

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**Estabilización de suelos arcillosos incorporando porcentajes de vidrio  
pulverizado y ceniza de bagazo de caña de azúcar**  
**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE**  
**INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**Marcelo Jesus De La Cruz Santa Maria**

**ASESOR**

**Lucas Ludeña Gutierrez**

<https://orcid.org/0000-0001-7903-3646>

**Chiclayo, 2024**

**Estabilización de suelos arcillosos incorporando porcentajes de  
vidrio pulverizado y ceniza de bagazo de caña de azúcar**

PRESENTADA POR

**Marcelo Jesus De La Cruz Santa Maria**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR

Angel Alberto Palomino Lorren

PRESIDENTE

Juan Merino Roncero

SECRETARIO

Lucas Ludeña Gutierrez

VOCAL

## **Dedicatoria**

A mis padres Marcelino De La Cruz Cajo y Liliana Maribel Santa María Calderón , por siempre estar conmigo sin dejarme solo en ningún momento y por brindarme una educación superior, además por formarme con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para que este sueño se cumpla.

A mi hermana Coris Yelitza De La Cruz Santa María, por ser mi motivo de seguir en constante lucha y mejorar día a día.

A mi hermano Emir De La Cruz Acosta, por su apoyo constante y por estar siempre ahí para ayudarme en todo momento.

Y un agradecimiento especial a mi mascota Thor, que me acompañó lealmente durante todas las noches en las que tuve que quedarme hasta tarde.

## **Agradecimientos**

A Dios por protegerme, darme fortaleza y sabiduría, para poder salir adelante a pesar de muchos tropiezos que tuve en este proyecto personal.

A mi familia por su apoyo y brindarme su ayuda en los momentos más difíciles a lo largo de estos años.

A mi asesor por sus consejos, dedicación, brindarme sus conocimientos y paciencia para guiarme durante todo el desarrollo de esta investigación.

A mis amigos Luis Silva Guevara , Hilary Quesquén Castro y Flavio Fernández Bernal por su amistad, consejos y apoyo en estos años de carrera.

# MARCELO DE LA CRUZ TESIS 100%

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>18%</b>	<b>17%</b>	<b>3%</b>	<b>5%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>8%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>core.ac.uk</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>5</b>	<b>www.repositorio.usac.edu.gt</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>laccei.org</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorio.unprg.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>24</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>25</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>26</b>
<b>REVISIÓN DE LA LITERATURA</b> .....	<b>31</b>
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>31</b>
<b>BASES LEGALES</b> .....	<b>36</b>
<b>BASES TEÓRICAS</b> .....	<b>38</b>
SUELO ARCILLOSO .....	38
ESTABILIZACIÓN .....	38
CAPACIDAD PORTANTE.....	38
VIDRIO .....	38
VIDRIO PULVERIZADO .....	38
CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR.....	38
ENSAYOS DE LABORATORIO .....	42
CLASIFICACIÓN AASHTO .....	48
CLASIFICACIÓN SUCS.....	50
SUBRASANTE.....	52
TIPOS DE ESTABILIZACIÓN .....	53
CENIZA DE BAGAZO.....	54
VIDRIO PULVERIZADO .....	55
DEFINICIÓN DE TERMINOS.....	55
<b>MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>57</b>
<b>TIPOS DE ESTUDIO</b> .....	<b>57</b>
<b>POBLACIÓN Y MUESTRA Y MUESTREO</b> .....	<b>57</b>
POBLACIÓN .....	57
MUESTRA .....	58
MUESTRO DE ESTUDIO .....	58
<b>HIPÓTESIS</b> .....	<b>61</b>

<b>VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN .....</b>	<b>63</b>
VARIABLES.....	63
CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN .....	63
<b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>64</b>
<b>PROCEDIMIENTO.....</b>	<b>65</b>
EJECUCIÓN DE LAS CALICATAS.....	65
ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD .....	71
ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO .....	72
ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MEDIO DEL HIDROMETRO .....	73
ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO .....	74
ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD .....	75
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO .....	76
ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA(CBR) .....	77
ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X Y TOMA MICROSCÓPICA DE LA CENIZA DE BAGAZO Y VIDRIO PULVERIZADO. ....	78
PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA CENIZA DE BAGAZO .....	81
PROCESO DE OBTENCION DEL VIDRIO PULVERIZADO .....	84
ELABORACIÓN DE MUESTRAS EXPERIMENTALES.....	87
MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO INSITU MEDIANTE EL CONO DE ARENA.....	92
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>93</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>93</b>
CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS NATURALES EXTRAIDAS DE CALICATAS.....	93
CLASIFICACIÓN DE SUELO DE MUESTRAS NATURALES.....	95
CLASIFICACIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR.....	96
CLASIFICACIÓN DE VIDRIO PULVERIZADO .....	98
ENSAYOS EN MUESTRAS EXPERIMENTALES: SN + VP(%).....	99
ENSAYOS EN MUESTRAS EXPERIMENTALES: SN + CDBC (%) .....	102
ENSAYOS EN MUESTRAS EXPERIMENTALES: SN +VP(%) +CDBC (%).....	106
DENSIDAD DE CAMPO.....	131
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>132</b>

ENSAYOS CON LA ADICIÓN DEL VIDRIO PULVERIZADO ( VP ).....	132
ENSAYOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR ( CDBC ) .....	138
CUADRO COMPARATIVO ENTRE LAS MUESTRAS DEL SN CON LA ADICIÓN DEL VP Y CDBC 144	
ENSAYOS CON LOS 8 COMBOS REALIZADOS CON AMBAS ADICIONES .....	146
CUADROS COMPARATIVOS ENTRE LAS COMBINACIONES VS SN .....	197
GRADO DE COMPACTACIÓN - ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO.....	201
<b>ANÁLISIS ECONÓMICO.....</b>	<b>202</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>213</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>215</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>216</b>

## Lista de Tablas

Tabla N° 1. Características del suelo según su IP. ....	40
Tabla N° 2. Tamices para el ensayo granulométrico. Fuente : Manual MTC .....	43
Tabla N° 3. Factor K para determinar el límite líquido de los suelos. Fuente: Manual MTC.....	44
Tabla N° 4. Clasificación de Suelos De Acuerdo a Normativa AASHTO [29].....	49
Tabla N° 5. Categoría de las Subrasantes [29].....	52
Tabla N° 6. Categoría de subrasantes [28].....	52
Tabla N° 7. Composición Química de la ceniza de bagazo. Fuente: Propia .....	54
Tabla N° 8. Requisitos químicos para clasificar las puzolanas. Fuente : ASTM-C618-19.....	54
Tabla N° 9. Composición Química del vidrio pulverizado. Fuente: Propia.....	55
Tabla N° 10. Revisión de antecedentes para el uso del VP Y CDBC. ....	60
Tabla N° 11. Muestreo: Fuente : Propia.....	61
Tabla N° 12. Operacionalización de variables .....	63
Tabla N° 13. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: Propia .....	64
Tabla N° 14. Ensayos de laboratorio. Fuente : Propia .....	64
Tabla N° 15. Calicatas distribuidas: Fuente: Google Earth.....	66
Tabla N° 16. Medición de temperatura en horno. Fuente: Propia.....	83
Tabla N° 17. Combinación de SN + VP(4%,7%,10%,15%). Fuente: Propia.....	88
Tabla N° 18. Combinación SN + CDBC (5%,8%,11%,16%). Fuente: Propia .....	89
Tabla N° 19. Combinación SN + VP + CDBC Fuente: Propia .....	90
Tabla N° 20. Contenido de humedad de muestras naturales: Fuente: Propia.....	93
Tabla N° 21. Granulometría por tamizado . Fuente : Propia.....	93
Tabla N° 22. Granulometría por hidrómetro. Fuente: Propia.....	94
Tabla N° 23. Límites de consistencia de muestras naturales: Fuente Propia. ....	94
Tabla N° 24. Clasificación de plasticidad según su plasticidad. Fuente : Propia. ....	95
Tabla N° 25. Clasificación de muestras naturales: Fuentes: Propia .....	95
Tabla N° 26. Proctor modificado de muestras Naturales. Fuente: Propia.....	95
Tabla N° 27. CBR de las 3 calicatas. Fuente: Propia .....	96
Tabla N° 28. Composición química de la CDBC. Fuente : Propia .....	96
Tabla N° 29. Requisitos químicos para clasificar las puzolanas. Fuente : ASTM-C618-19.....	97
Tabla N° 30. Composición Química del VP. Fuente: Propia .....	98
Tabla N° 31. Límites de consistencia de SN + VP (%) en C-01. Fuente: Propia.....	99
Tabla N° 32. Límites de consistencia de SN + VP (%) en C-02. Fuente: Propia.....	100
Tabla N° 33. Límites de consistencia de SN + VP (%) en C-03. Fuente: Propia.....	100
Tabla N° 34. Datos obtenidos del ensayo Proctor de SN + VP (%) en C-01. Fuente: Propia.....	100
Tabla N° 35. Datos obtenidos del ensayo Proctor de SN + VP (%) en C-02. Fuente: Propia.....	101
Tabla N° 36. Datos obtenidos del ensayo Proctor de SN + VP (%) en C-03. Fuente: Propia.....	101
Tabla N° 37. Datos obtenidos del ensayo de CBR de SN + VP (%) en C-01. Fuente: Propia.....	101
Tabla N° 38. Datos obtenidos del ensayo de CBR de SN + VP (%) en C-02. Fuente: Propia.....	102

Tabla N° 39. Datos obtenidos del ensayo de CBR de SN + VP (%) en C-03. Fuente: Propia.....	102
Tabla N° 40. Límites de consistencia de SN + CDBC (%) en C-01. Fuente: Propia.....	103
Tabla N° 41. Límites de consistencia de SN + CDBC (%) en C-02. Fuente: Propia.....	103
Tabla N° 42. Límites de consistencia de SN + CDBC (%) en C-03. Fuente: Propia.....	103
Tabla N° 43. Datos obtenidos del ensayo Proctor de SN + CDBC (%) en C-01. Fuente: Propia.....	104
Tabla N° 44. Datos obtenidos del ensayo Proctor de SN + CDBC (%) en C-02. Fuente: Propia.....	104
Tabla N° 45. Datos obtenidos del ensayo Proctor de SN + CDBC (%) en C-03. Fuente: Propia.....	104
Tabla N° 46. Datos obtenidos del ensayo de CBR de SN + CDBC (%) en C-01. Fuente: Propia.....	105
Tabla N° 47. Datos obtenidos del ensayo de CBR de SN + CDBC (%) en C-02. Fuente: Propia.....	105
Tabla N° 48. Datos obtenidos del ensayo de CBR de SN + CDBC (%) en C-03. Fuente: Propia.....	105
Tabla N° 49. Combos de la muestra natural con VP (Constante) + CDBC. Fuente: Propia.....	106
Tabla N° 50. Combos de la muestra natural con CDBC (Constante) + VP. Fuente: Propia.....	106
Tabla N° 51. Límites de consistencia Combo1 de SN+VP (%) + CDBC (%) en C-01. Fuente: Propia.....	107
Tabla N° 52. Límites de consistencia Combo 1 de SN+VP (%) + CDBC (%) en C-02. Fuente: Propia.....	107
Tabla N° 53. Límites de consistencia Combo1 de SN+VP (%) + CDBC (%) en C-03. Fuente: Propia.....	107
Tabla N° 54. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo1 de SN+VP(%) + CDBC(%) en C-01. Fuente : Propia .....	108
Tabla N° 55. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo1 de SN+VP(%) + CDBC(%) en C-02. Fuente : Propia .....	108
Tabla N° 56. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo1 de SN+VP(%) + CDBC(%) en C-03. Fuente : Propia .....	108
Tabla N° 57. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo1 de SN +VP(%) + CDBC (%) en C-01. Fuente: Propia. .....	109
Tabla N° 58. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo1 de SN +VP(%) + CDBC (%) en C-02. Fuente: Propia. .....	109
Tabla N° 59. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo1 de SN +VP(%) + CDBC (%) en C-03. Fuente: Propia. .....	109
Tabla N° 60. Límites de consistencia Combo2 de SN+VP (%) + CDBC (%) en C-01. Fuente: Propia.....	110
Tabla N° 61. Límites de consistencia Combo2 de SN+VP (%) + CDBC (%) en C-01. Fuente: Propia.....	110
Tabla N° 62. Límites de consistencia Combo2 de SN+VP (%) + CDBC (%) en C-03. Fuente: Propia.....	110
Tabla N° 63. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo2 de SN+VP(%) + CDBC(%) en C-01. Fuente : Propia .....	111
Tabla N° 64. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo2 de SN+VP(%) + CDBC(%) en C-02. Fuente : Propia .....	111
Tabla N° 65. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo2 de SN+VP(%) + CDBC(%) en C-03. Fuente : Propia .....	111
Tabla N° 66. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo2 de SN +VP(%) + CDBC (%) en C-01. Fuente: Propia. .....	112
Tabla N° 67. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo2 de SN +VP(%) + CDBC (%) en C-02. Fuente: Propia. .....	112

Tabla N° 68. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo2 de SN +VP(%)+ CDDBC (%) en C-03. Fuente: Propia. .....	112
Tabla N° 69. Límites de consistencia Combo3 de SN+VP (%) +CDDBC (%) en C-01. Fuente: Propia .....	113
Tabla N° 70. Límites de consistencia Combo3 de SN+VP (%) +CDDBC (%) en C-02. Fuente: Propia .....	113
Tabla N° 71. Límites de consistencia Combo3 de SN+VP (%) +CDDBC (%) en C-03. Fuente: Propia .....	113
Tabla N° 72. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo3 de SN+VP(%)+CDDBC(%) en C-01.Fuente : Propia .....	114
Tabla N° 73. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo3 de SN+VP(%)+CDDBC(%) en C-02.Fuente : Propia .....	114
Tabla N° 74. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo3 de SN+VP(%)+CDDBC(%) en C-03.Fuente : Propia .....	114
Tabla N° 75. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo3 de SN +VP(%)+ CDDBC (%) en C-01. Fuente: Propia. .....	115
Tabla N° 76. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo3 de SN +VP(%)+ CDDBC (%) en C-02. Fuente: Propia. .....	115
Tabla N° 77. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo3 de SN +VP(%)+ CDDBC (%) en C-03. Fuente: Propia. .....	115
Tabla N° 78. Límites de consistencia Combo4 de SN+VP (%) +CDDBC (%) en C-01. Fuente: Propia .....	116
Tabla N° 79. Límites de consistencia Combo4 de SN+VP (%) +CDDBC (%) en C-02. Fuente: Propia .....	116
Tabla N° 80. Límites de consistencia Combo4 de SN+VP (%) +CDDBC (%) en C-03. Fuente: Propia .....	116
Tabla N° 81. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo4 de SN+VP(%)+CDDBC(%) en C-01.Fuente : Propia .....	117
Tabla N° 82. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo4 de SN+VP(%)+CDDBC(%) en C-02.Fuente : Propia .....	117
Tabla N° 83. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo4 de SN+VP(%)+CDDBC(%) en C-03.Fuente : Propia .....	117
Tabla N° 84. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo4 de SN +VP(%)+ CDDBC (%) en C-01. Fuente: Propia. .....	118
Tabla N° 85. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo4 de SN +VP(%)+ CDDBC (%) en C-02. Fuente: Propia .....	118
Tabla N° 86. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo4 de SN +VP(%)+ CDDBC (%) en C-03. Fuente: Propia .....	118
Tabla N° 87. Límites de consistencia Combo1´de SN+CDDBC (%) +VP (%) en C-01. Fuente: Propia.....	119
Tabla N° 88. Límites de consistencia Combo1´de SN+CDDBC (%) +VP (%) en C-02. Fuente: Propia.....	119
Tabla N° 89. Límites de consistencia Combo1´de SN+CDDBC (%) +VP (%) en C-03. Fuente: Propia.....	119
Tabla N° 90. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo1´ de SN+CDDBC(%) +VP(%) en C-01.Fuente : Propia .....	120
Tabla N° 91. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo1´ de SN+CDDBC(%) +VP(%) en C-02.Fuente : Propia .....	120

Tabla N° 92. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo1´ de SN+CDBC(%)+VP(%) en C-03.Fuente : Propia .....	120
Tabla N° 93. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo1´ de SN +CDBC(%)+ VP (%) en C-01. Fuente: Propia .....	121
Tabla N° 94. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo1´ de SN +CDBC(%)+ VP (%) en C-02. Fuente: Propia .....	121
Tabla N° 95. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo1´ de SN +CDBC(%)+ VP (%) en C-03. Fuente: Propia .....	121
Tabla N° 96. Límites de consistencia Combo2´de SN+CDBC (%) +VP (%) en C-01. Fuente: Propia.....	122
Tabla N° 97. Límites de consistencia Combo2´de SN+CDBC (%) +VP (%) en C-02. Fuente: Propia.....	122
Tabla N° 98. Límites de consistencia Combo2´de SN+CDBC (%) +VP (%) en C-03. Fuente: Propia.....	122
Tabla N° 99. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo2´ de SN+CDBC(%)+VP(%) en C-01.Fuente : Propia .....	123
Tabla N° 100. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo2´ de SN+CDBC(%)+VP(%) en C-02.Fuente : Propia .....	123
Tabla N° 101. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo2´ de SN+CDBC(%)+VP(%) en C-03.Fuente : Propia. .....	123
Tabla N° 102. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo2´ de SN +CDBC(%)+ VP (%) en C-01. Fuente: Propia.....	124
Tabla N° 103. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo2´ de SN +CDBC(%)+ VP (%) en C-02. Fuente: Propia.....	124
Tabla N° 104. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo2´ de SN +CDBC(%)+ VP (%) en C-03. Fuente: Propia.....	124
Tabla N° 105. Límites de consistencia Combo3´de SN+CDBC (%) +VP (%) en C-01. Fuente: Propia.....	125
Tabla N° 106. Límites de consistencia Combo3´de SN+CDBC (%) +VP (%) en C-02. Fuente: Propia.....	125
Tabla N° 107. Límites de consistencia Combo3´de SN+CDBC (%) +VP (%) en C-03. Fuente: Propia.....	125
Tabla N° 108. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo3´ de SN+CDBC(%)+VP(%) en C-03.Fuente : Propia. .....	126
Tabla N° 109. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo3´ de SN+CDBC(%)+VP(%) en C-02.Fuente : Propia. .....	126
Tabla N° 110. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo3´ de SN+CDBC(%)+VP(%) en C-03.Fuente : Propia. .....	126
Tabla N° 111. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo3´ de SN +CDBC(%)+ VP (%) en C-01. Fuente: Propia.....	127
Tabla N° 112. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo3´ de SN +CDBC(%)+ VP (%) en C-02. Fuente: Propia.....	127
Tabla N° 113. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo3´ de SN +CDBC(%)+ VP (%) en C-03. Fuente: Propia.....	127
Tabla N° 114. Límites de consistencia Combo4´de SN+CDBC (%) +VP (%) en C-01. Fuente: Propia.....	128
Tabla N° 115. Límites de consistencia Combo4´de SN+CDBC (%) +VP (%) en C-02. Fuente: Propia.....	128

Tabla N° 116. Límites de consistencia Combo4´de SN+CDBC (%) +VP (%) en C-03. Fuente: Propia.....	128
Tabla N° 117. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo4´ de SN+CDBC(%)+VP(%) en C-01.Fuente : Propia. .....	129
Tabla N° 118. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo4´ de SN+CDBC(%)+VP(%) en C-02.Fuente : Propia. .....	129
Tabla N° 119. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo4´ de SN+CDBC(%)+VP(%) en C-03.Fuente : Propia. .....	129
Tabla N° 120. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo4´ de SN +CDBC(%)+ VP (%) en C-01. Fuente: Propia.....	130
Tabla N° 121. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo4´ de SN +CDBC(%)+ VP (%) en C-02. Fuente: Propia.....	130
Tabla N° 122. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo4´ de SN +CDBC(%)+ VP (%) en C-03. Fuente: Propia.....	130
Tabla N° 123. Datos obtenidos de la Densidad de Campo.....	131
Tabla N° 124. Resultados de ensayos de las 3 calicatas en muestras naturales. Fuente: Propia .....	132
Tabla N° 125. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del SN+ VP en la C-01 .....	133
Tabla N° 126. Resultados del ensayo de CBR del SN+VP en la C-01. Fuente Propia .....	133
Tabla N° 127. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del SN+ VP en la C-02 .....	134
Tabla N° 128. Resultados del ensayo de CBR del SN+VP en la C-02. Fuente Propia .....	135
Tabla N° 129. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del SN+ VP en la C-03.Fuente : Propia .....	137
Tabla N° 130. Resultados del ensayo de CBR del SN+VP en la C-03. Fuente Propia. ....	137
Tabla N° 131. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del SN+ CDBC en la C-01.Fuente : Propia .....	139
Tabla N° 132. Resultados del ensayo de CBR del SN+CDBC en la C-01. Fuente Propia .....	140
Tabla N° 133. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del SN+ CDBC en la C-02.Fuente : Propia .....	141
Tabla N° 134. Resultados del ensayo de CBR del SN+CDBC en la C-02. Fuente Propia .....	141
Tabla N° 135. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del SN+ CDBC en la C-03.Fuente : Propia .....	143
Tabla N° 136. Resultados del ensayo de CBR del SN+CDBC en la C-03. Fuente Propia .....	143
Tabla N° 137. Resultado de comparativa de SN y VP. Fuente: Propia.....	144
Tabla N° 138. Resultado de comparativa de SN y CDBC. Fuente: Propia.....	145
Tabla N° 139. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo 1 en la C-01.Fuente : Propia.....	147
Tabla N° 140. Resultados del ensayo de CBR del Combo 1 en la C-01. Fuente Propia.....	148
Tabla N° 141. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo 2 en la C-01.Fuente : Propia.....	149
Tabla N° 142. Resultados del ensayo de CBR del Combo 2 en la C-03. Fuente Propia.....	150
Tabla N° 143. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo 3 en la C-01.Fuente : Propia.....	151
Tabla N° 144. Resultados del ensayo de CBR del Combo 3 en la C-03. Fuente Propia.....	152
Tabla N° 145. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo 4 en la C-01.Fuente : Propia.....	154
Tabla N° 146. Resultados del ensayo de CBR del Combo 4 en la C-03. Fuente Propia.....	155
Tabla N° 147. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo1´ en la C-01.Fuente : Propia .....	156
Tabla N° 148. Resultados del ensayo de CBR del Combo1´ en la C-01. Fuente Propia.....	157
Tabla N° 149. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo2´ en la C-01.Fuente : Propia .....	158

