                         | 33.96                     | 148.49         | 0.075                | 0.0164               | 0.9836         | 81.4562         | 1.82                   | 178.77  |
| 24                         | 34.42                     | 150.56         | 0.100                | 0.0219               | 0.9781         | 81.9121         | 1.84                   | 180.25  |
| 31                         | 35.06                     | 153.42         | 0.125                | 0.0274               | 0.9726         | 82.3731         | 1.86                   | 182.65  |
| 35                         | 35.89                     | 157.15         | 0.150                | 0.0328               | 0.9672         | 82.8393         | 1.90                   | 186.03  |
| 37                         | 36.88                     | 161.58         | 0.175                | 0.0383               | 0.9617         | 83.3109         | 1.94                   | 190.20  |
| 40                         | 37.76                     | 165.53         | 0.200                | 0.0438               | 0.9562         | 83.7878         | 1.98                   | 193.74  |
| 44                         | 37.31                     | 163.51         | 0.225                | 0.0493               | 0.9507         | 84.2702         | 1.94                   | 190.28  |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

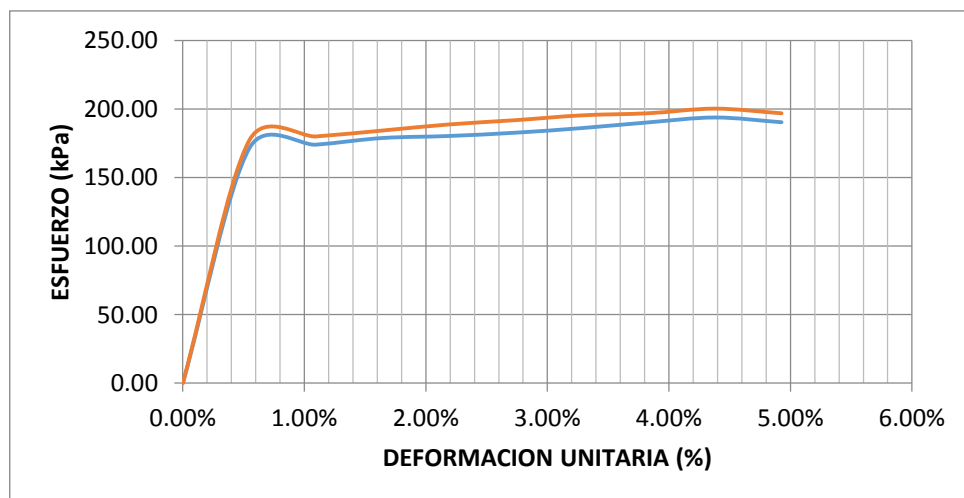
**Tabla n°289:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C4 con aditivo líquido Proes  $0.30 \text{ L/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$  de cemento.

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |        |  |                |                 |         |  |  |
|----------------------------|---|--------|--|----------------|-----------------|---------|--|--|
| Recipiente N°              |   | T-1    |  | Diametro       | cm              | 10.100  |  |  |
| Masa de Tara               | g | 19.47  |  | Altura Inicial | cm              | 11.600  |  |  |
| Masa del suelo húmedo+tara | g | 135.26 |  | Area           | cm <sup>2</sup> | 80.118  |  |  |
| Masa del suelo seco + tara | g | 122.00 |  | Peso           | g               | 1960.66 |  |  |
| Masa de agua               | g | 13.26  |  |                |                 |         |  |  |
| Masa del suelo seco        | g | 102.53 |  |                |                 |         |  |  |
| Contenido de agua          | % | 12.93% |  |                |                 |         |  |  |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |        | AREA CORREGIDA | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |        |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------|----------------|------------------------|--------|
|              | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε  |                | KG / CM <sup>2</sup>   | kPa    |
|              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |        | Ao / (1 - ε)   |                        |        |
| 0            | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000 | 80.1185        | 0.00                   | 0.00   |
| 9            | 33.30                     | 145.53         | 0.025                | 0.0055               | 0.9945 | 80.5595        | 1.81                   | 177.16 |
| 14           | 33.99                     | 148.63         | 0.050                | 0.0109               | 0.9891 | 81.0053        | 1.83                   | 179.93 |
| 21           | 34.97                     | 153.02         | 0.075                | 0.0164               | 0.9836 | 81.4562        | 1.88                   | 184.23 |
| 24           | 35.99                     | 157.59         | 0.100                | 0.0219               | 0.9781 | 81.9121        | 1.92                   | 188.67 |
| 31           | 36.77                     | 161.09         | 0.125                | 0.0274               | 0.9726 | 82.3731        | 1.96                   | 191.78 |
| 35           | 37.64                     | 164.99         | 0.150                | 0.0328               | 0.9672 | 82.8393        | 1.99                   | 195.32 |
| 37           | 38.14                     | 167.23         | 0.175                | 0.0383               | 0.9617 | 83.3109        | 2.01                   | 196.85 |
| 41           | 38.99                     | 171.04         | 0.200                | 0.0438               | 0.9562 | 83.7878        | 2.04                   | 200.19 |
| 44           | 38.56                     | 169.11         | 0.225                | 0.0493               | 0.9507 | 84.2702        | 2.01                   | 196.80 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n° 152:** Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria

**Tabla n° 290:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C6 con aditivo líquido *Proes*  $0.30 \text{ L/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$  de cemento.

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |                           |                |                      |                      |                |                 |                        |        |
|----------------------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|----------------|-----------------|------------------------|--------|
| Recipiente N°              |                           |                | T-1                  |                      | Diametro       | cm              | 10.100                 |        |
| Masa de Tara               | g                         |                | 27.54                |                      | Altura Inicial | cm              | 11.600                 |        |
| Masa del suelo húmedo+tara | g                         |                | 233.57               |                      | Area           | cm <sup>2</sup> | 80.118                 |        |
| Masa del suelo seco + tara | g                         |                | 209.41               |                      | Peso           | g               | 1943.14                |        |
| Masa de agua               | g                         |                | 24.16                |                      |                |                 |                        |        |
| Masa del suelo seco        | g                         |                | 181.87               |                      |                |                 |                        |        |
| Contenido de agua          | %                         |                | 13.28%               |                      |                |                 |                        |        |
| DEFORMACIÓN VERTICAL       |                           |                |                      |                      |                |                 |                        |        |
| TIEMPO (SEG)               | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |                | AREA CORREGIDA  | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |        |
|                            | lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε          |                 | KG / CM <sup>2</sup>   | kPa    |
|                            | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |                | Ao / (1 - ε)    |                        |        |
| 0                          | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000         | 80.1185         | 0.00                   | 0.00   |
| 9                          | 30.24                     | 131.81         | 0.025                | 0.0055               | 0.9945         | 80.5595         | 1.64                   | 160.46 |
| 14                         | 31.95                     | 139.48         | 0.050                | 0.0109               | 0.9891         | 81.0053         | 1.72                   | 168.86 |
| 21                         | 33.00                     | 144.19         | 0.075                | 0.0164               | 0.9836         | 81.4562         | 1.77                   | 173.59 |
| 24                         | 33.49                     | 146.39         | 0.100                | 0.0219               | 0.9781         | 81.9121         | 1.79                   | 175.26 |
| 31                         | 34.75                     | 152.04         | 0.125                | 0.0274               | 0.9726         | 82.3731         | 1.85                   | 181.00 |
| 35                         | 36.03                     | 157.77         | 0.150                | 0.0328               | 0.9672         | 82.8393         | 1.90                   | 186.77 |
| 43                         | 36.99                     | 162.08         | 0.175                | 0.0383               | 0.9617         | 83.3109         | 1.95                   | 190.78 |
| 47                         | 38.00                     | 166.60         | 0.200                | 0.0438               | 0.9562         | 83.7878         | 1.99                   | 195.00 |
| 50                         | 36.64                     | 160.51         | 0.225                | 0.0493               | 0.9507         | 84.2702         | 1.90                   | 186.79 |

**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla n°291:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C6 con aditivo líquido Proes  $0.30 \text{ L/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$  de cemento.

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |        |  |                |                 |         |  |  |
|----------------------------|---|--------|--|----------------|-----------------|---------|--|--|
| Recipiente N°              |   | T-1    |  | Diametro       | cm              | 10.100  |  |  |
| Masa de Tara               | g | 19.22  |  | Altura Inicial | cm              | 11.600  |  |  |
| Masa del suelo húmedo+tara | g | 149.72 |  | Area           | cm <sup>2</sup> | 80.118  |  |  |
| Masa del suelo seco + tara | g | 134.60 |  | Peso           | g               | 2001.47 |  |  |
| Masa de agua               | g | 15.12  |  |                |                 |         |  |  |
| Masa del suelo seco        | g | 115.38 |  |                |                 |         |  |  |
| Contenido de agua          | % | 13.10% |  |                |                 |         |  |  |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |        | AREA CORREGIDA<br>Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |        |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------|--------------------------------|------------------------|--------|
|              | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε  |                                | KG / CM2               | kPa    |
|              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |        |                                |                        |        |
|              |                           |                |                      |                      |        |                                |                        |        |
| 0            | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000 | 80.1185                        | 0.00                   | 0.00   |
| 9            | 31.87                     | 139.12         | 0.025                | 0.0055               | 0.9945 | 80.5595                        | 1.73                   | 169.36 |
| 14           | 33.17                     | 144.95         | 0.050                | 0.0109               | 0.9891 | 81.0053                        | 1.79                   | 175.48 |
| 21           | 34.25                     | 149.79         | 0.075                | 0.0164               | 0.9836 | 81.4562                        | 1.84                   | 180.34 |
| 24           | 35.47                     | 155.26         | 0.100                | 0.0219               | 0.9781 | 81.9121                        | 1.90                   | 185.88 |
| 31           | 36.30                     | 158.98         | 0.125                | 0.0274               | 0.9726 | 82.3731                        | 1.93                   | 189.27 |
| 35           | 37.18                     | 162.93         | 0.150                | 0.0328               | 0.9672 | 82.8393                        | 1.97                   | 192.88 |
| 37           | 37.94                     | 166.34         | 0.175                | 0.0383               | 0.9617 | 83.3109                        | 2.00                   | 195.80 |
| 41           | 39.18                     | 171.89         | 0.200                | 0.0438               | 0.9562 | 83.7878                        | 2.05                   | 201.19 |
| 44           | 37.86                     | 165.98         | 0.225                | 0.0493               | 0.9507 | 84.2702                        | 1.97                   | 193.15 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

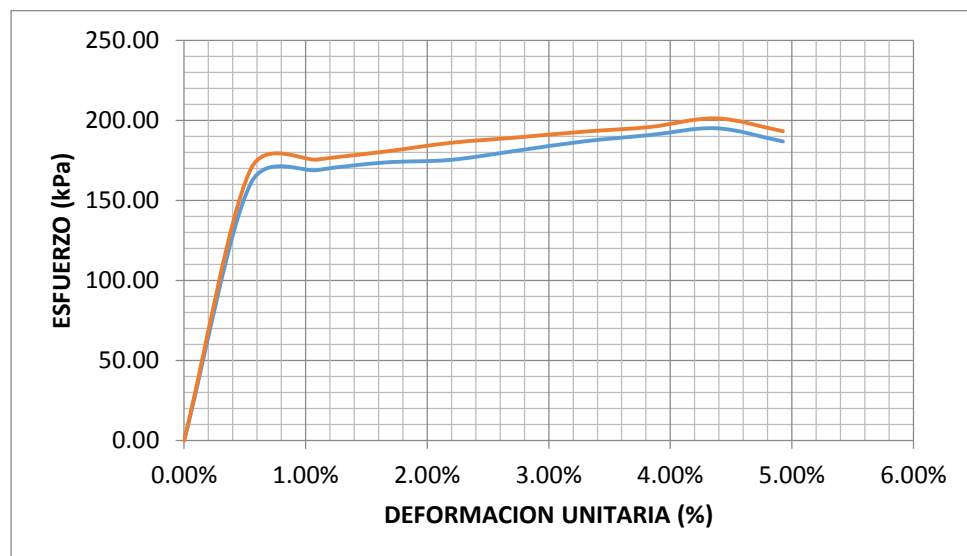


Figura n°. 153: Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria



**Tabla n° 292:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C8 con aditivo líquido Proes  $0.30 L/m^3 + 50 kg/m^3$  de cemento.

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |                      |           |   |                |                                |                        |         |
|----------------------------|---|----------------------|-----------|---|----------------|--------------------------------|------------------------|---------|
| Recipiente N°              |   |                      | T-1       |   |                | Diametro                       | cm                     | 10.120  |
| Masa de Tara               | g   | 22.44                |           |   |                | Altura Inicial                 | cm                     | 11.601  |
| Masa del suelo húmedo+tara | g   | 175.19               |           |   |                | Area                           | cm <sup>2</sup>        | 80.436  |
| Masa del suelo seco + tara | g   | 159.57               |           |   |                | Peso                           | g                      | 1894.04 |
| Masa de agua               | g   | 15.62                |           |   |                |                                |                        |         |
| Masa del suelo seco        | g   | 137.13               |           |   |                |                                |                        |         |
| Contenido de agua          | %   | 11.39%               |           |   |                |                                |                        |         |
| DEFORMACIÓN VERTICAL       |   |                      |           |   |                |                                |                        |         |
| TIEMPO                     | CARGA   |                      | DIAL LC-8 | Deformación Unitaria<br>$\epsilon = \Delta H / H$ | 1 - $\epsilon$ | AREA<br>Ao / (1 - $\epsilon$ ) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |         |
|                            | Lectura de marco de carga<br>Número de Divisiones | Carga aplicada<br>kg |           |   |                |                                | KG / CM2               | kPa     |
| 0                          | 0.00  | 0.00                 | 0.000     | 0.0000  | 1.0000         | 80.4361                        | 0.00                   | 0.00    |
| 9                          | 31.87   | 139.12               | 0.025     | 0.0055  | 0.9945         | 80.8788                        | 1.72                   | 168.69  |
| 14                         | 33.17   | 144.95               | 0.050     | 0.0109  | 0.9891         | 81.3264                        | 1.78                   | 174.79  |
| 21                         | 34.25   | 149.79               | 0.075     | 0.0164  | 0.9836         | 81.7790                        | 1.83                   | 179.63  |
| 24                         | 35.47   | 155.26               | 0.100     | 0.0219  | 0.9781         | 82.2366                        | 1.89                   | 185.15  |
| 31                         | 36.30   | 158.98               | 0.125     | 0.0274  | 0.9726         | 82.6994                        | 1.92                   | 188.53  |
| 35                         | 37.18   | 162.93               | 0.150     | 0.0328  | 0.9672         | 83.1675                        | 1.96                   | 192.12  |
| 34                         | 37.94   | 166.34               | 0.175     | 0.0383  | 0.9617         | 83.6408                        | 1.99                   | 195.02  |
| 39                         | 39.18   | 171.89               | 0.200     | 0.0438  | 0.9562         | 84.1196                        | 2.04                   | 200.39  |
| 41                         | 37.86   | 165.98               | 0.225     | 0.0493  | 0.9507         | 84.6039                        | 1.96                   | 192.39  |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

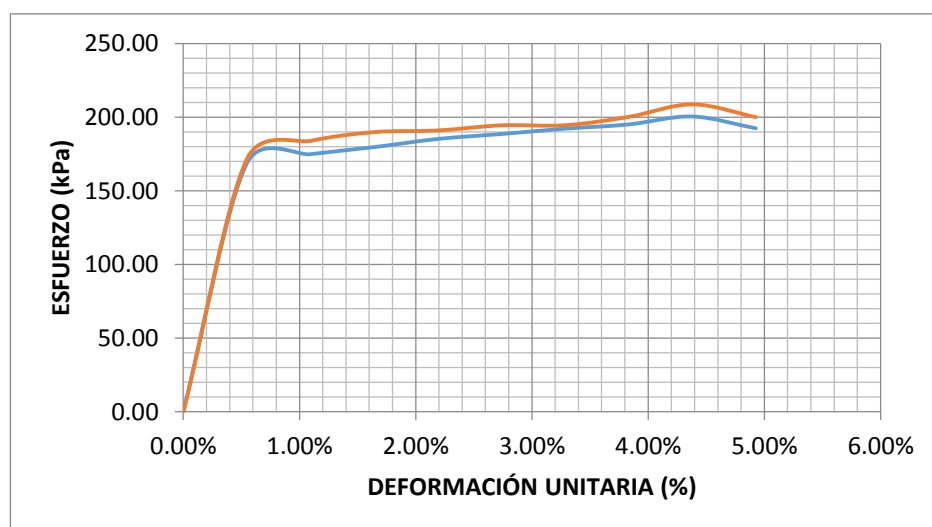
**Tabla n°293:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C8 con aditivo líquido Proes  $0.30 \text{ L/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$  de cemento.

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |  |        |  |  |                |                 |         |
|----------------------------|---|--|--------|--|--|----------------|-----------------|---------|
| Recipiente N°              |   |  | T-1    |  |  | Diametro       | cm              | 10.100  |
| Masa de Tara               | g |  | 22.14  |  |  | Altura Inicial | cm              | 11.600  |
| Masa del suelo húmedo+tara | g |  | 213.13 |  |  | Area           | cm <sup>2</sup> | 80.118  |
| Masa del suelo seco + tara | g |  | 192.93 |  |  | Peso           | g               | 1901.88 |
| Masa de agua               | g |  | 20.20  |  |  |                |                 |         |
| Masa del suelo seco        | g |  | 170.79 |  |  |                |                 |         |
| Contenido de agua          | % |  | 11.83% |  |  |                |                 |         |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |        | AREA CORREGIDA<br>Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |        |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------|--------------------------------|------------------------|--------|
|              | lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε  |                                | KG / CM2               | kPa    |
|              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |        |                                |                        |        |
| 0            | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000 | 80.1185                        | 0.00                   | 0.00   |
| 9            | 32.28                     | 140.96         | 0.025                | 0.0055               | 0.9945 | 80.5595                        | 1.75                   | 171.59 |
| 14           | 34.71                     | 151.86         | 0.050                | 0.0109               | 0.9891 | 81.0053                        | 1.87                   | 183.84 |
| 21           | 36.00                     | 157.64         | 0.075                | 0.0164               | 0.9836 | 81.4562                        | 1.94                   | 189.78 |
| 24           | 36.41                     | 159.48         | 0.100                | 0.0219               | 0.9781 | 81.9121                        | 1.95                   | 190.93 |
| 31           | 37.26                     | 163.29         | 0.125                | 0.0274               | 0.9726 | 82.3731                        | 1.98                   | 194.40 |
| 35           | 37.48                     | 164.27         | 0.150                | 0.0328               | 0.9672 | 82.8393                        | 1.98                   | 194.47 |
| 37           | 38.76                     | 170.01         | 0.175                | 0.0383               | 0.9617 | 83.3109                        | 2.04                   | 200.12 |
| 39           | 40.60                     | 178.26         | 0.200                | 0.0438               | 0.9562 | 83.7878                        | 2.13                   | 208.64 |
| 43           | 39.17                     | 171.85         | 0.225                | 0.0493               | 0.9507 | 84.2702                        | 2.04                   | 199.98 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n° 154:** Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria

**ANEXO n° 23: Resultados del ensayo de Compresión Simple No Confinada con aditivo CONAID**

**Tabla n°294: Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C-2 con aditivo líquido CONAID 0.05 L/m<sup>3</sup>**

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |  |        |  |  |                |                 |        |
|----------------------------|---|--|--------|--|--|----------------|-----------------|--------|
| Recipiente N°              |   |  | T-1    |  |  | Diametro       | cm              | 10.125 |
| Masa de Tara               | g |  | 27.27  |  |  | Altura Inicial | cm              | 11.500 |
| Masa del suelo húmedo+tara | g |  | 232.12 |  |  | Area           | cm <sup>2</sup> | 80.516 |
| Masa del suelo seco + tara | g |  | 208.97 |  |  | Peso           | g               | 1863.3 |
| Masa de agua               | g |  | 23.15  |  |  |                |                 |        |
| Masa del suelo seco        | g |  | 181.70 |  |  |                |                 |        |
| Contenido de agua          | % |  | 12.74% |  |  |                |                 |        |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |        | AREA CORREGIDA | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |          |     |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------|----------------|------------------------|----------|-----|
|              | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε  |                | Ao / (1 - ε)           | KG / CM2 | kPa |
|              |                           |                |                      |                      |        |                |                        |          |     |
| 0            | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000 | 80.5156        | 0.00                   | 0.00     |     |
| 9            | 6.60                      | 25.74          | 0.025                | 0.0055               | 0.9945 | 80.9626        | 0.32                   | 31.18    |     |
| 14           | 7.33                      | 29.02          | 0.050                | 0.0110               | 0.9890 | 81.4147        | 0.36                   | 34.96    |     |
| 21           | 8.02                      | 32.12          | 0.075                | 0.0166               | 0.9834 | 81.8718        | 0.39                   | 38.47    |     |
| 24           | 8.87                      | 35.93          | 0.100                | 0.0221               | 0.9779 | 82.3341        | 0.44                   | 42.80    |     |
| 31           | 9.22                      | 37.51          | 0.125                | 0.0276               | 0.9724 | 82.8016        | 0.45                   | 44.42    |     |
| 35           | 10.00                     | 41.01          | 0.150                | 0.0331               | 0.9669 | 83.2745        | 0.49                   | 48.29    |     |
| 37           | 10.47                     | 43.12          | 0.175                | 0.0387               | 0.9613 | 83.7528        | 0.51                   | 50.49    |     |
| 41           | 11.25                     | 46.62          | 0.200                | 0.0442               | 0.9558 | 84.2366        | 0.55                   | 54.27    |     |
| 45           | 10.94                     | 45.23          | 0.225                | 0.0497               | 0.9503 | 84.7261        | 0.53                   | 52.35    |     |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

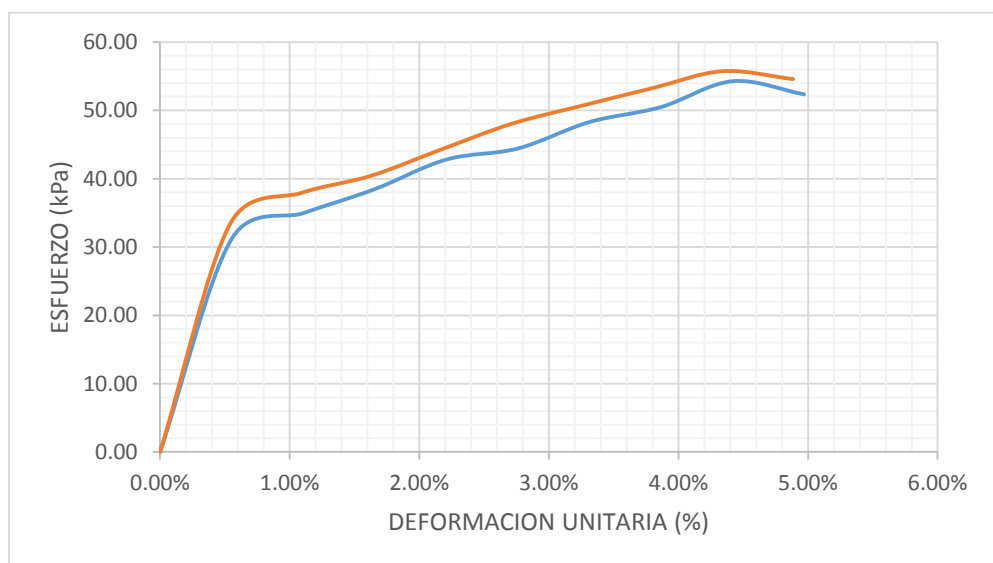
**Tabla n°295: Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C-2 con aditivo líquido CONAID 0.05 L/m<sup>3</sup>**

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |  |        |  |  |                |                 |        |
|----------------------------|---|--|--------|--|--|----------------|-----------------|--------|
| Recipiente N°              |   |  | T-1    |  |  | Diametro       | cm              | 10.110 |
| Masa de Tara               | g |  | 28.34  |  |  | Altura Inicial | cm              | 11.700 |
| Masa del suelo húmedo+tara | g |  | 165.74 |  |  | Area           | cm <sup>2</sup> | 80.277 |
| Masa del suelo seco + tara | g |  | 150.58 |  |  | Peso           | g               | 1835.4 |
| Masa de agua               | g |  | 15.16  |  |  |                |                 |        |
| Masa del suelo seco        | g |  | 122.24 |  |  |                |                 |        |
| Contenido de agua          | % |  | 12.40% |  |  |                |                 |        |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |        | AREA CORREGIDA<br>Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |       |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------|--------------------------------|------------------------|-------|
|              | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε  |                                | KG / CM2               | kPa   |
|              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |        |                                |                        |       |
|              |                           |                |                      |                      |        |                                |                        |       |
| 0            | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000 | 80.2772                        | 0.00                   | 0.00  |
| 9            | 7.00                      | 27.54          | 0.025                | 0.0054               | 0.9946 | 80.7153                        | 0.34                   | 33.46 |
| 14           | 7.85                      | 31.36          | 0.050                | 0.0109               | 0.9891 | 81.1581                        | 0.39                   | 37.89 |
| 21           | 8.36                      | 33.64          | 0.075                | 0.0163               | 0.9837 | 81.6059                        | 0.41                   | 40.43 |
| 24           | 9.12                      | 37.06          | 0.100                | 0.0217               | 0.9783 | 82.0586                        | 0.45                   | 44.29 |
| 31           | 9.87                      | 40.42          | 0.125                | 0.0271               | 0.9729 | 82.5164                        | 0.49                   | 48.04 |
| 35           | 10.42                     | 42.89          | 0.150                | 0.0326               | 0.9674 | 82.9793                        | 0.52                   | 50.69 |
| 37           | 10.96                     | 45.32          | 0.175                | 0.0380               | 0.9620 | 83.4475                        | 0.54                   | 53.25 |
| 41           | 11.49                     | 47.69          | 0.200                | 0.0434               | 0.9566 | 83.9209                        | 0.57                   | 55.73 |
| 45           | 11.33                     | 46.98          | 0.225                | 0.0488               | 0.9512 | 84.3998                        | 0.56                   | 54.58 |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.