Tabla N° 150. Resultados del ensayo de CBR del Combo2' en la C-01. Fuente Propia.....	158
Tabla N° 151. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo3' en la C-01.Fuente : Propia .....	160
Tabla N° 152. Resultados del ensayo de CBR del Combo3' en la C-01. Fuente Propia.....	161
Tabla N° 153. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo4' en la C-01.Fuente : Propia .....	162
Tabla N° 154. Resultados del ensayo de CBR del Combo4' en la C-01. Fuente Propia.....	162
Tabla N° 155. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo1 en la C-02.Fuente : Propia.....	164
Tabla N° 156. Resultados del ensayo de CBR del Combo1 en la C-02. Fuente Propia.....	165
Tabla N° 157. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo2 en la C-02.Fuente : Propia.....	166
Tabla N° 158. Resultados del ensayo de CBR del Combo2 en la C-02. Fuente Propia.....	167
Tabla N° 159. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo3 en la C-02.Fuente : Propia.....	168
Tabla N° 160. Resultados del ensayo de CBR del Combo3 en la C-02. Fuente Propia.....	169
Tabla N° 161. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo4 en la C-02.Fuente : Propia.....	170
Tabla N° 162. Resultados del ensayo de CBR del Combo4 en la C-02. Fuente Propia.....	171
Tabla N° 163. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo1' en la C-02.Fuente : Propia .....	172
Tabla N° 164. Resultados del ensayo de CBR del Combo1' en la C-02. Fuente Propia.....	173
Tabla N° 165. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo2' en la C-02.Fuente : Propia .....	174
Tabla N° 166. Resultados del ensayo de CBR del Combo2' en la C-02. Fuente Propia.....	175
Tabla N° 167. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo3' en la C-02.Fuente : Propia .....	176
Tabla N° 168: Resultados del ensayo de CBR del Combo3' en la C-02. Fuente Propia .....	177
Tabla N° 169. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo4' en la C-02.Fuente : Propia .....	178
Tabla N° 170. Resultados del ensayo de CBR del Combo4' en la C-02. Fuente Propia.....	179
Tabla N° 171. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo1 en la C-03.Fuente : Propia.....	180
Tabla N° 172. Resultados del ensayo de CBR del Combo1 en la C-03. Fuente Propia.....	181
Tabla N° 173. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo2 en la C-03.Fuente : Propia.....	182
Tabla N° 174. Resultados del ensayo de CBR del Combo2 en la C-03. Fuente Propia.....	183
Tabla N° 175. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo3 en la C-03.Fuente : Propia.....	185
Tabla N° 176. Resultados del ensayo de CBR del Combo3 en la C-03. Fuente Propia.....	185
Tabla N° 177. Resultados del ensayo de CBR del Combo4 en la C-03. Fuente Propia.....	187
Tabla N° 178. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo1' en la C-03.Fuente : Propia .....	189
Tabla N° 179. Resultados del ensayo de CBR del Combo1' en la C-03. Fuente Propia.....	189
Tabla N° 180. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo2' en la C-03.Fuente : Propia .....	191
Tabla N° 181. Resultados del ensayo de CBR del Combo2' en la C-03. Fuente Propia.....	192
Tabla N° 182. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo3' en la C-03.Fuente : Propia .....	193
Tabla N° 183. Resultados del ensayo de CBR del Combo3' en la C-03. Fuente Propia.....	194
Tabla N° 184: Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo4' en la C-03.Fuente : Propia .....	195
Tabla N° 185. Resultados del ensayo de CBR del Combo4' en la C-03. Fuente Propia.....	196
Tabla N° 186. Resultados de los combos con el VP constante en la C-01.....	197
Tabla N° 187. Resultados de los combos con la CDBC constante en la C-01 .....	198
Tabla N° 188. Resultados de los combos con el VP constante en la C-02.....	198
Tabla N° 189. Resultados de los combos con la CDBC constante en la C-02.....	199

Tabla N° 190. Resultados de los combos con el VP constante en la C-03.....	199
Tabla N° 191. Resultados de los combos con la CDBC constante en la C-03.....	200
Tabla N° 192. Resultados de Densidad de Campo - Grado de Compactación.....	201
Tabla N° 193. APU- Estabilización con Cemento al 15% VP.....	203
Tabla N° 194. APU- Estabilización con Cal al 15% VP.....	203
Tabla N° 195: APU- Estabilización con VP.....	204
Tabla N° 196. APU- Estabilización con Cemento al 16% CDBC.....	206
Tabla N° 197. APU- Estabilización con Cal al 16% CDBC.....	207
Tabla N° 198. APU- Estabilización con CDBC.....	207
Tabla N° 199. APU- Estabilización con Cemento al 26% (VP+CDBC).....	210
Tabla N° 200. APU- Estabilización con Cal al 26% (VP+CDBC).....	211
Tabla N° 201. APU- Estabilización con Combo 3.....	211

## Lista de Figuras

Figura N° 1. Límites de atterberg[40] .....	39
Figura N° 2. Curva para calcular el índice del CBR. Fuente : Manual MTC.....	48
Figura N° 3. Signos convencionales para el perfil de una calicata[29] .....	48
Figura N° 4. Signos convencionales para el perfil de una calicata [29].....	50
Figura N° 5. S.Unificado de clasificación De Suelos [40] .....	51
Figura N° 6. Sectores de los Tipos de suelos en la ciudad de Ferreñafe .....	58
Figura N° 7. Proceso para demostrar la hipótesis .....	62
Figura N° 8. Calicatas distribuidas: Fuente : Google Earth .....	65
Figura N° 9. Calicata 01.Fuente: Propia .....	66
Figura N° 10. Calicata 02.....	67
Figura N° 11. Calicata 03.....	67
Figura N° 12. Perfil estratigráfico C-01 .....	68
Figura N° 13. Perfil estratigráfico C-02.....	69
Figura N° 14. Perfil estratigráfico C-03 .....	70
Figura N° 15. Ensayo Contenido de Humedad. Fuente: Propia .....	71
Figura N° 16. Ensayo granulometría, peso de las muestras retenidas. Fuente : Propia.....	72
Figura N° 17. Ensayo granulometría por tamizado. Fuente: Propia.....	72
Figura N° 18. Ensayo granulométrico por Hidrómetro. Fuente : Propia.....	73
Figura N° 19. Ensayo del Límite Líquido. Fuente Propia.....	74
Figura N° 20. Ensayo del Límite Líquido. Fuente: Propia.....	75
Figura N° 21. Ensayo Proctor Modificado.....	76
Figura N° 22. Ensayo de CBR. Fuente Propia .....	77
Figura N° 23. Espectrómetro de rayos X. Fuente: Propia .....	78
Figura N° 24. Ceniza de bagazo visualizada en el microscopio óptico a 400x.Fuente : Propia.....	79
Figura N° 25. Vidrio pulverizado visualizado en el microscopio óptico a 400x.Fuente : Propia .....	80
Figura N° 26. Saquetas obtenidas de bagazo y ceniza. Fuente: Propia .....	81
Figura N° 27. Horno de mampostería. Fuente: Propia .....	81
Figura N° 28. Calcinación del bagazo. Fuente : Propia .....	82
Figura N° 29. Temperatura del quemado de la ceniza de bagazo. Fuente : Propia .....	82
Figura N° 30. Muestra de ceniza de Bagazo de caña. Fuente: Propia .....	83
Figura N° 31. Obtención del vidrio. Fuente: Propia.....	84
Figura N° 32. Chancado del vidrio obtenido. Fuente: Propia .....	85
Figura N° 33. Triturado mediante la máquina de abrasión los ángeles. Fuente : Propia.....	85
Figura N° 34. Tamizado del vidrio. Fuente : Propia .....	86
Figura N° 35. Vidrio pulverizado. Fuente : Propia .....	86
Figura N° 36. Adición del vidrio pulverizado al Suelo Natural. Fuente : Propia.....	91
Figura N° 37. Adición de la ceniza de bagazo al Suelo Natural. Fuente: Propia .....	91
Figura N° 38. Adición del vidrio pulverizado + Ceniza de bagazo al Suelo Natural.....	91
Figura N° 39. Nivelación y compactación del tramo de prueba.....	92

Figura N° 40. Densidad de campo del tramo de prueba.....	92
Figura N° 41. Ceniza de bagazo visualizada en el microscopio óptico a 400x.Fuente : Propia.....	97
Figura N° 42. Vidrio pulverizado visualizada en el microscopio óptico a 400x.Fuente : Propia.....	99

## Lista de Gráficas

Gráfica N° 1. Resultados De Límites de Consistencia del SN+ VP en la C-01. Fuente : Propia .....	132
Gráfica N° 2. Resultados de M.D.S del SN + VP en la C-01. Fuente : Propia .....	133
Gráfica N° 3. Resultados del CBR a 0.1" en la C-01.Fuente Propia.....	134
Gráfica N° 4. Resultados De Límites de Consistencia del SN+ VP en la C-02. Fuente : Propia .....	134
Gráfica N° 5. Resultados de M.D.S del SN + VP en la C-02. Fuente : Propia .....	135
Gráfica N° 6. Resultados del CBR a 0.1" en la C-02.Fuente Propia.....	136
Gráfica N° 7. Resultados De Límites de Consistencia del SN+ VP en la C-03. Fuente : Propia .....	136
Gráfica N° 8. Resultados de M.D.S del SN + VP en la C-03. Fuente : Propia .....	137
Gráfica N° 9. Resultados del CBR a 0.1" en la C-03.Fuente Propia.....	138
Gráfica N° 10. Resultados De Límites de Consistencia del SN+ CDBC en la C-01. Fuente : Propia.....	138
Gráfica N° 11. Resultados de M.D.S del SN + CDBC en la C-01. Fuente : Propia .....	139
Gráfica N° 12. Resultados del CBR a 0.1" en la C-01.Fuente Propia.....	140
Gráfica N° 13. Resultados De Límites de Consistencia del SN+ CDBC en la C-02. Fuente : Propia.....	140
Gráfica N° 14: Resultados de M.D.S del SN + CDBC en la C-01. Fuente : Propia .....	141
Gráfica N° 15. Resultados del CBR a 0.1" en la C-02.Fuente Propia.....	142
Gráfica N° 16. Resultados De Límites de Consistencia del SN+ CDBC en la C-03. Fuente : Propia.....	142
Gráfica N° 17. Resultados de M.D.S del SN + CDBC en la C-03. Fuente : Propia .....	143
Gráfica N° 18. Resultados del ensayo de CBR del SN+CDBC en la C-03. Fuente Propia.....	144
Gráfica N° 19. Resultados De Límites de Consistencia Combo 1 en la C-01. Fuente : Propia .....	146
Gráfica N° 20. Resultados de M.D.S del Combo 1 en la C-01. Fuente : Propia.....	147
Gráfica N° 21. Resultados del ensayo de CBR del Combo 1 en la C-01. Fuente Propia.....	148
Gráfica N° 22. Resultados De Límites de Consistencia Combo 2 en la C-01. Fuente : Propia .....	149
Gráfica N° 23. Resultados de M.D.S del Combo 2 en la C-01. Fuente : Propia.....	149
Gráfica N° 24. Resultados del ensayo de CBR del Combo 2 en la C-01. Fuente Propia.....	150
Gráfica N° 25. Resultados De Límites de Consistencia Combo 3 en la C-01. Fuente : Propia .....	151
Gráfica N° 26. Resultados de M.D.S del Combo 3 en la C-01. Fuente : Propia.....	152
Gráfica N° 27. Resultados del ensayo de CBR del Combo 3 en la C-01. Fuente Propia.....	153
Gráfica N° 28. Resultados De Límites de Consistencia Combo 4 en la C-01. Fuente : Propia .....	153
Gráfica N° 29. Resultados de M.D.S del Combo 4 en la C-01. Fuente : Propia.....	154
Gráfica N° 30. Resultados del ensayo de CBR del Combo 4 en la C-01. Fuente Propia.....	155
Gráfica N° 31. Resultados De Límites de Consistencia Combo 1' en la C-01. Fuente : Propia .....	155
Gráfica N° 32. Resultados de M.D.S del Combo 1' en la C-01. Fuente : Propia .....	156
Gráfica N° 33. Resultados del ensayo de CBR del Combo1' en la C-01. Fuente Propia .....	157
Gráfica N° 34. Resultados De Límites de Consistencia Combo 2' en la C-01. Fuente : Propia .....	157
Gráfica N° 35. Resultados de M.D.S del Combo 2' en la C-01. Fuente : Propia .....	158
Gráfica N° 36. Resultados del ensayo de CBR del Combo1' en la C-01. Fuente Propia .....	159
Gráfica N° 37. Resultados De Límites de Consistencia Combo 3' en la C-01. Fuente : Propia .....	159

Gráfica N° 38. Resultados de M.D.S del Combo 3' en la C-01. Fuente : Propia .....	160
Gráfica N° 39. Resultados del ensayo de CBR del Combo3' en la C-01. Fuente Propia .....	161
Gráfica N° 40. Resultados De Límites de Consistencia Combo 4' en la C-01. Fuente : Propia .....	161
Gráfica N° 41. Resultados de M.D.S del Combo 3' en la C-01. Fuente : Propia .....	162
Gráfica N° 42. Resultados del ensayo de CBR del Combo4' en la C-01. Fuente Propia .....	163
Gráfica N° 43. Resultados De Límites de Consistencia Combo 4' en la C-02. Fuente : Propia .....	163
Gráfica N° 44. Resultados de M.D.S del Combo 1 en la C-01. Fuente : Propia.....	164
Gráfica N° 45. Resultados del ensayo de CBR del Combo1 en la C-02. Fuente Propia .....	165
Gráfica N° 46. Resultados De Límites de Consistencia Combo 2 en la C-02. Fuente : Propia .....	165
Gráfica N° 47. Resultados de M.D.S del Combo2 en la C-01. Fuente : Propia .....	166
Gráfica N° 48. Resultados del ensayo de CBR del Combo2 en la C-02. Fuente Propia .....	167
Gráfica N° 49. Resultados De Límites de Consistencia Combo 3 en la C-02. Fuente : Propia .....	168
Gráfica N° 50. Resultados de M.D.S del Combo3 en la C-02. Fuente : Propia .....	168
Gráfica N° 51. Resultados del ensayo de CBR del Combo3 en la C-02. Fuente Propia .....	169
Gráfica N° 52. Resultados De Límites de Consistencia Combo4 en la C-02. Fuente : Propia .....	170
Gráfica N° 53. Resultados de M.D.S del Combo4 en la C-02. Fuente : Propia .....	170
Gráfica N° 54. Resultados del ensayo de CBR del Combo4 en la C-02. Fuente Propia .....	171
Gráfica N° 55. Resultados De Límites de Consistencia Combo1' en la C-02. Fuente : Propia .....	172
Gráfica N° 56. Resultados de M.D.S del Combo 1' en la C-02. Fuente : Propia .....	172
Gráfica N° 57. Resultados del ensayo de CBR del Combo1' en la C-02. Fuente Propia .....	173
Gráfica N° 58. Resultados De Límites de Consistencia Combo2' en la C-02. Fuente : Propia.....	174
Gráfica N° 59. Resultados de M.D.S del Combo 2' en la C-02. Fuente : Propia .....	175
Gráfica N° 60. Resultados del ensayo de CBR del Combo2' en la C-02. Fuente Propia .....	175
Gráfica N° 61. Resultados De Límites de Consistencia Combo3' en la C-02. Fuente : Propia.....	176
Gráfica N° 62. Resultados de M.D.S del Combo 3' en la C-02. Fuente : Propia .....	177
Gráfica N° 63. Resultados del ensayo de CBR del Combo3' en la C-02. Fuente Propia .....	177
Gráfica N° 64. Resultados De Límites de Consistencia Combo4' en la C-02. Fuente : Propia.....	178
Gráfica N° 65. Resultados de M.D.S del Combo 4' en la C-02. Fuente : Propia .....	178
Gráfica N° 66. Resultados del ensayo de CBR del Combo4' en la C-02. Fuente Propia .....	179
Gráfica N° 67. Resultados De Límites de Consistencia Combo1 en la C-03. Fuente : Propia .....	180
Gráfica N° 68. Resultados de M.D.S del Combo1 en la C-03. Fuente : Propia .....	181
Gráfica N° 69. Resultados del ensayo de CBR del Combo1 en la C-03. Fuente Propia .....	181
Gráfica N° 70. Resultados De Límites de Consistencia Combo2 en la C-03. Fuente : Propia .....	182
Gráfica N° 71. Resultados de M.D.S del Combo2 en la C-03. Fuente : Propia .....	183
Gráfica N° 72. Resultados del ensayo de CBR del Combo2 en la C-03. Fuente Propia .....	183
Gráfica N° 73. Resultados De Límites de Consistencia Combo3 en la C-03. Fuente : Propia .....	184
Gráfica N° 74. Resultados de M.D.S del Combo3 en la C-03. Fuente : Propia .....	185
Gráfica N° 75. Resultados del ensayo de CBR del Combo3 en la C-03. Fuente Propia .....	186

Gráfica N° 76. Resultados De Límites de Consistencia Combo4 en la C-03. Fuente : Propia .....	186
Gráfica N° 77. Resultados de M.D.S del Combo4 en la C-03. Fuente : Propia .....	187
Gráfica N° 78. Resultados del ensayo de CBR del Combo4 en la C-03. Fuente Propia .....	187
Gráfica N° 79. Resultados del ensayo de CBR del Combo4 en la C-03. Fuente Propia .....	188
Gráfica N° 80. Resultados De Límites de Consistencia Combo1' en la C-03. Fuente : Propia .....	188
Gráfica N° 81. Resultados de M.D.S del Combo 1' en la C-03. Fuente : Propia .....	189
Gráfica N° 82. Resultados del ensayo de CBR del Combo1' en la C-03. Fuente Propia .....	190
Gráfica N° 83. Resultados De Límites de Consistencia Combo2' en la C-03. Fuente : Propia .....	190
Gráfica N° 84. Resultados de M.D.S del Combo 2' en la C-03. Fuente : Propia .....	191
Gráfica N° 85. Resultados del ensayo de CBR del Combo2' en la C-03. Fuente Propia .....	192
Gráfica N° 86. Resultados De Límites de Consistencia Combo3' en la C-03. Fuente : Propia .....	192
Gráfica N° 87. Resultados de M.D.S del Combo 3' en la C-03. Fuente : Propia .....	193
Gráfica N° 88. Resultados del ensayo de CBR del Combo3' en la C-03. Fuente Propia .....	194
Gráfica N° 89. Resultados De Límites de Consistencia Combo4' en la C-03. Fuente : Propia .....	195
Gráfica N° 90. Resultados de M.D.S del Combo 4' en la C-03. Fuente : Propia .....	196
Gráfica N° 91. Resultados del ensayo de CBR del Combo3' en la C-03. Fuente Propia .....	196
Gráfica N° 92. Comparación de costos por adición-VP .....	205
Gráfica N° 93. Comparación de costos por adición-CDBC.....	208
Gráfica N° 94. Comparación de costos por adición-Combo 3 .....	212

## Lista de Anexos

Anexo N° 1. Gráfica de Contenido de humedad de Muestras Naturales.....	221
Anexo N° 2. Gráfica de Curva granulométrica por tamizado de las 3 calicatas .	221
Anexo N° 3. Gráfica de Curva Granulométrica por hidrómetro de las 3 calicatas.	221
Anexo N° 4. Curvas de compactación de las muestras naturales.	222
Anexo N° 5. Curvas de carga -penetración a los 55 golpes.	222
Anexo N° 6. Curvas de carga -penetración a los 26 golpes.	222
Anexo N° 7. Curvas de carga -penetración a los 12 golpes.	223
Anexo N° 8. Gráfica de curvas de compactación de SN + VP (%) en C-01.....	223
Anexo N° 9. Gráfica de curvas de compactación de SN + VP (%) en C-02.....	223
Anexo N° 10. Gráfica de curvas de compactación de SN + VP (%) en C-03.....	224
Anexo N° 11. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +VP( %) a 55 golpes C-01	224
Anexo N° 12. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +VP( %) a 26 golpes C-01	224
Anexo N° 13. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +VP( %) a 12 golpes C-01	225
Anexo N° 14. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +VP( %) a 55 golpes C-02	225
Anexo N° 15. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +VP( %) a 26 golpes C-02	225
Anexo N° 16. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +VP( %) a 12 golpes C-02	226
Anexo N° 17. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +VP( %) a 55 golpes C-03	226
Anexo N° 18. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +VP( %) a 26 golpes C-03	226
Anexo N° 19. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +VP( %) a 12 golpes C-03	227
Anexo N° 20. Gráfica de curvas de compactación de SN + CDDBC (%) en C-01.	227
Anexo N° 21. Gráfica de curvas de compactación de SN + CDDBC (%) en C-02.	227
Anexo N° 22. Gráfica de curvas de compactación de SN + CDDBC (%) en C-03.	228
Anexo N° 23. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +CDDBC( %) a 55 golpes C-01.....	228
Anexo N° 24. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +CDDBC( %) a 26 golpes C-01.....	228
Anexo N° 25. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +CDDBC( %) a 12 golpes C-01.....	229
Anexo N° 26. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +CDDBC( %) a 55 golpes C-02.....	229
Anexo N° 27. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +CDDBC( %) a 26 golpes C-02.....	229
Anexo N° 28. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +CDDBC( %) a 12 golpes C-02.....	230
Anexo N° 29. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +CDDBC( %) a 55 golpes C-03.....	230
Anexo N° 30. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +CDDBC( %) a 26 golpes C-03.....	230
Anexo N° 31. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +CDDBC( %) a 12 golpes C-03.....	231
Anexo N° 32. Gráfica de curvas de compactación del Combo 1:C-01.....	231
Anexo N° 33. Gráfica de curvas de compactación del Combo 1:C-02.....	231
Anexo N° 34. Gráfica de curvas de compactación del Combo 1:C-03.....	232
Anexo N° 35. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1 a 55 golpes C-01.....	232
Anexo N° 36. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1 a 26 golpes C-01.....	232
Anexo N° 37. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1 a 12 golpes C-01.....	232

Anexo N° 38. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1 a 55 golpes C-02.....	233
Anexo N° 39. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1 a 26 golpes C-02.....	233
Anexo N° 40. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1 a 12 golpes C-02.....	234
Anexo N° 41. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1 a 55 golpes C-03.....	234
Anexo N° 42. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1 a 26 golpes C-03.....	234
Anexo N° 43. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1 a 12 golpes C-03.....	235
Anexo N° 44. Gráfica de curvas de compactación del Combo 2:C-01.....	235
Anexo N° 45. Gráfica de curvas de compactación del Combo 2:C-02.....	235
Anexo N° 46. Gráfica de curvas de compactación del Combo 2:C-03.....	236
Anexo N° 47. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2 a 55 golpes C-01.....	236
Anexo N° 48. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2 a 26 golpes C-01.....	236
Anexo N° 49. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2 a 12 golpes C-01.....	237
Anexo N° 50. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2 a 55 golpes C-02.....	237
Anexo N° 51. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2 a 26 golpes C-02.....	237
Anexo N° 52. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2 a 12 golpes C-02.....	238
Anexo N° 53. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2 a 55 golpes C-03.....	238
Anexo N° 54. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2 a 26 golpes C-03.....	238
Anexo N° 55. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2 a 12 golpes C-03.....	239
Anexo N° 56. Gráfica de curvas de compactación del Combo 3:C-01.....	239
Anexo N° 57. Gráfica de curvas de compactación del Combo 3:C-02.....	239
Anexo N° 58. Gráfica de curvas de compactación del Combo 3:C-03.....	240
Anexo N° 59. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3 a 55 golpes C-01.....	240
Anexo N° 60. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3 a 26 golpes C-01.....	240
Anexo N° 61. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3 a 12 golpes C-01.....	241
Anexo N° 62. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3 a 55 golpes C-02.....	241
Anexo N° 63. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3 a 26 golpes C-02.....	241
Anexo N° 64. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3 a 12 golpes C-02.....	242
Anexo N° 65. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3 a 55 golpes C-03.....	242
Anexo N° 66. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3 a 26 golpes C-03.....	242
Anexo N° 67. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3 a 12 golpes C-03.....	243
Anexo N° 68. Gráfica de curvas de compactación del Combo 4:C-01.....	243
Anexo N° 69. Gráfica de curvas de compactación del Combo 4:C-02.....	243
Anexo N° 70. Gráfica de curvas de compactación del Combo 4:C-03.....	244
Anexo N° 71. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4 a 55 golpes C-01.....	244
Anexo N° 72. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4 a 26 golpes C-01.....	244
Anexo N° 73. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4 a 12 golpes C-01.....	245
Anexo N° 74. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4 a 55 golpes C-02.....	245
Anexo N° 75. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4 a 26 golpes C-02.....	245

Anexo N° 76. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4 a 12 golpes C-02.....	246
Anexo N° 77. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4 a 55 golpes C-03.....	246
Anexo N° 78. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4 a 26 golpes C-03.....	246
Anexo N° 79. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4 a 12 golpes C-03.....	247
Anexo N° 80. Gráfica de curvas de compactación del Combo 1':C-01.....	247
Anexo N° 81. Gráfica de curvas de compactación del Combo 1':C-02.....	247
Anexo N° 82. Gráfica de curvas de compactación del Combo 1':C-03.....	248
Anexo N° 83. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1' a 55 golpes C-01 .....	248
Anexo N° 84. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1' a 26 golpes C-01 .....	248
Anexo N° 85. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1' a 12 golpes C-01 .....	249
Anexo N° 86. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1' a 55 golpes C-02 .....	249
Anexo N° 87. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1' a 26 golpes C-02 .....	249
Anexo N° 88. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1' a 12 golpes C-02 .....	250
Anexo N° 89. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1' a 55 golpes C-03 .....	250
Anexo N° 90. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1' a 26 golpes C-03 .....	250
Anexo N° 91. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1' a 12 golpes C-03 .....	251
Anexo N° 92. Gráfica de curvas de compactación del Combo 2':C-01.....	251
Anexo N° 93. Gráfica de curvas de compactación del Combo 2':C-02.....	251
Anexo N° 94. Gráfica de curvas de compactación del Combo 2':C-03.....	252
Anexo N° 95. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2' a 55 golpes C-01 .....	252
Anexo N° 96. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2' a 26 golpes C-01 .....	252
Anexo N° 97. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2' a 12 golpes C-01 .....	253
Anexo N° 98. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2' a 55 golpes C-02 .....	253
Anexo N° 99. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2' a 26 golpes C-02 .....	253
Anexo N° 100. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2' a 12 golpes C-02 .....	254
Anexo N° 101. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2' a 55 golpes C-03 .....	254
Anexo N° 102. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2' a 26 golpes C-03 .....	254
Anexo N° 103. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2' a 12 golpes C-03 .....	255
Anexo N° 104. Gráfica de curvas de compactación del Combo 3':C-01.....	255
Anexo N° 105. Gráfica de curvas de compactación del Combo 3':C-02.....	255
Anexo N° 106. Gráfica de curvas de compactación del Combo 3':C-03.....	256
Anexo N° 107. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3' a 55 golpes C-01 .....	256
Anexo N° 108. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3' a 26 golpes C-01 .....	256
Anexo N° 109. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3' a 12 golpes C-01 .....	257
Anexo N° 110. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3' a 55 golpes C-02 .....	257
Anexo N° 111. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3' a 26 golpes C-02 .....	257
Anexo N° 112. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3' a 12 golpes C-02 .....	258
Anexo N° 113. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3' a 55 golpes C-03 .....	258

Anexo N° 114. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3' a 26 golpes C-03 .....	258
Anexo N° 115. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3' a 12 golpes C-03 .....	259
Anexo N° 116. Gráfica de curvas de compactación del Combo 4':C-01.....	259
Anexo N° 117. Gráfica de curvas de compactación del Combo 4':C-02.....	259
Anexo N° 118. Gráfica de curvas de compactación del Combo 4':C-03.....	260
Anexo N° 119. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4' a 55 golpes C-01 .....	260
Anexo N° 120. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4' a 26 golpes C-01 .....	260
Anexo N° 121. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4' a 12 golpes C-01 .....	261
Anexo N° 122. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4' a 55 golpes C-02 .....	261
Anexo N° 123. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4' a 26 golpes C-02 .....	261
Anexo N° 124. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4' a 12 golpes C-02 .....	262
Anexo N° 125. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4' a 55 golpes C-03 .....	262
Anexo N° 126. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4' a 26 golpes C-03 .....	262
Anexo N° 127. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4' a 12 golpes C-03 .....	263
Anexo N° 128. Estado de las zonas agrícolas , rurales y vías de suelo arcillosos .....	264
Anexo N° 129. Solicitud de permiso para la realización de las calicatas.....	265
Anexo N° 130. Solicitud de permiso para la obtención del bagazo .....	266
Anexo N° 131. Solicitud de autorización para la entrega del bagazo .....	267
Anexo N° 132. Validación de Ensayos .....	268
Anexo N° 133. Informe del Ensayo de Densidad de Campo .....	269
Anexo N° 134. Ensayos De Laboratorio.....	270

## RESUMEN

La presente investigación tiene como fin analizar cómo influye la incorporación de porcentajes de vidrio pulverizado y ceniza de bagazo de caña de azúcar en las muestras de subrasantes arcillosas. Se siguió el procedimiento de ensayos de campo y laboratorio según indican los manuales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Se tomaron 800 kg de muestra de suelo natural de las 3 calicatas , para los análisis de la influencia de los aditivos con las adiciones de 4%,7%,10%,15% de vidrio pulverizado (VP) y 5%,8%,11%,16% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CDBC).

Los resultados que se obtienen en laboratorio son el porcentaje de humedad , índice de plasticidad ,óptimo contenido de humedad, máxima densidad seca, índice de CBR y ensayos químicos. Además, se observó resultados de CBR mayores para porcentajes de aditivo con el 15% VP y 16% CDBC , como también con la combinación de 10% VP + 16% CDBC, mejorando la subrasante de categoría S1 ( Subrasante insuficiente ) a S5 (Subrasante excelente).

**Palabras clave:** Subrasante, CBR, suelos arcillosos, vidrio , bagazo de caña de azúca

## ABSTRACT

The purpose of this research is to analyze the influence of the incorporation of percentages of pulverized glass and sugar cane bagasse ash in clay subgrade samples. The field and laboratory test procedure was followed according to the manuals of the Ministry of Transportation and Communications.

A sample of 800 kg of natural soil was taken from the 3 pits for the analysis of the influence of the additives with the additions of 4%,7%,10%,15% of pulverized glass (PV) and 5%,8%,11%,16% of sugar cane bagasse ash (CDBC).

The results obtained in the laboratory are moisture percentage, plasticity index, optimum moisture content, maximum dry density, CBR index and chemical tests. In addition, higher CBR results were observed for additive percentages with 15% VP and 16% CDBC , as well as with the combination of 10% VP + 16% CDBC, improving the subgrade from category S1 (insufficient subgrade) to S5 (excellent subgrade).

**Keywords:** Subgrade, CBR, clayey soils, glass, sugar cane bagasse.

## INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial desde inicios de los tiempos ha desempeñado un rol fundamental en el desarrollo de las sociedades, ya que por estos medios de comunicación se producen intercambios de productos, mercancías, el traslado de personas y cubriendo cada necesidad de servicio de la población. Debido a la importancia de estas infraestructuras requieren que su suelo presente las características adecuadas para el servicio que se le asignara, la cual es soportar cargas. Uno de los problemas más comunes a las que se enfrentan es que el suelo de subrasante no presente una capacidad mínima requerida, ocasionando fallas en los pavimentos.[1]

Los suelos que presentan una baja capacidad portante son los arcillosos , debido a que son sensibles a deformaciones y tienen una mínima resistencia mecánica, contando con una alta humedad. Estos indican riesgos en la duración del pavimento donde a su vez pueden provocar daños durante la ejecución y durante la vida de cada proyecto.[1]

Por lo que es necesario mejorar este tipo de suelos para lograr aumentar la capacidad de carga, la resistencia a la compresión y también reduciendo la tendencia a la compactación, la permeabilidad y el asentamiento, siendo esto necesario para obtener un mejor desempeño en el suelo.[2]

Además, en varias partes del mundo se encuentran cubiertas con gran cantidad de suelos arcillosos, como en Australia, India, EE.UU, África, etc. En donde el mayor daño que causan estos suelos es en la economía que anualmente ascienden a miles de millones de dólares en todo el mundo. Este tipo de suelos causan daños inmensos a pavimentos de las carreteras , entre otras obras y edificaciones en general, por lo que la estabilización de estos suelos se lograría mediante estabilización química donde el uso de cenizas volantes , cal ,enzimas , cemento , ceniza volcánica , etc. , estas dan lugar a ciertas reacciones químicas que ayudaran a una mejor consolidación de este suelo arcilloso, también la estabilización mecánica involucra agregados como caucho, vidrio , plástico , entre otros , con cada propiedad física deseable en la subrasante arcillosa mejorando así esta problemática.[3]

Dentro de los residuos como opción de reemplazo a los convencionales estos pueden ser reutilizados de manera correcta para la estabilización de suelos arcillosos Dado que al momento de utilizarlas no solo mejorara este tipo de suelos , sino que también su uso ayudara a mejorar la calidad de vida de los pobladores , reduciendo la cantidad de botaderos donde suelen a parar mucho de estos residuos , siendo un problema de contaminación visual y ambiental que se podría disminuir reciclando estos insumos aplicándolos como estabilizantes con el fin de aumentar su CBR y convertirlos en alternativas sostenibles.[4]

En el Perú que cuenta con una gran variedad de suelos, dentro de la cual encontramos a los suelos arcillosos, siendo estos no recomendables para su uso en las construcciones, ya que de vez en cuando su plasticidad, capacidad de carga, tamaño de grano no cumplen las condiciones adecuadas para su uso, por lo que no es conveniente como un material adecuado para las construcciones en carreteras.[5]

A medida que pasan los años la presencia de este tipo de suelo sigue ocasionando problemas para la construcción, presentando comportamientos inadecuados, donde en el 80% de viviendas construidas no se realizaron un correcto EMS, de esta manera los efectos negativos de este tipo de suelo están relacionados en su totalidad a características estables, cambios volumétricos y de estado que sufren estos suelos arcillosos cuando están en contacto con el agua. Señalando también que su desarrollo social y económico de las poblaciones están relacionados directamente con las construcciones de las carreteras.[5]

Si bien es cierto, el Perú cuenta con normas técnicas las cuales establecen requisitos y procedimientos mínimos para los distintos tipos de estabilizaciones, la primera que es de tipo física, a través de la compactación o por medio de agentes químicos como la incorporación de cal, cemento, asfalto, estos requisitos y procedimientos se usa con el fin de que mejoren las propiedades mecánicas de los suelos, las cuales son la compresibilidad, resistencia, permeabilidad, estabilidad volumétrica y la durabilidad, lo cual evitara fallas en construcciones a futuro, pero estas técnicas que brindan son de elevados costos ya que son realizados con materiales que se producen en fábrica.[6]. Es por ello por lo que se emplean otros métodos y técnicas, incorporando cenizas calcinadas, cenizas volantes, vidrio triturado, desperdicios de aceros, entre otros, cuyo fin es que mejoren las propiedades físico-mecánicas de estos suelos arcillosos, resultando también ser una alternativa económica y sustentable.

Con respecto al vidrio, la cantidad total de residuos sólidos reciclados en el País es del 1.9% del total (encontrándose el vidrio en este porcentaje), siendo una cifra preocupante ya que estos residuos sólidos generan consecuencias que perjudican la flora y fauna de nuestro país, de igual manera generan una contaminación en los océanos. Según MINAM en el año 2021, la ciudad de Chiclayo produjo 456 Tn de residuos sólidos de vidrio por día, ya sea domiciliarios como también no domiciliarios, de esta manera generaron anualmente 166.306 Tn de residuos sólidos de vidrio, por lo que al momento de transportarlos y distribuirlos se requiere de una fuerza motriz con mayor fuerza y un consumo del combustible, donde esto genera una contaminación ambiental.[7]

En cuanto a la ceniza de bagazo, hoy en día en la región Lambayeque cuenta con 100,000 Tn de caña de azúcar, donde 30,000 Tn de bagazo de caña que es lo que dejan como sobrante son

utilizados como desechos o son utilizados de manera eficaz por las fábricas azucareras. El bagazo que termina como desecho afecta en la salud respiratoria de las personas, este desecho fibroso provoca la vaginosis (enfermedad pulmonar) tipo de neumonitis producida como respuesta alérgica a la inhalación de esporas de hongos de la especie *Thermoactinomyces*, que se acumula en el bagazo. [8]

Respecto a Ferreñafe en años anteriores contaba con una gran cantidad de acequias, donde estas fueron desviadas con el fin de poder realizar construcciones de calles y viviendas. Además, prevalecen aquellas zonas ganaderas y agrícolas, originándose una capa superficial de material arcilloso, raíces de vegetación, presencia de acuíferos, raíces de vegetación y material orgánico. Su clima es templado, las lluvias mayormente se presentan en el periodo de verano que abarca de enero hasta marzo, las actividades que sobresalen actualmente son la agricultura, ganadería y comercio. Pero el sector ganadero y agrícola no cuentan con vías de acceso apropiadas para que se realice el comercio apropiado.[9]. Es por eso que la mejora de los suelos en las zonas rurales cumple un rol fundamental en el desarrollo social, cultural, tecnológico y principalmente en lo económico, ya que de esta manera habrá mejoras de la capacidad portante del suelo en la construcción de viviendas y acceso para el traslado de productos y materia prima de primera necesidad.

Según INDECI la ciudad de Ferreñafe cuenta con la presencia de suelos de tipo arcillosos con una alta plasticidad, donde lo más posible es que se presenten problemas como la expansión de los suelos al momento que entren en contacto con el agua, de esta manera afectan las construcciones de las vías de la ciudad y las estructuras de las viviendas, generando pérdidas económicas importantes.[10]

Para concluir, este trabajo de investigación se ejecutará en la ciudad de Ferreñafe, para eso se ha tenido que revisar una amplia bibliografía sobre nuevas técnicas en donde se logró estabilizar muestras de suelos arcillosos incorporando cenizas de bagazo en temperaturas que van de un rango de 400 C° a 800 C°, siendo 500 C° la temperatura a la cual los óxidos de sílice y calcio empiezan a activarse y a la temperatura encima de 800 C° es donde se encuentra totalmente cristalino, adicionando también vidrio pulverizado en diferentes porcentajes, con el fin de obtener un porcentaje óptimo tanto para ambos materiales. Ahora teniendo en cuenta todo lo mencionado se plantea la siguiente interrogante ¿Cómo influye la incorporación de vidrio pulverizado y ceniza de bagazo de caña de azúcar en las propiedades físico-mecánicas de un suelo arcilloso?

Para comprender la problemática se propuso la siguiente hipótesis:

La incorporación de porcentajes de vidrio pulverizado y ceniza de bagazo de caña de azúcar mejorará las propiedades físico-mecánicas de un suelo arcilloso.

Así mismo , se definió como objetivos general: Mejorar las propiedades físico-mecánicas de un suelo arcilloso adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar y vidrio pulverizado.

Además, se definieron los objetivos específicos los cuales son : Determinar cada propiedad física de la muestra estabilizada y del suelo natural con distintos porcentajes de vidrio pulverizado y ceniza de bagazo de caña de azúcar por medio de ensayos de límite líquido, límite plástico, contenido de humedad y clasificación AASHTO y SUCS a través de un ensayo granulométrico, Obtener la composición química y toma microscópica de los agentes estabilizadores a través de los ensayos de fluorescencia y difracción de rayos x, Hallar la humedad óptima de compactación, densidad máxima seca y contenido de sales de la muestra del suelo natural y a las muestras estabilizadas con vidrio pulverizado y ceniza de bagazo de caña de azúcar solo humedad óptima de compactación, densidad máxima seca, a través de los ensayos de Proctor modificado y CBR, Comparar las propiedades físicas y mecánicas de la muestra del suelo natural con las muestras de vidrio pulverizado y ceniza de bagazo de caña de azúcar por cada combinación realizada, determinando de esa manera el porcentaje óptimo de adición para cada una, Determinar mediante el ensayo de CBR , los valores de índice de CBR tanto de la muestra estabilizada y la muestra natural, finalmente, Determinar el costo de estabilización con esta nueva alternativa.

Por lo que se refiere a la presente investigación con respecto a su justificación , se basa en lo siguiente:

- ✓ De acuerdo con su justificación Técnica, el fin de esta tesis es que se obtendrán mejoras en el desempeño de los suelos arcillosos, planteándose de esta manera la incorporación de vidrio pulverizado y ceniza de bagazo de caña de azúcar cuyo fin es que las propiedades físicas y mecánicas mejoren , siendo recomendables para su uso como estabilizadores.
- ✓ De acuerdo con su justificación social , esta tesis busca beneficiar la calidad de vida de los pobladores, transeúntes y personal del transporte público dentro de la zona agrícola y rural, ya que tendrán vías con fácil accesibilidad. Además, de que con esto se mitigará el impacto de material particulado en el aire evitando enfermedades.
- ✓ Como justificación ambiental , esta tesis busca demostrar el beneficio de 2 materiales desechables (CDBC Y VP) , comprobando que se puede disminuir la contaminación que generan los agentes estabilizadores comunes como la cal y el cemento, que durante

el proceso de fabricación de la caliza o clinker emiten gases nocivos para el medio ambiente.

- ✓ De acuerdo a su justificación económica, esta tesis plantea reutilizar las cenizas de bagazo de caña de azúcar que serán extraídas de las empresas azucareras, de igual manera se propone incorporar vidrio pulverizado donde la adición de ambas muestras tiene como fin disminuir los costos de estabilización de una subrasante sin tener que adicionarle material granular o de préstamo que mejore las propiedades físicas como mecánicas de las subrasantes arcillosas. Además de disminuir el tiempo de viaje, costo de flete y mantenimiento de las unidades de transporte.

## REVISIÓN DE LA LITERATURA

### ANTECEDENTES

#### Antecedentes Internacionales

Rose et. al [11] buscan el uso de vidrio pulverizado como estabilizante de un suelo arcilloso débil para una metodología más productiva en la construcción de este tipo de suelo. El vidrio pulverizado se agregó al suelo en distintas proporciones las cuales fueron 2%, 4%, 6% , 8% y 10%, cuyo CBR, ángulo de fricción interior, valores de cohesión , UCC de este suelo arcilloso aumentan cuando se le adiciona vidrio pulverizado solamente hasta cierto valor optimo el cual fue un 8%. También el valor de densidad seca de este suelo arcilloso aumenta mucho más cuando se le aumenta más vidrio pulverizado. En conclusión, la estabilización de una subrasante arcillosa incorporándole vidrio pulverizado es recomendable ya que mejoró la resistencia del suelo y por lo que también es un desecho industrial lo cual resulta muy económico.

Olufowobi et. al [12] en este artículo de investigación evalúan cual sería el resultado adicionando polvo de vidrio en suelos arcillosos , utilizando proporciones de 1%,2%,5%,10% y 15% , demostrándose que adicionando polvo de vidrio mejoran las propiedades del suelo arcillosos , donde el porcentaje de vidrio requerido para que se logre mejores resultados esta entre 5% y el 10% , ya que los valores máximos en las pruebas de CBR y compactación se obtuvo con un porcentaje de polvo de vidrio del 5% , mientras el valor máximo en la prueba de resistencia al corte fueron con un 10% , concluyendo que con los resultados obtenidos de que el polvo de vidrio es efectivo como estabilizante de suelos , ya que se obtuvieron mejoras en sus propiedades, haciéndose más estable.