**Figura n°. 155: Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria**

**Tabla n° 296:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C-4 con aditivo líquido CONAID 0.05 L/m<sup>3</sup>

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |                           |                |                      |                      |        |                |                        |       |        |
|----------------------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------|----------------|------------------------|-------|--------|
| Recipiente N°              |                           |                | T-1                  |                      |        | Diametro       | cm                     |       | 10.100 |
| Masa de Tara               | g                         |                | 27.42                |                      |        | Altura Inicial | cm                     |       | 11.600 |
| Masa del suelo húmedo+tara | g                         |                | 125.84               |                      |        | Area           | cm <sup>2</sup>        |       | 80.118 |
| Masa del suelo seco + tara | g                         |                | 114.77               |                      |        | Peso           | g                      |       | 1934.7 |
| Masa de agua               | g                         |                | 11.07                |                      |        |                |                        |       |        |
| Masa del suelo seco        | g                         |                | 87.35                |                      |        |                |                        |       |        |
| Contenido de agua          | %                         |                | 12.67%               |                      |        |                |                        |       |        |
| TIEMPO (SEG)               | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |        | AREA CORREGIDA | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |       |        |
|                            | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε  |                | KG / CM2               | kPa   |        |
|                            | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |        | Ao / (1 - ε)   |                        |       |        |
| 0                          | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000 | 80.1185        | 0.00                   | 0.00  |        |
| 9                          | 7.68                      | 30.59          | 0.025                | 0.0055               | 0.9945 | 80.5595        | 0.38                   | 37.24 |        |
| 14                         | 8.36                      | 33.64          | 0.050                | 0.0109               | 0.9891 | 81.0053        | 0.42                   | 40.73 |        |
| 21                         | 8.96                      | 36.34          | 0.075                | 0.0164               | 0.9836 | 81.4562        | 0.45                   | 43.75 |        |
| 24                         | 9.14                      | 37.15          | 0.100                | 0.0219               | 0.9781 | 81.9121        | 0.45                   | 44.47 |        |
| 31                         | 9.89                      | 40.51          | 0.125                | 0.0274               | 0.9726 | 82.3731        | 0.49                   | 48.23 |        |
| 35                         | 10.42                     | 42.89          | 0.150                | 0.0328               | 0.9672 | 82.8393        | 0.52                   | 50.78 |        |
| 37                         | 11.00                     | 45.50          | 0.175                | 0.0383               | 0.9617 | 83.3109        | 0.55                   | 53.55 |        |
| 40                         | 11.49                     | 47.69          | 0.200                | 0.0438               | 0.9562 | 83.7878        | 0.57                   | 55.82 |        |
| 44                         | 10.80                     | 44.60          | 0.225                | 0.0493               | 0.9507 | 84.2702        | 0.53                   | 51.90 |        |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

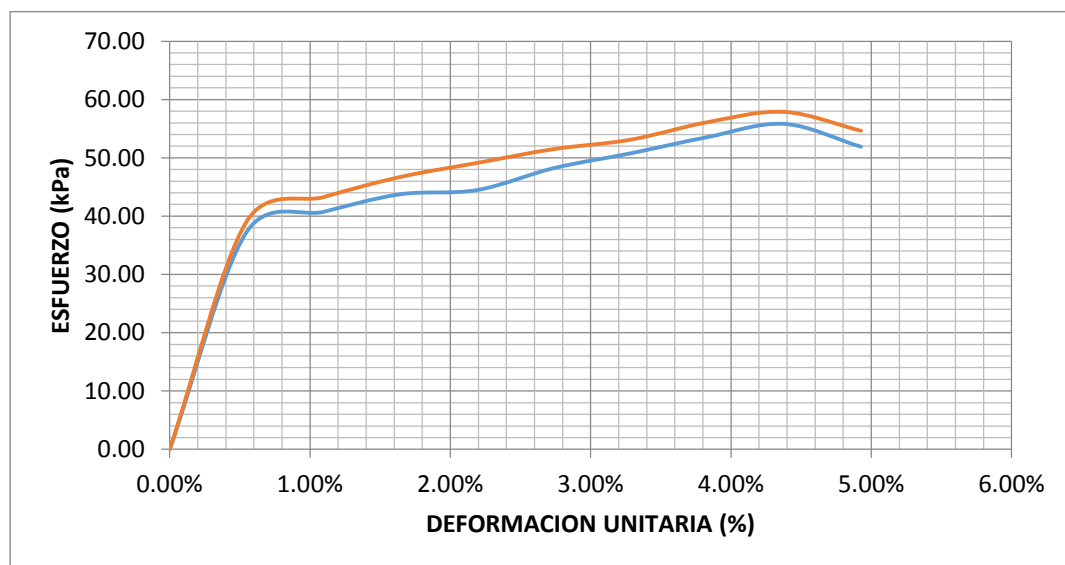
**Tabla n° 297:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C-4 con aditivo líquido CONAID 0.05 L/m<sup>3</sup>

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |        |  |                |                 |         |  |  |
|----------------------------|---|--------|--|----------------|-----------------|---------|--|--|
| Recipiente N°              |   | T-1    |  | Diametro       | cm              | 10.136  |  |  |
| Masa de Tara               | g | 23.24  |  | Altura Inicial | cm              | 11.600  |  |  |
| Masa del suelo húmedo+tara | g | 156.24 |  | Area           | cm <sup>2</sup> | 80.691  |  |  |
| Masa del suelo seco + tara | g | 141.00 |  | Peso           | g               | 1975.02 |  |  |
| Masa de agua               | g | 15.24  |  |                |                 |         |  |  |
| Masa del suelo seco        | g | 117.76 |  |                |                 |         |  |  |
| Contenido de agua          | % | 12.94% |  |                |                 |         |  |  |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |        | AREA CORREGIDA<br>Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |       |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------|--------------------------------|------------------------|-------|
|              | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε  |                                | KG / CM2               | kPa   |
|              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |        |                                |                        |       |
| 0            | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000 | 80.6906                        | 0.00                   | 0.00  |
| 9            | 8.06                      | 32.30          | 0.025                | 0.0055               | 0.9945 | 81.1348                        | 0.40                   | 39.04 |
| 14           | 8.88                      | 35.98          | 0.050                | 0.0109               | 0.9891 | 81.5838                        | 0.44                   | 43.25 |
| 21           | 9.57                      | 39.08          | 0.075                | 0.0164               | 0.9836 | 82.0379                        | 0.48                   | 46.71 |
| 24           | 10.07                     | 41.32          | 0.100                | 0.0219               | 0.9781 | 82.4970                        | 0.50                   | 49.12 |
| 31           | 10.57                     | 43.57          | 0.125                | 0.0274               | 0.9726 | 82.9613                        | 0.53                   | 51.50 |
| 35           | 10.93                     | 45.18          | 0.150                | 0.0328               | 0.9672 | 83.4309                        | 0.54                   | 53.11 |
| 37           | 11.56                     | 48.01          | 0.175                | 0.0383               | 0.9617 | 83.9058                        | 0.57                   | 56.11 |
| 41           | 11.96                     | 49.80          | 0.200                | 0.0438               | 0.9562 | 84.3862                        | 0.59                   | 57.88 |
| 44           | 11.40                     | 47.29          | 0.225                | 0.0493               | 0.9507 | 84.8720                        | 0.56                   | 54.64 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n° 156:** Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria

**Tabla n°298:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C-6 con aditivo líquido CONAID 0.05 L/m<sup>3</sup>

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |  |        |  |                |                 |  |         |
|----------------------------|---|--|--------|--|----------------|-----------------|--|---------|
| Recipiente N°              |   |  | T-1    |  | Diametro       | cm              |  | 10.100  |
| Masa de Tara               | g |  | 21.02  |  | Altura Inicial | cm              |  | 11.600  |
| Masa del suelo húmedo+tara | g |  | 165.43 |  | Area           | cm <sup>2</sup> |  | 80.118  |
| Masa del suelo seco + tara | g |  | 149.96 |  | Peso           | g               |  | 1933.68 |
| Masa de agua               | g |  | 15.47  |  |                |                 |  |         |
| Masa del suelo seco        | g |  | 128.94 |  |                |                 |  |         |
| Contenido de agua          | % |  | 12.00% |  |                |                 |  |         |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |        | AREA CORREGIDA<br>Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |       |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------|--------------------------------|------------------------|-------|
|              | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε  |                                | KG / CM2               | kPa   |
|              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |        |                                |                        |       |
| 0            | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000 | 80.1185                        | 0.00                   | 0.00  |
| 9            | 6.47                      | 25.16          | 0.025                | 0.0055               | 0.9945 | 80.5595                        | 0.31                   | 30.63 |
| 14           | 7.04                      | 27.72          | 0.050                | 0.0109               | 0.9891 | 81.0053                        | 0.34                   | 33.56 |
| 21           | 7.96                      | 31.85          | 0.075                | 0.0164               | 0.9836 | 81.4562                        | 0.39                   | 38.34 |
| 24           | 8.34                      | 33.56          | 0.100                | 0.0219               | 0.9781 | 81.9121                        | 0.41                   | 40.17 |
| 31           | 9.00                      | 36.52          | 0.125                | 0.0274               | 0.9726 | 82.3731                        | 0.44                   | 43.48 |
| 35           | 9.75                      | 39.88          | 0.150                | 0.0328               | 0.9672 | 82.8393                        | 0.48                   | 47.22 |
| 43           | 10.11                     | 41.50          | 0.175                | 0.0383               | 0.9617 | 83.3109                        | 0.50                   | 48.85 |
| 47           | 10.57                     | 43.57          | 0.200                | 0.0438               | 0.9562 | 83.7878                        | 0.52                   | 50.99 |
| 50           | 10.22                     | 41.99          | 0.225                | 0.0493               | 0.9507 | 84.2702                        | 0.50                   | 48.87 |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n°299:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C-6 con aditivo líquido CONAID 0.05 L/m<sup>3</sup>

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |  |        |  |  |                |                 |        |
|----------------------------|---|--|--------|--|--|----------------|-----------------|--------|
| Recipiente N°              |   |  | T-1    |  |  | Diametro       | cm              | 10.100 |
| Masa de Tara               | g |  | 27.24  |  |  | Altura Inicial | cm              | 11.600 |
| Masa del suelo húmedo+tara | g |  | 157.12 |  |  | Area           | cm <sup>2</sup> | 80.118 |
| Masa del suelo seco + tara | g |  | 142.57 |  |  | Peso           | g               | 1957.2 |
| Masa de agua               | g |  | 14.55  |  |  |                |                 |        |
| Masa del suelo seco        | g |  | 115.33 |  |  |                |                 |        |
| Contenido de agua          | % |  | 12.62% |  |  |                |                 |        |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |              | AREA CORREGIDA | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |       |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------------|----------------|------------------------|-------|
|              | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε        |                | KG / CM2               | kPa   |
|              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |              |                |                        |       |
|              |                           |                |                      |                      | Ao / (1 - ε) |                |                        |       |
| 0            | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000       | 80.1185        | 0.00                   | 0.00  |
| 9            | 7.07                      | 27.85          | 0.025                | 0.0055               | 0.9945       | 80.5595        | 0.35                   | 33.91 |
| 14           | 7.65                      | 30.46          | 0.050                | 0.0109               | 0.9891       | 81.0053        | 0.38                   | 36.87 |
| 21           | 8.20                      | 32.93          | 0.075                | 0.0164               | 0.9836       | 81.4562        | 0.40                   | 39.64 |
| 24           | 9.00                      | 36.52          | 0.100                | 0.0219               | 0.9781       | 81.9121        | 0.45                   | 43.72 |
| 31           | 9.68                      | 39.57          | 0.125                | 0.0274               | 0.9726       | 82.3731        | 0.48                   | 47.11 |
| 35           | 10.10                     | 41.46          | 0.150                | 0.0328               | 0.9672       | 82.8393        | 0.50                   | 49.08 |
| 37           | 10.87                     | 44.91          | 0.175                | 0.0383               | 0.9617       | 83.3109        | 0.54                   | 52.87 |
| 41           | 11.27                     | 46.71          | 0.200                | 0.0438               | 0.9562       | 83.7878        | 0.56                   | 54.67 |
| 44           | 11.00                     | 45.50          | 0.225                | 0.0493               | 0.9507       | 84.2702        | 0.54                   | 52.94 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

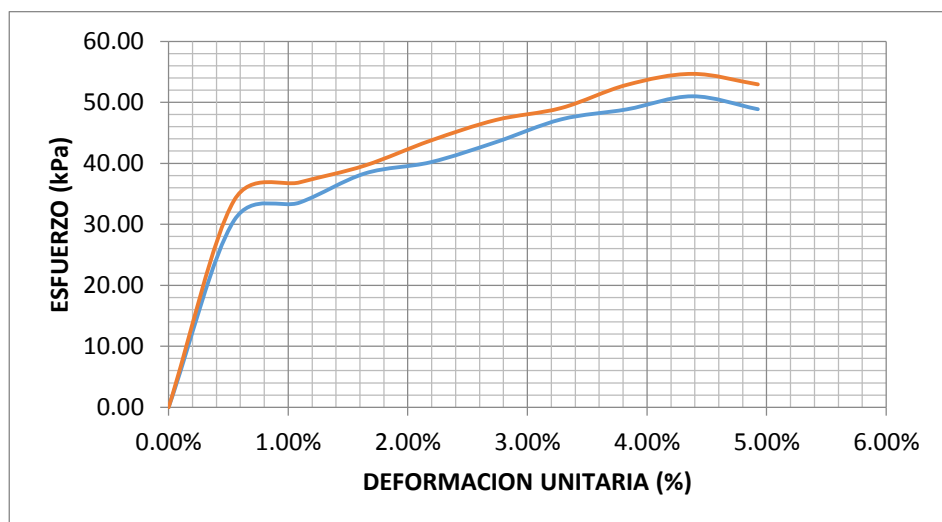


Figura n°. 157: Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria



**Tabla n° 300:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C-8 con  
aditivo líquido CONAID 0.05 L/m<sup>3</sup>

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |                           |                |                      |                      |                 |         |                        |          |     |
|----------------------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|-----------------|---------|------------------------|----------|-----|
| Recipiente N°              | T-1                       |                |                      | Diametro             | cm              | 10.100  |                        |          |     |
| Masa de Tara               | g                         | 21.24          |                      | Altura Inicial       | cm              | 11.600  |                        |          |     |
| Masa del suelo húmedo+tara | g                         | 221.50         |                      | Area                 | cm <sup>2</sup> | 80.118  |                        |          |     |
| Masa del suelo seco + tara | g                         | 200.04         |                      | Peso                 | g               | 2045.7  |                        |          |     |
| Masa de agua               | g                         | 21.46          |                      |                      |                 |         |                        |          |     |
| Masa del suelo seco        | g                         | 178.80         |                      |                      |                 |         |                        |          |     |
| Contenido de agua          | %                         | 12.00%         |                      |                      |                 |         |                        |          |     |
| TIEMPO                     | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |                 | AREA    | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |          |     |
|                            | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε           |         | Ao / (1 - ε)           | KG / CM2 | kPa |
|                            | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |                 |         |                        |          |     |
| 0                          | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000          | 80.1185 | 0.00                   | 0.00     |     |
| 9                          | 7.50                      | 29.78          | 0.025                | 0.0055               | 0.9945          | 80.5595 | 0.37                   | 36.26    |     |
| 14                         | 8.34                      | 33.56          | 0.050                | 0.0109               | 0.9891          | 81.0053 | 0.41                   | 40.62    |     |
| 21                         | 8.96                      | 36.34          | 0.075                | 0.0164               | 0.9836          | 81.4562 | 0.45                   | 43.75    |     |
| 24                         | 9.47                      | 38.63          | 0.100                | 0.0219               | 0.9781          | 81.9121 | 0.47                   | 46.25    |     |
| 31                         | 10.01                     | 41.05          | 0.125                | 0.0274               | 0.9726          | 82.3731 | 0.50                   | 48.87    |     |
| 35                         | 10.88                     | 44.96          | 0.150                | 0.0328               | 0.9672          | 82.8393 | 0.54                   | 53.22    |     |
| 34                         | 11.20                     | 46.39          | 0.175                | 0.0383               | 0.9617          | 83.3109 | 0.56                   | 54.61    |     |
| 39                         | 11.79                     | 49.04          | 0.200                | 0.0438               | 0.9562          | 83.7878 | 0.59                   | 57.40    |     |
| 41                         | 11.53                     | 47.87          | 0.225                | 0.0493               | 0.9507          | 84.2702 | 0.57                   | 55.71    |     |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

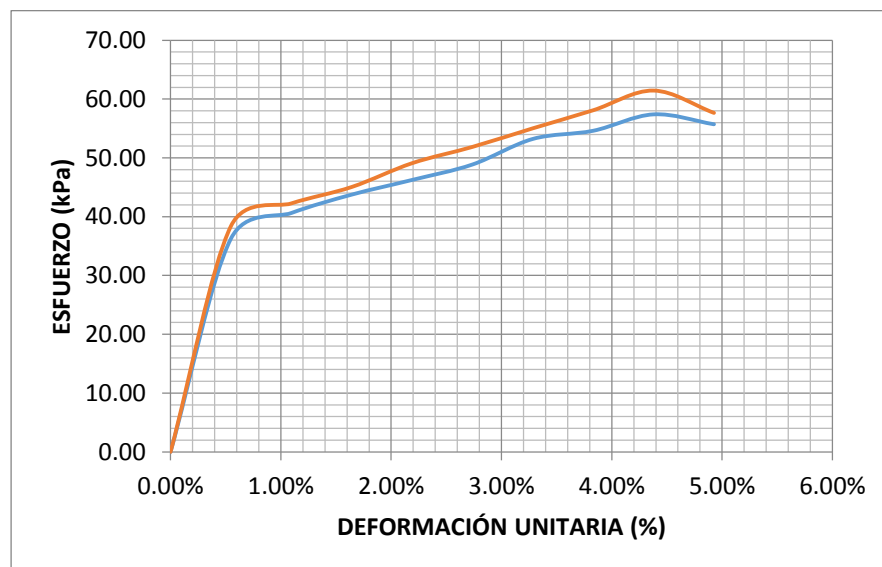
**Tabla n° 301:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C-8 con aditivo líquido CONAID 0.05 L/m<sup>3</sup>

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |  |        |  |  |                |                 |         |
|----------------------------|---|--|--------|--|--|----------------|-----------------|---------|
| Recipiente N°              |   |  | T-1    |  |  | Diametro       | cm              | 10.100  |
| Masa de Tara               | g |  | 28.28  |  |  | Altura Inicial | cm              | 11.600  |
| Masa del suelo húmedo+tara | g |  | 167.56 |  |  | Area           | cm <sup>2</sup> | 80.118  |
| Masa del suelo seco + tara | g |  | 151.54 |  |  | Peso           | g               | 1901.34 |
| Masa de agua               | g |  | 16.02  |  |  |                |                 |         |
| Masa del suelo seco        | g |  | 123.26 |  |  |                |                 |         |
| Contenido de agua          | % |  | 13.00% |  |  |                |                 |         |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |        | AREA CORREGIDA<br>Ao / (1 - ε) | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |       |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------|--------------------------------|------------------------|-------|
|              | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε  |                                | KG / CM2               | kPa   |
|              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |        |                                |                        |       |
| 0            | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000 | 80.1185                        | 0.00                   | 0.00  |
| 9            | 7.89                      | 31.54          | 0.025                | 0.0055               | 0.9945 | 80.5595                        | 0.39                   | 38.39 |
| 14           | 8.64                      | 34.90          | 0.050                | 0.0109               | 0.9891 | 81.0053                        | 0.43                   | 42.25 |
| 21           | 9.20                      | 37.42          | 0.075                | 0.0164               | 0.9836 | 81.4562                        | 0.46                   | 45.05 |
| 24           | 10.00                     | 41.01          | 0.100                | 0.0219               | 0.9781 | 81.9121                        | 0.50                   | 49.09 |
| 31           | 10.57                     | 43.57          | 0.125                | 0.0274               | 0.9726 | 82.3731                        | 0.53                   | 51.87 |
| 35           | 11.22                     | 46.48          | 0.150                | 0.0328               | 0.9672 | 82.8393                        | 0.56                   | 55.03 |
| 37           | 11.86                     | 49.36          | 0.175                | 0.0383               | 0.9617 | 83.3109                        | 0.59                   | 58.10 |
| 39           | 12.56                     | 52.50          | 0.200                | 0.0438               | 0.9562 | 83.7878                        | 0.63                   | 61.44 |
| 43           | 11.90                     | 49.54          | 0.225                | 0.0493               | 0.9507 | 84.2702                        | 0.59                   | 57.64 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n° 158:** Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria

**Tabla n°302:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C-2 con  
aditivo líquido CONAID 0.05 L/m<sup>3</sup> + 50 kg/m<sup>3</sup> de cemento

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |                           |                |                      |                      |        |                |                        |        |
|----------------------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------|----------------|------------------------|--------|
| Recipiente N°              |                           |                | T-1                  |                      |        | Diametro       | cm                     | 10.150 |
| Masa de Tara               | g                         | 28.28          |                      |                      |        | Altura Inicial | cm                     | 11.700 |
| Masa del suelo húmedo+tara | g                         | 213.42         |                      |                      |        | Area           | cm <sup>2</sup>        | 80.914 |
| Masa del suelo seco + tara | g                         | 192.80         |                      |                      |        | Peso           | g                      | 2004.2 |
| Masa de agua               | g                         | 20.62          |                      |                      |        |                |                        |        |
| Masa del suelo seco        | g                         | 164.52         |                      |                      |        |                |                        |        |
| Contenido de agua          | %                         | 12.53%         |                      |                      |        |                |                        |        |
| DEFORMACIÓN VERTICAL       |                           |                |                      |                      |        |                |                        |        |
| TIEMPO (SEG)               | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |        | AREA CORREGIDA | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |        |
|                            | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε  |                | KG / CM2               | kPa    |
|                            | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |        | Ao / (1 - ε)   |                        |        |
| 0                          | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000 | 80.9137        | 0.00                   | 0.00   |
| 9                          | 22.61                     | 97.59          | 0.025                | 0.0054               | 0.9946 | 81.3552        | 1.20                   | 117.64 |
| 14                         | 23.00                     | 99.34          | 0.050                | 0.0109               | 0.9891 | 81.8016        | 1.21                   | 119.09 |
| 21                         | 23.71                     | 102.53         | 0.075                | 0.0163               | 0.9837 | 82.2529        | 1.25                   | 122.24 |
| 24                         | 24.20                     | 104.72         | 0.100                | 0.0217               | 0.9783 | 82.7093        | 1.27                   | 124.17 |
| 31                         | 24.99                     | 108.27         | 0.125                | 0.0271               | 0.9729 | 83.1707        | 1.30                   | 127.66 |
| 35                         | 25.37                     | 109.97         | 0.150                | 0.0326               | 0.9674 | 83.6373        | 1.31                   | 128.95 |
| 37                         | 25.84                     | 112.08         | 0.175                | 0.0380               | 0.9620 | 84.1091        | 1.33                   | 130.68 |
| 41                         | 26.48                     | 114.95         | 0.200                | 0.0434               | 0.9566 | 84.5863        | 1.36                   | 133.27 |
| 45                         | 25.91                     | 112.39         | 0.225                | 0.0488               | 0.9512 | 85.0690        | 1.32                   | 129.57 |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

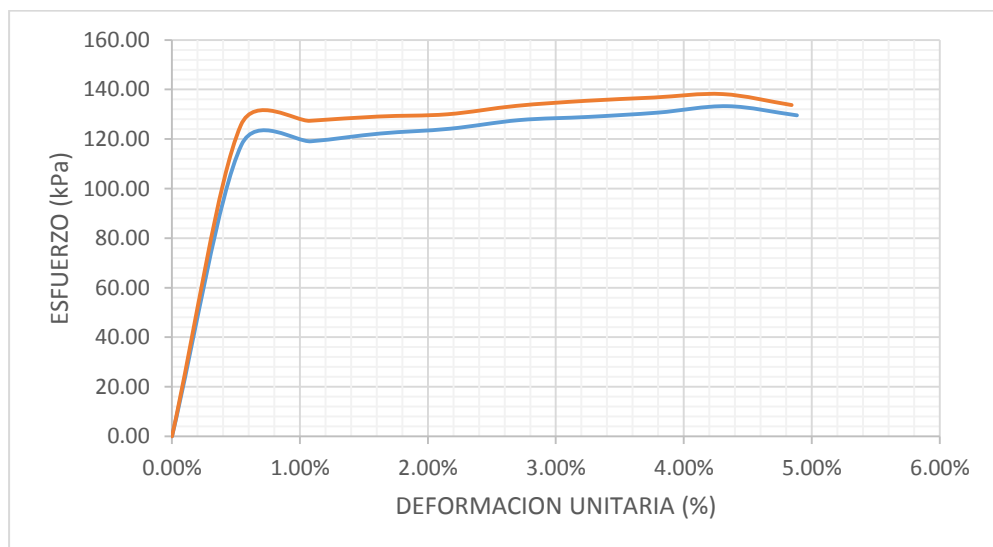
**Tabla n°303:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C-2 con aditivo líquido CONAID  $0.05 \text{ L/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$  de cemento.