Aaqib et. al [13] en este estudio se tuvo como objetivo que efecto tendría la estabilización del suelo con vidrio pulverizado , por lo cual se realizaron distintas pruebas donde el vidrio pulverizado se mezclaron con las muestras de suelo en porcentajes como 2%,4%,6%,8% y 10% donde se determinaría que porcentaje es óptimo , de acuerdo a los resultados se obtiene que el LL,LP e IP disminuyen aumentando vidrio pulverizado , lo cual mejoró potencialmente la subrasante, el valor de MDD aumentó añadiendo polvo de vidrio hasta un 8% y se mantuvo igual cuando se le agrego el 10% , por otro lado el OMC disminuye con el aumento de vidrio pulverizado .El CBR aumento de igual manera con la adición de este y el UCS incremento cuando se le agregó un 8% y disminuye al agregar un 10% de vidrio pulverizado, por lo que el

porcentaje óptimo que mejor convendría para las mejoras de los suelos está en un 8% , concluyendo de que el polvo de vidrio si es útil para obtener mejoras en los suelos arcillosos , el uso de estos para la estabilización no solo sirve de ayuda para disminuir el efecto ambiental , sino que lograra soluciones económicas , debido a que este material se consigue a bajo costo y está disponible localmente.

Mishra [14] en este estudio utiliza vidrio pulverizado para mejorar la resistencia del suelo, se hicieron observaciones de diferentes resultados a través de pruebas donde se demuestra que mejoran las propiedades del suelo arcilloso adicionándole vidrio pulverizado, que se encuentra entre los porcentajes del 5% y 10% , para lograr mejores resultados .Los valores máximos que se obtuvieron en la prueba de compactación y CBR fue al adicionar un 5% de vidrio pulverizado y de un 10% fue el valor máximo en la prueba de la resistencia al corte .Concluyendo que el vidrio pulverizado si es utilizable como estabilizador del suelo arcilloso ya que provoco cambios en las distintas propiedades del suelo.

Blayi et. al [15] en este estudio investigan la incorporación de otro material el cual es vidrio molido para una mejora de la resistencia del suelo arcilloso, los porcentajes del vidrio molido fueron de 2.5%,5%,10%,15% y 25% ,donde adicionándole este material los resultados fueron que los límites de Atterberg ( LL,LP,IP Y LS ) disminuyeron cada vez que la cantidad de vidrio molido incremento hasta un 25%. También al adicionarle un 15% de vidrio molido aumento el MDD , UCS, el Angulo de fricción y cada valor del CBR. En conclusión, el porcentaje óptimo para mejorar el suelo arcilloso es del 15% ya que hasta ese porcentaje las propiedades del suelo mejoraran .

Saini et. al [16] en este artículo de investigación su objetivo es estabilizar un suelo arcillosos donde utilizan ceniza de bagazo con adiciones de: 2.5% ,5%,,8%,7.5%,10% y 12.5% , donde el porcentaje óptimo que se recomienda es del 5% ya que mejora la resistencia al corte, donde por medio de la prueba de CBR se pudo observar que con la incorporación de ceniza de bagazo con ese porcentaje su valor aumenta , lo mismo en la prueba de UCS y la resistencia al corte .

Kumar et. al [17] en esta investigación estudiaran la estabilización de una subrasante arcillosa utilizando distintos materiales los cuales son la CDCA, ceniza de bagazo y ceniza de estiércol de vaca , donde estos se mezclaron en porcentajes en 0%,2.5%,7.5%,10% y 12.5% ,donde el IP disminuyo conforme se aumentaba el porcentaje de las cenizas , por otro lado también se obtuvo que el CBR hasta cierto punto máximo aumento donde el porcentaje óptimo fue el 7.5% de cenizas , lo mismo paso

para UCS , concluyendo que las cenizas son útiles para una buena estabilización de los suelos arcillosos y resulta económico.

Ewa et. al [18] estudian la capacidad que tendrían la ceniza de bagazo de caña de azúcar y el polvo de piedra caliza como estabilizadores, se emplearan de manera independiente y en conjunto para lograr mejorar cada propiedad del suelo, donde se tuvieron resultados como la mejora del CBR con ambos estabilizadores, también estos estabilizadores mejoraran el UCS , mejoraron también la rigidez del suelo con la combinación de estos pero con la ceniza de bagazo mejoraron aún más , concluyendo que el valor óptimo para este es de un 10% .

Rahujo et. al [19] en este artículo de investigación utilizan la ceniza de bagazo para mejorar cada característica de resistencia del suelo , utilizando proporciones de 2%,4%,6%,8% y 10% y observar cada cambio en el suelo arcilloso, donde los resultados fueron que al aumentar porcentaje de ceniza de bagazo aumentaba la densidad seca máxima en cambio el OMC disminuye , y en las pruebas de CBR su valor más alto se da en 10% , concluyendo que si se puede realizar estudios para ver la resistencia del suelo adicionando ceniza de bagazo junto con otros estabilizadores.

### **Antecedentes Nacionales**

Najarro et. al [20] en esta investigación plantean la estabilización de suelos de subrasante arcillosa adicionándole polvo de vidrio en distintas cantidades las cuales son del 0%,2%,4%,6%,8%,10% y 12%, donde se obtuvieron como resultado que el mayor porcentaje óptimo para adicionarle al suelo arcillosos es de 10% , logrando mejoras en la m.d.s aumentando los valores de índice del CBR , esto mejora las propiedades del suelo donde primero fue un suelo no accesible pasando a ser un suelo muy bueno para subrasantes arcillosas , concluyendo que la adición de polvo de vidrio se obtiene una densificación mejor del suelo , teniéndose un resultado con un cierto aumento de la capacidad portante , por lo que si puede evaluarse como opción sostenible para estabilizaciones.

Espinoza y Alcántara [21] en esta tesis de investigación analizan el vidrio pulverizado para obtener una mejor estabilización de suelos arcillosos , utilizando porcentajes del 4%,6% y 8%, para mejorar las propiedades de la resistencia como CBR y Proctor modificado , donde el valor optimo es del 8% ya que con ese porcentaje disminuye el contenido de humedad y la plasticidad , obteniéndose de esa manera un mayor porcentaje del CBR y MDS, concluyendo que si es recomendable usar vidrio pulverizado para obtener una estabilización con mejores propiedades de la resistencia del suelo de igual manera reduciendo la contaminación al medio ambiente que hoy en día existe.

Diaz y León [22] tienen como objetivo plantear, comparar cada propiedad mecánica y física usando vidrio pulverizado reciclado en porcentajes del 5% y 10% , donde las propiedades como el Proctor y CBR mejoran al 10% siendo este el porcentaje optimo , concluyendo que el vidrio pulverizado es recomendable para mejorar la subrasantes arcillosas ya que mejoraran las propiedades del suelo como también resulta ser una alternativa sustentable y económica .

Rodríguez [23] en su investigación analiza la adición de vidrio en polvo en las propiedades física y mecánica de los suelos arcillosos en Puno ,utilizando porcentajes de vidrio en polvo de 0%,4%,7% y 10% ,donde se obtuvo como resultado que al adicionarle vidrio triturado disminuye la densidad , IP y gravedad especifica del suelo , también se produce el aumento de la resistencia del suelo estudiado, con un porcentaje optimo el cual es un 7% , concluyendo que al adicionarle este material produce mejoras de las propiedades del suelo.

Terrones [24] realiza una investigación basada en la estabilización de un suelo arcilloso ( Sector Barraza) adicionándole ceniza de bagazo donde utilizaron porcentajes del 5%,10% y 15% , donde se obtienen mejoras de las propiedades del suelo , donde adicionándole porcentaje del 15% el CBR aumenta lo cual indica que es un porcentaje óptimo para la estabilización de estos tipos de suelos, concluyendo que adicionándole este material tiene cambios positivos que permite usarlo como estabilizador ya que mejoro el CBR , y por último la CBCA es sustentable , económica y trae un impacto muy positivo al medio ambiente , mostrando mejoras de las propiedades mecánicas-físicas del suelo estudiado.

Aquino [25] en esta investigación analiza la ceniza de bagazo de caña en la estabilización de suelos de tipo arcilloso en el distrito Laredo , donde los porcentajes utilizados son del 5%,10% y 15% , se verifico que el porcentaje optimo es del 15% ya que con este logra una mejora en el CBR , concluyendo que con la mezcla de este material sirve como alternativa en la estabilización de suelos.

Rojas [26] investiga la adición de la ceniza de bagazo en subrasantes arcillosas, realizándose ensayos como granulometría, Proctor modificado, CBR y Limites de Atterberg, utilizando porcentajes del 8% ,12% y 30%, donde se obtuvo una mejora del Proctor modificado , reduciendo el OCH , también se incrementó la m.d.s por último el incremento del CBR , donde en el porcentaje del 12% aumentaron su capacidad , concluyéndose que la adición de este material mejoran la resistencia de las subrasantes arcillosas.

## **BASES LEGALES**

### **Manual De Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción ( EG-2013)**

Este manual ofrece requisitos e instrucciones de aquellas actividades referentes a infraestructura vial, cuyo fin es mejorar la calidad de estas, señalando en su capítulo tres ciertos ensayos que se tendrían que realizar a los suelos de acuerdo al tipo de estabilización.[27]

### **Norma CE.010. Pavimentos Urbanos**

Esta normativa establece técnicas para el EMS , requisitos de materiales, ensayos de laboratorio y pruebas de control de acuerdo al tipo de estabilización.[28]

### **Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos (MTC-2014)**

Este manual nos ofrece información en materia de pavimentos y suelos para desarrollar una correcta exploración de suelos, de igual manera , presenta criterios que caracterizan y estabilizan las subrasantes .[29]

### **Manual de Ensayos de Materiales-2016**

Este manual tiene como fin estandarizar los procedimientos y el método , para la realización de cada ensayo de campo y laboratorio de los materiales que se utilizaran en varios proyectos de infraestructura vial.[30]

### **Determinación Del Contenido De Humedad De Un Suelo , MTC E 108**

Esta normativa , nos muestra el proceso en el cual se determina el contenido de humedad de la muestra del suelo , de esta manera comparar los resultados de la muestra con humedad natural y otra muestra secada en el horno , obteniendo el peso del agua que se contiene en la muestra y hallando el porcentaje de humedad.[30]

### **Análisis Granulométrico De Suelos Por Tamizado , MTC E107**

En la presenta normativa , nos muestra el procedimiento para poder realizar en muestras de suelos el análisis granulométrico a través de la técnica del tamizado y sedimentación.[30]

### **Determinación Del Límite Líquido De Los Suelos, MTC E 110**

La presente tesis , brinda indicaciones de realizar el ensayo de L.L a través de la copa de Casagrande , de esta manera se obtiene humedades , en las cuales el suelo cambiara de consistencia plástica a líquida.[30]

### **Determinación Del Límite Plástico (LP) E Índice De Plasticidad (IP), MTC E 111**

En esta normativa , nos aporta indicaciones para calcular el L.P de una muestra de suelo, con el fin de hallar el I.P , a través de la diferencia de límites de consistencia. [30]

**Classification Of Soil And Soil-Aggregate Mixtures For Highway Construction Purposes (Clasificación De Suelo y Mezclas De Suelo-Agregado Para Fines De Construcción De Carreteras), AASHTO M 145**

En la presente normativa internacional , nos brinda cierta clasificación de suelos teniendo en cuenta su granulometría y límites de consistencia , luego se clasifica en 7 grupos desde A-1 hasta A-7 , donde los suelos arcillosos y limosos comprenden desde el grupo A-4 hasta el A-7.[31]

**Método Para La Clasificación De Suelos Con Propósitos De Ingeniería ( Sistema Unificado De Clasificación De Suelos, Sucs) NTP 339.134**

Esta normativa , presenta información para clasificar un suelo mineral y orgánico , cuyo fin de la ingeniería es sustentándose en los ensayos de laboratorio como granulometría y límites de consistencia , clasificándose así en tipos de suelos como arenas, arcillas , limos , gravas y suelos orgánicos, así como la combinación de los tipos de suelos mencionados.[32]

**Compactación De Suelos En Laboratorio Utilizando Una Energía Modificada ( Proctor Modificado) , MTC E 115**

Esta norma , brinda el procedimiento experimental de compactación optima en laboratorio y determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca con el fin de que mejore la resistencia y la estabilidad del suelo.[30]

**Método De Ensayo De CBR ( Relación De Soporte De California) De Suelos Compactados En Laboratorio, MTC E 132**

Esta norma , nos indica el proceso para así determinar el valor del CBR, siempre y cuando que al momento de realizar este ensayo , es necesario de que el suelo se encuentre con su contenido de humedad optimo.[30]

**STANDARD SPECIFICATION FOR COAL FLY ASH AND RAW OR CALCINED NATURAL POZZOLAN FOR USE IN CONCRETE, ASTM C618**

Esta norma se refiere a cenizas puzolanas y volantes , que sirven para aplicarse como material cementante , de igual manera presenta parámetros que nos permiten clasificarlas ya sea por su composición química y su densidad relativa. [33]

## **BASES TEÓRICAS**

### **SUELO ARCILLOSO**

Suelos que presentan unas elevadas cantidades de arcilla en ciertas proporciones mucho mayor que los demás componentes del suelo( arenas y limo ). [34]

### **ESTABILIZACIÓN**

Proceso químico o físico ,a través el cual se mejorarán las propiedades físico-mecánicas de los suelos.[35]

### **CAPACIDAD PORTANTE**

Se define como aquella carga que puede llegar a soportar sin que se produzcan deformaciones ni asentamientos excesivos.[36]

### **VIDRIO**

El vidrio es utilizado mayormente en envasado de sustancias, trabajos domésticos, obras de construcción , etc. Este material de desecho que cuando se tritura o muele se convierte en polvo.[37]

### **VIDRIO PULVERIZADO**

Material versátil conocido por el alto contenido de sílice y su resistencia al calor.[38]

### **CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR**

Residuo que deriva del proceso de la fabricación del azúcar, donde en la etapa de molimiento de la caña se produce lo que es el bagazo , donde cierta cantidad era utilizada como energía de las mismas fábricas.[39]

## **PROPIEDADES FÍSICAS**

### **GRANULOMETRÍA**

Se realiza a través de un ensayo de laboratorio, cuyo fin es obtener la curva granulométrica o perfil estratigráfico de un suelo mediante puntos de perforaciones o exploración hasta que pueda llegar a un estrato continuo de suelo , extrayéndose una porción de suelo siendo esta la muestra para trabajarlo en el laboratorio, un proceso más simple y fácil de realizar este es el método del tamizado. Pero , debido a que estas arcillas

viene hacer materiales finos , el tamizado se complica , por lo que se recurre al procedimiento de sedimentación , por lo que ambos tienen el mismo fin. Además, otra manera más rápida de identificar si el suelo presenta arcilla es aquel porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 , ya que si el 50% de la muestra pasa se concluye que es un grano fino de arcilla o limo. [40]

## PLASTICIDAD

Es una de las propiedades principales de las arcillas , a lo que se entiende por plasticidad a la capacidad la cual presenta el suelo para poder deformarse , hasta cierto límite sin presentarse fallas. [40]

Esta se determina a través de los límites de Atterberg que fue el que clasificó los estados de consistencia en 4.

/ Límite Plástico :se define en el porcentaje de humedad en relación al peso seco de la muestra, la cual cambia de estado semisólido a estado plástico.

/ Límite Líquido: se define en el porcentaje de humedad respecto al peso seco de la muestra, la cual cambia de estado plástico a estado líquido.

/ Límite de contracción: Se define como el porcentaje de humedad respecto al peso seco de la muestra , la cual al reducir la cantidad de agua no existirá una variación en el volumen del suelo.

/ Índice de plasticidad : Diferencia entre los límites de consistencia , con el fin de indicar el margen de humedad indicando el estado plástico del suelo con cohesión.

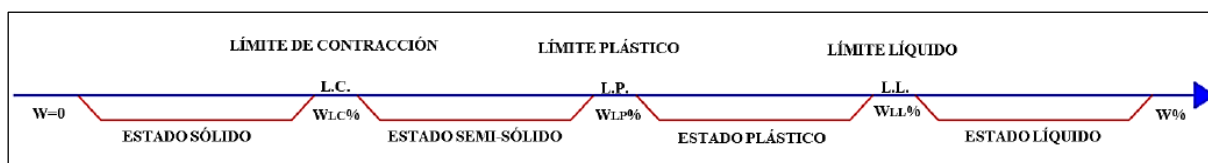


Figura N° 1. Límites de atterberg[40]

También según el Manual de Carreteras , Sección de suelos y pavimentos , los clasifica al suelo según su IP y dicha cantidad que presenta el suelo de arcilla. [29]

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICAS
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	Suelos arcillosos
IP < 7	Baja	Suelos poco arcillosos
IP = 0	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Tabla N° 1. Características del suelo según su IP.

## **DENSIDAD**

Propiedad física del suelo , donde la densidad absoluta de un cuerpo es la masa de este contenida en la unidad de volumen. Incluyendo sus mismos vacíos. [40]

## **PESO VOLÚMETRICO**

Propiedad física del suelo que esta expresado en peso por unidad de volumen siendo su unidad kg/m<sup>3</sup> .De igual manera , se debe considerar que el peso volumétrico aparente , ya que este puede ser volumen seco y suelto , donde este toma en cuenta cada vacío del suelo que como fin la conversión directa de peso a volumen y viceversa.[40]

## **PROPIEDADES MECÁNICAS**

### **RESISTENCIA**

Propiedad que poseen los suelos para resistir fuerzas externas, , dependen de la humedad y energía de compactación ,ya que cuando estos factores están en un nivel óptimo, se produce la M,D.S a la que el suelo se comportará elásticamente y por lo tanto tendrá un alto. resistencia. Sin embargo, si el suelo se compacta a alta humedad se obtiene baja densidad seca, plasticidad y comportamiento cohesivo con baja resistencia, debido a que la presencia de humedad en las partículas de arcilla crea fuerzas repulsivas entre sus partículas, resultando en un aumento o disminución proporcional. en cohesión y volumen de agua . [41]

### **PERMEABILIDAD**

Los suelos tienen propiedades que permiten que el agua penetre a través de sus capas, la permeabilidad en los suelos arcillosos genera problemas como la dispersión de la presión intersticial y el flujo de agua a través del suelo, por lo que los deslizamientos son agua que se genera en los movimientos de tierra y fluye a través del suelo cuando existe una alta presión intersticial. crea tuberías y partículas de arrastre que pueden dañar el pavimento superior, por lo que es imperativo utilizar un porcentaje de humedad

óptimo al compactar, ya que el volumen vacío y la permeabilidad del suelo se reducen durante esta compactación. [41]

### **COMPRESIBILIDAD**

Propiedad del suelo que se deforman cuando están bajo cargas, ya que la arcilla es la más comprensible. Por lo tanto, esta propiedad es importante porque cambia otras propiedades como la permeabilidad, por lo que es necesario optimizar la humedad de compactación, porque así podemos asegurar que el suelo tenga las propiedades suficientes para las obras viales.[41]

### **ESTABILIDAD VOLUMÉTRICA**

Propiedad que suele darse en las arcillas, donde los procesos de expansión y contracción son provocados por los cambios de humedad, que aumentan la presión en las estructuras de los pavimentos, provocando su deformación y rotura. Por ello, es necesario realizar un estudio para identificar y caracterizar este tipo de suelos arcillosos, donde una de las soluciones más utilizadas en el campo de trabajo es la conversión de la arcilla en una masa granular o rígida.[41]

## ENSAYOS DE LABORATORIO

### DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO, MTC E 108 [30]

Este ensayo consiste en la presencia de agua contenida al momento de ser extraída de la muestra del suelo, es la relación del peso de agua contenida y de las partículas sólidas expresado en porcentajes, ósea que cantidad de suelo que se va a analizar es agua.

#### Equipos :

- / Horno que tiene la capacidad de alcanzar temperaturas : de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .
- / Balanza que presenta cierto margen de error de :  $(\pm 0.01\text{gr})$ .

#### Materiales:

- / Tara resistentes al calor.

#### Cálculos :

$$W = \frac{\text{PESO DEL AGUA}}{\text{PESO SUELO SECO}} \times 100$$

$$W = \frac{M_{CWS} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C} \times 100 = \frac{M_W}{M_S} \times 100$$

Donde:

$w =$  contenido de humedad (%)

$M_{CWS} =$  Peso del recipiente + el suelo húmedo (gr)

$M_{CS} =$  peso de recipiente + el suelo seco ( gr)

$M_C =$  peso de recipiente (gr)

$M_W =$  peso de agua ( gr)

$M_S =$  peso de partículas sólidas ( gr)

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO , MTC E 107 [30]

Este ensayo proporciona información con el tamaño de cada partícula que se encuentran presentes en el suelo a estudiar, donde se distribuyen según la abertura del tamiz que pasan para que luego se pueda clasificar mediante el método de AASHTO Y SUCS.

### Equipos :

- / Horno que tiene la capacidad de alcanzar temperaturas : de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- / Balanza que presenta cierto margen de error de :  $(\pm 0.01\text{gr})$  .

### Materiales:

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
⅜"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 10	2,000
Nº 20	0,840
Nº 40	0,425
Nº 60	0,260
Nº 140	0,106
Nº 200	0,075

Tabla Nº 2. Tamices para el ensayo granulométrico. Fuente : Manual MTC

### Cálculos :

- / Porcentaje de muestra que pasa la malla Nº 200

$$\% \text{ pasa malla } N^{\circ}200 = \frac{PESO \text{ TOTAL} - PESO \text{ RETENIDO malla } N^{\circ}200}{PESO \text{ TOTAL}} \times 100$$

- / Cantidad de muestra retenida en cada tamiz ( %)

$$\% \text{ retenido} = \frac{PESO \text{ RETENIDO EN TAMIZ}}{PESO \text{ TOTAL}} \times 100$$

- / Porcentaje de muestra que pasa

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \% \text{ retenido acumulado}$$

## DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, MTC E 110 [30]

Este ensayo , proporciona información de acuerdo a la máxima capacidad de agua que puede tener una muestra de suelo sin que pierda su plasticidad.

### Equipos :

- / Horno que tiene la capacidad de alcanzar temperaturas : de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- / Balanza que presenta cierto margen de error de :  $(\pm 0.01\text{gr})$  .
- / Acanalador
- / Copa Casagrande
- / Calibrador

### Materiales:

- / Espátula

### Cálculos :

$$\text{Límite Líquido} = W^n \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

$$\text{Límite líquido} = KW^n$$

### Donde:

- / N=Número de golpes a los que cierra la ranura de la copa Casagrande
- /  $W^n$  = Contenido de humedad del suelo
- / K=Factor para determinar el LL

N (Numero de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Tabla N° 3. Factor K para determinar el límite líquido de los suelos. Fuente: Manual MTC

## **DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD, MTC E 111 [30]**

Este ensayo es diferente al de límite líquido ya que este proporciona información que tiene que ver con la mínima capacidad de agua que puede tener una muestra de suelo sin que cambie de estado. También, el índice de plasticidad es la diferencia algebraica de cada valor de límite líquido y plástico.

### Equipos :

- / Tamiz N°40
- / Taras para muestra y determinar la humedad
- / Superficie de trabajo (Vidrio grueso esmerilado)

### Materiales:

- / Espátula

### Cálculos :

$$LIMITE PLASTICO = \frac{PESO DEL AGUA}{PESO DEL SUELO SECO} X 100$$

$$ÍNDICE DE PLASTICIDAD = LL - LP$$

### Donde:

- / LL: Límite líquido
- / LP: Límite plástico

## COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA ( PROCTOR MODIFICADO) , MTC E 115 [30]

Este ensayo , tiene como fin el hallar el O.C.H , ya que este genera que las partículas de reacomoden, donde se obtiene una muestra más sólida por lo cual se obtiene una alta densidad seca.

### Equipos :

- / Molde 6” , según lo indicado en el manual de ensayos de materiales
- / Ensamblaje de molde: este molde tiene un collar ensamblado en conjunto con un plato base , donde dicho collar deberá tener una altura de 2”.
- / Pisón manual

### Materiales:

- / Espátula

### Cálculos :

$$P_m = 1000x \frac{(M_t - M_{md})}{V}$$

$$P_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{W}{100}}$$

### Donde:

- /  $\rho_m$  = Densidad Húmedad de la muestra compactada  $\left(\frac{Mg}{m^3}\right)$
- /  $M_t$  = Masa de muestra humedad y molde( kg)
- /  $M_{md}$  = Masa del molde de compactación ( m3)
- /  $V$  = volumen del molde de compactación (m3)
- /  $\rho_d$  = Densidad seca de la muestra compactada  $\left(\frac{MG}{m^3}\right)$
- /  $W$  = contenido de agua (%)

## MÉTODO DE ENSAYO DE CBR ( RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO, MTC E132 [30]

El presente ensayo se realiza con el fin de hallar la resistencia a la penetración que tiene un suelo por lo que el valor que brinda este ensayo es el índice de CBR , el cual va depender de la granulometría de la muestra, de la plasticidad de esta y del contenido de finos.

### Equipos :

- / Molde cilíndrico de metal
- / Disco espaciador
- / Prensa
- / Pesas de  $4.54 \pm 0,02\text{kg}$
- / Pistón de penetración

### Materiales:

- / Juego de tamices para finos en especial Tamiz N°4

### Cálculos :

Una vez obtenido los resultados de la penetración , se realiza una gráfica de presiones vs penetraciones , donde esta grafica tiene que presentar un punto de inflexión , es decir que no necesitará correcciones y se tendrá que considerar los valores e 2.54 mm y 5.08 mm, pero , si dicha gráfica presenta un punto de inflexión , esta tendrá que ser corregida según lo que indica la normativa.

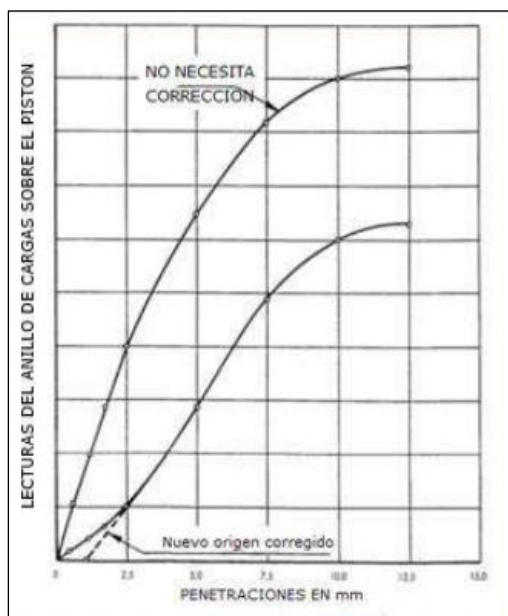


Figura N° 2. Curva para calcular el índice del CBR. Fuente : Manual MTC

## CLASIFICACIÓN AASHTO

Esta clasificación fue creada en el año 1929 bajo el nombre de Clasificación de la oficina de caminos Públicos , pero con el transcurrir de los años se modificó , donde actualmente se le conoce como norma AASHTO M145 , que en el año 1945 fue propuesta por el comité para la clasificación de materiales solo para subrasantes y caminos tipo granulares del consejo de investigaciones de carreteras.

Se divide en grupo en 7 suelos , que va desde TIPO A-1 hasta TIPO A-7, se diferencian del tipo de material granular del fino por el material pasante por la malla N° 200 , donde si pasa menos al 35% se deduce que es un material granular, donde estos están dentro de la clasificación A-1 hasta A-3 y si logra pasar más del 35% vendría hacer material fino , que abarca el grupo A-4 hasta A-7.

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A - 1 - a		A - 5
	A - 1 - b		A - 6
	A - 3		A - 7 - 5
	A - 2 - 4		A - 7 - 6
	A - 2 - 5		Materia Orgánica
	A - 2 - 6		Roca Sana
	A - 2 - 7		Roca Desintegrada
	A - 4		

Figura N° 3. Signos convencionales para el perfil de una calicata[29]

## METODOLOGÍA DE CLASIFICACIÓN

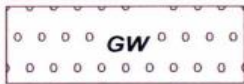







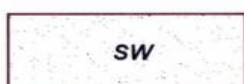

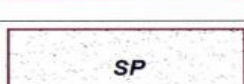

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
<b>Análisis granulométrico</b> % que pasa por el tamiz de:  2 mm (N° 10) 0.425 mm (N° 40) F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 50											
	máx. 30	máx. 50	mín. 51									
	máx. 15	máx. 25	máx. 10	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36
<b>Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)</b>  <b>Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)</b>  <b>LL: Límite de Líquido</b> <b>IP: Índice de Plasticidad</b>												
				máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	Mín. 41	máx. 40	mín. 41	mín. 41
	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11 <sup>(a)</sup>	mín. 11 <sup>(b)</sup>
<b>Tipo de material</b>	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
<b>Estimación general del suelo como sub rasante</b>	Excelente a bueno						Regular a insuficiente					

Tabla N° 4. Clasificación de Suelos De Acuerdo a Normativa AASHTO [29]

## CLASIFICACIÓN SUCS

Este sistema metodológico propuesto por Casagrande en el año 1942, cuyo fin era construir aeropuertos en el transcurso de la segunda guerra mundial .En cambio en 1952 , se realizó una revisión integral del sistema , que tuvieron el apoyo de la oficina de restauración de los EEUU para normalizar hasta la actualidad su uso.

La presente clasificación se divide en 2 grupos , que viene hacer lo mismo que el sistema de AASHTO , donde el material que pase por la malla N°200 , si viene hacer menor que el 50 % , su clasificación será como grava( G) o arena(S) , sin embargo si pasa mas del 50% , el tipo de suelo será limo orgánico (M) , limo-arcilla orgánica(O) O ARCILA INORGÁNICA (C) .[29]

	Grava bien graduada mezcla, grava con poco o nada de materia fina, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal granulada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánico de plasticidad baja o mediano, arcilla grava, arcillaarenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limo orgánico y arcilla limosa organica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedios		Limo inorgánico, suelo fino gravoso o limoso, micacea o diatometacea, limo elástico


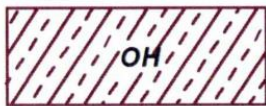

	Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa
	Arcilla orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limo orgánico
	Turba, suelo considerablemente orgánico

Figura N° 4. Signos convencionales para el perfil de una calicata [29]

## METODOLOGÍA DE CLASIFICACIÓN

DIVISIONES PRINCIPALES			SÍMBOLOS	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO			
<b>SUELOS DE GRANO GRUESO</b> Más de la mitad del material retenido en el tamiz Nº 200.	<b>GRAVAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz Nº 4 (4.76mm)	<b>Gravas Limpias</b> (sin o con pocos finos)	GW	Grava bien graduada, mezclas gravosas, poco o ningún fino.	Determinar el porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz Nº 200), los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5% GW, GP, SW, SP >12% GM, GC, SM, SC 5 al 12% casos límite que requieren usar doble símbolo	Cu>4, Cc entre 1 y 3.		
			GP	Grava mal graduada, mezclas grava - arena, poco o ningún fino.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.		
		<b>Gravas con Finos</b> (apreciable cantidad de finos)	GM	Grava limosa, mezclas grava, arena, limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Encima de la línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.	
			GC	Grava arcillosa, mezclas grava - arena arcillosas.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.		
	<b>ARENAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz Nº 4 (4.76mm)	<b>Arenas Limpias</b> (pocos o sin finos)	SW	Arena bien graduada.		Cu>6, Cc entre 1 y 3.		
			SP	Arena mal graduada, arenas gravosas, poco o ningún fino.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.		
		<b>Arenas con Finos</b> (apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren de doble símbolo.	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena - arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.		
<b>SUELOS DE GRANO FINO</b> Más de la mitad del material pasa por el tamiz Nº 200	<b>Limos y Arcillas</b> Límite Líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.					
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.					
		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.					
	<b>Limos y Arcillas</b> Límite Líquido mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.					
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas gruesas.					
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos.					
<b>Suelos muy Orgánicos</b>		P	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.					

Figura N° 5. S.Unificado de clasificación De Suelos [40]

## SUBRASANTE

El manual de carreteras de sección suelos y pavimentos , es la superficie terminada después del movimiento de tierra , sobre la cual se colocará la estructura de pavimento. Además, la superficie debe tener ciertos parámetros aceptables, uno de los cuales es la compactación de los últimos 30 cm de suelo debajo de la base al 95% de su m.d.s obtenida por una prueba Proctor modificado[29]. Además, el manual proporciona algunas categorías de subrasante y otro que nos aporta la NTP CE. 10 pavimentos Urbanos.

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

Tabla N° 5. Categoría de las Subrasantes [29]

CATEGORÍAS DE SUBRASANTE	CBR
Subrasante Pobre	$CBR \leq 3\%$
Subrasante Regular	$3\% < CBR < 8\%$
Subrasante Buena	$8\% < CBR < 17\%$
Subrasante Excelente	$CBR \geq 17\%$

Tabla N° 6. Categoría de subrasantes [28]

## TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

**ESTABILIZACIÓN MECÁNICA:** Por medio de este tipo de estabilización no se altera la composición del suelo, se compacta con el fin de que disminuya la cantidad de vacíos en este.

**ESTABILIZACIÓN FÍSICA:** Este tipo de estabilización se puede ejecutar de 2 maneras, por combinación de suelos o mediante sustitución de este.

/ **POR MEDIO DE COMBINACIÓN DE SUELOS:** Este método de estabilización se lleva a cabo con la combinación del suelo natural con un material de préstamo, es por eso que se debe escarificar el terreno natural a cierta profundidad de 15cm como mínimo, después se realiza la combinación y la compactación de este suelo combinado, donde se tiene en cuenta los parámetros que se requieren los cuales son la densidad exigida y el nivel de la subrasante. [29]

/ **POR MEDIO DE SUSTITUCIÓN DE SUELOS:** Este método de estabilización, se realiza de 2 maneras, la primera es realizando la capa del material de préstamo encima del terreno del suelo, donde se escarificará y compactará este terreno a 15 cm de profundidad y la segunda viene a hacer el reemplazo total del terreno natural según lo que se calcula para el proyecto. [29]

**ESTABILIZACIÓN QUÍMICA :** Este método de estabilización tiene que ver con las reacciones químicas, la cementación entre partículas del suelo- agente estabilizante y por el intercambio de iones, con el fin de que mejoren las propiedades del suelo como la estabilidad volumétrica, resistencia y trabajabilidad. Por lo cual este método de estabilización es muy usado en los suelos limo-arcillosos. [42]

**ESTABILIZACIÓN TÉRMICA:** Este proceso de estabilización se desarrolla en países como Rumania y Rusia, la cual se basa en aumentar la temperatura que va de un rango de 200°C y 400°C, con el fin de que sea para las arcillas incapaces de rehidratarse y de esa manera incrementar su resistencia.

## CENIZA DE BAGAZO

Residuo que deriva del proceso de la fabricación del azúcar, donde en la etapa de molimiento de la caña se produce lo que es el bagazo, donde cierta cantidad era utilizada como energía de las mismas fábricas [39]

### COMPOSICIÓN QUÍMICA :

Se obtuvo a través el ensayo de espectrometría de fluorescencia de rayos x, que fue realizado en el laboratorio “Físico Químico Ambiental Perú S.A.C.” que se encuentra en la ciudad de Trujillo.

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS(%)	MÉTODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO ( Si O <sub>2</sub> )	46.17	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
OXIDO DE CALCIO (Ca O)	19.21	
TRIOXIDO DE ALUMUNIO (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	12.97	
TRIOXIDO DE HIERRO ( Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1.86	
ÓXIDO DE POTASIO ( K <sub>2</sub> O)	7.63	
OXIDO DE TITANIO (Ti O)	0.06	
OXIDO DE ESTRONCIO (Sr O)	0.04	
OXIDO DE COBRE(Cu O)	0.01	
DIOXIDO DE AZUFRE(SO <sub>2</sub> )	0.52	
OXIDO DE ZINC(Zn O)	0.04	
OXIDO DE MANGANESO(Mn O)	0.28	
PERDIDA POR QUEMADO	11.21	

Tabla N° 7. Composición Química de la ceniza de bagazo. Fuente: Propia

### CLASIFICACIÓN:

En esta clasificación se tiene en cuenta la normativa ASTM-C618-19, esta describe aquellos porcentajes que deben de tener en su composición química para que sean clasificadas como puzolana artificial.

	TABLA 1 Requisitos químicos		
	Clase		
	N	F	C
Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> ) más óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) más óxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), mín., %	70,0	50,0	50,0
Óxido de calcio (CaO), %	solo informar	18,0 máx.	< 18,0
Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> ), máx., %	4,0	5,0	5,0
Contenido de humedad, máx., %	3,0	3,0	3,0
Pérdida en ignición, máx., %	10,0	6,0 <sup>A</sup>	6,0

<sup>A</sup> El uso de puzolana de Clase F que contenga hasta un 12,0 % de pérdida en ignición puede ser aprobado por el usuario si están disponibles registros de desempeño aceptable o resultados de pruebas de laboratorio.

Tabla N° 8. Requisitos químicos para clasificar las puzolanas. Fuente : ASTM-C618-19

Como se observa en la tabla de la composición química y teniendo en cuenta los requisitos que brinda la norma, se puede decir que la ceniza de bagazo esta clasificada como una puzolana tipo F, donde la sumatoria del SiO<sub>2</sub> , Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y el Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> suman en conjunto un 61.00% .

## VIDRIO PULVERIZADO

Material versátil conocido por el alto contenido de sílice y su resistencia al calor.[38]

### COMPOSICIÓN QUÍMICA :

Se obtuvo a través el ensayo de espectrometría de fluorescencia de rayos x, que fue realizado en el laboratorio “Físico Químico Ambiental Perú S.A.C.” que se encuentra en la ciudad de Trujillo.

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS(%)	MÉTODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO ( Si O <sub>2</sub> )	36.14	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
OXIDO DE CALCIO (Ca O)	16.49	
TRIOXIDO DE ALUMUNIO (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	27.33	
TRIOXIDO DE HIERRO ( Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	4.68	
ÓXIDO DE POTASIO ( K <sub>2</sub> O)	2.07	
OXIDO DE MAGNESIO (Mg O)	0.67	
PENTOXIDO DE FOSFORO (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.84	
OXIDO DE COBRE (Cu O)	0.11	
Trióxido de Azufre (So <sub>3</sub> )	0.039	
OXIDO DE ZINC (Zn O)	0.016	
OXIDO DE MAGANESO( Mn O)	0.007	
PÉRDIDA POR QUEMADO	11.54	

Tabla N° 9. Composición Química del vidrio pulverizado. Fuente: Propia

## DEFINICIÓN DE TERMINOS

- ❖ **Plasticidad:** Se define como la propiedad del suelo que aporta estabilidad, pero esta hasta cierto punto de humedad se ve limitada. [24]
- ❖ **Estabilización de suelos:** Proceso el cual mejora las propiedades físicas y mecánicas como la capacidad portante, resistencia, densidad, plasticidad e índice de CBR de los suelos de esta manera facilita que se construya obras viales, proyectos de alta magnitud y viviendas.[24]
- ❖ **Estabilización Química:** En este proceso de estabilización abarca el arranque que tienen las reacciones químicas de cada estabilizante que vienen hacer el material cementante y materiales como el suelo o puzolánicos como la

resistencia , estabilidad volumétrica, durabilidad, comprensibilidad y permeabilidad. [43]

- ❖ **Suelos expansivos:** este tipo de suelos cuando entran en contacto con el agua genera problemas de retracción o expansión , poniendo en peligro la estructura que se construya sobre estos.[29]
- ❖ **Subrasantes:** Superficies terminadas de las carreteras, en la cual se asentarán los pavimentos o estructuras.[29]

## MATERIALES Y METODOS

### TIPOS DE ESTUDIO

Según [44] en la presente investigación tiene la siguiente tipología:

- / **DE ACUERDO AL FIN QUE PERSIGUE:** es APLICADA , ya que se evaluara cada resultado que se obtenga , apoyándose en criterios y conocimientos de la ingeniería de pavimentos para darle solución a la problemática de los suelos arcillosos, sin pretender desarrollar teorías nuevas.
- / **DE ACUERDO A LOS DATOS ANALIZADOS:** es CUANTITATIVA , puesto que los valores numéricos que se obtendrán de cada ensayo en laboratorio se podrán analizar la incorporación del vidrio pulverizado y ceniza de bagazo de caña de azúcar como agentes estabilizadores en las propiedades físico-mecánicas de los suelos arcillosos.
- / **DE ACUERDO SU METODOLOGÍA PARA VERIFICAR LA HIPÓTESIS:** es tipo EXPERIMENTAL ,ya que, en la presente tesis , se buscará medir de qué manera influye la incorporación del VP y CDBC en las propiedades físicas y mecánicas de las subrasantes arcillosas , de esta manera se demuestra la hipótesis, a través de cada resultado obtenido de cada ensayo en el laboratorio.

### POBLACIÓN Y MUESTRA Y MUESTREO

#### POBLACIÓN

La población en esta investigación son los suelos arcillosos de la provincia de Ferreñafe , particularmente en el sector rural y agrícola , donde estos suelos son áreas de cultivo y vías vecinales.

CIUDAD DE FERREÑAFE - TIPOS DE SUELO PREDOMINANTE POR SECTORES						
SECTOR	ZONA DE INFLUENCIA	TIPO DE SUELO PREDOMINANTE	CONSISTENCIA	EXPANSION DEL SUELO	CAPACIDAD POTANTE	NIVEL FREATICO
I	Se encuentra en: Casi toda el área urbana y áreas de expansión urbana de la ciudad.	Arenas de tipo: SC, SM, SM-SC, SW-SM; Arena Arcillosas; Arena Limosa y Arena con Finos	Blanda a Medio	Suelo de Baja a media expansibilidad	0.70 a 0.90 kg/cm <sup>2</sup>	*
II	Se encuentra al Nor-Este, Centro, Sur-Este y Sur-Oeste Al <b>Nor-Este</b> , a lo largo de la acequia El Pueblo entre las calles Sucre y pasaje Alcántara, incluyendo las intersecciones de las calles Santa Clara con Sucre, la calle Santa clara con Arequipa y la calle Libertad con Túpac Amaru. Al <b>Centro</b> , en las intersecciones de la calle Grau con Tacna y Santa Rosa y la calle San Martín con Unión Al <b>Sur-Este</b> , en las intersecciones de la calle Juana Castro de Bulnes con las calles Tres Marías, San Martín, Nicanor Carmona, Bolívar, Túpac Amaru y Jerusalén, las intersecciones de la calle Ilo con las calles Sucre, Arequipa y Santa Lucía Al <b>Sur-Oeste</b> , en las intersecciones de la calle Manuel Policarpio con las calles Salcedo Pastor, Juan Gil y Av. Augusto B. Leguía, las intersecciones de la calle Juan M. Sencie con Salcedo Pastor, la Av. Augusto B. Leguía con la calle Casimiro Chumán y la calle Casimiro Chumán con Britaldo Gonzáles y en la Prolongación Norte (límite urbano) de la calle Manuel Policarpio.	Arcillas y Limos de tipo: CL, ML Arcillas y Limos de baja plasticidad. Suelos finos	Blanda a Medio	Suelos de Baja Expansibilidad	0.70 a 0.80 kg/cm <sup>2</sup>	2.00m - 2.50 m
III	Se encuentra al Nor-Este, Centro, Sur-Este y Sur-Oeste Al <b>Nor-Este</b> , incluye a la U.V. Manuel Gonzáles Prada, U.V. Flor de María y parte de la U.V. Héctor Aurich Soto Al <b>Centro</b> , en la intersección de la calle F. Gonzáles Burga con la Av. Tacna. Al <b>Sur-Oeste</b> , en las intersecciones de la calle Salvador Peña con las calles Salcedo Pastor, Buenaventura Sialer y Av. Augusto B. Leguía, la intersección de la calle Juan M. Sencie con Buenaventura Sialer, También se encuentra en la periferia de la ciudad a lo largo de los pasajes N° 4 y 5 en el Dist. de Pueblo Nuevo extendiéndose en parte de su entorno inmediato al sur. Al <b>Sur-Este</b> , en la intersección de la calle Ilo con las calles Túpac Amaru, José Olaya y Progreso.	Arcillas y Limos de tipo: CH, MH Arcillas y Limos con alta plasticidad, Suelos finos	Blanda a Medio	Suelos de Alta Expansibilidad	0.80 a 0.90 Kg/cm <sup>2</sup>	1.50m - 2.50m
IV	Al <b>Sur-Este</b> , bordeando el área urbana de la ciudad en el área comprendida entre la carretera al Dist. de Mesones Muro y vía de salida al Caserío San Isidro.	Grava Arcillosa: GC	Medio a Dura	Suelos de Baja Expansibilidad	1.20 a 1.50 Kg/cm <sup>2</sup>	*

\* Sin Presencia de Nivel Freatico en el Momento de la Exploración  
FUENTE: \*Mapa de Peligros Ciudad de Ferreñafe INDECI Diciembre -2003  
ELABORACIÓN: Equipo Técnico INDECI Mayo 2004

Figura N° 6. Sectores de los Tipos de suelos en la ciudad de Ferreñafe

## MUESTRA

La muestra considerada en la presente investigación se obtendrán porciones de 450 kg de muestra inalterada de cada calicata aproximadamente, las cuales se les adicionara el agente estabilizador en este caso ceniza de bagazo y vidrio crudo pulverizado en porcentajes de 4%,7%;10%,15% y 5%,8%,11%,16% respectivamente, que se realizara en cada punto de estudio, las cuales serán sometidas a los ensayos en laboratorio mencionados en la presente tesis. Asimismo, este tipo de muestra viene hacer no probabilística ya que estas se tomarán en ciertos lugares específicos.