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |        |  |                |                 |        |  |  |
|----------------------------|---|--------|--|----------------|-----------------|--------|--|--|
| Recipiente N°              |   | T-1    |  | Diametro       | cm              | 10.110 |  |  |
| Masa de Tara               | g | 27.33  |  | Altura Inicial | cm              | 11.800 |  |  |
| Masa del suelo húmedo+tara | g | 254.04 |  | Area           | cm <sup>2</sup> | 80.277 |  |  |
| Masa del suelo seco + tara | g | 228.82 |  | Peso           | g               | 1958.4 |  |  |
| Masa de agua               | g | 25.22  |  |                |                 |        |  |  |
| Masa del suelo seco        | g | 201.49 |  |                |                 |        |  |  |
| Contenido de agua          | % | 12.52% |  |                |                 |        |  |  |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |              | AREA CORREGIDA | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |        |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------------|----------------|------------------------|--------|
|              | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε        |                | KG / CM2               | kPa    |
|              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |              |                |                        |        |
|              |                           |                |                      |                      | Ao / (1 - ε) |                |                        |        |
| 0            | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000       | 80.2772        | 0.00                   | 0.00   |
| 9            | 23.90                     | 103.38         | 0.025                | 0.0054               | 0.9946       | 80.7115        | 1.28                   | 125.61 |
| 14           | 24.35                     | 105.40         | 0.050                | 0.0108               | 0.9892       | 81.1506        | 1.30                   | 127.37 |
| 21           | 24.80                     | 107.42         | 0.075                | 0.0161               | 0.9839       | 81.5945        | 1.32                   | 129.10 |
| 24           | 25.10                     | 108.76         | 0.100                | 0.0215               | 0.9785       | 82.0432        | 1.33                   | 130.00 |
| 31           | 25.87                     | 112.22         | 0.125                | 0.0269               | 0.9731       | 82.4969        | 1.36                   | 133.39 |
| 35           | 26.39                     | 114.55         | 0.150                | 0.0323               | 0.9677       | 82.9557        | 1.38                   | 135.41 |
| 37           | 26.79                     | 116.34         | 0.175                | 0.0377               | 0.9623       | 83.4196        | 1.39                   | 136.77 |
| 41           | 27.20                     | 118.18         | 0.200                | 0.0431               | 0.9569       | 83.8887        | 1.41                   | 138.15 |
| 45           | 26.50                     | 115.04         | 0.225                | 0.0484               | 0.9516       | 84.3631        | 1.36                   | 133.73 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n°. 159:** Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria

**Tabla n°304:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C-4 con  
aditivo líquido CONAID  $0.05 \text{ L/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$  de cemento

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |          |  |        |  |                |            |  |        |
|----------------------------|----------|--|--------|--|----------------|------------|--|--------|
| Recipiente N°              |          |  | T-1    |  | Diametro       | <b>cm</b>  |  | 10.100 |
| Masa de Tara               | <b>g</b> |  | 28.27  |  | Altura Inicial | <b>cm</b>  |  | 11.600 |
| Masa del suelo húmedo+tara | <b>g</b> |  | 165.34 |  | Area           | <b>cm2</b> |  | 80.118 |
| Masa del suelo seco + tara | <b>g</b> |  | 150.18 |  | Peso           | <b>g</b>   |  | 1920.2 |
| Masa de agua               | <b>g</b> |  | 15.16  |  |                |            |  |        |
| Masa del suelo seco        | <b>g</b> |  | 121.91 |  |                |            |  |        |
| Contenido de agua          | <b>%</b> |  | 12.44% |  |                |            |  |        |

| TIEMPO<br>(SEG) | CARGA  |                         | DEFORMACIÓN<br>VERTICAL |  |                | AREA<br>CORREGIDA<br>$A_o / (1 - \epsilon)$ | ESFUERZO DE<br>COMPRESIÓN |        |  |  |
|-----------------|--|-------------------------|-------------------------|--|----------------|---|---------------------------|--------|--|--|
|                 | Lectura de<br>marco de<br>carga<br>Número de<br>Divisiones | Carga<br>aplicada<br>kg | DIAL<br>LC-8<br>0.001"  | Deformación<br>Unitaria<br>$\epsilon = \Delta H / H$ | $1 - \epsilon$ |   | KG / CM2                  | kPa    |  |  |
|                 |  |                         |                         |  |                |   |                           |        |  |  |
|                 |  |                         |                         |  |                |   |                           |        |  |  |
| 0               | 0.00   | 0.00                    | 0.000                   | 0.0000   | 1.0000         | 80.1185                                     | 0.00                      | 0.00   |  |  |
| 9               | 20.00  | 85.88                   | 0.025                   | 0.0055   | 0.9945         | 80.5595                                     | 1.07                      | 104.55 |  |  |
| 14              | 20.87  | 89.79                   | 0.050                   | 0.0109   | 0.9891         | 81.0053                                     | 1.11                      | 108.70 |  |  |
| 21              | 21.36  | 91.98                   | 0.075                   | 0.0164   | 0.9836         | 81.4562                                     | 1.13                      | 110.74 |  |  |
| 24              | 22.30  | 96.20                   | 0.100                   | 0.0219   | 0.9781         | 81.9121                                     | 1.17                      | 115.17 |  |  |
| 31              | 22.96  | 99.16                   | 0.125                   | 0.0274   | 0.9726         | 82.3731                                     | 1.20                      | 118.05 |  |  |
| 35              | 23.49  | 101.54                  | 0.150                   | 0.0328   | 0.9672         | 82.8393                                     | 1.23                      | 120.20 |  |  |
| 37              | 24.00  | 103.83                  | 0.175                   | 0.0383   | 0.9617         | 83.3109                                     | 1.25                      | 122.22 |  |  |
| 40              | 24.55  | 106.29                  | 0.200                   | 0.0438   | 0.9562         | 83.7878                                     | 1.27                      | 124.41 |  |  |
| 44              | 23.80  | 102.93                  | 0.225                   | 0.0493   | 0.9507         | 84.2702                                     | 1.22                      | 119.78 |  |  |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

**Tabla n°305:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C-4 con aditivo líquido CONAID  $0.05 \text{ L/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$  de cemento

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |        |  |                |                 |         |  |  |
|----------------------------|---|--------|--|----------------|-----------------|---------|--|--|
| Recipiente N°              |   | T-1    |  | Diametro       | cm              | 10.100  |  |  |
| Masa de Tara               | g | 19.47  |  | Altura Inicial | cm              | 11.600  |  |  |
| Masa del suelo húmedo+tara | g | 135.26 |  | Area           | cm <sup>2</sup> | 80.118  |  |  |
| Masa del suelo seco + tara | g | 122.00 |  | Peso           | g               | 1960.66 |  |  |
| Masa de agua               | g | 13.26  |  |                |                 |         |  |  |
| Masa del suelo seco        | g | 102.53 |  |                |                 |         |  |  |
| Contenido de agua          | % | 12.93% |  |                |                 |         |  |  |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |        | AREA CORREGIDA | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |        |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------|----------------|------------------------|--------|
|              | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε  |                | KG / CM2               | kPa    |
|              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |        |                | Ao / (1 - ε)           |        |
| 0            | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000 | 80.1185        | 0.00                   | 0.00   |
| 9            | 21.72                     | 93.60          | 0.025                | 0.0055               | 0.9945 | 80.5595        | 1.16                   | 113.94 |
| 14           | 22.42                     | 96.74          | 0.050                | 0.0109               | 0.9891 | 81.0053        | 1.19                   | 117.12 |
| 21           | 23.34                     | 100.87         | 0.075                | 0.0164               | 0.9836 | 81.4562        | 1.24                   | 121.44 |
| 24           | 23.76                     | 102.75         | 0.100                | 0.0219               | 0.9781 | 81.9121        | 1.25                   | 123.02 |
| 31           | 24.11                     | 104.32         | 0.125                | 0.0274               | 0.9726 | 82.3731        | 1.27                   | 124.20 |
| 35           | 24.76                     | 107.24         | 0.150                | 0.0328               | 0.9672 | 82.8393        | 1.29                   | 126.95 |
| 37           | 25.39                     | 110.06         | 0.175                | 0.0383               | 0.9617 | 83.3109        | 1.32                   | 129.56 |
| 41           | 26.00                     | 112.80         | 0.200                | 0.0438               | 0.9562 | 83.7878        | 1.35                   | 132.02 |
| 44           | 25.60                     | 111.00         | 0.225                | 0.0493               | 0.9507 | 84.2702        | 1.32                   | 129.18 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

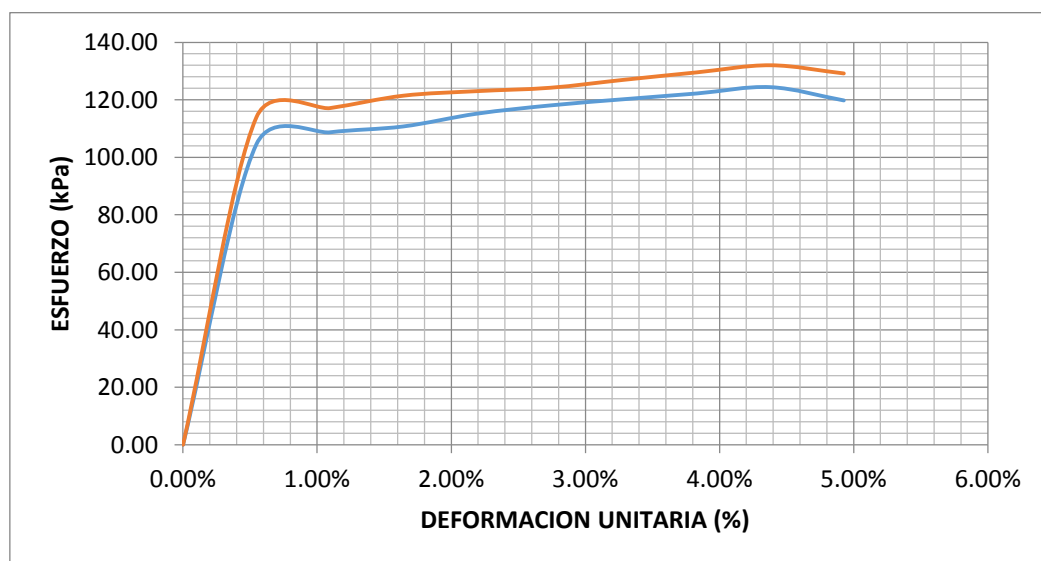


Figura n°. 160: Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria

**Tabla n°306:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C-6 con aditivo líquido CONAID  $0.05 \text{ L/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$  de cemento

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |          |  |        |  |                |            |  |        |
|----------------------------|----------|--|--------|--|----------------|------------|--|--------|
| Recipiente N°              |          |  | T-1    |  | Diametro       | <b>cm</b>  |  | 10.100 |
| Masa de Tara               | <b>g</b> |  | 21.26  |  | Altura Inicial | <b>cm</b>  |  | 11.600 |
| Masa del suelo húmedo+tara | <b>g</b> |  | 235.15 |  | Area           | <b>cm2</b> |  | 80.118 |
| Masa del suelo seco + tara | <b>g</b> |  | 212.05 |  | Peso           | <b>g</b>   |  | 1935   |
| Masa de agua               | <b>g</b> |  | 23.10  |  |                |            |  |        |
| Masa del suelo seco        | <b>g</b> |  | 190.79 |  |                |            |  |        |
| Contenido de agua          | <b>%</b> |  | 12.11% |  |                |            |  |        |

| TIEMPO<br>(SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                           |                        | AREA CORREGIDA | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |        |
|-----------------|---------------------------|----------------|----------------------|---------------------------|------------------------|----------------|------------------------|--------|
|                 | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria      | $1 - \epsilon$         |                | KG / CM2               | kPa    |
|                 | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | $\epsilon = \Delta H / H$ |                        |                |                        |        |
|                 |                           |                |                      |                           | Ao / (1 - $\epsilon$ ) |                |                        |        |
| 0               | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000                    | 1.0000                 | 80.1185        | 0.00                   | 0.00   |
| 9               | 23.00                     | 99.34          | 0.025                | 0.0055                    | 0.9945                 | 80.5595        | 1.23                   | 120.93 |
| 14              | 23.74                     | 102.66         | 0.050                | 0.0109                    | 0.9891                 | 81.0053        | 1.27                   | 124.28 |
| 21              | 24.20                     | 104.72         | 0.075                | 0.0164                    | 0.9836                 | 81.4562        | 1.29                   | 126.08 |
| 24              | 24.68                     | 106.88         | 0.100                | 0.0219                    | 0.9781                 | 81.9121        | 1.30                   | 127.96 |
| 31              | 25.00                     | 108.31         | 0.125                | 0.0274                    | 0.9726                 | 82.3731        | 1.31                   | 128.95 |
| 35              | 25.48                     | 110.47         | 0.150                | 0.0328                    | 0.9672                 | 82.8393        | 1.33                   | 130.77 |
| 43              | 26.06                     | 113.07         | 0.175                | 0.0383                    | 0.9617                 | 83.3109        | 1.36                   | 133.09 |
| 47              | 26.75                     | 116.16         | 0.200                | 0.0438                    | 0.9562                 | 83.7878        | 1.39                   | 135.96 |
| 50              | 26.07                     | 113.11         | 0.225                | 0.0493                    | 0.9507                 | 84.2702        | 1.34                   | 131.63 |

*Fuente: Elaboración Propia, 2018.*

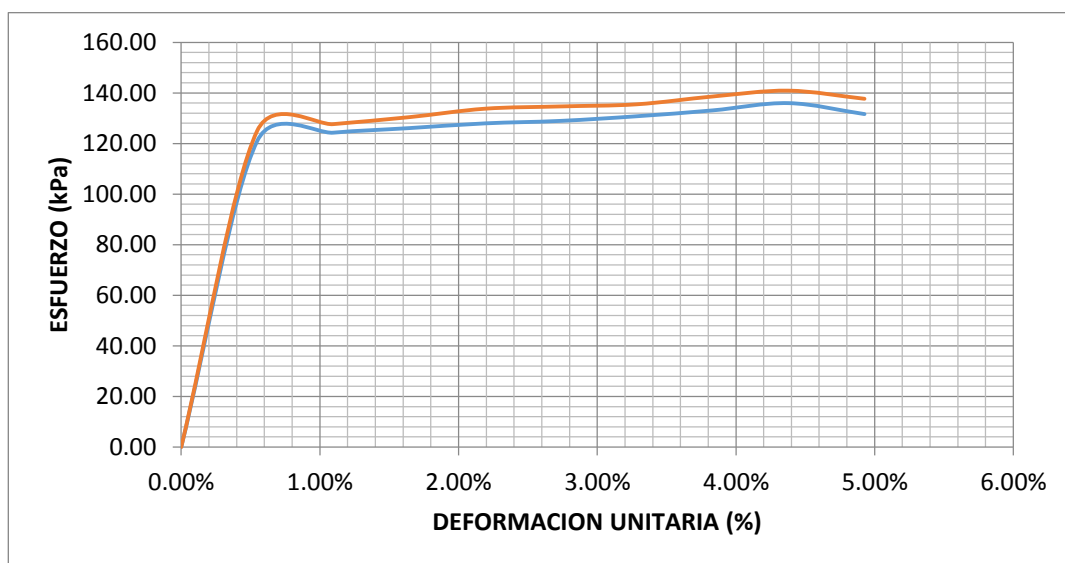
**Tabla n° 307:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C-6 con  
aditivo líquido CONAID  $0.05 \text{ L/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$  de cemento

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |        |  |                |                 |         |  |  |
|----------------------------|---|--------|--|----------------|-----------------|---------|--|--|
| Recipiente N°              |   | T-1    |  | Diametro       | cm              | 10.100  |  |  |
| Masa de Tara               | g | 22.41  |  | Altura Inicial | cm              | 11.600  |  |  |
| Masa del suelo húmedo+tara | g | 153.00 |  | Area           | cm <sup>2</sup> | 80.118  |  |  |
| Masa del suelo seco + tara | g | 138.30 |  | Peso           | g               | 1900.05 |  |  |
| Masa de agua               | g | 14.70  |  |                |                 |         |  |  |
| Masa del suelo seco        | g | 115.89 |  |                |                 |         |  |  |
| Contenido de agua          | % | 12.68% |  |                |                 |         |  |  |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |        | AREA CORREGIDA | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |        |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------|----------------|------------------------|--------|
|              | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε  |                | KG / CM2               | kPa    |
|              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |        |                |                        |        |
| 0            | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000 | 80.1185        | 0.00                   | 0.00   |
| 9            | 23.74                     | 102.66         | 0.025                | 0.0055               | 0.9945 | 80.5595        | 1.27                   | 124.97 |
| 14           | 24.36                     | 105.44         | 0.050                | 0.0109               | 0.9891 | 81.0053        | 1.30                   | 127.65 |
| 21           | 25.00                     | 108.31         | 0.075                | 0.0164               | 0.9836 | 81.4562        | 1.33                   | 130.40 |
| 24           | 25.76                     | 111.72         | 0.100                | 0.0219               | 0.9781 | 81.9121        | 1.36                   | 133.76 |
| 31           | 26.07                     | 113.11         | 0.125                | 0.0274               | 0.9726 | 82.3731        | 1.37                   | 134.66 |
| 35           | 26.37                     | 114.46         | 0.150                | 0.0328               | 0.9672 | 82.8393        | 1.38                   | 135.50 |
| 37           | 27.10                     | 117.73         | 0.175                | 0.0383               | 0.9617 | 83.3109        | 1.41                   | 138.58 |
| 41           | 27.69                     | 120.38         | 0.200                | 0.0438               | 0.9562 | 83.7878        | 1.44                   | 140.89 |
| 44           | 27.23                     | 118.31         | 0.225                | 0.0493               | 0.9507 | 84.2702        | 1.40                   | 137.68 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n° 161:** Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria



**Tabla n°308:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C-8 con aditivo líquido CONAID  $0.05 \text{ L/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$  de cemento.

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |                           |                |                      |                           |                |                 |                        |                      |
|----------------------------|---------------------------|----------------|----------------------|---------------------------|----------------|-----------------|------------------------|----------------------|
| Recipiente N°              | T-1                       |                |                      | Diametro                  | cm             | 10.100          |                        |                      |
| Masa de Tara               | g                         | 28.45          |                      |                           | Altura Inicial | cm              | 11.200                 |                      |
| Masa del suelo húmedo+tara | g                         | 264.15         |                      |                           | Area           | cm <sup>2</sup> | 80.118                 |                      |
| Masa del suelo seco + tara | g                         | 239.24         |                      |                           | Peso           | g               | 2024                   |                      |
| Masa de agua               | g                         | 24.91          |                      |                           |                |                 |                        |                      |
| Masa del suelo seco        | g                         | 210.79         |                      |                           |                |                 |                        |                      |
| Contenido de agua          | %                         | 11.82%         |                      |                           |                |                 |                        |                      |
| TIEMPO                     | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                           |                | AREA            | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |                      |
|                            | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria      | $1 - \epsilon$ |                 | $A_0 / (1 - \epsilon)$ | KG / CM <sup>2</sup> |
|                            | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | $\epsilon = \Delta H / H$ |                |                 |                        |                      |
| 0                          | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000                    | 1.0000         | 80.1185         | 0.00                   | 0.00                 |
| 9                          | 22.42                     | 96.74          | 0.025                | 0.0057                    | 0.9943         | 80.5753         | 1.20                   | 117.74               |
| 14                         | 23.17                     | 100.10         | 0.050                | 0.0113                    | 0.9887         | 81.0374         | 1.24                   | 121.14               |
| 21                         | 23.79                     | 102.89         | 0.075                | 0.0170                    | 0.9830         | 81.5048         | 1.26                   | 123.79               |
| 24                         | 24.13                     | 104.41         | 0.100                | 0.0227                    | 0.9773         | 81.9776         | 1.27                   | 124.90               |
| 31                         | 24.90                     | 107.86         | 0.125                | 0.0283                    | 0.9717         | 82.4559         | 1.31                   | 128.29               |
| 35                         | 25.33                     | 109.79         | 0.150                | 0.0340                    | 0.9660         | 82.9399         | 1.32                   | 129.82               |
| 34                         | 25.91                     | 112.39         | 0.175                | 0.0397                    | 0.9603         | 83.4296         | 1.35                   | 132.11               |
| 39                         | 26.47                     | 114.91         | 0.200                | 0.0454                    | 0.9546         | 83.9251         | 1.37                   | 134.27               |
| 41                         | 25.80                     | 111.90         | 0.225                | 0.0510                    | 0.9490         | 84.4265         | 1.33                   | 129.98               |

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

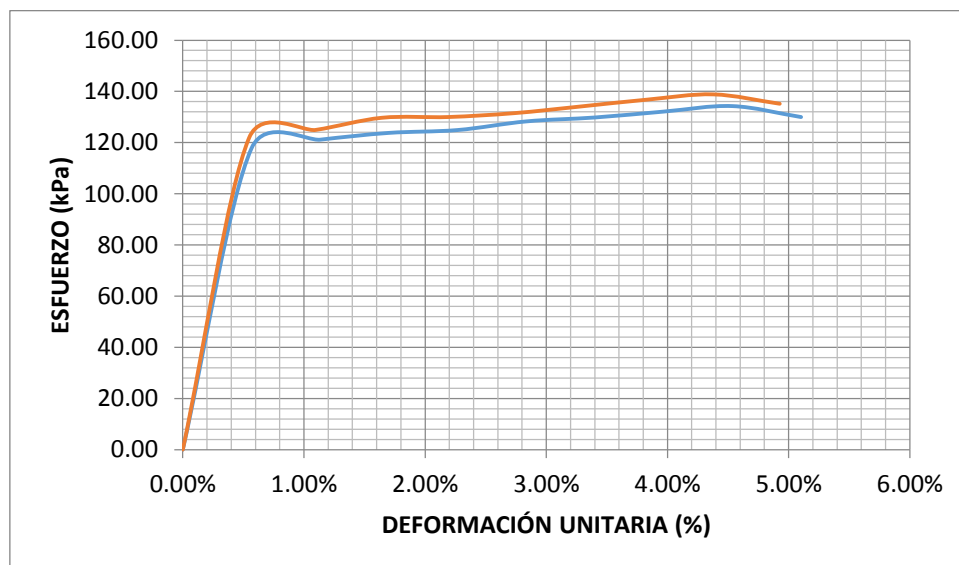
**Tabla n° 309:** Determinación del Contenido de Humedad y Esfuerzo de Compresión de la C-8 con aditivo líquido CONAID  $0.05 \text{ L/m}^3 + 50 \text{ kg/m}^3$  de cemento.

| CONTENIDO DE HUMEDAD       |   |  |        |  |  |                |                 |         |
|----------------------------|---|--|--------|--|--|----------------|-----------------|---------|
| Recipiente N°              |   |  | T-1    |  |  | Diametro       | cm              | 10.100  |
| Masa de Tara               | g |  | 28.35  |  |  | Altura Inicial | cm              | 11.600  |
| Masa del suelo húmedo+tara | g |  | 156.72 |  |  | Area           | cm <sup>2</sup> | 80.118  |
| Masa del suelo seco + tara | g |  | 143.05 |  |  | Peso           | g               | 1901.88 |
| Masa de agua               | g |  | 13.67  |  |  |                |                 |         |
| Masa del suelo seco        | g |  | 114.70 |  |  |                |                 |         |
| Contenido de agua          | % |  | 11.92% |  |  |                |                 |         |

| TIEMPO (SEG) | CARGA                     |                | DEFORMACIÓN VERTICAL |                      |              | AREA CORREGIDA | ESFUERZO DE COMPRESIÓN |        |
|--------------|---------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------------|----------------|------------------------|--------|
|              | Lectura de marco de carga | Carga aplicada | DIAL LC-8            | Deformación Unitaria | 1 - ε        |                | KG / CM <sup>2</sup>   | kPa    |
|              | Número de Divisiones      | kg             | 0.001"               | ε = ΔH / H           |              |                |                        |        |
|              |                           |                |                      |                      | Ao / (1 - ε) |                |                        |        |
| 0            | 0.00                      | 0.00           | 0.000                | 0.0000               | 1.0000       | 80.1185        | 0.00                   | 0.00   |
| 9            | 23.17                     | 100.10         | 0.025                | 0.0055               | 0.9945       | 80.5595        | 1.24                   | 121.86 |
| 14           | 23.86                     | 103.20         | 0.050                | 0.0109               | 0.9891       | 81.0053        | 1.27                   | 124.94 |
| 21           | 24.87                     | 107.73         | 0.075                | 0.0164               | 0.9836       | 81.4562        | 1.32                   | 129.70 |
| 24           | 25.06                     | 108.58         | 0.100                | 0.0219               | 0.9781       | 81.9121        | 1.33                   | 130.00 |
| 31           | 25.48                     | 110.47         | 0.125                | 0.0274               | 0.9726       | 82.3731        | 1.34                   | 131.51 |
| 35           | 26.11                     | 113.29         | 0.150                | 0.0328               | 0.9672       | 82.8393        | 1.37                   | 134.12 |
| 37           | 26.76                     | 116.21         | 0.175                | 0.0383               | 0.9617       | 83.3109        | 1.39                   | 136.79 |
| 39           | 27.30                     | 118.63         | 0.200                | 0.0438               | 0.9562       | 83.7878        | 1.42                   | 138.84 |
| 43           | 26.75                     | 116.16         | 0.225                | 0.0493               | 0.9507       | 84.2702        | 1.38                   | 135.18 |

Fuente: Elaboración Propia, 2018.



**Figura n° 162:** Diagrama Esfuerzo vs Deformación Unitaria

**ANEXO n° 24: Panel Fotográfico**

**FOTO N.1**



Se empieza realizando los Posteos a 1.50 m de profundidad.

**FOTO N.2**



Excavación de calcatas a 1.50 m de profundidad. Se encontró 02 estratos

**FOTO N.3**



Se empieza a poner el material en un costal para luego cuartearlo.

**FOTO N.4**



Cuarteo manual del material para luego llevarlas al horno, para los ensayos de caracterización.



**FOTO N.5**



Muestras en el horno para calcular el contenido de humedad.

**FOTO N.6**



Luego que el material se seca en el horno, se pesa una cantidad para lavarlo por la Malla N°200 para luego llevarlas al horno para seguir con el tamizado.

**FOTO N.7**



Posteriormente, se saca la muestra del horno, se pesa y se procede a realizar la granulometría mediante el juego de tamices

**FOTO N.8**



Se pesa el material retenido en cada tamiz para luego calcular la curva granulométrica.

**FOTO N.9**



A continuación, para realizar el ensayo de Límites de Atterberg, se tamiza el material por la malla N° 40.

**FOTO N.10**



Se procede a realiza el ensayo de Límite Líquido, seguidamente el Límite Plástico.

**FOTO N.11**



Estas muestras son extraídas de la Copa de Casagrande para pesarlas y llevarlas al horno por 24 horas.

**FOTO N.12**



De igual manera, se pesa las muestras del Límite Plástico, para llevarlas al horno por 24 horas. Se realizó 2 repeticiones



**FOTO N.13**



Para el ensayo de proctor modificado, se tomó 3 kg, para 5 capas de 25 golpes. Método A

**FOTO N.14**



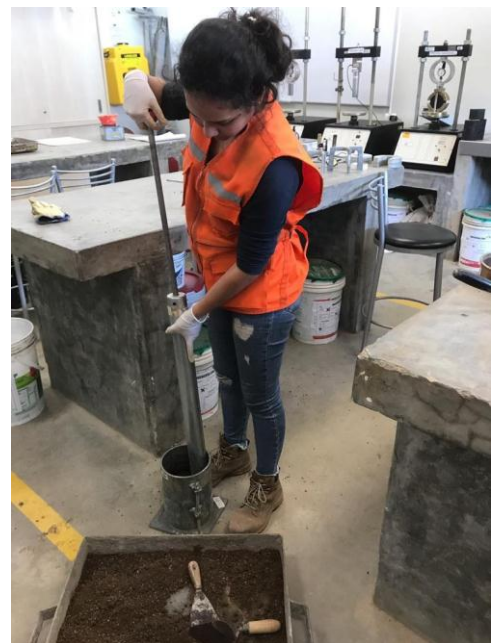
Luego estas son extraídas mediante la gata, para luego tomar del núcleo un doco de muestra.

**FOTO N.15**



Esta muestra, se pesa y se lleva al horno por 24 horas. Con estos datos, se calcula la curva de compactación.

**FOTO N.16**



Para el ensayo de CBR, Se tomó 7 kg, para 5 capas. Así para los moldes de 12, 25 y 56 golpes.

**FOTO N.17**



Luego estas son llevadas a saturación por 96 horas, tomando lectura de su deformación a través del dial por 24 horas.

**FOTO N.18**



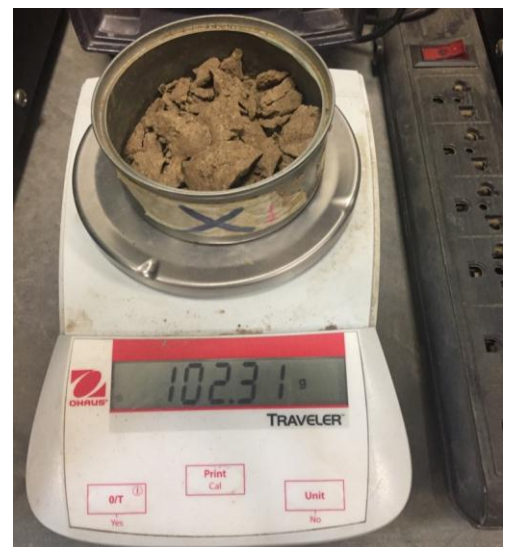
Luego estas son sometidas a carga a través de la Prensa de CBR, tomando lectura cada deformación dada en la norma y la carga.

**FOTO N.19**



Luego los moldes de CBR, se extraen muestras de su núcleo.

**FOTO N.20**



Estas son pesadas y llevadas al horno por 24 horas.

**FOTO N.21**



Hidrometría, en baño maría por 1140 minutos, con temperaturas entre 22-24°C.

**FOTO N.22**



La gravedad específica, toma sus pesos a Temperatura de 20°C.

**FOTO N. 23**



El aditivo Proes, sacando el líquido para posteriormente mezclarlo con el agua y con el material.

**FOTO N.24**



El aditivo Conaid, posteriormente mezclarlo con el agua y con el material.

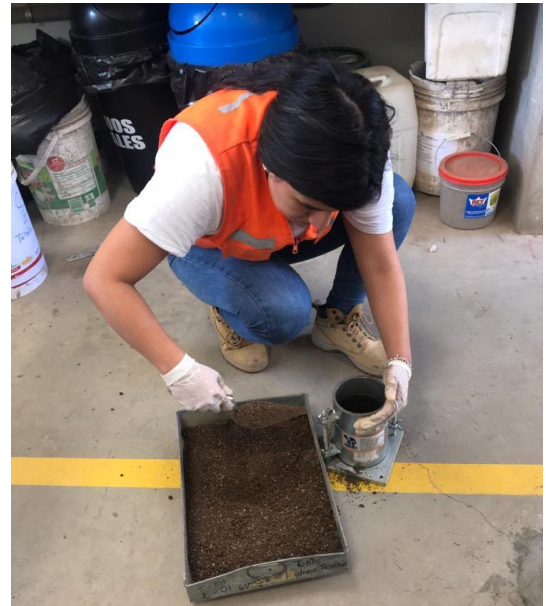


**FOTO N. 25**



Mezcla solo del aditivo Proes con la muestra. Asimismo, el Aditivo Conaid.

**FOTO N.26**



Mezcla del aditivo Proes + Cemento con la muestra. Asimismo, el Aditivo Conaid.

**FOTO N. 27**



El ensayo de Compresión Simple No Confinada, con la muestra patrón y los aditivos Proes y Conaid.

**FOTO N.28**



Estas muestras se tallan, se pesan y se coloca en las bolsas para su curado de 7 días.

**FOTO N. 29**



Finalmente, son llevadas a la Prensa Multiusos las muestras patrón, y con los aditivos Proes y Conaid, para luego realizar los cálculos

**ANEXO n° 25: Ensayo de Gravedad Específica**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**LABORATORIO DE CERÁMICOS Y SUELOS**



**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS EN SUELOS**  
**NORMA NTP 339.131**

PROYECTO: APLICACIÓN DE ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE(CBR) DE LA SURASANTE EN LAS VIAS DE ACCESO DEL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD 2018.

SOLICITANTE: ANTONELLA LIZBETH CARRANZA ORTIZ  
DELIA CAROLINA DEL MILAGRO FERNANDEZ LOJAS

UBICACIÓN: DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD  
MUESTRA: C-1  
PREGRESIVA: 0+098 Km

|  |        |
|--|--------|
| PICNÓMETRO N°                                    | 3      |
| CAPACIDAD PICNÓMETRO CM3                         | 500    |
| PESO PICNÓMETRO , gr.                            | 154.21 |
| PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO , gr.               | 225.2  |
| PESO SUELO SECO , gr. ( W <sub>s</sub> )         | 71.0   |
| PESO PICN + AGUA + SUELO , gr. (W <sub>1</sub> ) | 701.61 |
| PESO PICN + AGUA a C.T. , gr. (W <sub>2</sub> )  | 656.72 |
| PESO PICN + AGUA A TEMP. ENSAYO                  | 656.58 |
| TEMPERATURA DE ENSAYO , ° C                      | 21.4   |
| GS A TEMPERATURA ENSAYO                          | 2.73   |
| GS A 20 ° C                                      | 2.73   |

| DENSIDAD RELATIVA DEL AGUA Y FACTOR DE CONVERSIÓN |           |        |           |           |        |
|---|-----------|--------|-----------|-----------|--------|
| "K" PARA VARIAS TEMPERATURAS                      |           |        |           |           |        |
| TEMP. ° C   | yw        | K      | TEMP. ° C | yw        | K      |
| 19  | 0.9984347 | 1.0002 | 25        | 0.9970770 | 0.9989 |
| 20  | 0.9982343 | 1      | 26        | 0.9968156 | 0.9986 |
| 21  | 0.9980233 | 0.9998 | 27        | 0.9965451 | 0.9983 |
| 22  | 0.9978019 | 0.9996 | 28        | 0.9962652 | 0.998  |
| 23  | 0.9975702 | 0.9993 | 29        | 0.9959761 | 0.9977 |
| 24  | 0.9973286 | 0.9991 | 30        | 0.9956780 | 0.9974 |



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**LABORATORIO DE CERÁMICOS Y SUELOS**



**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS EN SUELOS**  
**NORMA NTP 339.131**

PROYECTO: APLICACIÓN DE ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE(CBR) DE LA SURASANTE  
EN LAS VIAS DE ACCESO DEL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD 2018.

SOLICITANTE: ANTONELLA LIZBETH CARRANZA ORTIZ  
DELIA CAROLINA DEL MILAGRO FERNANDEZ LOJAS

UBICACIÓN: DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD  
MUESTRA: C-2  
PREGRESIVA: 0+934 Km

|                                     |        |
|-------------------------------------|--------|
| PICNÓMETRO N°                       | 3      |
| CAPACIDAD PICNÓMETRO CM3            | 500    |
| PESO PICNÓMETRO ,gr.                | 153.47 |
| PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO , gr.  | 224.82 |
| PESO SUELO SECO , gr. ( Ws)         | 71.4   |
| PESO PICN. + AGUA + SUELO ,gr. (W1) | 701.61 |
| PESO PICN. + AGUA a C.T. , gr. (W2) | 656.57 |
| PESO PICN + AGUA A TEMP. ENSAYO.    | 656.46 |
| TEMPERATURA DE ENSAYO. ° C          | 21.4   |
| GS A TEMPERATURA ENSAYO             | 2.72   |
| GS A 20 ° C                         | 2.72   |

| DENSIDAD RELATIVA DEL AGUA Y FACTOR DE CONVERSIÓN |                |        |          |                |        |
|---|----------------|--------|----------|----------------|--------|
| "K" PARA VARIAS TEMPERATURAS                      |                |        |          |                |        |
| TEMP ° C  | γ <sub>w</sub> | K      | TEMP ° C | γ <sub>w</sub> | K      |
| 19  | 0.9984347      | 1.0002 | 25       | 0.9970770      | 0.9989 |
| 20  | 0.9982343      | 1      | 26       | 0.9968156      | 0.9986 |
| 21  | 0.9980233      | 0.9998 | 27       | 0.9965451      | 0.9983 |
| 22  | 0.9978019      | 0.9996 | 28       | 0.9962652      | 0.998  |
| 23  | 0.9975702      | 0.9993 | 29       | 0.9959761      | 0.9977 |
| 24  | 0.9973286      | 0.9991 | 30       | 0.9956780      | 0.9974 |



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS**



**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS EN SUELOS**  
**NORMA NTP 339.131**

PROYECTO: APLICACIÓN DE ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE(CBR) DE LA SURASANTE EN LAS VIAS DE ACCESO DEL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD 2018.

SOLICITANTE: ANTONELLA LIZBETH CARRANZA ORTIZ  
DELIA CAROLINA DEL MILAGRO FERNANDEZ LOJAS

UBICACIÓN: DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD  
MUESTRA: C-3  
PREGRESIVA: 1+500 Km

|                                     |               |
|-------------------------------------|---------------|
| PICNÓMETRO N°                       | 3             |
| CAPACIDAD PICNÓMETRO CM3            | 500           |
| PESO PICNÓMETRO, gr                 | 152.52        |
| PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO, gr    | 224.35        |
| PESO SUELO SECO, gr. ( Ws)          | <b>71.8</b>   |
| PESO PICN. + AGUA + SUELO, gr. (W1) | 702.11        |
| PESO PICN. + AGUA a C.T., gr. (W2)  | 656.53        |
| PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO    | <b>656.48</b> |
| TEMPERATURA DE ENSAYO, ° C          | 21.4          |
| GS A TEMPERATURA ENSAYO             | 2.74          |
| GS A 20 ° C                         | <b>2.74</b>   |

| DENSIDAD RELATIVA DEL AGUA Y FACTOR DE CONVERSIÓN |           |        |          |           |        |
|---|-----------|--------|----------|-----------|--------|
| "K" PARA VARIAS TEMPERATURAS                      |           |        |          |           |        |
| TEMP ° C  | yw        | K      | TEMP ° C | yw        | K      |
| 19  | 0.9984347 | 1.0002 | 25       | 0.9970770 | 0.9989 |
| 20  | 0.9982343 | 1      | 26       | 0.9968156 | 0.9986 |
| 21  | 0.9980233 | 0.9998 | 27       | 0.9965451 | 0.9983 |
| 22  | 0.9978019 | 0.9996 | 28       | 0.9962652 | 0.998  |
| 23  | 0.9975702 | 0.9993 | 29       | 0.9959761 | 0.9977 |
| 24  | 0.9973286 | 0.9991 | 30       | 0.9956780 | 0.9974 |



*[Signature]*  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS**



**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS EN SUELOS**  
**NORMA NTP 339.131**

PROYECTO: APLICACIÓN DE ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE(CBR) DE LA SURASANTE  
EN LAS VIAS DE ACCESO DEL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD 2018.

SOLICITANTE: ANTONELLA LIZBETH CARRANZA ORTIZ  
DELIA CAROLINA DEL MILAGRO FERNANDEZ LOJAS

UBICACIÓN: DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD  
MUESTRA: C-4  
PREGRESIVA: 2+608 Km

|  |        |
|--|--------|
| PICNÓMETRO N°                            | 3      |
| CAPACIDAD PICNÓMETRO CM3                 | 500    |
| PESO PICNÓMETRO , gr.                    | 155.98 |
| PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO , gr.       | 228    |
| PESO SUELO SECO , gr. ( W <sub>s</sub> ) | 72.0   |
| PESO PICN. + AGUA + SUELO , gr. (W1)     | 702.9  |
| PESO PICN. + AGUA a C.T. , gr. (W2)      | 656.9  |
| PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO.        | 656.78 |
| TEMPERATURA DE ENSAYO, ° C               | 21     |
| GS A TEMPERATURA ENSAYO                  | 2.78   |
| GS A 20 ° C                              | 2.78   |

| DENSIDAD RELATIVA DEL AGUA Y FACTOR DE CONVERSIÓN |           |        |          |           |        |
|---|-----------|--------|----------|-----------|--------|
| "K" PARA VARIAS TEMPERATURAS                      |           |        |          |           |        |
| TEMP ° C  | yw        | K      | TEMP ° C | yw        | K      |
| 19  | 0.9984347 | 1.0002 | 25       | 0.9970770 | 0.9989 |
| 20  | 0.9982343 | 1      | 26       | 0.9968156 | 0.9986 |
| 21  | 0.9980233 | 0.9998 | 27       | 0.9965451 | 0.9983 |
| 22  | 0.9978019 | 0.9996 | 28       | 0.9962652 | 0.998  |
| 23  | 0.9975702 | 0.9993 | 29       | 0.9959761 | 0.9977 |
| 24  | 0.9973286 | 0.9991 | 30       | 0.9956780 | 0.9974 |



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS**



**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS EN SUELOS**  
**NORMA NTP 339.131**

PROYECTO: APLICACIÓN DE ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE(CBR) DE LA SURASANTE  
EN LAS VIAS DE ACCESO DEL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD 2018.

SOLICITANTE: ANTONELLA LIZBETH CARRANZA ORTIZ  
DELIA CAROLINA DEL MILAGRO FERNANDEZ LOJAS

UBICACIÓN: DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD  
MUESTRA: C-5  
PREGRESIVA: 3+570 Km

|                                      |        |
|--------------------------------------|--------|
| PICNÓMETRO N°                        | 2      |
| CAPACIDAD PICNÓMETRO CM3             | 500    |
| PESO PICNÓMETRO , gr.                | 160.8  |
| PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO , gr.   | 233.7  |
| PESO SUELO SECO , gr. ( Ws)          | 72.9   |
| PESO PICN. + AGUA + SUELO , gr. (W1) | 703.1  |
| PESO PICN. + AGUA a C.T. , gr. (W2)  | 656.8  |
| PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO.    | 656.66 |
| TEMPERATURA DE ENSAYO, ° C           | 21.5   |
| GS A TEMPERATURA ENSAYO              | 2.76   |
| GS A 20 ° C                          | 2.76   |

| DENSIDAD RELATIVA DEL AGUA Y FACTOR DE CONVERSIÓN |           |        |          |           |        |
|---|-----------|--------|----------|-----------|--------|
| "K" PARA VARIAS TEMPERATURAS                      |           |        |          |           |        |
| TEMP° C   | γw        | K      | TEMP ° C | γw        | K      |
| 19  | 0.9984347 | 1.0002 | 25       | 0.9970770 | 0.9989 |
| 20  | 0.9982343 | 1      | 26       | 0.9968156 | 0.9986 |
| 21  | 0.9980233 | 0.9996 | 27       | 0.9965451 | 0.9983 |
| 22  | 0.9978019 | 0.9996 | 28       | 0.9962652 | 0.998  |
| 23  | 0.9975702 | 0.9993 | 29       | 0.9959761 | 0.9977 |
| 24  | 0.9973286 | 0.9991 | 30       | 0.9956780 | 0.9974 |



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES.  
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS**



**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS EN SUELOS**  
**NORMA NTP 339.131**

PROYECTO: APLICACIÓN DE ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE(CBR) DE LA SURASANTE  
EN LAS VIAS DE ACCESO DEL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD 2018.

SOLICITANTE: ANTONELLA LIZBETH CARRANZA ORTIZ  
DELIA CAROLINA DEL MILAGRO FERNANDEZ LOJAS

UBICACIÓN: DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD  
MUESTRA: C-6  
PREGRESIVA: 4+416 Km

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| PICNÓMETRO N°                      | 3      |
| CAPACIDAD PICNÓMETRO CM3           | 500    |
| PESO PICNÓMETRO , gr.              | 155.28 |
| PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO, gr.  | 226    |
| PESO SUELO SECO, gr. (Ws)          | 70.7   |
| PESO PIGN + AGUA + SUELO, gr. (W1) | 701.61 |
| PESO PIGN + AGUA a C.T. , gr. (W2) | 656.72 |
| PESO PIGN + AGUA A TEMP. ENSAYO    | 656.58 |
| TEMPERATURA DE ENSAYO, ° C         | 21.4   |
| GS A TEMPERATURA ENSAYO            | 2.75   |
| GS A 20 ° C                        | 2.75   |

| DENSIDAD RELATIVA DEL AGUA Y FACTOR DE CONVERSIÓN |                |        |          |                |        |
|---|----------------|--------|----------|----------------|--------|
| "K" PARA VARIAS TEMPERATURAS                      |                |        |          |                |        |
| TEMP ° C  | γ <sub>w</sub> | K      | TEMP ° C | γ <sub>w</sub> | K      |
| 19  | 0.9984347      | 1.0002 | 25       | 0.9970770      | 0.9989 |
| 20  | 0.9982343      | 1      | 26       | 0.9968156      | 0.9986 |
| 21  | 0.9980233      | 0.9998 | 27       | 0.9965451      | 0.9983 |
| 22  | 0.9978019      | 0.9996 | 28       | 0.9962652      | 0.998  |
| 23  | 0.9975702      | 0.9993 | 29       | 0.9959761      | 0.9977 |
| 24  | 0.9973286      | 0.9991 | 30       | 0.9956780      | 0.9974 |



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATE. RIALE  
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com



**ANEXO n° 26: Ensayo de Análisis por Granulométrico por medio del Hidrómetro**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**LABORATORIO DE CERÁMICOS Y SUELOS**



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR MEDIO DE HIDROMETRO**  
**NORMA ASTM D 422**

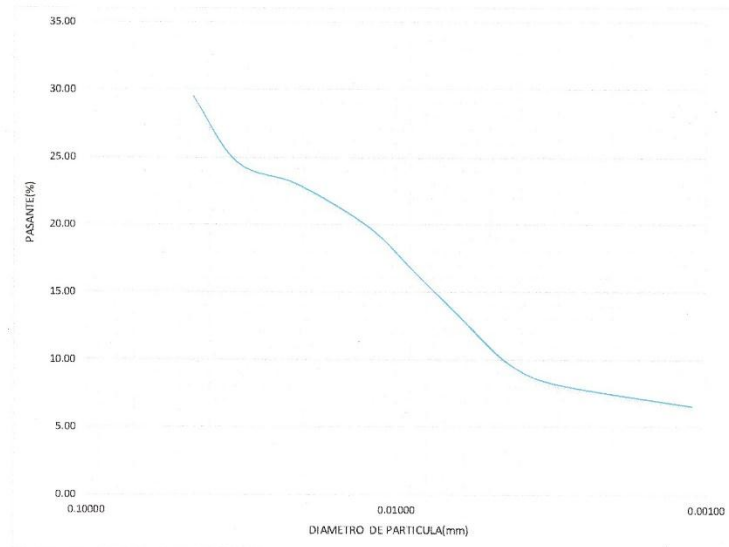
PROYECTO: APLICACIÓN DE ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE(CBR) DE LA SURASANTE EN LAS VIAS DE ACCESO DEL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD 2018.