## MUESTRO DE ESTUDIO

Para la presente tesis se desarrolló el muestreo no probabilístico y por conveniencia, ya que se seleccionará a criterio del investigador, para lo cual en esta tesis se realizarán 3 calicatas de terreno natural por criterio propio con distinta estratigrafía a los cuales se les tendrá que adicionar los agentes estabilizadores que son la ceniza de bagazo y vidrio pulverizado, que de acuerdo a la experimentación de los

antecedentes y recomendaciones que utilizaron los diferentes autores en sus investigaciones las cuales se tuvieron en cuenta . donde cada uno obtuvo su porcentaje optimo el cual se visualiza en el siguiente cuadro:

AUTORES	TESIS	ADICION (%)	RESULTADOS
Carhuapoma Najarro, Cynthia Sthefani Alexandra; Tito Sánchez, Jaime Belisario	Propuesta de mejora del comportamiento mecánico de Pavimentos Flexibles mediante la aplicación de polvo de fibra de vidrio reciclado sobre subrasante arcillosa de baja plasticidad aplicada al tramo I de la carretera Rodríguez de Mendoza, Amazonas - Perú	0%,.6%,8%,10% y 12%,	Asimismo, el óptimo contenido de polvo de fibra de vidrio a añadir es de 10%,esto mejora las propiedades del suelo donde primero fue un suelo no accesible pasando a ser un suelo muy bueno para subrasantes arcillosa
Espinoza Céspedes, Luis Eduardo,Santimperi Alcántara, Gabriela Lisset	Uso del vidrio reciclado en la mejora de la estabilización de suelos de la Carretera Tramo Collud – Ventarrón, Pomalca – Lambayeque - 2022	4%,6% y 8%	El valor óptimo es del 8% ya que con ese porcentaje disminuye el contenido de humedad y la plasticidad , obteniéndose de esa manera un mayor porcentaje del CBR y MDS, concluyendo que si es recomendable usar vidrio pulverizado para obtener una estabilización con mejores propiedades de la resistencia del suelo de igual manera reduciendo la contaminación al medio ambiente que hov en día existe.
Rodríguez Asqui, Frank Elvis	“Incorporación de vidrio triturado para mejorar las propiedades físico - mecánicas de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno – 2021”	0%,4%,7% y 10%	La incorporación del vidrio triturado influye en la resistencia de suelos arcillosos en la avenida Industrial, aumentando la resistencia desde un 2.35% en estado natural hasta un 11.50% con 7% de vidrio triturado (valor óptimo) ,concluyendo que al adicionarle este material produce mejoras de las propiedades del suelo.
Br. Andrea Thatiana Terrones Cruz	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA PARA EL MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL SECTOR BARRAZA, TRUJILLO – 2018.	5%,10% y 15%	Utilizaron porcentajes del 5%,10% y 15% , donde se obtienen mejoras de las propiedades del suelo , donde adicionándole porcentaje del 15% el CBR aumenta lo cual indica que es un porcentaje optimo para la estabilización de estos tipos de suelos, concluyendo que adicionándole este material tiene cambios positivos que permite usarlo como estabilizador ya que mejoro el CBR , y por último la CBCA es sustentable , económica y trae un impacto muy positivo al medio ambiente , mostrando mejoras de las propiedades mecánicas y físicas del suelo estudiado.
Bach: AQUINO MENDOZA MARCO ANTONIO	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA SU USO EN SUBRASANTES EN EL DISTRITO DE LAREDO - TRUJILLO, LA LIBERTAD 2019	5%,10% y 15%	Se logró determinar la influencia de la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la estabilización de suelos a nivel de subrasante en el distrito de Laredo, verificándose el aumento de resistencia progresivo del suelo a diferentes porcentajes, siendo 15% el porcentaje óptimo de adición con el cual se alcanza una mejora del CBR.
Rojas Gálvez, Jhonathan Alligery	Influencia de ceniza de caña en la subrasante de la trocha carrozable del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2022	8% ,12% y 30%,	Se incremento la máxima densidad seca y por ultimo el incremento del CBR , donde en este los porcentajes del 8% y 12% aumentaron su capacidad , concluyéndose que la adición de este material mejoran la resistencia de las subrasantes arcillosas.

AUTORES	ARTICULOS	ADICION (%)	RESULTADOS
Jinu Rose Benny, Joseph Jolly K, Juny Mareena Sebastian, Mariya Thomas	Efecto del polvo de vidrio en las propiedades de ingeniería de suelo arcilloso	2%, 4%, 6%,8% y 10%	En conclusión, la estabilización de una subrasante arcillosa incorporándole vidrio hasta un valor óptimo del 6% es recomendable ya que mejoró la resistencia del suelo y por lo que también es un desecho industrial lo cual resulta muy económico.
J. OLUFOWOBI, A. OGUNDOJU, B. MICHAEL, O. ADERINLEWO	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE ARCILLA UTILIZANDO VIDRIO EN POLVO	1%,2%,5%,10% y 15%	Se puede concluir en base a los resultados obtenidos que el vidrio en polvo se puede utilizar de manera efectiva como estabilizador de suelos ya que fue capaz de producir mejoras considerables en las propiedades del suelo, haciendose mas estable, donde su valor optimo fue del 5%.
Syed Aaqib Javed, Sudipta Chakraborty2	Efectos del polvo de vidrio de desecho en el suelo de la subrasante: Mejora	2%,4%,6%,8% y 10%	Concluyendo de que el porcentaje optimo de vidrio es de 10% ,si es útil para obtener mejoras en los suelos arcillosos , el uso de estos para la estabilización no solo sirve de ayuda para disminuir el efecto ambiental , sino que lograra soluciones económicas , debido a que este material se consigue a bajo costo y está disponible localmente.
Ujjwal Mishra	Mejora en la resistencia del suelo de subrasante usando polvo de vidrio	0%,1%,2%,5%,10%,15%	Las propiedades del suelo arcilloso, que se encuentran al 5% en masa del suelo, requieren polvo de vidrio para lograr los mejores resultados y si es utilizable como estabilizador del suelo arcilloso ya que provoco cambios en las distintas propiedades del suelo.
Rizgar A. Blayia, Aryan Far H. Sherwania, Hawkar Hashim Ibrahim, Rabar H. FarajC, Ako Daraia	Mejora de la resistencia del suelo expansivo mediante la utilización de polvo de vidrio de desecho	2.5%,5%,10%,15% y 25%	En conclusión, el porcentaje óptimo para mejorar el suelo arcilloso es del 15% ya que hasta ese porcentaje las propiedades del suelo mejoraran .
Himani Saini, Jitendra Khatti, Dr. Biswajit Acharya	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS POR USO DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	2.5% ,5%,8%,7.5%,10% y 12.5%	El porcentaje optimo que se recomienda es del 5% ya que con la incorporacion en ese porcentaje de ceniza de bagazo la prueba de CBR aumenta
Anjani Kumar Yadav, Kumar Gaurav, Roop Kishor, SK Suman	Estabilización de suelo arcillosos con ceniza de cascarilla de arroz, Ceniza de bagazo de caña de azúcar y ceniza de estiércol de vaca para caminos rurales	0%,2.5%,7.5%,10% y 12.5%	Entre estos tres insumos , el porcentaje optimo de la ceniza de bagazo fue del 7.5% , en base a este valor se considerara para la estabilizacion de suelos arcillosos para mejorar sus propiedades fisicas y mecanicas.
adil rahujo, Aneel Kumar, Zaheer Ahmed Almani	EFFECTO DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS ARCILLOSOS	2%,4%,6%,8% y 10%	Las pruebas de CBR su valor más alto se da en 10% , concluyendo que si se puede realizar estudios para ver la resistencia del suelo adicionando ceniza de bagazo junto con otros estabilizadores.

Tabla N° 10. Revisión de antecedentes para el uso del VP Y CDBC.

De lo antes mencionado teniendo en cuenta los resultados que se obtuvieron para la presente investigación se optó por seleccionar porcentajes tanto para la CDBC y VP los cuales fueron del 5%,8%,11%,16% y 4%,7%;10%,15% respectivamente. También el sector que se seleccionó presenta partes urbanas , rural y agrícolas.

<b>CANTIDAD DE MUESTRAS Y ENSAYOS</b>						
	<b>Granulometría</b>	<b>Sales Solubles</b>	<b>LL</b>	<b>LP</b>	<b>PROCTOR</b>	<b>CBR</b>
SUELO NATURAL(C-1,C2,C3)	3	3	3	3	3	3
SUELO NATURAL+VP (4%,7%,10%,15%)	-	-	12	12	12	12
SUELO NATURAL+CDBC (5%,8%,11%,16%)	-	-	12	12	12	12
SUELO NATURAL+VP+CDBC	-	-	48	48	48	48
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>

Tabla N° 11. Muestreo: Fuente : Propia

## **HIPÓTESIS**

La incorporación de porcentajes de vidrio pulverizado y ceniza de bagazo de caña de azúcar mejorará las propiedades físico-mecánicas de un suelo arcilloso. A continuación , se mostrará el proceso para demostrar la hipótesis.

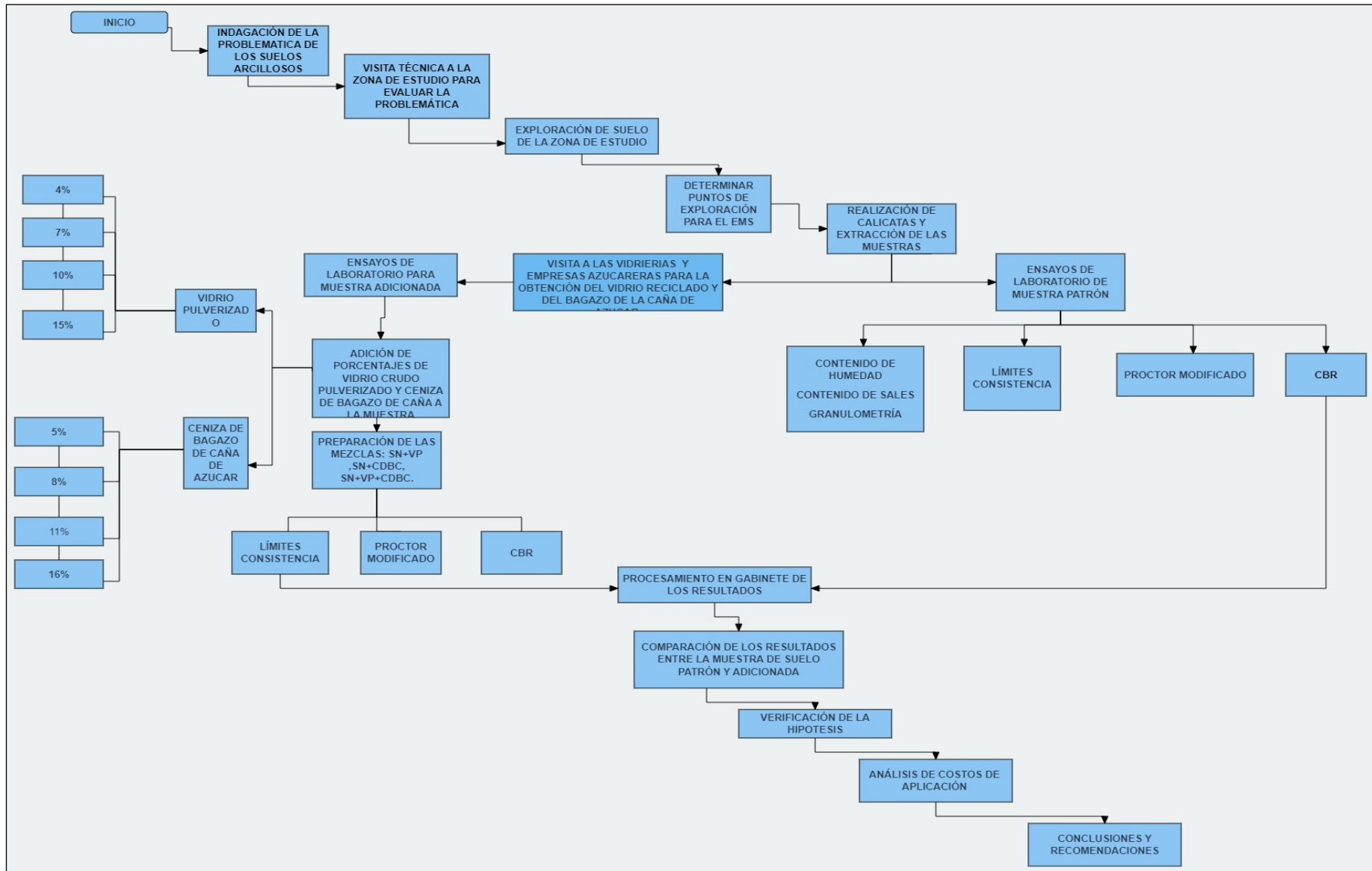


Figura N° 7. Proceso para demostrar la hipótesis

## VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

### VARIABLES

✓ Variable Independiente:

Incorporación de vidrio crudo pulverizado y ceniza de bagazo de caña de azúcar

✓ Variable dependiente

Mejora de propiedades físicas y mecánicas de un suelo arcillosos.

### CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO	RANGOS
Independiente	Incorporación de vidrio crudo pulverizado y ceniza de bagazo de caña de azúcar	vidrio crudo pulverizado	Cant. De vidrio crudo pulverizado	% en peso	Balanza Elec.Aproximación a 0.1 g	4%,7%,10%,15%
		ceniza de bagazo de caña de azúcar	Cant. De ceniza de bagazo de caña de	% en peso	Balanza Elec.Aproximación a 0.1 g	5%,8%,11%,16%
Dependiente	Mejora de propiedades físicas y mecánicas de un suelo arcilloso	Propiedades fisico-químicas	Contenido de Humedad	%	Ensayo de contenido de humedad NTP 339.127	-
			Plasticidad	%	Ensayo para determinar LL,LP e Ip NTP 339.129	-
			Contenido de sales	%	Ensayo de sales solubles totales en suelos ( NTP 339.152/MTC E219)	-
			Tamaño de partículas	mm	Ensayo Granolumetrico NTP 339.128	-
		Propiedades Mecánicas	% Optimo contenido de Humedad	% de peso	Ensayo de Proctor Modificado NTP 339.141	-
			índice de CBR	%	Ensayo CBR MTC E132/ASTM D 1883	-
TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA		INSTRUMENTO		
Interviniente	Diámetro de vidrio crudo pulverizado	mm		<0.6mm (Tamiz N° 30)		
	Diámetro de ceniza de bagazo de caña de azúcar	mm		<0.6mm (Tamiz N° 30)		

Tabla N° 12. Operacionalización de variables

## TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### TECNICA

Se aplicará la recolección de cada dato por medio del desarrollo experimental , aplicándose en los ensayos en el laboratorio controlados por la Norma Técnica Peruana, de esa manera se registrarán datos de acuerdo a cada uno de los protocolos según nos da el Manual de Ensayos de Materiales del MTC.

TÉCNICA	INSTRUMENTO	APLICACIÓN
Desarrollo Exp	Hojas de registro	Ensayos de Laboratorio
Análisis de documentos	Fichas de registro	Fuentes primarias y secundarias de información

Tabla N° 13. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: Propia

### INSTRUMENTOS

Se interpretará y se discutirá los datos que se recolecten de los ensayos en laboratorio, Algunos de estos instrumentos son: hojas de cálculo, gráficos y cuadros comparativos.

### PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el estudio y el proceso de los datos en relación a la incorporación de VP Y CDBC en suelos arcillosos , se utilizará el software de hoja de cálculos Excel , donde esta herramienta realizara cada formato que abarque cada uno de los ítems necesarios donde se registraran aquellos datos que se obtengan de cada ensayo realizado en el laboratorio y mostrar los resultados de esta investigación por medio de histogramas, gráficos dinámicos y líneas de dispersión.

### ENSAYOS DE LABORATORIO

SUELO ARCILLOSO	CDBC Y VP	SUELO ESTABILIZADO CON VP	SUELO ESTABILIZADO CON CDBC	SUELO ESTABILIZADO CON CDBC + VP
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ensayo Granulométrico por tamizado (NTP 339.128 / MTC E 107 / ASTM D422)</li> <li>✓ Ensayo de Contenido de Humedad (NTP 339.127)</li> <li>✓ Ensayo de límite líquido y límite plástico (NTP 339.129)</li> <li>✓ Clasificación SUCS y AASHTO</li> <li>✓ Ensayo Proctor Modificado (NTP 339.141)</li> <li>✓ Ensayo CBR (MTC E 132 /ASTM D 1883)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ensayo de Fluorescencia y difracción de rayos X</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ensayo de límite líquido y límite plástico (NTP 339.129)</li> <li>✓ Ensayo Proctor Modificado (NTP 339.141)</li> <li>✓ Ensayo CBR (MTC E 132 /ASTMD 1883)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ensayo de límite líquido y límite plástico (NTP 339.129)</li> <li>✓ Ensayo Proctor Modificado (NTP 339.141)</li> <li>✓ Ensayo CBR (MTC E 132 /ASTMD 1883)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ensayo de límite líquido y límite plástico (NTP 339.129)</li> <li>✓ Ensayo Proctor Modificado (NTP 339.141)</li> <li>✓ Ensayo CBR (MTC E 132 /ASTM D 1883)</li> </ul>

Tabla N° 14. Ensayos de laboratorio. Fuente : Propia

## PROCEDIMIENTO

### EJECUCIÓN DE LAS CALICATAS

Para poder iniciar con la presente investigación y realización de los puntos de exploración , primero se realizó una visita a la zona , donde se visualizó la transitabilidad de las vías , su estado en el que se encontraron y sobre todos los indicios de la presencia de arcillas. Posteriormente se realizó una búsqueda bibliográfica sobre la ciudad y la zona de estudio que se seleccionó , también el tipo de suelo y problemas que estos generan en todas las obras de pavimentación , donde se optó por realizar los puntos de muestreo en la zona rural y agrícola y sectores aledaños, que, basándonos en el mapa de riesgos según INDECI , vienen hacer sectores que presentan arcillas. el campo de ejecución consistió en realizar 3 calicatas , se realizaron de manera manual hasta 1.5 m de profundidad cada una . Se paso a tomar una muestra por cada calicata , estas muestras fueron protegidas e identificadas y se mandaron al laboratorio para ser ejecutadas con los ensayos correspondientes, en la imagen se muestran las calicatas identificadas como: C-01 ,C-02, C-03. En la primera imagen se presenta como se distribuyó cada calicata en el área de estudio.



Figura N° 8. Calicatas distribuidas: Fuente : Google Earth

## GEORREFERENCIACIÓN : UTM WDS84-17M

COORDENAS UTM	C-01	C-02	C-03
ESTE	635693	633950	634611
NORTE	9264891	9264608	9267262

Tabla N° 15. Calicatas distribuidas: Fuente: Google Earth

En las calicatas se encontraron materiales , que fueron recuperados ya que se encontró con muestras representativas alteradas por la condición fina cohesiva , cada estrato en diferentes cantidades , los que se colocaron en bolsas de urea y trasladado al laboratorio.

Correspondiente al muestreo de suelos , basándonos al registro e identificación se realizó el registro de cada estrato encontrado en las 3 calicatas , donde se anoto las características principales las cuales fueron: profundidad , espesor , color, humedad , ubicación, plasticidad , entre otros. Cada muestra fue clasificada y seleccionada siguiendo el procedimiento que brinda la Normativa NTP 339.150 , recalcando que en ninguna de las 3 calicatas hubo presencia de nivel freático o agua.



Figura N° 9. Calicata 01. Fuente: Propia



Figura N° 10. Calicata 02



Figura N° 11. Calicata 03

Seguidamente , se elaboraron perfiles estratigráficos de las 3 calicatas, detallando las características del suelo.

<b>PERFIL ESTRATIGRÁFICO</b>										
<b>CALICATA 01</b>										
<b>TESIS:</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS INCORPORANDO PORCENTAJES DE VIDRIO PULVERIZADO Y CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR									
<b>SOLICITANTE:</b>	MARCELO DE LA CRUZ SANTA MARÍA									
<b>UBICACIÓN</b>	FERREÑAFE - LAMBAYEQUE									
<b>FECHA EXCAVACION</b>	martes, 7 de Marzo de 2023									
<b>N.A.F.</b>	No encontrado a la profundidad de excavación									
<b>TIPO DE EXCAVACIÓN</b>	MANUAL									
<b>COORDENADAS:</b>	E = 635693    N = 9264891									
PROFUNDIDAD	ESTRATIGRAFICO	DESCRIPCION	SUCS	AASHTO	HUMEDAD	L.L.	L.P.	I.P.	SALES	IDENTIFICACION
0.00										
0.10	-	Relleno con material suelto								
0.20										
0.30										
0.40										
0.50										
0.60										
0.70										
0.80										
0.90	1.50	M-1	CL	A-6	13.81	34	14	20	0.60	
1.00		Suelo de matriz arcillosa limosa de color marrón claro. Es un material compacto, estructura fina estructura lisa, baja humedad y moldeable.								
1.10										
1.20										
1.30										
1.40										
1.50										
1.60										

Figura N° 12. Perfil estratigráfico C-01

<b>PERFIL ESTRATIGRÁFICO</b>										
<b>CALICATA 02</b>										
<b>TESIS:</b>		ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS INCORPORANDO PORCENTAJES DE VIDRIO PULVERIZADO Y CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR								
<b>SOLICITANTE:</b>		MARCELO DE LA CRUZ SANTA MARÍA								
<b>UBICACIÓN</b>		FERREÑAFE - LAMBAYEQUE								
<b>FECHA EXCAVACION</b>		martes, 7 de Marzo de 2023								
<b>N.A.F.</b>		No encontrado a la profundidad de excavación								
<b>TIPO DE EXCAVACIÓN:</b>		MANUAL								
<b>COORDENADAS:</b>		E = 633950 N = 9264608								
PROFUNDIDAD	ESTRATO	DESCRIPCION	SUCS	AASHTO	HUMED	L.L.	L.P.	I.P.	SALES	IDENTIFIC.
0.00										
0.10	-	Relleno con material suelto								
0.20										
0.30										
0.40										
0.50										
0.60										
0.70										
0.80										
0.90	1.50	M-1	CL	A-6	7.57	32	12	20	0.95	
1.00		Suelo de matriz arcillosa limosa de color marrón claro. Es un material compacto, estructura fina estructura lisa, baja humedad y moldeable.								
1.10										
1.20										
1.30										
1.40										
1.50										
1.60										

Figura N° 13. Perfil estratigráfico C-02

<b>PERFIL ESTRATIGRÁFICO</b>										
<b>CALICATA 03</b>										
<b>TESIS:</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS INCORPORANDO PORCENTAJES DE VIDRIO PULVERIZADO Y CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR									
<b>SOLICITANTE:</b>	MARCELO DE LA CRUZ SANTA MARÍA									
<b>UBICACIÓN</b>	FERREÑAFE - LAMBAYEQUE									
<b>FECHA EXCAVACION</b>	martes, 7 de Marzo de 2023									
<b>N.A.F.</b>	No encontrado a la profundidad de excavación									
<b>TIPO DE EXCAVACIÓN:</b>	MANUAL									
<b>COORDENADAS:</b>	E = 634611    N = 634611									
PROFUNDIDAD	ESTRATIGRÁFICO	DESCRIPCION	SUCS	AASHTO	HUMED	L.L.	L.P.	I.P.	SALES	IDENTIFICACION
0.00										
0.10	0.10	-	Relleno con material suelto			-	-	-	-	
0.20										
0.30										
0.40										
0.50										
0.60										
0.70										
0.80										
0.90	1.50	M-1	Suelo de matriz arcillosa limosa de color marrón claro. Es un material compacto, estructura fina estructura lisa, baja humedad y moldeable.	CL-ML	A-6	7.83	35	15	20	0.85
1.00										
1.10										
1.20										
1.30										
1.40										
1.50										
1.60										

Figura N° 14. Perfil estratigráfico C-03

Después de haber obtenido la muestra de suelo arcillosos , se empezó con realizar los ensayos de mecánica de suelos para obtener la caracterización de estos y adquirir los datos de investigación que correspondan. Los ensayos fueron realizados en las instalaciones del laboratorio de suelos y geotecnia de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, distrito Chiclayo, departamento e Lambayeque.

## ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Según la norma que nos proporciona el MTC E-108 , la humedad es la relación entre el peso de los sólidos de la muestra y el agua contenida en esta, para esto , lo primero que se realiza es un cuarteo, que consiste en tener dividida la muestra en cuatro porciones, con el fin de seleccionar las muestras representativas, que luego serán puestas en taras , que anteriormente fueron pesadas, de esta manera obtener el peso de la tara y el peso de la muestra. Después estas muestras serán colocadas en un horno por 24 horas a una temperatura de  $110\text{C}^{\circ}$ .

Por último, al cumplir las 24 horas , estas muestras serán extraída dejándose enfriar a temperatura ambiente y luego poder realizar el cálculo de contenido de humedad.



Figura N° 15. Ensayo Contenido de Humedad. Fuente: Propia

## ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Según la norma del MTC E-107 , este ensayo consiste en que por tamices la muestra que se extrae de cada calicata se distribuya y anotar el peso que se retiene en cada tamiz , por último, se verifica que la sumatoria de la muestra retenida en cada tamiz sea igual a la muestra inicial antes del ensayo.



Figura N° 16. Ensayo granulometría, peso de las muestras retenidas. Fuente : Propia



Figura N° 17. Ensayo granulometría por tamizado. Fuente: Propia

## ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MEDIO DEL HIDROMETRO

Según la norma del MTC E-109, el presente ensayo tiene que cumplir con la condición donde más del 50% de la muestra del ensayo de granulometría debe pasar el tamiz N°200, si esta cumple , si se podrá realizar este ensayo.

Primero para empezar con este ensayo , se debe de contar con agua destilada y hexametafosfato de sodio , que en este caso se utilizó una porción de 40 gr y una temperatura de 20°C.

La muestra que se utilizó se conservó a una humedad natural, ya que se tiene que mezclar el sodio con el agua destilada mediante una pipeta de 4cm<sup>3</sup> , cuyo fin es que la disolución sea buena.

Cuando se tiene la muestra con el agente agregado , se agitará la mezcla por 7 minutos aproximadamente.

Una vez transcurrido el tiempo , la mezcla se coloca en una probeta completando 1000 ml de esta, después se tapa con la mano y se hace un giro rápido de 60 grados hasta lograr ver que la muestra quedo bien asentada en la parte de al fondo de la probeta.

Por último, se introduce el hidrómetro , con el cronometro en la mano para iniciar las lecturas de la probeta , teniendo en cuenta que los tiempos variaran para cada registro, así mismo , medir la temperatura de la mezcla con precaución que el hidrómetro se mueva.



Figura N° 18. Ensayo granulométrico por Hidrómetro. Fuente : Propia

## ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO

Según la norma del MTC E-110 el presente ensayo consiste en saturar una porción de muestra durante las 24 horas , después con la ayuda de la cuchara de Casagrande, se verificará que tenga un certificado de calibración actual , también con el ranurador esta pueda realizar el corte en la parte central de la cuchara, esta debe tener 13 mm aproximadamente.

Posteriormente se gira la manija de la cuchara, contando cada golpe que generaran que este corte que se realizó en la parte central de la cuchara se cierre. Los golpes varían entre 4 a 40 , donde estos se registran en cuatro etapas: 30 a 40 golpes , 20 a 30 golpes, 10 a 20 golpes y 4 a 10 golpes respectivamente.

Por último, si en caso no cierre la muestra en este rango , se le ira añadiendo unos ml de agua , para que de esta manera realizar el proceso otra vez, pero con 20 a 30 golpes, luego se colocara la cuchara en una tara que ya fue pesada y se pondrá en el horno por 24 horas a una temperatura de 110| °C , luego se extraerá la muestra y se empieza con el cálculo de la humedad.



Figura N° 19. Ensayo del Límite Líquido. Fuente Propia

## ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Según la norma del MTC E-111 , donde indica que de aquella muestra se realizarán cilindros de diámetro aproximadamente de 3 mm , donde estos al igual que en el ensayo de LL, se pondrán 24 horas al horno a temperatura de 110°C donde se obtendrá su humedad. Posteriormente calcular el IP restando ambos límites.



Figura N° 20. Ensayo del Límite Líquido. Fuente: Propia

## ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Según la norma MTC E-115 , en este ensayo se toma 3 muestras de cada punto que se exploró, cuyo fin es determinar el O.C.H. y su M.D.S, por eso cada uno de ellos moldes debe contener un contenido de humedad diferente, teniendo en cuenta que se debe rellenar todo el molde en 5 capas, que serán compactadas con 25 golpes cada una.

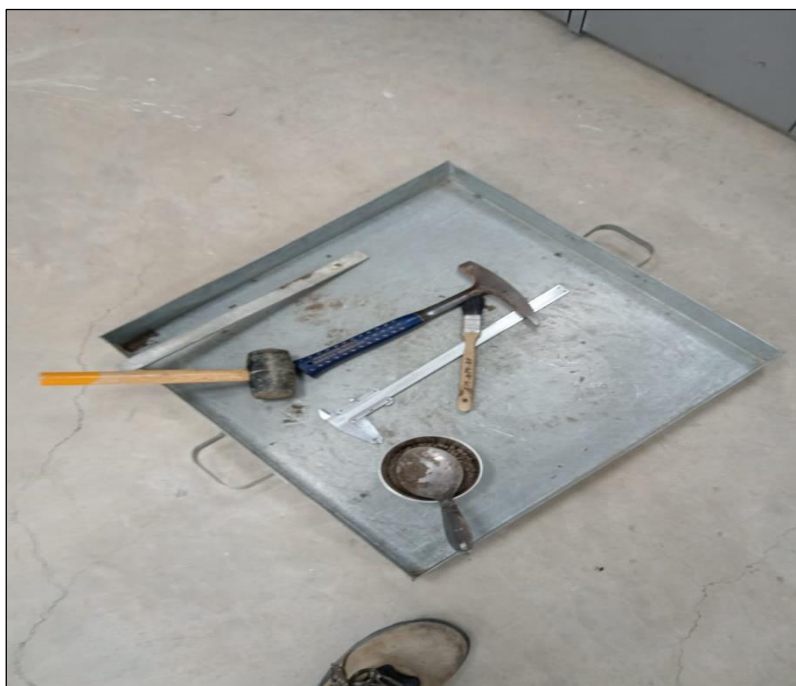


Figura N° 21. Ensayo Proctor Modificado

## ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA(CBR)

Este ensayo que se realizó en base a la norma del MTCE-132 , que se les realizara a las tres calicatas realizadas en los puntos ya especificados y a sus adiciones correspondientes y de esta manera obtener el porcentaje de expansión y la densidad seca del suelo compactado a los 55,26 y 12 golpes , cuyo fin de obtener el CBR a una penetración de 0.1” y 0.2” a una MDS de 95% y 100%.



Figura N° 22. Ensayo de CBR. Fuente Propia

## **ENSAYO DE ANÁLISIS QUÍMICO POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X Y TOMA MICROSCÓPICA DE LA CENIZA DE BAGAZO Y VIDRIO PULVERIZADO.**

### **FLUORESCENCIA DE RAYOS X PARA LA CENIZA DE BAGAZO Y VIDRIO PULVERIZADO**

El presente ensayo fue realizado en instalaciones exteriores que fue el laboratorio de ensayos químicos y servicios generales “Laboratorio Físico Químico Ambiental Perú S.A.C” ubicada en la ciudad de Trujillo. Consiste en que se somete una muestra de partículas a una fuente de radiación de rayos X, donde esta expulsa electrones de las capas internas del átomo, los cuales ocuparan los espacios vacíos y el exceso de energía que se genera, se disipan en fotones o radiación X fluorescente, donde estos se caracterizan por presentar una longitud y onda que va a depender mucho del gradiente de energía y la intensidad se relaciona con la concentración de los elementos de la muestra a ensayar.

Para la presente investigación se analizaron 50 mg de ceniza de bagazo y 25 mg de vidrio pulverizado en un espectrómetro de Fluorescencia de rayos X marca Bruker, con el fin de que se conozca la composición química de la ceniza de bagazo y vidrio pulverizado.



Figura N° 23. Espectrómetro de rayos X. Fuente: Propia

## **TOMA MICROSCÓPICA DE LA CENIZA DE BAGAZO Y VIDRIO PULVERIZADO.**

### **CENIZA DE BAGAZO**

Para determinar si se logró calcinar el bagazo en su totalidad se realizó una visualización a través del microscopio óptico, para eso se seleccionó una pequeña muestra de cenizas pasantes a la malla <math>0.6\text{mm}</math> (Tamiz N° 30).

Del total de cenizas de bagazo ( CDBC ) esparcidas, se seleccionó una pequeña muestra para ser puesta en una lámina porta objeto y esta será llevada a visualizar en el microscopio. La muestra en el porta objeto se esparció de manera que esta no quede acumulada en un solo punto para así obtener las posibles partículas orgánicas inmersas en las cenizas.

Después con mucho cuidado se regula la lente tanto a la medida de la vista y el lente para acercar y alejar la imagen de la muestra . De esta manera se empezó a visualizar las cenizas de bagazo iniciando con un aumento de tamaño de la muestra a 40 x , hasta llegar a 400 X que es el máximo aumento del microscópico.

De las fotos que se tomaron la más representativa y estaría bien es la que llevo en 400 X , presentando una buena toma de la ceniza ya que muestra en este caso pocas partículas, así como larvas.

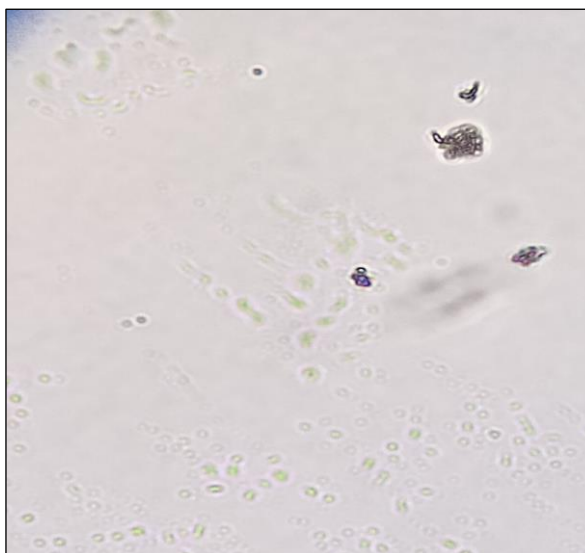


Figura N° 24. Ceniza de bagazo visualizada en el microscopio óptico a 400x.Fuente : Propia

### **VIDRIO PULVERIZADO**

Para determinar si se logró pulverizar el vidrio en su totalidad se realizó una visualización a través del microscopio óptico, para eso se seleccionó una pequeña muestra de vidrio pulverizado pasantes a la malla <math>0.6\text{mm}</math> (Tamiz N° 30).

Del total de vidrio pulverizado (VP) esparcidas, se seleccionó una pequeña muestra para ser puesta en una lámina porta objeto y esta será llevada a visualizar en el microscopio. La muestra en el porta objeto se esparció de manera que esta no quede acumulada en un solo punto para así obtener las posibles partículas orgánicas inmersas en el vidrio pulverizado.

Después con mucho cuidado se regula la lente tanto a la medida de la vista y el lente para acercar y alejar la imagen de la muestra . De esta manera se empezó a visualizar el vidrio pulverizado iniciando con un aumento de tamaño de la muestra a  $40\times$  , hasta llegar a  $400\times$  que es el máximo aumento del microscópico.

De las fotos que se tomaron la más representativa y estaría bien es la que llego en  $400\times$  , donde se observa en el microscopio el residuo de vidrio partículas pequeñas, que estaría en un 90% pulverizado.

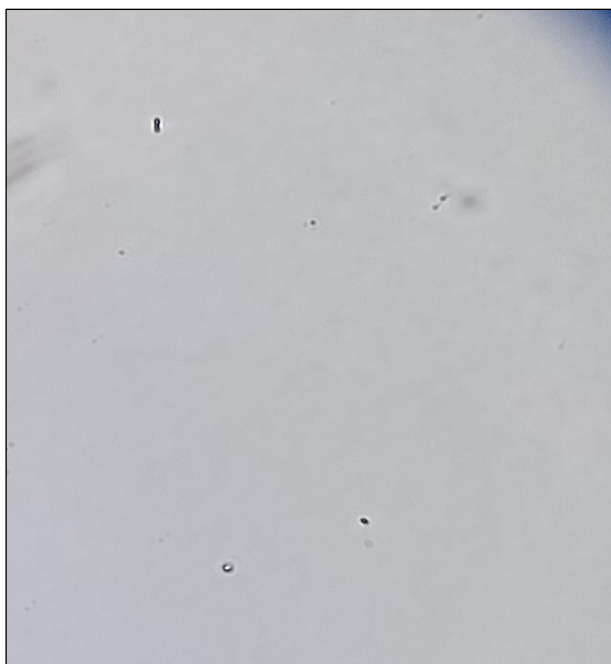


Figura N° 25. Vidrio pulverizado visualizado en el microscopio óptico a  $400\times$ . Fuente : Propia

## PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA CENIZA DE BAGAZO

Para la obtención de la ceniza de bagazo de caña de azúcar a continuación se detalla la obtención de este insumo:

- 1) Primero se solicitó a la Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A que nos facilitó unas doce saquetas de bagazo de caña de azúcar , los cuales tenían un peso promedio de 80 kilos y unos 40 kilos aproximadamente de ceniza de bagazo.



Figura N° 26. Saquetas obtenidas de bagazo y ceniza. Fuente: Propia

- 2) Luego se construyó un horno casero de mampostería de 1m<sup>3</sup> , con el fin de realizar la calcinación del bagazo de caña de azúcar,



Figura N° 27. Horno de mampostería. Fuente: Propia

- 3) Se procede a realizar el quemado con ayuda de un mechero el cual fue colocado dentro del horno para que así el fuego se pueda extender y se realice un quemado uniforme. Una vez que el fuego este estable se procede a tapar el horno con una lámina metálica, se recalca que el proceso de calcinación demora entre 6 - 8 horas.



Figura N° 28. Calcinación del bagazo. Fuente : Propia

- 4) También , se calcula la temperatura a la cual se estaba quemando el bagazo, para ello se utilizó una pistola de termómetro infrarrojo de temperatura laser marca Luke.



Figura N° 29. Temperatura del quemado de la ceniza de bagazo. Fuente : Propia

- 5) La medición de temperatura se realizó durante el quemado de la ceniza de bagazo, se tomaron distintas mediciones entre 4 a 6 horas obteniendo como resultados que la temperatura promedio suministrada por el horno fue superior a los 400° C

MEDICIÓN	DÍA	HORA	TEMPERATURA
Medicion N°1	17/03/2023	10:00 a.m	808.0
Medicion N°2	17/03/2023	12:00 p.m	479.0
Medicion N°3	17/03/2023	03:00 p.m	440.7

Tabla N° 16. Medición de temperatura en horno. Fuente: Propia

- 6) Por último, se dejó enfriar la ceniza que salió del horno, se procede a tamizarla por la malla N°30 (asumido como tamaño superior), utilizando el pasante con la finalidad de evitar los grumos y partículas que no fueron quemadas uniformemente.



Figura N° 30. Muestra de ceniza de Bagazo de caña. Fuente: Propia

## PROCESO DE OBTENCION DEL VIDRIO PULVERIZADO

Para la obtención del vidrio pulverizado a continuación se detalla la obtención de este insumo:

1. Para la obtención del vidrio pulverizado, lo primero que se realizó , fue ir a la vidriería "CHERRES" y reutilizar esos desechos de vidrios que les quedaban , que luego acaban en botaderos, de esta manera se obtuvieron unos 90 kilos aproximadamente de vidrio reciclado en esta vidriería .



Figura N° 31. Obtención del vidrio. Fuente: Propia

2. Los residuos de vidrio recolectados se comenzaron a colocar dentro de sacos de urea y luego a chancar con una comba de 25 lbs, para posteriormente con ayuda de la maquina abrasión los ángeles pulverizarlo.



Figura N° 32. Chancado del vidrio obtenido. Fuente: Propia

3. Luego se realiza el triturado mediante la máquina de abrasión los ángeles, en un tiempo de 20 minutos y el peso del vidrio que se metía a la maquina era cada cinco kilos.



Figura N° 33. Triturado mediante la máquina de abrasión los ángeles. Fuente : Propia

4. Por último, se obtiene el vidrio triturado por la máquina de los ángeles que pasaremos a tamizarlo por la malla N° 30 ( asumido como tamaño superior), quedando así el vidrio totalmente pulverizado



Figura N° 34. Tamizado del vidrio. Fuente : Propia



Figura N° 35. Vidrio pulverizado. Fuente : Propia

## ELABORACIÓN DE MUESTRAS EXPERIMENTALES

Las muestras experimentales , serán compuestas por suelo natural de las 3 calicatas adicionándole los agentes estabilizadores, en este caso son el vidrio pulverizado y la ceniza de bagazo de caña. Es por eso necesario obtener el peso seco de la muestra seca empleando formulas las cuales son la de contenido de humedad, donde se despeja la ecuación y se halla el contenido de agua , para de esta manera mediante la diferencia algebraica obtener el peso de la muestra seca.

$$PW = \frac{\frac{W}{100} (\text{Peso suelo húmedo})}{(1 + \frac{W}{100})}$$

Aplicando la fórmula despejada , se obtiene lo siguiente:

### Calicata 01 (C-1)

#### Datos:

- / Humedad: 13.81
- / Peso suelo húmedo: 30 kg

#### Reemplazando en la ecuación :

$$PW = \frac{\frac{13.81}{100} (30)}{(1 + \frac{13.81}{100})}$$

$$PW = 3.64$$

#### Peso seco de la muestra:

$$\text{Peso seco} = \text{Peso húmedo} - \text{Peso el agua}$$

$$\text{Peso seco} = 30 \text{ kg} - 3.64 \text{ k}$$

$$\text{Peso seco} = 26.36 \text{ kg}$$

El mismo criterio se usará para las calicatas C-2 y C-3.