SOLICITANTE: ANTONELLA LIBZETH CARRANZA ORTIZ  
DELIA CAROLINA DEL MILAGRO FERNANDEZ LOJAS

UBICACIÓN: DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD  
MUESTRA: C-1  
PROGRESIVA: 0+098 Km

Hora de inicio: 10:00 a.m. Masa del suelo: 60  
Cm(g/ml): 1 Gravedad específica: 2.73  
Lectura en defeculante: 5 Coeficiente "a": 0.983

| TIEMPO(min) | R' | R  | T (°C) | Ct  | Cd  | % QUE PASA | Rcp  | L    | K       | D(mm)   |
|-------------|----|----|--------|-----|-----|------------|------|------|---------|---------|
| 1           | 23 | 24 | 23     | 0.9 | 6.9 | 29.48      | 18.0 | 12.4 | 0.01288 | 0.04536 |
| 2           | 20 | 21 | 23     | 0.9 | 6.9 | 24.56      | 15.0 | 12.9 | 0.01288 | 0.03271 |
| 5           | 19 | 20 | 23     | 0.9 | 6.9 | 22.93      | 14.0 | 13   | 0.01288 | 0.02077 |
| 15          | 17 | 18 | 23     | 0.9 | 6.9 | 19.65      | 12.0 | 13.3 | 0.01288 | 0.01213 |
| 30          | 15 | 16 | 23     | 0.9 | 6.9 | 16.38      | 10.0 | 13.7 | 0.01288 | 0.00870 |
| 60          | 13 | 14 | 23     | 0.9 | 6.9 | 13.10      | 8.0  | 14   | 0.01288 | 0.00622 |
| 120         | 11 | 12 | 23     | 0.9 | 6.9 | 9.83       | 6.0  | 14.3 | 0.01288 | 0.00445 |
| 250         | 10 | 11 | 23     | 0.9 | 6.9 | 8.19       | 5.0  | 14.5 | 0.01288 | 0.00310 |
| 1440        | 9  | 10 | 23     | 0.9 | 6.9 | 6.55       | 4.0  | 10.7 | 0.01288 | 0.00111 |



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS**



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR MEDIO DE HIDROMETRO**  
**NORMA ASTM D 422**

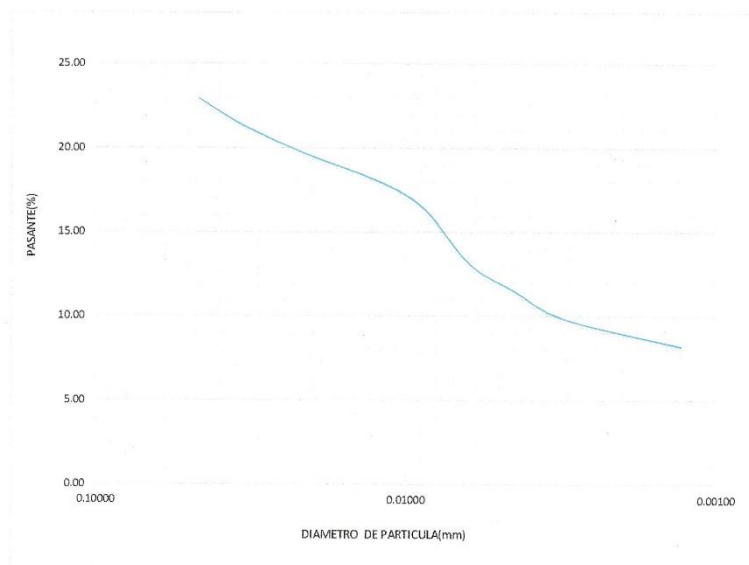
PROYECTO: APLICACIÓN DE ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE(CBR) DE LA SURASANTE EN LAS VIAS DE ACCESO DEL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD 2018.

SOLICITANTE: ANTONELLA LIZBETH CARRANZA ORTIZ  
DELIA CAROLINA DEL MILAGRO FERNANDEZ LOJAS

UBICACIÓN: DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD  
MUESTRA: C-2  
PROGRESIVA: 0+934 Km

Hora de inicio: 5:35 p.m. Masa del suelo: 60  
Cm(g/ml): 1 Gravedad específica: 2.72  
Lectura en defloculante: 5 Coeficiente "a": 0.985

| TIEMPO(min) | R' | R  | T (°C) | Ct  | Cd  | % QUE PASA | Rcp | L    | K       | D(mm)   |
|-------------|----|----|--------|-----|-----|------------|-----|------|---------|---------|
| 1           | 19 | 20 | 24     | 1.3 | 7.3 | 22.97      | 14  | 13.0 | 0.01292 | 0.04658 |
| 2           | 18 | 19 | 24     | 1.3 | 7.3 | 21.33      | 13  | 13.2 | 0.01292 | 0.03319 |
| 5           | 17 | 18 | 24     | 1.3 | 7.3 | 19.69      | 12  | 13.3 | 0.01292 | 0.02107 |
| 15          | 16 | 17 | 24     | 1.3 | 7.3 | 18.05      | 11  | 13.5 | 0.01292 | 0.01226 |
| 30          | 15 | 16 | 24     | 1.3 | 7.3 | 16.41      | 10  | 13.7 | 0.01292 | 0.00873 |
| 60          | 13 | 14 | 24     | 1.3 | 7.3 | 13.13      | 8   | 14.0 | 0.01292 | 0.00624 |
| 120         | 12 | 13 | 24     | 1.3 | 7.3 | 11.49      | 7   | 14.2 | 0.01292 | 0.00444 |
| 250         | 11 | 12 | 24     | 1.3 | 7.3 | 9.85       | 6   | 14.3 | 0.01292 | 0.00309 |
| 1440        | 10 | 11 | 24     | 1.3 | 7.3 | 8.21       | 5   | 14.5 | 0.01292 | 0.00130 |



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS**



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR MEDIO DE HIDROMETRO**  
**NORMA ASTM D 422**

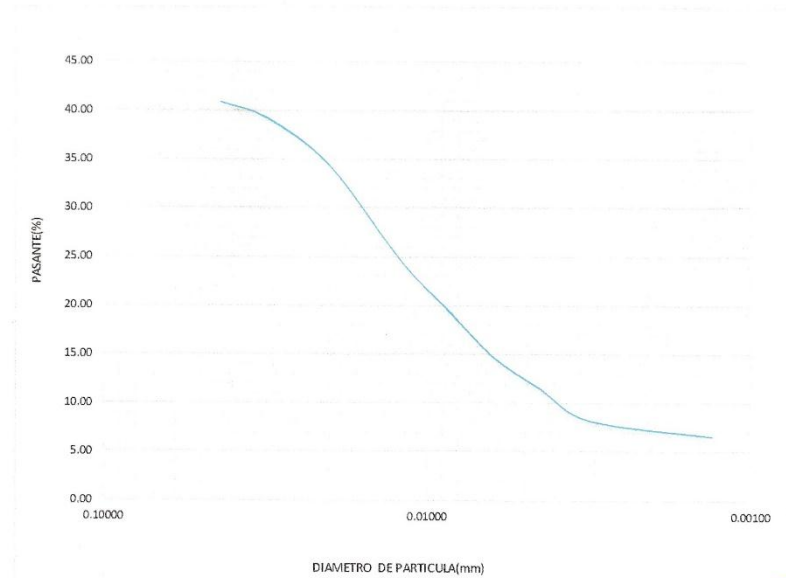
PROYECTO: APLICACIÓN DE ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE(CBR) DE LA SURASANTE EN LAS VIAS DE ACCESO DEL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD 2018.

SOLICITANTE: ANTONELLA LIZBETH CARRANZA ORTIZ  
DELIA CAROLINA DEL MILAGRO FERNANDEZ LOJAS

UBICACIÓN: DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD  
MUESTRA: C-3  
PROGRESIVA: 1+500 Km

Hora de inicio: 12:11 p.m. Masa del suelo: 60  
Cm(g/ml): 1 Gravedad específica: 2.74  
Lectura en defloculante: 3 Coeficiente "a": 0.980

| TIEMPO(min) | R' | R  | T (°C) | Ct  | Cd  | % QUE PASA | Rcp  | L    | K       | D(mm)   |
|-------------|----|----|--------|-----|-----|------------|------|------|---------|---------|
| 1           | 28 | 29 | 22     | 0.6 | 4.6 | 40.85      | 25.0 | 11.5 | 0.01284 | 0.04354 |
| 2           | 27 | 28 | 22     | 0.6 | 4.6 | 39.22      | 24.0 | 11.9 | 0.01284 | 0.03132 |
| 5           | 24 | 25 | 22     | 0.6 | 4.6 | 34.32      | 21.0 | 12.2 | 0.01284 | 0.02006 |
| 15          | 18 | 19 | 22     | 0.6 | 4.6 | 24.51      | 15.0 | 13.2 | 0.01284 | 0.01204 |
| 30          | 15 | 16 | 22     | 0.6 | 4.6 | 19.61      | 12.0 | 13.7 | 0.01284 | 0.00868 |
| 60          | 12 | 13 | 22     | 0.6 | 4.6 | 14.71      | 9.0  | 14.2 | 0.01284 | 0.00625 |
| 120         | 10 | 11 | 22     | 0.6 | 4.6 | 11.44      | 7.0  | 14.5 | 0.01284 | 0.00446 |
| 250         | 8  | 9  | 22     | 0.6 | 4.6 | 8.17       | 5.0  | 14.8 | 0.01284 | 0.00312 |
| 1440        | 7  | 8  | 22     | 0.6 | 4.6 | 6.54       | 4.0  | 15   | 0.01284 | 0.00131 |



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS**



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR MEDIO DE HIDROMETRO**  
**NORMA ASTM D 422**

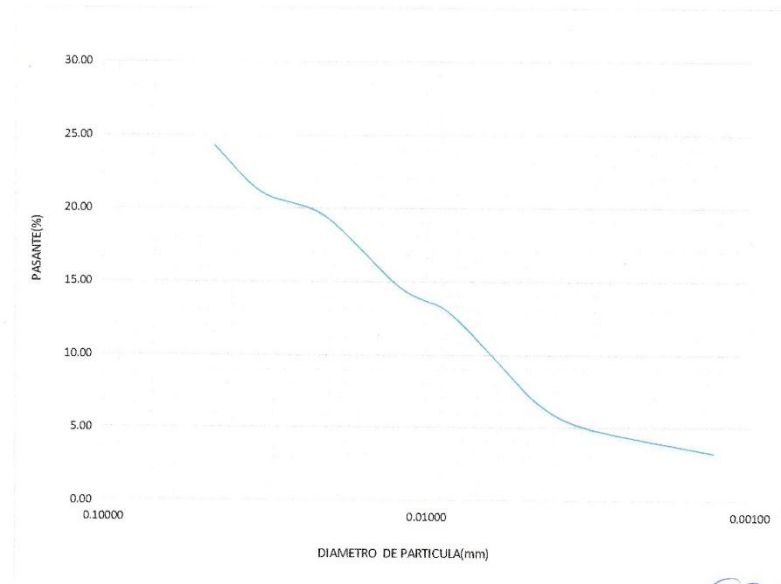
PROYECTO: APLICACIÓN DE ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE(CBR) DE LA SUBRASANTE EN LAS VIAS DE ACCESO DEL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD 2018.

SOLICITANTE: ANTONELLA LIZBETH CARRANZA ORTIZ  
DELIA CAROLINA DEL MILAGRO FERNANDEZ LOJAS

UBICACIÓN: DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD  
MUESTRA: C-4  
PROGRESIVA: 2+608 Km

Hora de inicio: 1:05 a.m. Masa del suelo: 60  
Cm(g/ml): 1 Gravedad específica: 2.78  
Lectura en defloculante: 5 Coeficiente "a": 0.972

| TIEMPO(min) | R' | R  | T (°C) | Ct  | Cd  | % QUE PASA | Rcp  | L    | K       | D(mm)   |
|-------------|----|----|--------|-----|-----|------------|------|------|---------|---------|
| 1           | 20 | 21 | 24     | 1.3 | 7.3 | 24.31      | 15.0 | 12.9 | 0.01268 | 0.04554 |
| 2           | 18 | 19 | 24     | 1.3 | 7.3 | 21.07      | 13.0 | 13.2 | 0.01268 | 0.03258 |
| 5           | 17 | 18 | 24     | 1.3 | 7.3 | 19.45      | 12.0 | 13.3 | 0.01268 | 0.02068 |
| 15          | 14 | 15 | 24     | 1.3 | 7.3 | 14.59      | 9.0  | 13.8 | 0.01268 | 0.01216 |
| 30          | 13 | 14 | 24     | 1.3 | 7.3 | 12.97      | 8.0  | 14   | 0.01268 | 0.00866 |
| 60          | 11 | 12 | 24     | 1.3 | 7.3 | 9.72       | 6.0  | 14.3 | 0.01268 | 0.00619 |
| 120         | 9  | 10 | 24     | 1.3 | 7.3 | 6.48       | 4.0  | 14.7 | 0.01268 | 0.00444 |
| 250         | 8  | 9  | 24     | 1.3 | 7.3 | 4.86       | 3.0  | 14.8 | 0.01268 | 0.00309 |
| 1440        | 7  | 8  | 24     | 1.3 | 7.3 | 3.24       | 2.0  | 15   | 0.01268 | 0.00129 |



*Jorge Alejandro Barrantes Vilanue*  
Jorge Alejandro Barrantes Vilanue  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS**



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR MEDIO DE HIDROMETRO**  
**NORMA ASTM D 422**

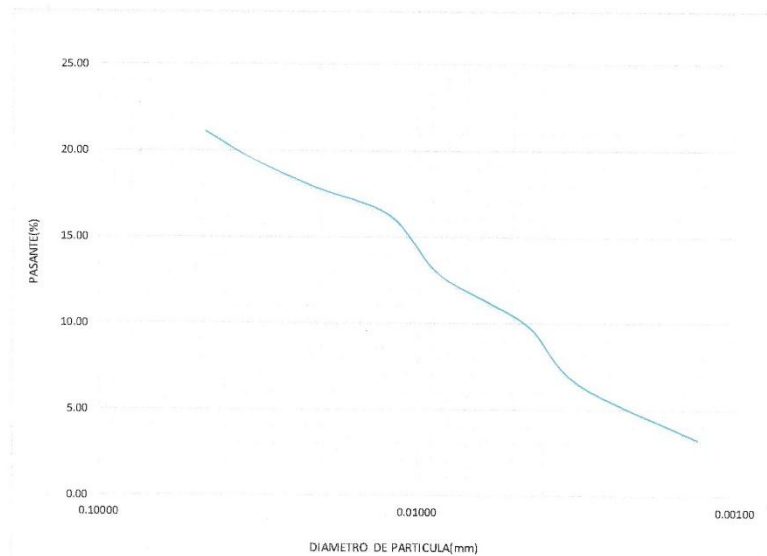
PROYECTO: APLICACIÓN DE ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE(CBR) DE LA SURASANTE EN LAS VIAS DE ACCESO DEL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD 2018.

SOLICITANTE: ANTONELLA LIZBETH CARRANZA ORTIZ  
DELIA CAROLINA DEL MILAGRO FERNANDEZ LOJAS

UBICACIÓN: DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD  
MUESTRA: C-5  
PROGRESIVA: 3+570 Km

Hora de inicio: 10:16 a.m. Masa del suelo: 60  
Cm(g/ml): 1 Gravedad específica: 2.76  
Lectura en defloculante: 5 Coeficiente "a": 0.976

| TIEMPO(min) | R' | R  | T (°C) | Ct  | Cd  | % QUE PASA | Rcp  | L    | K       | D(mm)   |
|-------------|----|----|--------|-----|-----|------------|------|------|---------|---------|
| 1           | 18 | 19 | 22     | 0.6 | 6.6 | 21.16      | 13.0 | 13.2 | 0.01276 | 0.04636 |
| 2           | 17 | 18 | 22     | 0.6 | 6.6 | 19.53      | 12.0 | 13.3 | 0.01276 | 0.03290 |
| 5           | 16 | 17 | 22     | 0.6 | 6.6 | 17.90      | 11.0 | 13.5 | 0.01276 | 0.02097 |
| 15          | 15 | 16 | 22     | 0.6 | 6.6 | 16.27      | 10.0 | 13.7 | 0.01276 | 0.01219 |
| 30          | 13 | 14 | 22     | 0.6 | 6.6 | 13.02      | 8.0  | 14   | 0.01276 | 0.00872 |
| 60          | 12 | 13 | 22     | 0.6 | 6.6 | 11.39      | 7.0  | 14.2 | 0.01276 | 0.00621 |
| 120         | 11 | 12 | 22     | 0.6 | 6.6 | 9.76       | 6.0  | 14.3 | 0.01276 | 0.00440 |
| 250         | 9  | 10 | 22     | 0.6 | 6.6 | 6.51       | 4.0  | 14.7 | 0.01276 | 0.00309 |
| 1440        | 7  | 8  | 22     | 0.6 | 6.6 | 3.25       | 2.0  | 15   | 0.01276 | 0.00130 |



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS**



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR MEDIO DE HIDROMETRO**  
**NORMA ASTM D 422**

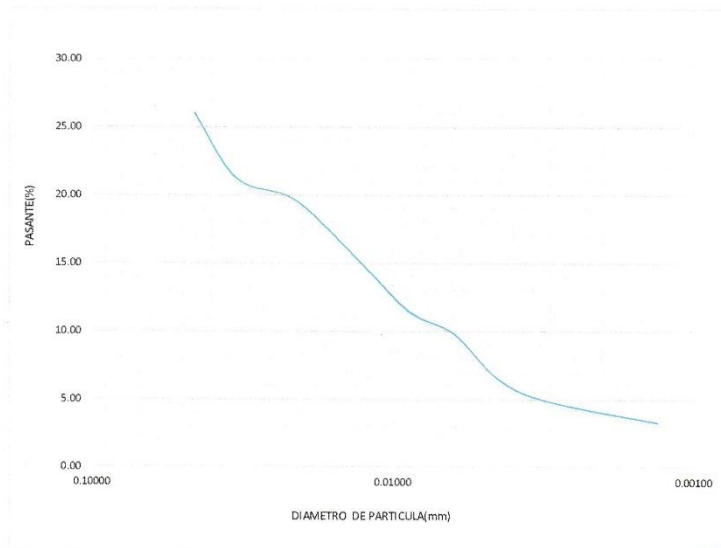
PROYECTO: APLICACIÓN DE ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE(CBR) DE LA SURASANTE EN LAS VIAS DE ACCESO DEL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD 2018.

SOLICITANTE: ANTONELLA LIZBETH CARRANZA ORTIZ  
DELIA CAROLINA DEL MILAGRO FERNANDEZ LOJAS

UBICACIÓN: DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD  
MUESTRA: C-6  
PROGRESIVA: 4+418 Km

Hora de inicio: 12:30 p.m. Masa del suelo: 60  
Cm(g/ml): 1 Gravedad específica: 2.75  
Lectura en defloculante: 5 Coeficiente "a": 0.978

| TIEMPO(min) | R' | R  | T (°C) | Ct  | Cd  | % QUE PASA | Rcp  | L    | K      | D(mm)   |
|-------------|----|----|--------|-----|-----|------------|------|------|--------|---------|
| 1           | 21 | 22 | 23     | 0.9 | 6.9 | 26.09      | 16.0 | 12.7 | 0.0128 | 0.04562 |
| 2           | 18 | 19 | 23     | 0.9 | 6.9 | 21.20      | 13.0 | 13.2 | 0.0128 | 0.03288 |
| 5           | 17 | 18 | 23     | 0.9 | 6.9 | 19.57      | 12.0 | 13.3 | 0.0128 | 0.02088 |
| 15          | 14 | 15 | 23     | 0.9 | 6.9 | 14.68      | 9.0  | 13.8 | 0.0128 | 0.01228 |
| 30          | 12 | 13 | 23     | 0.9 | 6.9 | 11.42      | 7.0  | 14.2 | 0.0128 | 0.00881 |
| 60          | 11 | 12 | 23     | 0.9 | 6.9 | 9.78       | 6.0  | 14.3 | 0.0128 | 0.00625 |
| 120         | 9  | 10 | 23     | 0.9 | 6.9 | 6.52       | 4.0  | 14.7 | 0.0128 | 0.00448 |
| 250         | 8  | 9  | 23     | 0.9 | 6.9 | 4.89       | 3.0  | 14.8 | 0.0128 | 0.00311 |
| 1440        | 7  | 8  | 23     | 0.9 | 6.9 | 3.26       | 2.0  | 15   | 0.0128 | 0.00131 |



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo Il s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS**



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR MEDIO DE HIDROMETRO**  
**NORMA ASTM D 422**

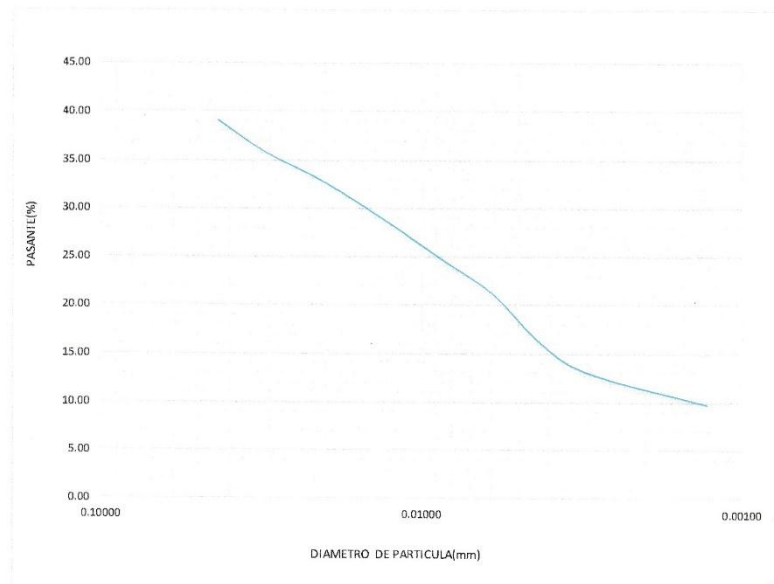
PROYECTO: APLICACIÓN DE ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE(CBR) DE LA SURASANTE EN LAS VIAS DE ACCESO DEL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD 2018.

SOLICITANTE: ANTONELLA LIZBETH CARRANZA ORTIZ  
DELIA CAROLINA DEL MILAGRO FERNANDEZ LOJAS

UBICACIÓN: DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD  
MUESTRA: C-8  
PROGRESIVA: 5+783 Km

Hora de inicio: 11:44 a.m. Masa del suelo: 60  
Cm(g/ml): 1 Gravedad específica: 2.75  
Lectura en defloculante: 5 Coeficiente "a": 0.978

| TIEMPO(min) | R' | R  | T (°C) | Ct  | Cd  | % QUE PASA | Rcp  | L    | K      | D(mm)   |
|-------------|----|----|--------|-----|-----|------------|------|------|--------|---------|
| 1           | 29 | 30 | 23     | 0.9 | 6.9 | 39.14      | 24.0 | 11.4 | 0.0128 | 0.04322 |
| 2           | 27 | 28 | 23     | 0.9 | 6.9 | 35.88      | 22.0 | 11.7 | 0.0128 | 0.03096 |
| 5           | 25 | 26 | 23     | 0.9 | 6.9 | 32.61      | 20.0 | 12   | 0.0128 | 0.01983 |
| 15          | 22 | 23 | 23     | 0.9 | 6.9 | 27.72      | 17.0 | 12.5 | 0.0128 | 0.01168 |
| 30          | 20 | 21 | 23     | 0.9 | 6.9 | 24.46      | 15.0 | 12.9 | 0.0128 | 0.00839 |
| 60          | 18 | 19 | 23     | 0.9 | 6.9 | 21.20      | 13.0 | 13.2 | 0.0128 | 0.00600 |
| 120         | 15 | 16 | 23     | 0.9 | 6.9 | 16.31      | 10.0 | 13.7 | 0.0128 | 0.00432 |
| 250         | 13 | 14 | 23     | 0.9 | 6.9 | 13.05      | 8.0  | 14.2 | 0.0128 | 0.00305 |
| 1440        | 11 | 12 | 23     | 0.9 | 6.9 | 9.78       | 6.0  | 14.5 | 0.0128 | 0.00128 |



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com



**ANEXO n° 27: Ensayos Químicos**



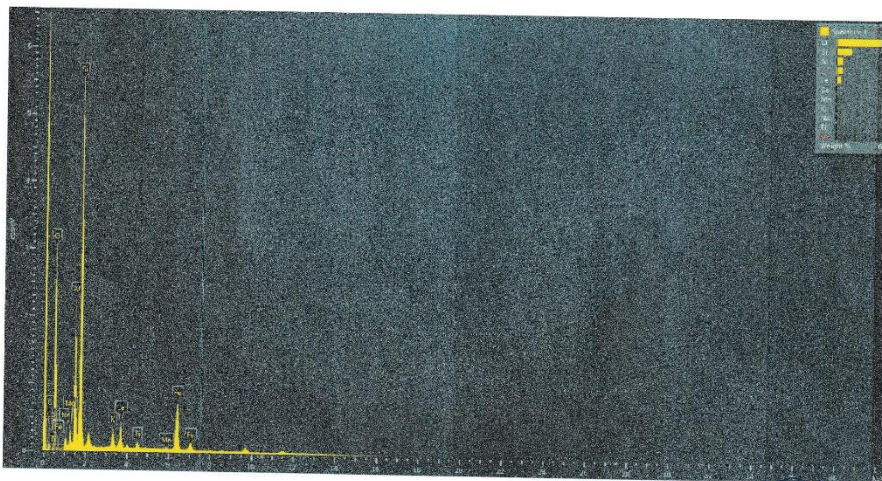
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS**



**ANALISIS DE EDS (ESPECTROSCOPIA DE DISPERSION DE ENERGIA DE RAYOS X)**

**SOLICITANTE:** ANTONELLA CARRANZA ORTIZ  
 CAROLINA FERNANDEZ LOJAS  
**MUESTRA:** SUELO ARCILLOSO

| Element | Oxide | Oxide % | Oxide % Sigma | Number of Ions    |
|---------|-------|---------|---------------|-------------------|
| C       | CO2   | 29.79   | 3.34          | 0.60              |
| O       |       |         |               | 3.00              |
| Na      | Na2O  | 1.33    | 0.11          | 0.04              |
| Mg      | MgO   | 1.75    | 0.10          | 0.04              |
| Al      | Al2O3 | 15.70   | 0.34          | 0.27              |
| Si      | SiO2  | 40.54   | 0.80          | 0.60              |
| K       | K2O   | 1.25    | 0.04          | 0.02              |
| Ca      | CaO   | 1.60    | 0.06          | 0.03              |
| Ti      | TiO2  | 0.72    | 0.05          | 0.01              |
| Mn      | MnO   | 0.19    | 0.04          | 0.00              |
| Fe      | FeO   | 7.13    | 0.16          | 0.09              |
| Total   |       | 100.00  |               | 1.69 (Cation sum) |



*Jorge Barreras*  
 Jorge Alejandro Barreras Villanueva  
 ING. DE MATERIALES  
 R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/alejandro.barreras64@gmail.com





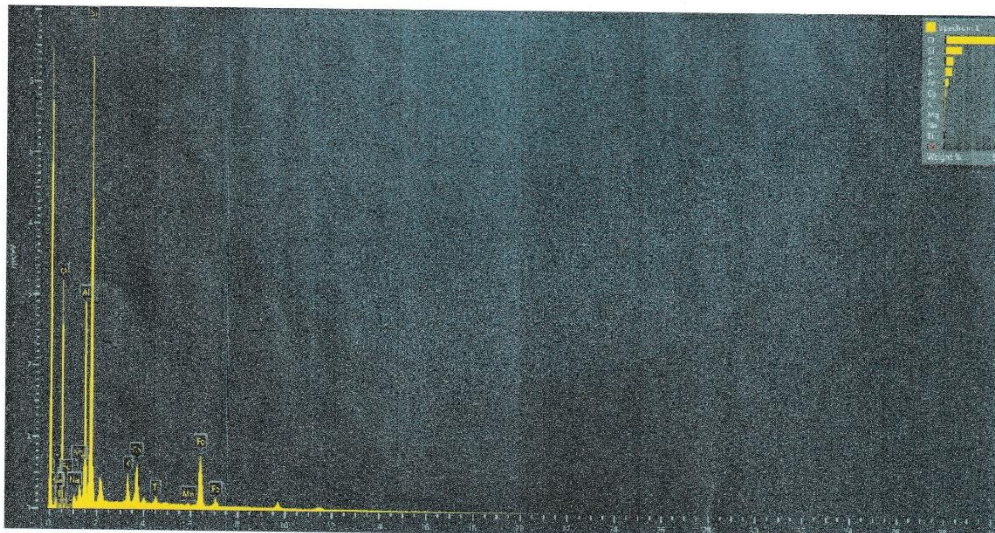
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS**



**ANALISIS DE EDS (ESPECTROSCOPIA DE DISPERSION DE ENERGIA DE RAYOS X)**

**SOLICITANTE:** ANTONELLA CARRANZA ORTIZ  
 CAROLINA FERNANDEZ LOJAS  
**MUESTRA:** SUELO ARCILLOSO + PROES + CEMENTO

| Element | Oxide | Oxide % | Oxide % Sigma | Number of Ions    |
|---------|-------|---------|---------------|-------------------|
| C       | CO2   | 32.21   | 3.25          | 0.64              |
| O       |       |         |               | 3.00              |
| Na      | Na2O  | 1.07    | 0.10          | 0.03              |
| Mg      | MgO   | 1.71    | 0.10          | 0.04              |
| Al      | Al2O3 | 15.38   | 0.33          | 0.26              |
| Si      | SiO2  | 39.65   | 0.77          | 0.57              |
| K       | K2O   | 1.31    | 0.05          | 0.02              |
| Ca      | CaO   | 2.15    | 0.07          | 0.03              |
| Ti      | TiO2  | 0.59    | 0.05          | 0.01              |
| Mn      | MnO   | 0.15    | 0.04          | 0.00              |
| Fe      | FeO   | 5.78    | 0.14          | 0.07              |
| Total   |       | 100.00  |               | 1.68 (Cation sum) |



Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/alejandra.barrante@gmail.com



*[Signature]*  
 Jorge Alejandro Barrante Villanueva  
 ING. DE MATERIALES  
 N° 197384





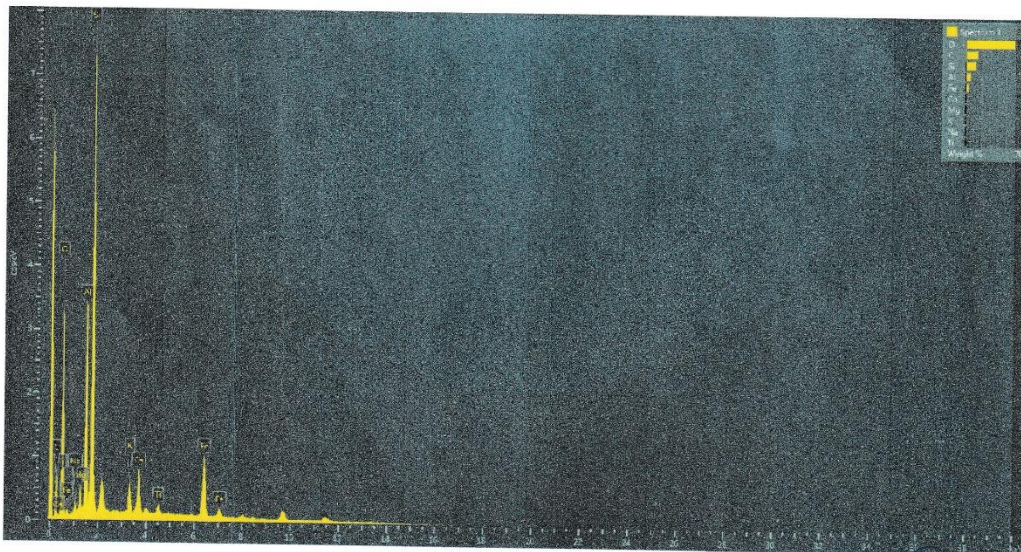
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS**



**ANALISIS DE EDS (ESPECTROSCOPIA DE DISPERSION DE ENERGIA DE RAYOS X)**

**SOLICITANTE:** ANTONELLA CARRANZA ORTIZ  
 CAROLINA FERNANDEZ LOJAS  
**MUESTRA:** SUELO ARCILLOSO+CONAID+CEMENTO

| Element | Oxide | Oxide % | Oxide % Sigma | Number of Ions    |
|---------|-------|---------|---------------|-------------------|
| C       | CO2   | 53.65   | 2.48          | 0.97              |
| O       |       |         |               | 3.00              |
| Na      | Na2O  | 0.85    | 0.08          | 0.02              |
| Mg      | MgO   | 1.45    | 0.08          | 0.03              |
| Al      | Al2O3 | 10.88   | 0.20          | 0.17              |
| Si      | SiO2  | 25.87   | 0.41          | 0.34              |
| K       | K2O   | 0.97    | 0.03          | 0.02              |
| Ca      | CaO   | 1.54    | 0.04          | 0.02              |
| Ti      | TiO2  | 0.46    | 0.04          | 0.00              |
| Fe      | FeO   | 4.33    | 0.09          | 0.05              |
| Total   |       | 100.00  |               | 1.62 (Cation sum) |



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
 Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
 ING. DE MATERIALES  
 R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/alejandrobarrantes664@gmail.com

*ANEXO n° 28: Certificado de ensayos de Laboratorio de Suelos*

**CERTIFICADO**  
**DE ENSAYOS EN LABORATORIOS**

El que suscribe, Wesley John Leonardo Carrasco, hace constar por medio de la presente que las Srtas. Antonella Lisbeth Carranza Ortiz y Delia Carolina del Milagro Fernandez Lojas, identificadas con D.N.I N° 72220424 y 71980740 respectivamente, han realizado los ensayos de granulometría, límites de consistencia, contenido de humedad, próctor modificado, CBR y compresión, en las instalaciones del **Laboratorio de Suelos** de esta universidad, requeridos para la tesis "**Aplicación de los aditivos PROES y CONAID para mejorar la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante en la vía de acceso al C.P. Barraza, Laredo, La Libertad 2018**"; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud de los interesados, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 21 de noviembre del 2018



Wesley J. Leonardo Carrasco  
Supervisor de Laboratorio

*ANEXO n° 29: Presupuesto del Mantenimiento de la vía*

## PLANILLA DE METRADOS

### RESUMEN DE METRADOS

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>PROYECTO</b>  | MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DEL CAMINO VECINAL DE BARRAZA- CARRETERA INDUSTRIAL , DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD. |
| <b>UBICACION</b> | BARRAZA-LAREDO- LA LIBERTAD  |
| <b>FECHA</b>     | 2018   |

| ITEM        | DESCRIPCION  | UNID | Nº | MEDIDAS   |           |          |           | RESULTADOS |        |
|-------------|--|------|----|-----------|-----------|----------|-----------|------------|--------|
|             |  |      |    | LARGO (m) | ANCHO (m) | ALTO (m) | AREA (m2) | PARCIAL    | TOTAL  |
| <b>1.00</b> | <b>OBRAS PRELIMINARES</b>  |      |    |           |           |          |           |            |        |
| 01.01       | Limpieza del Terreno Natural   | m2   | 1  | 6000      | 5         | -        | -         | 30,000     | 30,000 |
| <b>2.00</b> | <b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>   |      |    |           |           |          |           |            |        |
|             | Perfilado y Compactado de  |      |    |           |           |          |           |            |        |
| 02.01       | Subrasante   | m2   | 1  | 6000      | 5         | -        | -         | 30,000     | 30,000 |
| 02.02       | Eliminación de material excedente  | m3   | 1  | 6000      | 5         | 0.05     | -         | 1500       | 1500   |
| <b>3.00</b> | <b>EXPLANACIONES</b>   |      |    |           |           |          |           |            |        |
|             | Mejoramiento de Subrasante (0.30 l/m3 Aditivo Proes + 50 Kg/m3 Cemento Portland) | m3   | 1  | 6000      | 5         | 0.2      | -         | 6,000      | 6,000  |

**Presupuesto**

Presupuesto 0202004 MANTENIMIENTO DE LA VÍA DE ACCESO AL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD  
Subpresupuesto 001 MANTENIMIENTO DE VEREDAS EN LAS CALLES DANIEL A. CARRION Y CA. SILVA SANTISTEBAN  
Cliente Municipalidad Distrital de Laredo Costo al 29/11/2018  
Lugar LA LIBERTAD - TRUJILLO - LAREDO

| Item | Descripción   | Und.           | Metrado   | Precio S/. | Parcial S/.       |
|------|---|----------------|-----------|------------|-------------------|
| 01   | <b>OBRAS PRELIMINARES</b>   |                |           |            | <b>130,200.00</b> |
| 0101 | LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL   | m <sup>2</sup> | 30,000.00 | 4.34       | 130,200.00        |
| 02   | <b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>  |                |           |            | <b>88,305.00</b>  |
| 0201 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE   | m <sup>2</sup> | 30,000.00 | 1.55       | 46,500.00         |
| 0202 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE   | m <sup>3</sup> | 1,500.00  | 27.87      | 41,805.00         |
| 03   | <b>EXPLANACIONES</b>  |                |           |            | <b>444,840.00</b> |
| 0301 | MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE (0.30 L/m <sup>3</sup> Aditivo Proes +50 Kg/m <sup>3</sup> Cemento Portland) | m <sup>3</sup> | 6,000.00  | 74.14      | 444,840.00        |
|      | <b>COSTO DIRECTO</b>  |                |           |            | <b>663,345.00</b> |
|      | <b>SUBTOTAL</b>   |                |           |            | <b>663,345.00</b> |

SON: SEISCIENTOS SESENTITRES MIL TRESCIENTOS CUARENTACINCO Y 00/100 NUEVOS SOLES

**Precios y cantidades de recursos requeridos (con incidencia)**

Obra 0202004 MANTENIMIENTO DE LA VÍA DE ACCESO AL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD  
Subpresupuesto 001 MANTENIMIENTO DE LA VÍA DE ACCESO AL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD  
Fecha 01/11/2018  
Lugar 130106 LA LIBERTAD - TRUJILLO - LAREDO

| Código         | Recurso  | Unidad | Cantidad    | Parcial \$/.      | % Inc. |
|----------------|--|--------|-------------|-------------------|--------|
| 0101010003     | OPERARIO   | hh     | 311.8500    | 6,817.04          | 0.0000 |
| 0101010004     | OFICIAL  | hh     | 96.0000     | 1,680.96          | 0.0000 |
| 0101010005     | PEON   | hh     | 8,461.2000  | 133,517.74        | 0.0000 |
| 0213010001     | CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)                            | bol    | 6,300.0000  | 154,096.00        | 0.0000 |
| 0222190002     | ADITIVO ESTABILIZADOR PROES                                  | l      | 1,800.0000  | 216,000.00        | 0.0000 |
| 0290130021     | AGUA   | m3     | 1,995.6000  | 997.80            | 0.0000 |
| 03011000060003 | RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10- 12 ton | hm     | 202.8000    | 35,676.58         | 0.0000 |
| 03011600010006 | CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 100-115 HP 2-2.25 yd3              | hm     | 54.6000     | 9,293.47          | 0.0000 |
| 03012000010004 | MOTONIVELADORA 145 - 150 HP                                  | hm     | 202.8000    | 47,538.35         | 0.0000 |
| 03012200040002 | CAMION VOLQUETE DE 10 m3                                     | hm     | 109.0500    | 29,179.60         | 0.0000 |
| 03012200050005 | CAMION CISTERNA 6,000 GLN                                    | hm     | 106.8000    | 24,030.00         | 0.0000 |
| <b>Total</b>   |  |        | <b>\$/.</b> | <b>658,829.54</b> |        |



**Presupuesto**

Presupuesto: 0202004 MANTENIMIENTO DE LA VÍA DE ACCESO AL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD  
 Subpresupuesto: 001 MANTENIMIENTO DE LA VÍA DE ACCESO AL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD  
 Cliente: Municipalidad Distrital de Laredo Costo al: 29/11/2018  
 Lugar: LA LIBERTAD - TRUJILLO - LAREDO

| Item | Descripción   | Und. | Metrado   | Precio S/. | Parcial S/.       |
|------|---|------|-----------|------------|-------------------|
| 01   | <b>OBRAS PRELIMINARES</b>   |      |           |            | <b>130,200.00</b> |
| 0101 | LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL   | m2   | 30,000.00 | 4.34       | 130,200.00        |
| 02   | <b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>  |      |           |            | <b>88,305.00</b>  |
| 0201 | PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE   | m2   | 30,000.00 | 1.55       | 46,500.00         |
| 0202 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE   | m3   | 1,500.00  | 27.87      | 41,805.00         |
| 03   | <b>EXPLANACIONES</b>  |      |           |            | <b>327,840.00</b> |
| 0301 | MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE (0.05 L/m3 Aditivo Conaid + 50 Kg/m3 Cemento Portland) | m3   | 6,000.00  | 54.64      | 327,840.00        |
|      | <b>COSTO DIRECTO</b>  |      |           |            | <b>546,345.00</b> |
|      | <b>SUBTOTAL</b>   |      |           |            | <b>546,345.00</b> |

SON: QUINIENTOS CUARENTISES MIL TRESCIENTOS CUARENTICINCO Y 00/100 NUEVOS SOLES

**Precios y cantidades de recursos requeridos (con incidencia)**

Obra 0202004 MANTENIMIENTO DE LA VÍA DE ACCESO AL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD  
Fecha 01/11/2018  
Lugar 130106 LA LIBERTAD - TRUJILLO - LAREDO

| Código         | Recurso  | Unidad | Cantidad   | Parcial S/. | % Inc.            |  |
|----------------|--|--------|------------|-------------|-------------------|--|
| 0101010003     | OPERARIO   | hh     | 311.8500   | 6,817.04    | 0.0000            |  |
| 0101010004     | OFICIAL  | hh     | 96.0000    | 1,680.96    | 0.0000            |  |
| 0101010005     | PEON   | hh     | 8,461.2000 | 133,517.74  | 0.0000            |  |
| 0213010001     | CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)  | bol    | 6,300.0000 | 154,068.00  | 0.0000            |  |
| 0222190003     | ADITIVO ESTABILIZADOR CONAID   | l      | 300.0000   | 99,000.00   | 0.0000            |  |
| 0290130021     | AGUA   | m3     | 1,995.6000 | 997.80      | 0.0000            |  |
| 0301010006     | HERRAMIENTAS MANUALES  | %mo    |            | 4,264.20    | 0.0000            |  |
| 03011000060003 | RODILLO LISO VIBRATORIO  | hm     | 202.8000   | 35,676.58   | 0.0000            |  |
| 03011600010006 | AUTOPROPULSADO101-135 HP- 12 ton<br>CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 100-115<br>HP 2-2.25 yd3 | hm     | 54.6000    | 9,293.47    | 0.0000            |  |
| 03012000010004 | MOTONIVELADORA 145 - 150 HP  | hm     | 202.8000   | 47,538.35   | 0.0000            |  |
| 03012200040002 | CAMION VOLQUETE DE 10 m3   | hm     | 109.0500   | 29,179.60   | 0.0000            |  |
| 03012200050005 | CAMION CISTERNA (5,000 GLN)  | hm     | 106.8000   | 24,030.00   | 0.0000            |  |
| <b>TOTAL</b>   |  |        |            | <b>S/.</b>  | <b>546,093.74</b> |  |



# **APENDICE N° 1**

## **PERFIL**

### **ESTRATIGRÁFICO**


# **APENDICE N° 2**

## **REGISTRO**

### **ESTRATIGRÁFICO**




| POSTEO 02   |               |              |         |              |         |                 |         |         |
|---|---------------|--------------|---------|--------------|---------|-----------------|---------|---------|
| RESPONSABLES: Carranza Ortiz, Antonella L; Fernández Lojas, Delia Carolina del M.   |               |              |         |              |         |                 |         |         |
| TESIS: APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DE LA SUB RASANTE EN LA VÍA DE ACCESO AL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD- 2018 |               |              |         |              |         |                 |         |         |
| UBICACIÓN: SECTOR: Barraza DISTRITO: Laredo Provincia: Trujillo DPTO: La Libertad   |               |              |         |              |         |                 |         |         |
| REFERENCIA: Nivel de terreno NIVEL: NIVEL FREÁTICO: No se encontró  |               |              |         |              |         |                 |         |         |
| FECHA: JULIO 2018 PROFUNDIDAD FINAL: 1.50 m   |               |              |         |              |         |                 |         |         |
| PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL   |               |              |         |              |         |                 |         |         |
| REGISTRO ESTRATIGRAFICO DEL TERRENO NATURAL   |               |              |         |              |         |                 |         |         |
| PROF. (m)   | CLASIFICACIÓN |              | ESTRATO | SÍMBOLO SUCS | Wn. (%) | LIM. DE ATTERB. |         |         |
|   | SUCS          | AASHTO       |         |              |         | L.L (%)         | L.P (%) | I.P (%) |
| 0.00  |               |              |         |              |         |                 |         |         |
| -0.15   | CL            | A-6<br>IG= 5 | 1       |              | 21.49   | 32.80           | 19.93   | 12.87   |
| -0.90   | CL            | A-4<br>IG=4  | 2       |              | 24.32   | 24.55           | 19.41   | 5.14    |
| -1.50   |               |              |         |              |         |                 |         |         |



NOTA: En la superficie hasta a los - 0.15 m se encuentra relleno no controlado (desmante, entre ellos partículas de ladrillo, piedras, etc). No existe presencia de nivel freático hasta el -1.50 m.

| POSTEO 03  |               |              |         |                           |                                |                 |             |             |
|--|---------------|--------------|---------|---------------------------|--------------------------------|-----------------|-------------|-------------|
| RESPONSABLES: Carranza Ortiz, Antonella L; Fernández Lojas, Delia Carolina del M.  |               |              |         |                           |                                |                 |             |             |
| TÉSIS: APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DE LA SUBRASANTE EN LA VÍA DE ACCESO AL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD- 2018 |               |              |         |                           |                                |                 |             |             |
| UBICACIÓN: SECTOR: Barraza DISTRITO: Laredo Provincia: Trujillo DPTO: La Libertad  |               |              |         |                           |                                |                 |             |             |
| REFERENCIA: Nivel de terreno   |               |              | NIVEL:  |                           | NIVEL FREÁTICO: No se encontró |                 |             |             |
| FECHA: JULIO 2018  |               |              |         | PROFUNDIDAD FINAL: 1.50 m |                                |                 |             |             |
| PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL  |               |              |         |                           |                                |                 |             |             |
| REGISTRO ESTRATIGRAFICO DEL TERRENO NATURAL  |               |              |         |                           |                                |                 |             |             |
| PROF.<br>(m)   | CLASIFICACIÓN |              | ESTRATO | SÍMBOLO<br>SUCS           | Wn.<br>(%)                     | LIM. DE ATTERB. |             |             |
|  | SUCS          | AASHTO       |         |                           |                                | L.L.<br>(%)     | L.P.<br>(%) | I.P.<br>(%) |
| 0.00   |               |              |         |                           |                                |                 |             |             |
| -0.15  | CL            | A-6<br>IG= 9 | 1       |                           | 29.49                          | 36.00           | 22.59       | 13.41       |
| -1.00  | CL            | A-6<br>IG=9  | 2       |                           | 31.82                          | 33.00           | 20.22       | 12.78       |
| -1.50  |               |              |         |                           |                                |                 |             |             |



NOTA: En la superficie hasta a los - 0.15 m se encuentra relleno no controlado (desmante, entre ellos partículas de ladrillo, piedras, etc). No existe presencia de nivel freático hasta el -1.50 m.




| POSTEO 04   |               |                |         |                 |            |                 |            |            |
|---|---------------|----------------|---------|-----------------|------------|-----------------|------------|------------|
| RESPONSABLES: Carranza Ortiz, Antonella L; Fernández Lojas, Delia Carolina del M.   |               |                |         |                 |            |                 |            |            |
| TESIS: APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DE LA SUB RASANTE EN LA VÍA DE ACCESO AL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD- 2018 |               |                |         |                 |            |                 |            |            |
| UBICACIÓN: SECTOR: Barraza DISTRITO: Laredo Provincia: Trujillo DPTO: La Libertad   |               |                |         |                 |            |                 |            |            |
| REFERENCIA: Nivel de terreno NIVEL: NIVEL FREATICO: No se encontró  |               |                |         |                 |            |                 |            |            |
| FECHA: JULIO 2018 PROFUNDIDAD FINAL: 1.50 m   |               |                |         |                 |            |                 |            |            |
| PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL   |               |                |         |                 |            |                 |            |            |
| REGISTRO ESTRATIGRAFICO DEL TERRENO NATURAL   |               |                |         |                 |            |                 |            |            |
| PROF.<br>(m)  | CLASIFICACIÓN |                | ESTRATO | SÍMBOLO<br>SUCS | Wn.<br>(%) | LIM. DE ATTERB. |            |            |
|   | SUCS          | AASHTO         |         |                 |            | L.L<br>(%)      | L.P<br>(%) | I.P<br>(%) |
| 0.00  |               |                |         |                 |            |                 |            |            |
| - 0.15  | CL            | A-7-6<br>IG= 7 | 1       |                 | 24.23      | 45.78           | 21.67      | 24.11      |
| - 1.00  | CL            | A-4<br>IG=8    | 2       |                 | 29.41      | 27.65           | 25.38      | 2.27       |
| - 1.50  |               |                |         |                 |            |                 |            |            |




NOTA: En la superficie hasta a los - 0.15 m se encuentra relleno no controlado (desmante, entre ellos partículas de ladrillo, piedras, etc). No existe presencia de nivel freático hasta el -1.50 m.

| POSTEO 05  |               |             |         |                 |            |                 |            |            |
|--|---------------|-------------|---------|-----------------|------------|-----------------|------------|------------|
| RESPONSABLES: Carranza Ortiz, Antonella L; Fernández Lojas, Delia Carolina del M.  |               |             |         |                 |            |                 |            |            |
| TESIS: APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DE LA SUBRASANTE EN LA VÍA DE ACCESO AL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD- 2018 |               |             |         |                 |            |                 |            |            |
| UBICACIÓN: SECTOR: Barraza DISTRITO: Laredo Provincia: Trujillo DPTO: La Libertad  |               |             |         |                 |            |                 |            |            |
| REFERENCIA: Nivel de terreno NIVEL: NIVEL FREATICO: No se encontró   |               |             |         |                 |            |                 |            |            |
| FECHA: JULIO 2018 PROFUNDIDAD FINAL: 1.50 m  |               |             |         |                 |            |                 |            |            |
| PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL  |               |             |         |                 |            |                 |            |            |
| REGISTRO ESTRATIGRAFICO DEL TERRENO NATURAL  |               |             |         |                 |            |                 |            |            |
| PROF.<br>(m)   | CLASIFICACIÓN |             | ESTRATO | SÍMBOLO<br>SUCS | Wn.<br>(%) | LIM. DE ATTERB. |            |            |
|  | SUCS          | AASHTO      |         |                 |            | L.L<br>(%)      | L.P<br>(%) | I.P<br>(%) |
| 0.00   |               |             |         |                 |            |                 |            |            |
| -0.15  | CL            | A-6<br>IG=7 | 1       |                 | 23.11      | 32.60           | 17.63      | 14.97      |
| -1.00  | CL            | A-4<br>IG=7 | 2       |                 | 30.92      | 32.60           | 22.27      | 10.33      |
| -1.30  |               |             |         |                 |            |                 |            |            |



NOTA: En la superficie hasta a los - 0.15 m se encuentra relleno no controlado (desmorte, entre ellos partículas de ladrillo, piedras, etc). A partir de -1.30 se encuentra el nivel freático.


| <b>POSTEO 06</b>   |               |             |         |              |         |                 |         |         |
|--|---------------|-------------|---------|--------------|---------|-----------------|---------|---------|
| RESPONSABLES: Carranza Ortiz, Antonella L; Fernández Lojas, Delia Carolina del M.  |               |             |         |              |         |                 |         |         |
| TESIS: APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DE LA SUBRASANTE EN LA VÍA DE ACCESO AL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD- 2018 |               |             |         |              |         |                 |         |         |
| UBICACIÓN: SECTOR: Barraza DISTRITO: Laredo Provincia: Trujillo DPTO: La Libertad  |               |             |         |              |         |                 |         |         |
| REFERENCIA: Nivel de terreno NIVEL: NIVEL FREATICO: No se encontró   |               |             |         |              |         |                 |         |         |
| FECHA: JULIO 2018 PROFUNDIDAD FINAL: 1.50 m  |               |             |         |              |         |                 |         |         |
| PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL  |               |             |         |              |         |                 |         |         |
| REGISTRO ESTRATIGRAFICO DEL TERRENO NATURAL  |               |             |         |              |         |                 |         |         |
| PROF. (m)  | CLASIFICACIÓN |             | ESTRATO | SÍMBOLO SUCS | Wn. (%) | LIM. DE ATTERB. |         |         |
|  | SUCS          | AASHTO      |         |              |         | L.L (%)         | L.P (%) | I.P (%) |
| 0.00   |               |             |         |              |         |                 |         |         |
| - 0.15   | CL            | A-6<br>IG=8 | 1       |              | 27.51   | 37.25           | 23.01   | 14.24   |
| - 0.90   | CL            | A-6<br>IG=8 | 2       |              | 30.28   | 35.80           | 22.45   | 13.35   |
| - 1.20   |               |             |         |              |         |                 |         |         |



NOTA: En la superficie hasta a los - 0.15 m se encuentra relleno no controlado (desmante, entre ellos partículas de ladrillo, piedras, etc). A partir de -1.20 se encuentra el nivel freático.





| POSTEO 07  |               |              |         |                           |         |                                |         |         |
|--|---------------|--------------|---------|---------------------------|---------|--------------------------------|---------|---------|
| RESPONSABLES: Carranza Ortiz, Antonella L; Fernández Lojas, Delia Carolina del M.  |               |              |         |                           |         |                                |         |         |
| TESIS: APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DE LA SUBRASANTE EN LA VÍA DE ACCESO AL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD- 2018 |               |              |         |                           |         |                                |         |         |
| UBICACIÓN: SECTOR: Barraza DISTRITO: Laredo Provincia: Trujillo DPTO: La Libertad  |               |              |         |                           |         |                                |         |         |
| REFERENCIA: Nivel de terreno   |               |              | NIVEL:  |                           |         | NIVEL FREATICO: No se encontró |         |         |
| FECHA: JULIO 2018  |               |              |         | PROFUNDIDAD FINAL: 1.50 m |         |                                |         |         |
| PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL  |               |              |         |                           |         |                                |         |         |
| REGISTRO ESTRATIGRAFICO DEL TERRENO NATURAL  |               |              |         |                           |         |                                |         |         |
| PROF. (m)  | CLASIFICACIÓN |              | ESTRATO | SÍMBOLO SUCS              | Wn. (%) | LIM. DE ATTERB.                |         |         |
|  | SUCS          | AASHTO       |         |                           |         | L.L (%)                        | L.P (%) | I.P (%) |
| 0.00   |               |              |         |                           |         |                                |         |         |
| - 0.15   | CL            | A-6<br>IG= 6 | 1       |                           | 26.70   | 32.65                          | 21.62   | 11.03   |
| - 0.90   | CL            | A-6<br>IG=3  | 2       |                           | 32.98   | 32.70                          | 19.94   | 12.76   |
| - 1.20   |               |              |         |                           |         |                                |         |         |




NOTA: En la superficie hasta a los - 0.15 m se encuentra relleno no controlado (desmante, entre ellos partículas de ladrillo, piedras, etc). A partir de -1.20 se encuentra el nivel freático.

| CALICATA 01   |               |              |               |                 |                                |                 |            |            |
|---|---------------|--------------|---------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|------------|------------|
| RESPONSABLES: Carranza Ortiz, Antonella L; Fernández Lojas, Delia Carolina del M.   |               |              |               |                 |                                |                 |            |            |
| TESIS: APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DE LA SUB RASANTE EN LA VÍA DE ACCESO AL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD- 2018 |               |              |               |                 |                                |                 |            |            |
| UBICACIÓN: SECTOR: Barraza DISTRITO: Laredo Provincia: Trujillo DPTO: La Libertad   |               |              |               |                 |                                |                 |            |            |
| REFERENCIA: Nivel de terreno  |               |              | NIVEL:        |                 | NIVEL FREATICO: No se encontró |                 |            |            |
| DIM. CALICATA: Largo : 2.00 m   |               |              | Ancho: 1.20 m |                 | PROFUNDIDAD FINAL: 1.50 m      |                 |            |            |
| PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL   |               |              |               |                 |                                |                 |            |            |
| REGISTRO ESTRATIGRAFICO DEL TERRENO NATURAL   |               |              |               |                 |                                |                 |            |            |
| PROF.<br>(m)  | CLASIFICACIÓN |              | ESTRATO       | SÍMBOLO<br>SUCS | Wn.<br>(%)                     | LIM. DE ATTERB. |            |            |
|   | SUCS          | AASHTO       |               |                 |                                | L.L<br>(%)      | L.P<br>(%) | I.P<br>(%) |
| 0.00  |               |              |               |                 |                                |                 |            |            |
| -0.20   | CL            | A-6<br>IG= 9 | 1             |                 | 18.07                          | 30.11           | 16.91      | 13.19      |
| -0.90   | CL            | A-4<br>IG=8  | 2             |                 | 26.96                          | 30.90           | 20.40      | 10.50      |
| -1.50   |               |              |               |                 |                                |                 |            |            |

NOTA: En la superficie hasta a los - 0.20 m se encuentra relleno no controlado (desmorte, entre ellos partículas de ladrillo, piedras, etc). No existe presencia de nivel freático hasta el -1.50 m.


| <b>CALICATA 02</b>   |               |             |         |              |         |                 |         |         |
|--|---------------|-------------|---------|--------------|---------|-----------------|---------|---------|
| RESPONSABLES: Carranza Ortiz, Antonella L; Fernández Lojas, Delia Carolina del M.  |               |             |         |              |         |                 |         |         |
| TESIS: APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DE LA SUBRASANTE EN LA VÍA DE ACCESO AL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD- 2018 |               |             |         |              |         |                 |         |         |
| UBICACIÓN: SECTOR: Barraza DISTRITO: Laredo Provincia: Trujillo Dpto: La Libertad  |               |             |         |              |         |                 |         |         |
| REFERENCIA: Nivel de terreno NIVEL: NIVEL FREÁTICO: No se encontró   |               |             |         |              |         |                 |         |         |
| DIM. CALICATA: Largo : 1.20 m Ancho: 1.20 m PROFUNDIDAD FINAL: 1.50 m  |               |             |         |              |         |                 |         |         |
| PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL  |               |             |         |              |         |                 |         |         |
| REGISTRO ESTRATIGRAFICO DEL TERRENO NATURAL  |               |             |         |              |         |                 |         |         |
| PROF. (m)  | CLASIFICACIÓN |             | ESTRATO | SÍMBOLO SUCS | Wn. (%) | LIM. DE ATTERB. |         |         |
|  | SUCS          | AASHTO      |         |              |         | L.L (%)         | L.P (%) | I.P (%) |
| 0.00   |               |             |         |              |         |                 |         |         |
| - 0.20   | CL            | A-6<br>IG=9 | 1       |              | 21.71   | 35.52           | 20.96   | 14.56   |
| - 0.90   | CL            | A-4<br>IG=3 | 2       |              | 23.29   | 28.25           | 21.31   | 6.94    |
| - 1.50   |               |             |         |              |         |                 |         |         |



NOTA: En la superficie hasta a los - 0.20 m se encuentra relleno no controlado (desmante, entre ellos partículas de ladrillo, piedras, etc). No existe presencia de nivel freático hasta el -1.50 m.




| CALICATA 03  |               |               |         |                                |            |                 |            |            |
|--|---------------|---------------|---------|--------------------------------|------------|-----------------|------------|------------|
| RESPONSABLES: Carranza Ortiz, Antonella L; Fernández Lojas, Delia Carolina del M.  |               |               |         |                                |            |                 |            |            |
| TESIS: APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DE LA SUBRASANTE EN LA VÍA DE ACCESO AL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD- 2018 |               |               |         |                                |            |                 |            |            |
| UBICACIÓN: SECTOR: Barraza DISTRITO: Laredo Provincia: Trujillo Dpto: La Libertad  |               |               |         |                                |            |                 |            |            |
| REFERENCIA: Nivel de terreno   |               | NIVEL:        |         | NIVEL FREÁTICO: No se encontró |            |                 |            |            |
| DIM. CALICATA: Largo : 1.20 m  |               | Ancho: 1.20 m |         | PROFUNDIDAD FINAL: 1.50 m      |            |                 |            |            |
| PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL  |               |               |         |                                |            |                 |            |            |
| REGISTRO ESTRATIGRAFICO DEL TERRENO NATURAL  |               |               |         |                                |            |                 |            |            |
| PROF.<br>(m)   | CLASIFICACIÓN |               | ESTRATO | SÍMBOLO<br>SUCS                | Wn.<br>(%) | LIM. DE ATTERB. |            |            |
|  | SUCS          | AASHTO        |         |                                |            | L.L<br>(%)      | L.P<br>(%) | I.P<br>(%) |
| 0.00   |               |               |         |                                |            |                 |            |            |
| -0.20  | CL            | A-6<br>IG=11  | 1       |                                | 27.70      | 38.40           | 21.73      | 16.67      |
| -0.90  | CL            | A-6<br>IG=8   | 2       |                                | 29.23      | 30.65           | 19.85      | 10.80      |
| -1.50  |               |               |         |                                |            |                 |            |            |





NOTA: En la superficie hasta a los - 0.20 m se encuentra relleno no controlado (desmante, entre ellos partículas de ladrillo, piedras, etc). No existe presencia de nivel freático hasta el -1.50 m.

| <b>CALICATA 04</b>  |               |                |               |              |                                |                 |         |         |
|---|---------------|----------------|---------------|--------------|--------------------------------|-----------------|---------|---------|
| RESPONSABLES: Carranza Ortiz, Antonella L; Fernández Lojas, Delia Carolina del M.   |               |                |               |              |                                |                 |         |         |
| TESIS: APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DE LA SUB RASANTE EN LA VÍA DE ACCESO AL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD- 2018 |               |                |               |              |                                |                 |         |         |
| UBICACIÓN: SECTOR: Barraza DISTRITO: Laredo Provincia: Trujillo Dpto: La Libertad   |               |                |               |              |                                |                 |         |         |
| REFERENCIA: Nivel de terreno  |               |                | NIVEL:        |              | NIVEL FREÁTICO: No se encontró |                 |         |         |
| DIM. CALICATA: Largo : 1.20 m   |               |                | Ancho: 1.20 m |              | PROFUNDIDAD FINAL: 1.50 m      |                 |         |         |
| PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL   |               |                |               |              |                                |                 |         |         |
| REGISTRO ESTRATIGRAFICO DEL TERRENO NATURAL   |               |                |               |              |                                |                 |         |         |
| PROF. (m)   | CLASIFICACIÓN |                | ESTRATO       | SÍMBOLO SUCS | Wn. (%)                        | LIM. DE ATTERB. |         |         |
|   | SUCS          | AASHTO         |               |              |                                | L.L (%)         | L.P (%) | I.P (%) |
| 0.00  |               |                |               |              |                                |                 |         |         |
| - 0.20  | CL            | A-7-6<br>IG=15 | 1             |              | 23.62                          | 47.88           | 23.97   | 23.91   |
| - 1.00  | ML            | A-5<br>IG=9    | 2             |              | 30.96                          | 44.10           | 35.20   | 8.90    |
| - 1.50  |               |                |               |              |                                |                 |         |         |



NOTA: En la superficie hasta a los - 0.20 m se encuentra relleno no controlado (desmorte, entre ellos partículas de ladrillo, piedras, etc). No existe presencia de nivel freático hasta el -1.50 m.



| CALICATA 05  |               |             |               |              |                                |                 |         |         |
|--|---------------|-------------|---------------|--------------|--------------------------------|-----------------|---------|---------|
| RESPONSABLES: Carranza Ortiz, Antonella L; Fernández Lojas, Delia Carolina del M.  |               |             |               |              |                                |                 |         |         |
| TESIS: APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DE LA SUBRASANTE EN LA VÍA DE ACCESO AL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD- 2018 |               |             |               |              |                                |                 |         |         |
| UBICACIÓN: SECTOR: Barraza DISTRITO: Laredo Provincia: Trujillo Dpto: La Libertad  |               |             |               |              |                                |                 |         |         |
| REFERENCIA: Nivel de terreno   |               |             | NIVEL:        |              | NIVEL FREATICO: No se encontró |                 |         |         |
| DIM. CALICATA: Largo : 1.20 m  |               |             | Ancho: 1.20 m |              | PROFUNDIDAD FINAL: 1.50 m      |                 |         |         |
| PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL  |               |             |               |              |                                |                 |         |         |
| REGISTRO ESTRATIGRAFICO DEL TERRENO NATURAL  |               |             |               |              |                                |                 |         |         |
| PROF. (m)  | CLASIFICACIÓN |             | ESTRATO       | SÍMBOLO SUCS | Wn. (%)                        | LIM. DE ATTERB. |         |         |
|  | SUCS          | AASHTO      |               |              |                                | LL (%)          | L.P (%) | I.P (%) |
| 0.00   |               |             |               |              |                                |                 |         |         |
| - 0.20   | ML            | A-5<br>IG=9 | 1             |              | 24.56                          | 42.75           | 32.79   | 9.96    |
| - 1.00   | CL            | A-6<br>IG=9 | 2             |              | 32.64                          | 35.29           | 21.69   | 13.60   |
| - 1.20   |               |             |               |              |                                |                 |         |         |



NOTA: En la superficie hasta a los - 0.20 m se encuentra relleno no controlado (desmonte, entre ellos partículas de ladrillo, piedras, etc). A partir de -1.20 se encuentra el nivel freático.



| CALICATA 06  |               |             |               |                 |                                |                 |            |            |
|--|---------------|-------------|---------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|------------|------------|
| RESPONSABLES: Carranza Ortiz, Antonella L; Fernández Lojas, Delia Carolina del M.  |               |             |               |                 |                                |                 |            |            |
| TESIS: APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DE LA SUBRASANTE EN LA VÍA DE ACCESO AL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD- 2018 |               |             |               |                 |                                |                 |            |            |
| UBICACIÓN: SECTOR: Barraza DISTRITO: Laredo Provincia: Trujillo Dpto: La Libertad  |               |             |               |                 |                                |                 |            |            |
| REFERENCIA: Nivel de terreno   |               |             | NIVEL:        |                 | NIVEL FREÁTICO: No se encontró |                 |            |            |
| DIM. CALICATA: Largo : 1.20 m  |               |             | Ancho: 1.20 m |                 | PROFUNDIDAD FINAL: 1.50 m      |                 |            |            |
| PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL  |               |             |               |                 |                                |                 |            |            |
| REGISTRO ESTRATIGRAFICO DEL TERRENO NATURAL  |               |             |               |                 |                                |                 |            |            |
| PROF.<br>(m)   | CLASIFICACIÓN |             | ESTRATO       | SÍMBOLO<br>SUCS | Wn.<br>(%)                     | LIM. DE ATTERB. |            |            |
|  | SUCS          | AASHTO      |               |                 |                                | L.L<br>(%)      | L.P<br>(%) | I.P<br>(%) |
| 0.00   |               |             |               |                 |                                |                 |            |            |
| - 0.20   | CL            | A-6<br>IG=5 | 1             |                 | 28.29                          | 32.70           | 20.45      | 12.25      |
| - 1.00   | CL            | A-4<br>IG=7 | 2             |                 | 32.05                          | 31.45           | 21.60      | 9.85       |
| - 1.10   |               |             |               |                 |                                |                 |            |            |

NOTA: En la superficie hasta a los - 0.20 m se encuentra relleno no controlado (desmante, entre ellos partículas de ladrillo, piedras, etc). A partir de -1.10 se encuentra el nivel freático.

| CALICATA 07  |               |             |               |              |                                |                 |         |         |
|--|---------------|-------------|---------------|--------------|--------------------------------|-----------------|---------|---------|
| RESPONSABLES: Carranza Ortiz, Antonella L; Fernández Lojas, Delia Carolina del M.  |               |             |               |              |                                |                 |         |         |
| TESIS: APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS PROES Y CONAID PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DE LA SUBRASANTE EN LA VÍA DE ACCESO AL C.P BARRAZA, LAREDO, LA LIBERTAD- 2018 |               |             |               |              |                                |                 |         |         |
| UBICACIÓN: SECTOR: Barraza DISTRITO: Laredo Provincia: Trujillo Dpto: La Libertad  |               |             |               |              |                                |                 |         |         |
| REFERENCIA: Nivel de terreno   |               |             | NIVEL:        |              | NIVEL FREÁTICO: No se encontró |                 |         |         |
| DIM. CALICATA: Largo : 1.20 m  |               |             | Ancho: 1.20 m |              | PROFUNDIDAD FINAL: 1.50 m      |                 |         |         |
| PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL  |               |             |               |              |                                |                 |         |         |
| REGISTRO ESTRATIGRAFICO DEL TERRENO NATURAL  |               |             |               |              |                                |                 |         |         |
| PROF. (m)  | CLASIFICACIÓN |             | ESTRATO       | SÍMBOLO SUCS | Wn. (%)                        | LIM. DE ATTERB. |         |         |
|  | SUCS          | AASHTO      |               |              |                                | L.L (%)         | L.P (%) | I.P (%) |
| 0.00   |               |             |               |              |                                |                 |         |         |
| -0.20  | CL            | A-6<br>IG=9 | 1             |              | 28.35                          | 37.45           | 23.75   | 13.70   |
| -0.90  | CL            | A-6<br>IG=8 | 2             |              | 30.89                          | 35.15           | 21.93   | 13.22   |
| -1.10  |               |             |               |              |                                |                 |         |         |



NOTA: En la superficie hasta a los - 0.20 m se encuentra relleno no controlado (desmorte, entre ellos partículas de ladrillo, piedras, etc). No existe presencia de nivel freático hasta el -1.50 m.



| CALICATA 08   |               |              |               |              |         |                                |         |         |
|---|---------------|--------------|---------------|--------------|---------|--------------------------------|---------|---------|
| RESPONSABLES: Carranza Ortiz, Antonella L; Fernández Lojas, Delia Carolina del M. |               |              |               |              |         |                                |         |         |
| UBICACIÓN: SECTOR: Barraza DISTRITO: Laredo Provincia: Trujillo Dpto: La Libertad |               |              |               |              |         |                                |         |         |
| REFERENCIA: Nivel de terreno  |               |              | NIVEL:        |              |         | NIVEL FREATICO: No se encontró |         |         |
| DIM. CALICATA: Largo : 1.20 m   |               |              | Ancho: 1.20 m |              |         | PROFUNDIDAD FINAL: 1.50 m      |         |         |
| PROPIEDADES DEL TERRENO NATURAL   |               |              |               |              |         |                                |         |         |
| REGISTRO ESTRATIGRAFICO DEL TERRENO NATURAL                                       |               |              |               |              |         |                                |         |         |
| PROF. (m)   | CLASIFICACIÓN |              | ESTRATO       | SÍMBOLO SUCS | Wn. (%) | LIM. DE ATTERB.                |         |         |
|   | SUCS          | AASHTO       |               |              |         | L.L (%)                        | L.P (%) | I.P (%) |
| 0.00  |               |              |               |              |         |                                |         |         |
| - 0.20  | CL            | A-6<br>IG=7  | 1             |              | 25.21   | 32.60                          | 16.52   | 16.08   |
| - 0.90  | CL            | A-6<br>IG=11 | 2             |              | 36.65   | 32.25                          | 19.92   | 12.33   |
| - 1.20  |               |              |               |              |         |                                |         |         |




NOTA: En la superficie hasta a los - 0.20 m se encuentra relleno no controlado (desmante, entre ellos partículas de ladrillo, piedras, etc). A partir de -1.20 se encuentra el nivel freático.

# **APENDICE N° 3**

## **PLANOS**

### **Plano 1: Plano de Ubicación de la vía, Posteos y Calicatas**

# **APENDICE N° 4**

## **Normas Técnicas Peruanas**

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

**NTP 339.128  
1999**

---

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI  
Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

---

## **SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico**

SOILS. Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils

**1999-12-15  
1ª Edición**

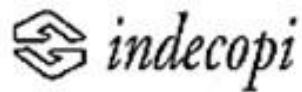
R.0077-99/INDECOPI-CRT. Publicada el 2000-01-26

I.C.S.: 93.020

Descriptor: análisis granulométrico, granulometría

Precio basado en 23 páginas

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**



NORMA TÉCNICA  
PERUANA

NTP 339.129  
1999

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPÍ  
Calle De la Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**indecopi**

## Norma Técnica Peruana

SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido,  
límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

---

**NTP 339.134  
1999**

---

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI  
Calle De la Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

---

## **SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)**

Soils. Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System, SUCS)

**1999-04-29  
1ª Edición**

R.0024-99/INDECOPI-CRT. Publicada el 99-05-14

Precio basado en 28 páginas

I.C.S.: 93.020

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptores: clasificación SUCS

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

---

**NTP 339.141  
1999**

---

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI  
Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

---

Lima-Perú

**SUELOS. Método de ensayo para la compactación del  
suelo en laboratorio utilizando una energía modificada  
(2,700 kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**

SOILS. Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-  
lb/ft<sup>3</sup> (2,700 kN-m/m<sup>3</sup>))

**1999-12-29  
1ª Edición**

R.0086-99/INDECOPI-CRT. Publicada el 2000-01-26

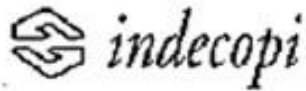
Precio basado en 30 páginas

I.C.S.: 93.020

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptor: Suelos, métodos de ensayo, compactación del suelo, energía modificada





NORMA TÉCNICA  
PERUANA

NTP 339.145  
1999

Comisión de Reglamentos Técnicos y Contratales INDECOPÍ  
Calle De la Puna 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú



## Norma Técnica Peruana

SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte  
de California) de suelos compactados en el laboratorio



# **APENDICE N° 5**

## **CERTIFICACIÓN DE**

### **CALIBRACIÓN DE**

#### **EQUIPOS**



KOR-IT®



## CERTIFICADO DE GARANTIA

Estimado Cliente:

Usted ha adquirido un **Set para Pruebas de Limite Líquido (CC)**, de procedencia USA.

**Plazo de Garantía:** 01 año, por defectos de fabricación

En caso que el artefacto presente algún inconveniente **por fallas de fábrica** dentro del período de garantía, solo tiene que presentar este certificado, acompañado de su factura o boleta de venta, en nuestras oficinas de Jr. Brigadier Pumacahua No. 2766 - Lince

### Datos del artefacto:

Producto: **Set para Pruebas de Limite Líquido**  
Código: LAG-3740CC  
Marca: Forney, procedencia USA  
Fecha de Compra: Lima, 23 de Febrero del 2016  
No. De Factura: 001-001917  
Período de garantía: del 23/02/2016 al 23/02/2016

### Datos del Cliente:

Empresa: **UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**  
Dirección: Av. Primavera No.1796, Int. 301 Santiago de Surco  
Teléfono: 614-3300

Atentamente,

  
**Percy López B.**  
**PyJLB INGS**  
**Servicio Técnico**

P&JLB INGS SAC  
Jr. Brigadier Pumacahua No. 2766 Lince-Lima Perú  
Telefono: 511-422-2142 Telefax: 221-2545  
e-mail: [pyjlbings@yahoo.com](mailto:pyjlbings@yahoo.com)  
[ventas@pyjlbings.com](mailto:ventas@pyjlbings.com)

**METROTEC**

**METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LF - 171 - 2018**

*Área de Metrología*

*Laboratorio de Fuerza*

Página 1 de 3

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p>1. Expediente</p> <p>2. Solicitante</p> <p>3. Dirección</p> <p>4. Equipo</p> <p>    Capacidad</p> <p>    Marca</p> <p>    Modelo</p> <p>    Número de Serie</p> <p>    Clase</p> <p>    Procedencia</p> <p>    Identificación</p> <p>    Indicador</p> <p>    Marca</p> <p>    Modelo</p> <p>    Número de Serie</p> <p>    División de Escala / Resolución</p> <p>5. Fecha de Calibración</p> | <p>18375</p> <p><b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.</b></p> <p>Mz. G Lt. 24 Urb. Dean Saavedra. El Cortijo San Isidro - Trujillo - LA LIBERTAD.</p> <p><b>PRENSA CBR</b></p> <p>10000 lbf</p> <p>FORNEY</p> <p>LA-3629</p> <p>2651</p> <p>NO INDICA</p> <p>U.S.A.</p> <p>1-014926 (*)</p> <p>DIGITAL</p> <p>FORNEY</p> <p>LA-0498-27</p> <p>1206</p> <p>0,01 kgf</p> <p>2018-07-02</p> | <p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>METROLOGÍA &amp; TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aqui declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p> |
|---|--|---|

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2018-07-05

JUAN C. QUISPE MORALES



**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: # 971439272 / #942635342 / #971439282

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
www.metrologiatecnicas.com

**METROTEC**

**METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LF - 171 - 2018**

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

**6. Método de Calibración**

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

**7. Lugar de calibración**

LABORATORIO DE SUELOS.  
UPNCCASERI - Calle 31 s/n del Caserío Mansiche - Trujillo - LA LIBERTAD.

**8. Condiciones Ambientales**

|                  | Inicial | Final   |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura      | 21,5 °C | 21,4 °C |
| Humedad Relativa | 68 % HR | 68 % HR |

**9. Patrones de referencia**

| Trazabilidad   | Patrón utilizado   | Informe/Certificado de calibración |
|--|--|------------------------------------|
| Celdas patrones calibradas en el National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA | Celda de carga calibrado a 20 tnf con incertidumbre del orden de 0,6 % | LEDI-PUCP<br>INF-LE 006-18B/C      |

**10. Observaciones**

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- (\*) Código indicado en una etiqueta adherido en el equipo.
- Celda de Carga: Marca: Diamond, Modelo:DS-10K,0t-6B y Serie: 609735



Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: # 971439272 / #942635342 / #971439282

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com



# METROTEC

## METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 171 - 2018

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

#### 11. Resultados de Medición

| Indicación del Equipo |             | Indicación de Fuerza (Ascenso)<br>Patrón de Referencia |             |             |                      |
|-----------------------|-------------|--|-------------|-------------|----------------------|
| %                     | $F_1$ (kgf) | $F_1$ (kgf)  | $F_2$ (kgf) | $F_3$ (kgf) | $F_{Promedio}$ (kgf) |
| 10                    | 500,0       | 500,0  | 500,0       | 500,0       | 500,0                |
| 20                    | 1000,0      | 1000,5   | 1000,0      | 1000,0      | 1000,2               |
| 30                    | 1500,0      | 1501,0   | 1500,0      | 1500,0      | 1500,3               |
| 40                    | 2000,0      | 2001,5   | 2000,5      | 2000,5      | 2000,8               |
| 50                    | 2500,0      | 2501,5   | 2500,0      | 2500,0      | 2500,5               |
| 60                    | 3000,0      | 3002,0   | 3000,5      | 3000,5      | 3001,0               |
| 70                    | 3500,0      | 3502,0   | 3500,5      | 3501,0      | 3501,2               |
| 80                    | 4000,0      | 4002,0   | 4001,0      | 4001,5      | 4001,5               |
| 90                    | 4500,0      | 4503,0   | 4502,0      | 4502,0      | 4502,3               |
| 100                   | 5000,0      | 5003,5   | 5002,5      | 5002,5      | 5002,8               |
| Retorno a Cero        |             | 0,0  | 0,0         | 0,0         |                      |

| Indicación del Equipo<br>$F$ (kgf) | Errores Encontrados en el Sistema de Medición |                          |                           |                                 | Incertidumbre<br>$U$ (k=2)<br>(%) |
|------------------------------------|---|--------------------------|---------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
|                                    | Exactitud<br>$a$ (%)                          | Repetibilidad<br>$b$ (%) | Reversibilidad<br>$v$ (%) | Resol. Relativa<br>$\alpha$ (%) |                                   |
| 500                                | 0,00  | 0,00                     | ---                       | 0,00                            | 0,15                              |
| 1000                               | -0,02   | 0,05                     | ---                       | 0,00                            | 0,15                              |
| 1500                               | -0,02   | 0,07                     | ---                       | 0,00                            | 0,15                              |
| 2000                               | -0,04   | 0,05                     | ---                       | 0,00                            | 0,15                              |
| 2500                               | -0,02   | 0,06                     | ---                       | 0,00                            | 0,15                              |
| 3000                               | -0,03   | 0,05                     | ---                       | 0,00                            | 0,15                              |
| 3500                               | -0,03   | 0,04                     | ---                       | 0,00                            | 0,15                              |
| 4000                               | -0,04   | 0,02                     | ---                       | 0,00                            | 0,15                              |
| 4500                               | -0,05   | 0,02                     | ---                       | 0,00                            | 0,15                              |
| 5000                               | -0,06   | 0,02                     | ---                       | 0,00                            | 0,15                              |

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

#### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

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

Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: # 971439272 / #942635342 / #971439282



email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**METROTEC**

**METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LL - 105 - 2017**

*Área de Metrología*  
*Laboratorio de Longitud*

Página 1 de 3

- |  |   |
|--|---|
| <b>1. Expediente</b>                   | <b>17086</b>  |
| <b>2. Solicitante</b>                  | <b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.</b>                                     |
| <b>3. Dirección</b>                    | Av. Del Ejercito Nro. 920 Urb. El Molino -<br>Trujillo - Trujillo - LA LIBERTAD |
| <b>4. Instrumento de Medición</b>      | <b>DIAL</b>   |
| <b>Alcance de indicación</b>           | 0 pulg. a 1,00 pulg.  |
| <b>División de Escala / Resolución</b> | 0,01 pulg.  |
| <b>Marca</b>                           | CDI   |
| <b>Modelo</b>                          | 26105C-SB   |
| <b>Número de Serie</b>                 | 121721146   |
| <b>Procedencia</b>                     | U.S.A.  |
| <b>Identificación</b>                  | 1-011857 (*)  |
| <b>Tipo de indicación</b>              | ANALÓGICO   |
| <b>5. Fecha de Calibración</b>         | : 2017-04-26  |

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

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

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

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

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

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

2017-04-28

  
JUAN C. QUISPE MORALES

Sello



*Metrología & Técnicas S.A.C.*  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282  
RPM: \*849272 / #971439282 / #942635342

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com





**METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LL - 105 - 2017**

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-014: "Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques)" del SNM-INDECOPI. Segunda Edición.

**7. Lugar de calibración**

LABORATORIO DE CONCRETO PABELLON C. INGENIERIA CIVIL.  
Urb. Dean Saavedra Mz. G Lt. 24 San Isidro - Trujillo - Trujillo - LA LIBERTAD.

**8. Condiciones Ambientales**

|                  | Inicial | Final   |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura      | 27,7 °C | 27,7 °C |
| Humedad Relativa | 75 %    | 75 %    |

**9. Patrones de Referencia**

| Trazabilidad   | Patrón utilizado                                   | Certificado/Informe de calibración |
|--|--|------------------------------------|
| Patrones del INACAL-DM<br>Bloques patrón (Grado K)       | BLOQUES PATRÓN (Grado 0)<br>Vertex Modelo VGB-87-0 | DM - INACAL<br>LLA-088-2016        |
| Patrones del INACAL-DM<br>Comparador mecánico de bloques |  |                                    |

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- (\*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherido al instrumento.





**METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LL - 105 - 2017**

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

**11. Resultados de medición**

**ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN ( $f_e$ )**

| VALOR PATRÓN |        | INDICACIÓN DEL<br>COMPARADOR<br>(pulg) | ERROR<br>DE INDICACIÓN<br>(mil) |
|--------------|--------|--|---------------------------------|
| (mm)         | (pulg) |  |                                 |
| 2,0          | 0,079  | 0,079                                  | 0                               |
| 4,5          | 0,177  | 0,178                                  | 1                               |
| 7,5          | 0,295  | 0,296                                  | 1                               |
| 9,5          | 0,374  | 0,375                                  | 1                               |
| 15,0         | 0,591  | 0,591                                  | 0                               |
| 19,5         | 0,768  | 0,768                                  | 0                               |
| 25,0         | 0,984  | 0,985                                  | 1                               |

Alcance del error de indicación ( $f_e$ ) : 0,70 mils.

Incertidumbre del error de indicación :  $\pm 0,59$  mils para ( $k=2$ )

**ALCANCE DEL ERROR DE REPETIBILIDAD ( $f_w$ )**

| VALOR PATRÓN |        | INDICACIÓN DEL<br>COMPARADOR<br>(pulg.) | ERROR<br>DE INDICACIÓN<br>(mil) |
|--------------|--------|---|---------------------------------|
| (mm)         | (pulg) |   |                                 |
| 9,5          | 0,374  | 0,375                                   | 1                               |
|              |        | 0,375                                   | 1                               |
|              |        | 0,375                                   | 1                               |
|              |        | 0,375                                   | 1                               |
|              |        | 0,375                                   | 1                               |

Error de Repetibilidad ( $f_w$ ) : 0,00 mils

Incertidumbre del error de indicación :  $\pm 0,59$  mils para ( $k=2$ )

**Nota 1.-** 1 mils es equivalente a 25,4  $\mu\text{m}$ .



**12. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

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



**METROTEC**

**METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LF - 166 - 2018**

*Área de Metrología*

*Laboratorio de Fuerza*

Página 1 de 3


|   |   |
|---|---|
| <p><b>1. Expediente</b>                      18375</p> <p><b>2. Solicitante</b>                    UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE<br/>S.A.C.</p> <p><b>3. Dirección</b>                      Mz. G Lt. 24 Urb. Dean Saavedra. El Cortijo San<br/>Isidro - Trujillo - LA LIBERTAD.</p> <p><b>4. Equipo</b>                            PRENSA MULTIUSO</p> <p>    <b>Capacidad</b>                      10000 lbf</p> <p>    <b>Marca</b>                            FORNEY</p> <p>    <b>Modelo</b>                          LA-3626-220</p> <p>    <b>Número de Serie</b>              2636</p> <p>    <b>Procedencia</b>                    U.S.A.</p> <p>    <b>Ubicación</b>                      1-013541            (*)</p> <p><b>5. Indicador</b>                      ANALÓGICO</p> <p>    <b>Marca</b>                            SPI</p> <p>    <b>Número de Serie</b>              P9102</p> <p>    <b>División de Escala /<br/>    Resolución</b>                    0,0001 pulg.</p> <p><b>6. Fecha de Calibración</b>        2018-06-27</p> | <p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>METROLOGÍA &amp; TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p> |
|---|---|

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2018-07-03

  
LILIAN C. QUISPE MORALES



**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: # 971439272 / #942635342 / #971439282

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com



**METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LF - 166 - 2018**

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

**7. Método de Calibración**

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

**8. Lugar de calibración**

LABORATORIO DE SUELOS  
UPNCCASERI - Calle 31 s/n del Caserío Mansiche - Trujillo - LA LIBERTAD.

**9. Condiciones Ambientales**

|                  | Inicial | Final   |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura      | 21,3 °C | 21,2 °C |
| Humedad Relativa | 68 % HR | 68 % HR |

**10. Patrones de referencia**

| Trazabilidad   | Patrón utilizado   | Informe/Certificado de calibración |
|--|--|------------------------------------|
| Celdas patrones calibradas en el National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA | Celda de carga calibrado a 20 tnf con incertidumbre del orden de 0,6 % | LEDI-PUCP<br>INF-LE 006-18B/C      |

**11. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- (\*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherido al equipo.



Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com





# **APENDICE N° 6**

## **Documento Técnico**

### **“Soluciones Básicas en Carreteras No Pavimentadas”**



no mayor de tres (3) días hábiles de la publicación de la resolución directoral en el Diario Oficial "El Peruano", copia autenticada y el archivo electrónico del Anexo respectivo.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

WALTER N. ZECENARRO MATEUS  
Director General  
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

1255911-1

### **Aprueban el Documento Técnico "Soluciones Básicas en Carreteras No Pavimentadas"**

**RESOLUCIÓN DIRECTORAL  
N° 003-2015-MTC/14**

Lima, 6 de febrero del 2015

#### **CONSIDERANDO:**

Que, el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, aprobado por Decreto Supremo N° 034-2008-MTC, ha previsto en el Numeral 4.1 de su artículo 4°, que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre; a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial, fiscalizar su cumplimiento e interpretar las normas técnicas contenidas en dicho reglamento;

Que, igualmente, el Reglamento de Organización y Funciones-ROF del Ministerio de Transportes y Comunicaciones ha señalado en su artículo 57°, que la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles es un órgano de línea de ámbito nacional, encargado de normar sobre la gestión de la infraestructura de caminos, puentes y ferrocarriles. Asimismo, en su artículo 58° (literal n), ha consignado como una de las funciones específicas de esta Dirección General, la de promover la investigación y desarrollo de tecnologías aplicables a la construcción, rehabilitación, mejoramiento, mantenimiento y administración de la infraestructura vial;

Que, en ese marco, el citado ROF ha previsto en su: i) artículo 60°, que la Dirección de Normatividad Vial es la unidad orgánica encargada de la formulación de normas técnicas y administrativas para la gestión de infraestructura de caminos, y ii) artículo 64°, que la Dirección de Estudios Especiales tiene, entre otras funciones específicas, las de: participar en la formulación de normas y especificaciones técnicas relacionadas con estudios y obras en

infraestructura vial (literal d), y promover la investigación y desarrollo de tecnologías aplicables a los estudios, obras y administración de infraestructura vial (literal f);

Que, ante la necesidad de dotar de mejores condiciones de transitabilidad y durabilidad a las carreteras no pavimentadas del Sistema Nacional de Carreteras; la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles dispuso que la Dirección de Estudios Especiales efectúe trabajos de investigación dirigidos a la aplicación de tecnologías de bajo costo en tales vías;

Que, como resultado de los mencionados trabajos, la Dirección de Estudios Especiales determinó los diferentes materiales estabilizadores de suelos que pueden ser utilizados, y, en ese sentido, formuló el Documento Técnico denominado "Soluciones Básicas en Carreteras No Pavimentadas", con la finalidad de mejorar la vida útil y el nivel de servicio de las superficies de rodadura de las carreteras no pavimentadas, incrementando su periodo de diseño a diez (10) años, y menor frecuencia de mantenimiento periódico;

Que, en atención a ello, y en cumplimiento de lo dispuesto por el "Reglamento que establece disposiciones relativas a la Publicidad, Publicación de Proyectos Normativos y Difusión de Normas Legales de Carácter General", aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, y la Directiva N° 001-2011-MTC/01-"Directiva que establece el procedimiento para realizar la publicación de proyectos de normas legales" aprobada por Resolución Ministerial N° 543-2011-MTC/01; la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles dispuso, mediante Resolución Directoral N° 024-2014-MTC/14, de fecha 11 de septiembre del 2014; la publicación del proyecto de norma en la Página Web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, por un plazo de treinta (30) días hábiles, con el objeto de recibir comentarios, observaciones y sugerencias;

Que, luego de recibida la totalidad de los comentarios y sugerencias de entidades, empresas y de la ciudadanía en general, la Dirección de Estudios Especiales y la Dirección de Normatividad Vial han formulado la versión definitiva del Documento Técnico: "Soluciones Básicas en Carreteras No Pavimentadas";

Que, en ese sentido, la Dirección de Estudios Especiales ha presentado el documento normativo con Memorándum N° 006-2015-MTC/14.01.E.gza de fecha 13 de enero del 2015, en tanto, la Dirección de Normatividad Vial ha sustentado el citado documento con Informe Técnico N° 002-2015-MTC/14.04 e Informe N° 003-2015-MTC/14.04 de fecha 05 de febrero del 2015, en el cual solicita a la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, su aprobación correspondiente;

De conformidad con la Ley N° 29370-Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Decreto Supremo N° 021-2007-MTC y en uso de las facultades previstas en la Resolución Ministerial N° 506-2008-MTC/02;

## **El Peruano**

www.elperuano.gob.pe | DIARIO OFICIAL

### **REQUISITO PARA PUBLICACIÓN DE NORMAS LEGALES Y SENTENCIAS**

Se comunica a las entidades que conforman el Poder Legislativo, Poder Ejecutivo, Poder Judicial, Organismos constitucionales autónomos, Organismos Públicos, Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales, que para efectos de la publicación de sus disposiciones en general (normas legales, reglamentos jurídicos o administrativos, resoluciones administrativas, actos de administración, actos administrativos, etc) con o sin anexos, que contengan más de una página, se adjuntará un diskette, cd rom o USB en formato Word con su contenido o éste podrá ser remitido al correo electrónico [normaslegales@editoraperu.com.pe](mailto:normaslegales@editoraperu.com.pe).

LA DIRECCIÓN





PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles

“Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú”  
“Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación”

- c. Ejecución de ensayos a nivel de laboratorio, evaluando como mínimo tres (03) tipos de estabilizadores de suelos, aplicables de acuerdo a las Especificaciones Técnicas del presente Documento Técnico, a fin de seleccionar la solución básica aplicable, teniendo en consideración lo siguiente:
- El procedimiento de mezclado de los suelos y el estabilizador a nivel de laboratorio debe ser coherente o representar las condiciones reales de trabajo en obra.
  - Para la obtención de la dosificación óptima que debe aplicarse, se emplearán como mínimo 04 dosificaciones diferentes, con cuyos valores se trazará la curva: Dosificación vs CBR y/o Resistencia a Compresión Simple; de cada uno de los estabilizadores utilizados. Para suelos que presentan índice de plasticidad, debe medirse resistencia y expansión.
  - Los parámetros de resistencia y/o expansión de la muestra del suelo estabilizado compactado, se obtendrán después de un periodo de curado húmedo de siete (07) días.
  - Solamente para la ejecución del ensayo de CBR a nivel de laboratorio, se sumergirá en agua durante 96 horas (04 días) la muestra de suelo estabilizado compactado, inmediatamente después de cumplir su periodo de curado. Se exceptuará de este paso los suelos estabilizados con sales.
- d. El procedimiento de selección del estabilizador de suelos, puede dar como resultado, más de una alternativa técnica de solución aplicable, en cuyo caso debe optarse por la de menor costo.
- e. Seleccionado el estabilizador a emplearse (sólido y/o líquido), debe indicarse la **Fórmula de Trabajo** de la capa estabilizada, que comprenderá:
- Dosificación del estabilizador y modo de aplicación (líquido en el agua del camión cisterna y sólido sobre el suelo a estabilizarse).
  - Suelo o dosificación de suelos a utilizarse.
  - Procedimiento de mezclado (en planta o sobre plataforma).
  - Óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca de la mezcla (estabilizador más suelo).
  - Grado de compactación del suelo estabilizado colocado y compactado.
- f. El espesor de la capa de rodadura será calculado para un período de diseño de 10 años, considerando frecuencias de mantenimiento periódico cada 04 años.
- g. El diseño del espesor se realizará según los ejes equivalentes proyectados:
- Para ejes equivalentes inferiores o iguales a  $10^5$ , se empleará los métodos USACE y NAASRA.
  - Para ejes equivalentes superiores a se empleará el método AASHTO 1993, que establece el empleo de Número Estructural.
- h. El presente Documento Técnico abarca las soluciones básicas de la capa de rodadura; sin embargo, para que su comportamiento estructural sea adecuado, es necesario que la subrasante cumpla con las características mínimas establecidas en los Manuales de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para

# **APENDICE N° 7**

## **REVISTA ESPECIALIZADA PARA LA CONSTRUCCIÓN**

# COSTOS

REVISTA ESPECIALIZADA PARA LA CONSTRUCCIÓN

EDIFICIO  
ADMINISTRATIVO

## TALARA

Señores **Código: 04943**  
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.  
Atte.: BIBLIOTECA JOSE CARRASCO  
CA. 31 S/N DEL CASERIO MANSICHE URB. SAN ISIDRO II ETAPA  
Lugar: TRUJILLO **Código Autorización: KKZ5H1HU**

DESARROLLO INMOBILIARIO  
DE VIVIENDAS, EXPECTATIVAS  
PARA EL MEDIANO PLAZO

LOS CONTRATOS COLABORATIVOS  
IPD Y EL BIM

PREFABRICADOS, PRODUCTIVIDAD  
EN LOS PROYECTOS DESDE EL DISEÑO

PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN  
Y REEMPLAZO DE PUENTES

EXCON 2018

PERÚ S/. 39



ISSN 2223-0017

### SUPLEMENTO TÉCNICO

CUADRO DE VALORES UNITARIOS - EDIFICIO MULTIFAMILIAR - PRECIOS PARTIDAS DESAGREGADAS  
ANÁLISIS DE PRECIOS - PRECIOS DE MATERIALES, COSTOS DE MANO DE OBRA - TARIFAS DE EQUIPO  
INDICADORES DEL SECTOR - ÍNDICES UNIFICADOS

Incluye acceso digital para suscriptores

[www.costosperu.com](http://www.costosperu.com)