### Calicata 02 (C-2)

#### Datos:

- / Humedad: 7.57
- / Peso suelo húmedo: 30 kg

#### Reemplazando en la ecuación :

$$PW = \frac{\frac{7.57}{100} (30)}{(1 + \frac{7.57}{100})}$$

$$PW = 2.11$$

**Peso seco de la muestra:**

$$\text{Peso seco} = \text{Peso húmedo} - \text{Peso el agua}$$

$$\text{Peso seco} = 30 \text{ kg} - 2.11 \text{ kg}$$

$$\text{Peso seco} = 27.89 \text{ kg}$$

**Calicata 03 (C-3)****Datos:**

/ Humedad: 7.83

/ Peso suelo húmedo: 30 kg

**Reemplazando en la ecuación :**

$$PW = \frac{\frac{7.83}{100}(30)}{\left(1 + \frac{7.83}{100}\right)}$$

$$PW = 2.18$$

**Peso seco de la muestra:**

$$\text{Peso seco} = \text{Peso húmedo} - \text{Peso el agua}$$

$$\text{Peso seco} = 30 \text{ kg} - 2.18 \text{ kg}$$

$$\text{Peso seco} = 27.82 \text{ kg}$$

**Cálculo de las adiciones a la muestra natural :SN + VP**

C-1				C-2				C-3			
<b>COMBINACIÓN 1 : 96% SN + 4% VP</b>				<b>COMBINACIÓN 1 : 96% SN + 4% VP</b>				<b>COMBINACIÓN 1 : 96% SN + 4% VP</b>			
VP	0.04*26.36	1.05	kg	VP	0.04*27.89	1.12	kg	VP	0.04*27.82	1.11	kg
SUELO	Pw+0.96*26.36	28.95	kg	SUELO	Pw+0.96*27.89	28.88	kg	SUELO	Pw+0.96*27.82	28.89	kg
Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg
<b>COMBINACIÓN 2 : 93% SN + 7% VP</b>				<b>COMBINACIÓN 2 : 93% SN + 7% VP</b>				<b>COMBINACIÓN 2 : 93% SN + 7% VP</b>			
VP	0.07*26.36	1.85	kg	VP	0.07*27.89	1.95	kg	VP	0.07*27.82	1.95	kg
SUELO	Pw+0.93*26.36	28.15	kg	SUELO	Pw+0.93*27.89	28.05	kg	SUELO	Pw+0.93*27.82	28.05	kg
Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg
<b>COMBINACIÓN 3 : 90% SN + 10% VP</b>				<b>COMBINACIÓN 3 : 90% SN + 10% VP</b>				<b>COMBINACIÓN 3 : 90% SN + 10% VP</b>			
VP	0.10*26.36	2.64	kg	VP	0.10*27.89	2.79	kg	VP	0.10*27.82	2.78	kg
SUELO	Pw+0.90*26.36	27.36	kg	SUELO	Pw+0.90*27.89	27.21	kg	SUELO	Pw+0.90*27.82	27.22	kg
Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg
<b>COMBINACIÓN 4 : 85% SN + 15% VP</b>				<b>COMBINACIÓN 4 : 85% SN + 15% VP</b>				<b>COMBINACIÓN 4 : 85% SN + 15% VP</b>			
VP	0.15*26.36	3.95	kg	VP	0.15*27.89	4.18	kg	VP	0.15*27.82	4.17	kg
SUELO	Pw+0.85*26.36	26.05	kg	SUELO	Pw+0.85*27.89	25.82	kg	SUELO	Pw+0.85*27.82	25.83	kg
Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg

Tabla N° 17. Combinación de SN + VP(4%,7%,10%,15%). Fuente: Propia

### Cálculo de las adiciones a la muestra natural :SN + CDBC

C-1				C-2				C-3			
<b>COMBINACIÓN 1 : 95% SN + 5% CDBC</b>				<b>COMBINACIÓN 1 : 95% SN + 5% CDBC</b>				<b>COMBINACIÓN 1 : 95% SN + 5% CDBC</b>			
CDBC	0.05*26.36	1.32	kg	CDBC	0.05*27.89	1.39	kg	CDBC	0.05*27.82	1.39	kg
SUELO	Pw+0.95*26.36	28.68	kg	SUELO	Pw+0.95*27.89	28.61	kg	SUELO	Pw+0.95*27.82	28.61	kg
Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg
<b>COMBINACIÓN 2 : 92% SN + 8% CDBC</b>				<b>COMBINACIÓN 2 : 92% SN + 8% CDBC</b>				<b>COMBINACIÓN 2 : 92% SN + 8% CDBC</b>			
CDBC	0.08*26.36	2.11	kg	CDBC	0.08*27.89	2.23	kg	CDBC	0.08*27.82	2.23	kg
SUELO	Pw+0.92*26.36	27.89	kg	SUELO	Pw+0.92*27.89	27.77	kg	SUELO	Pw+0.92*27.82	27.77	kg
Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg
<b>COMBINACIÓN 3 : 89% SN + 11% CDBC</b>				<b>COMBINACIÓN 3 : 89% SN + 11% CDBC</b>				<b>COMBINACIÓN 3 : 89% SN + 11% CDBC</b>			
CDBC	0.11*26.36	2.90	kg	CDBC	0.11*27.89	3.07	kg	CDBC	0.11*27.82	3.06	kg
SUELO	Pw+0.89*26.36	27.10	kg	SUELO	Pw+0.89*27.89	26.93	kg	SUELO	Pw+0.89*27.82	26.94	kg
Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg
<b>COMBINACIÓN 4 : 84% SN + 16% CDBC</b>				<b>COMBINACIÓN 4 : 84% SN + 16% CDBC</b>				<b>COMBINACIÓN 4 : 84% SN + 16% CDBC</b>			
CDBC	0.16*26.36	4.22	kg	VP+CDBC	0.16*27.89	4.46	kg	VP+CDBC	0.16*27.82	4.45	kg
SUELO	Pw+0.84*26.36	25.78	kg	SUELO	Pw+0.84*27.89	25.54	kg	SUELO	Pw+0.84*27.82	25.55	kg
Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg

Tabla N° 18. Combinación SN + CDBC (5%,8%,11%,16%). Fuente: Propia

### Cálculo de las adiciones a la muestra natural :SN + VP + CDBC

C-1				C-2				C-3			
<b>COMBINACIÓN 1 : 91% SN + 4% VP+5% CDBC</b>				<b>COMBINACIÓN 1 : 91% SN + 4% VP+5% CDBC</b>				<b>COMBINACIÓN 1 : 91% SN + 4% VP+5% CDBC</b>			
VP	0.04*26.36	1.05	kg	VP	0.04*27.89	1.12	kg	VP	0.04*27.82	1.11	kg
CDBC	0.05*26.36	1.32	kg	CBDC	0.05*27.89	1.39	kg	CBDC	0.05*27.82	1.39	kg
SUELO	Pw+0.91*26.36	27.63	kg	SUELO	Pw+0.91*27.89	27.49	kg	SUELO	Pw+0.91*27.89	27.49	kg
Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg
<b>COMBINACIÓN 2 : 88% SN + 4% VP+ 8% CDBC</b>				<b>COMBINACIÓN 2 : 88% SN + 4% VP+ 8% CDBC</b>				<b>COMBINACIÓN 2 : 88% SN + 4% VP+ 8% CDBC</b>			
VP	0.04*26.36	1.05	kg	VP	0.04*27.89	1.12	kg	VP	0.04*27.82	1.11	kg
CDBC	0.08*26.36	2.11	kg	CBDC	0.08*27.89	2.23	kg	CBDC	0.08*27.82	2.23	kg
SUELO	Pw+0.88*26.36	26.84	kg	SUELO	Pw+0.88*27.89	26.65	kg	SUELO	Pw+0.88*27.82	26.66	kg
Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg
<b>COMBINACIÓN 3 : 85% SN + 4% VP+11% CDBC</b>				<b>COMBINACIÓN 3 : 85% SN + 4% VP+11% CDBC</b>				<b>COMBINACIÓN 3 : 85% SN + 4% VP+11% CDBC</b>			
VP	0.04*26.36	1.05	kg	VP	0.04*27.89	1.12	kg	VP	0.04*27.82	1.11	kg
CDBC	0.11*26.36	2.90	kg	CBDC	0.11*27.89	3.07	kg	CBDC	0.11*27.82	3.06	kg
SUELO	Pw+0.85*26.36	26.05	kg	SUELO	Pw+0.85*27.89	25.82	kg	SUELO	Pw+0.85*27.82	25.83	kg
Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg
<b>COMBINACIÓN 4 : 80% SN + 4% VP+16% CDBC</b>				<b>COMBINACIÓN 4 : 80% SN + 4% VP+16% CDBC</b>				<b>COMBINACIÓN 4 : 80% SN + 4% VP+16% CDBC</b>			
VP	0.04*26.36	1.05	kg	VP	0.04*27.89	1.12	kg	VP	0.04*27.82	1.11	kg
CDBC	0.16*26.36	4.22	kg	CBDC	0.16*27.89	4.46	kg	CBDC	0.16*27.82	4.45	kg
SUELO	Pw+0.80*26.36	24.73	kg	SUELO	Pw+0.80*27.89	24.42	kg	SUELO	Pw+0.80*27.89	24.44	kg
Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg	Σ DE PESOS		30.00	kg

<b>C-1</b>	<b>C-2</b>	<b>C-3</b>
<b>COMBINACIÓN 1 : 88% SN + 7% VP+5% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 1 : 88% SN + 7% VP+5% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 1 : 88% SN + 7% VP+5% CDBC</b>
VP 0.07*26.36 1.85 kg	VP 0.07*27.89 1.95 kg	VP 0.07*27.82 1.95 kg
CDBC 0.05*26.36 1.32 kg	CDBC 0.05*27.89 1.39 kg	CDBC 0.05*27.82 1.39 kg
SUELO Pw+0.88*26.36 26.84 kg	SUELO Pw+0.88*27.89 26.65 kg	SUELO Pw+0.88*27.89 26.66 kg
Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg
<b>COMBINACIÓN 2 : 85% SN + 7% VP+ 8% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 2 : 85% SN + 7% VP+ 8% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 2 : 85% SN + 7% VP+ 8% CDBC</b>
VP 0.07*26.36 1.85 kg	VP 0.07*27.89 1.95 kg	VP 0.07*27.82 1.95 kg
CDBC 0.08*26.36 2.11 kg	CDBC 0.08*27.89 2.23 kg	CDBC 0.08*27.82 2.23 kg
SUELO Pw+0.85*26.36 26.05 kg	SUELO Pw+0.85*27.89 25.82 kg	SUELO Pw+0.85*27.82 25.83 kg
Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg
<b>COMBINACIÓN 3 : 82% SN + 7% VP+11% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 3 : 82% SN + 7% VP+11% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 3 : 82% SN + 7% VP+11% CDBC</b>
VP 0.07*26.36 1.85 kg	VP 0.07*27.89 1.95 kg	VP 0.07*27.82 1.95 kg
CDBC 0.11*26.36 2.90 kg	CDBC 0.11*27.89 3.07 kg	CDBC 0.11*27.82 3.06 kg
SUELO Pw+0.82*26.36 25.26 kg	SUELO Pw+0.82*27.89 24.98 kg	SUELO Pw+0.82*27.89 24.99 kg
Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg
<b>COMBINACIÓN 4 : 77% SN + 7% VP+16% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 4 : 77% SN + 7% VP+16% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 4 : 77% SN + 7% VP+16% CDBC</b>
VP 0.07*26.36 1.85 kg	VP 0.07*27.89 1.95 kg	VP 0.07*27.82 1.95 kg
CDBC 0.16*26.36 4.22 kg	CDBC 0.16*27.89 4.46 kg	CDBC 0.16*27.82 4.45 kg
SUELO Pw+0.77*26.36 23.94 kg	SUELO Pw+0.77*27.89 23.59 kg	SUELO Pw+0.77*27.89 23.60 kg
Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg
<b>C-1</b>	<b>C-2</b>	<b>C-3</b>
<b>COMBINACIÓN 1 : 85% SN + 10% VP+5% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 1 : 85% SN + 10% VP+5% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 1 : 85% SN + 10% VP+5% CDBC</b>
VP 0.10*26.36 2.64 kg	VP 0.10*27.89 2.79 kg	VP 0.10*27.82 2.78 kg
CDBC 0.05*26.36 1.32 kg	CDBC 0.05*27.89 1.39 kg	CDBC 0.05*27.82 1.39 kg
SUELO Pw+0.85*26.36 26.05 kg	SUELO Pw+0.85*27.89 25.82 kg	SUELO Pw+0.85*27.82 25.83 kg
Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg
<b>COMBINACIÓN 2 : 82% SN + 10% VP+ 8% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 2 : 82% SN + 10% VP+ 8% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 2 : 82% SN + 10% VP+ 8% CDBC</b>
VP 0.10*26.36 2.64 kg	VP 0.10*27.89 2.79 kg	VP 0.10*27.82 2.78 kg
CDBC 0.08*26.36 2.11 kg	CDBC 0.08*27.89 2.23 kg	CDBC 0.08*27.82 2.23 kg
SUELO Pw+0.82*26.36 25.26 kg	SUELO Pw+0.82*27.89 24.98 kg	SUELO Pw+0.82*27.82 24.99 kg
Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg
<b>COMBINACIÓN 3 : 79% SN + 10% VP+11% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 3 : 79% SN + 10% VP+11% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 3 : 79% SN + 10% VP+11% CDBC</b>
VP 0.10*26.36 2.64 kg	VP 0.10*27.89 2.79 kg	VP 0.10*27.82 2.78 kg
CDBC 0.11*26.36 2.90 kg	CDBC 0.11*27.89 3.07 kg	CDBC 0.11*27.82 3.06 kg
SUELO Pw+0.79*26.36 24.46 kg	SUELO Pw+0.79*27.89 24.14 kg	SUELO Pw+0.79*27.82 24.16 kg
Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg
<b>COMBINACIÓN 4 : 74% SN + 10% VP+16% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 4 : 74% SN + 10% VP+16% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 4 : 74% SN + 10% VP+16% CDBC</b>
VP 0.10*26.36 2.64 kg	VP 0.10*27.89 2.79 kg	VP 0.10*27.82 2.78 kg
CDBC 0.16*26.36 4.22 kg	CDBC 0.16*27.89 4.46 kg	CDBC 0.16*27.82 4.45 kg
SUELO Pw+0.74*26.36 23.15 kg	SUELO Pw+0.74*27.89 22.75 kg	SUELO Pw+0.74*27.82 22.77 kg
Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg
<b>C-1</b>	<b>C-2</b>	<b>C-3</b>
<b>COMBINACIÓN 1 : 80% SN + 15% VP+5% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 1 : 80% SN + 15% VP+5% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 1 : 80% SN + 15% VP+5% CDBC</b>
VP 0.15*26.36 3.95 kg	VP 0.15*27.89 4.18 kg	VP 0.15*27.82 4.17 kg
CDBC 0.05*26.36 1.32 kg	CDBC 0.05*27.89 1.39 kg	CDBC 0.05*27.82 1.39 kg
SUELO Pw+0.80*26.36 24.73 kg	SUELO Pw+0.80*27.89 24.42 kg	SUELO Pw+0.80*27.82 24.44 kg
Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg
<b>COMBINACIÓN 2 : 77% SN + 15% VP+ 8% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 2 : 77% SN + 15% VP+ 8% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 2 : 77% SN + 15% VP+ 8% CDBC</b>
VP 0.15*26.36 3.95 kg	VP 0.15*27.89 4.18 kg	VP 0.15*27.82 4.17 kg
CDBC 0.08*26.36 2.11 kg	CDBC 0.08*27.89 2.23 kg	CDBC 0.08*27.82 2.23 kg
SUELO Pw+0.77*26.36 23.94 kg	SUELO Pw+0.77*27.89 23.59 kg	SUELO Pw+0.77*27.82 23.60 kg
Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg
<b>COMBINACIÓN 3 : 74% SN + 15% VP+11% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 3 : 74% SN + 15% VP+11% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 3 : 74% SN + 15% VP+11% CDBC</b>
VP 0.15*26.36 3.95 kg	VP 0.15*27.89 4.18 kg	VP 0.15*27.82 4.17 kg
CDBC 0.11*26.36 2.90 kg	CDBC 0.11*27.89 3.07 kg	CDBC 0.11*27.82 3.06 kg
SUELO Pw+0.74*26.36 23.15 kg	SUELO Pw+0.74*27.89 22.75 kg	SUELO Pw+0.74*27.82 22.77 kg
Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg
<b>COMBINACIÓN 4 : 69% SN + 15% VP+16% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 4 : 69% SN + 15% VP+16% CDBC</b>	<b>COMBINACIÓN 4 : 69% SN + 15% VP+16% CDBC</b>
VP 0.15*26.36 3.95 kg	VP 0.15*27.89 4.18 kg	VP 0.15*27.82 4.17 kg
CDBC 0.16*26.36 4.22 kg	CDBC 0.16*27.89 4.46 kg	CDBC 0.16*27.82 4.45 kg
SUELO Pw+0.69*26.36 21.83 kg	SUELO Pw+0.69*27.89 21.35 kg	SUELO Pw+0.69*27.82 21.38 kg
Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg	Σ DE PESOS 30.00 kg

Tabla N° 19. Combinación SN + VP + CDBC Fuente: Propia

Luego de calcular la cuantificación se procede a realizar la mezcla de ceniza de bagazo con el suelo natural y de la misma manera con el vidrio pulverizado, así con todas las combinaciones y por último de ambos insumos con este mismo.



Figura N° 36. Adición del vidrio pulverizado al Suelo Natural. Fuente : Propia



Figura N° 37. Adición de la ceniza de bagazo al Suelo Natural. Fuente: Propia



Figura N° 38. Adición del vidrio pulverizado + Ceniza de bagazo al Suelo Natural

## MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO INSITU MEDIANTE EL CONO DE ARENA

Este ensayo se ha utilizado para evaluar la efectividad de la adición de los porcentajes óptimos de CDBC + VP en suelos arcillosos, con el objetivo de verificar los resultados obtenidos en laboratorio. A través de este ensayo, se podrá realizar una comparación entre los resultados de compactación obtenidos en laboratorio y los obtenidos in situ, lo que permitirá evaluar el grado de compactación alcanzado en el campo.



Figura N° 39. Nivelación y compactación del tramo de prueba



Figura N° 40. Densidad de campo del tramo de prueba

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### RESULTADOS

#### CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS NATURALES EXTRAIDAS DE CALICATAS

Las muestras que se extrajeron fueron obtenidas en campo, que corresponden a las tres calicatas realizadas, que al momento de extraerlas se tomaron las medidas necesarias para evitar alterar sus propiedades naturales.

Para caracterizar las propiedades físico-mecánicas de las muestras extraídas de las calicatas, luego se realizaron cada ensayos propuesto por el MTC como: contenido de humedad, granulometría por tamizado, granulometría por hidrometría, límites de consistencia, Proctor modificado, CBR, obteniendo los resultados que se muestran a continuación:

#### CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRAS DE SUELO NATURAL

Este ensayo se realizó siguiendo la normativa del MTC E-108, la que mide la relación del agua y el peso de los sólidos presente en la muestra la cual se aprecia en la siguiente tabla, así mismo se puede observar de manera gráfica en el Anexo N°1.

CONTENIDO DE HUMEDAD			
CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	HUMEDAD(%)
C-01	M-01	1.5	13.81%
C-02	M-02	1.5	7.57%
C-03	M-03	1.5	7.83%

Tabla N° 20. Contenido de humedad de muestras naturales: Fuente: Propia

#### GRANULOMETRIA POR TAMIZADO

Para realizar este ensayo, rigiéndonos de la normativa MTC E-107, ya mencionada en la parte superior, consiste en que la muestra del suelo se separa, de acuerdo al tamaño de sus partículas que pasa la muestra.

GRANULOMETRIA POR TAMIZADO-MUESTRAS NATURALES				
CALICATA	MUESTRA	Grava(%) 75.00-4.75 mm	Arena (%) 4.75-0.075 mm	Limo/Arcilla (%) <0.075 mm
C-01	M-01	0.00%	8.67%	91.33%
C-02	M-02	1.08%	14.33%	85.67%
C-03	M-03	1.52%	14.87%	85.13%

Tabla N° 21. Granulometría por tamizado. Fuente: Propia

Teniendo en cuenta la Tabla N°21 , podemos apreciar que la muestra que pasa por la malla N°200 ( 0.0075) superan los 80% . por lo que se puede decir que está compuesta por finos, eso quiere decir limos y arcillas en su mayoría , la cual se puede observar de manera gráfica en el Anexo N°2.

### GRANULOMETRIA POR HIDROMETRÍA

Según la norma del MTC E-109, el presente ensayo tiene que cumplir con la condición donde más del 50% de la muestra del ensayo de granulometría debe pasar el tamiz N°200, si esta cumple , si se podrá realizar este ensayo, a continuación, se muestra el resumen del análisis de este ensayo donde se presente el porcentaje pasante en los diámetros específicos , observándose también de manera gráfica en el Anexo N°3.

GRANULOMETRIA POR HIDROMETRO-MUESTRAS NATURALES					
CALICATA -01		CALICATA -02		CALICATA -03	
diametro ( mm)	% Que pasa	diametro ( mm)	% Que pasa	diametro ( mm)	% Que pasa
0.0391	85.21%	0.0414	74.57%	0.0399	101.07%
0.0288	67.98%	0.0299	61.18%	0.0290	86.65%
0.0207	63.81%	0.0215	56.89%	0.0210	79.73%
0.0149	59.63%	0.0154	52.61%	0.0154	70.50%
0.0110	55.45%	0.0113	50.46%	0.0114	65.88%
0.0079	51.28%	0.0081	46.18%	0.0081	63.57%
0.0056	49.19%	0.0058	44.03%	0.0058	58.96%
0.0040	47.10%	0.0041	39.75%	0.0042	54.34%
0.0007	38.74%	0.0007	37.61%	0.0007	42.81%

Tabla N° 22. Granulometría por hidrómetro. Fuente: Propia

### LÍMITE DE CONSISTENCIA DE MUESTRAS NATURALES

Los límites de Atterberg son los porcentajes de humedad en las cuelas la muestra de suelo cambia de estado de consistencia y para calcularlos se tienen que tomar en cuenta la norma el MTC E-110 , MTC E-111.

LÍMITES DE CONSISTENCIA			
CALICATA	LL	LP	IP
<b>C-01</b>	<b>34%</b>	<b>14%</b>	<b>20%</b>
<b>C-02</b>	<b>32%</b>	<b>12%</b>	<b>20%</b>
<b>C-03</b>	<b>35%</b>	<b>15%</b>	<b>20%</b>

Tabla N° 23. Límites de consistencia de muestras naturales: Fuente Propia.

Se puede observar en la tabla , basándonos según su plasticidad el suelo de las calicatas se puede decir que son arcillas de media plasticidad . ya que presentan una cantidad moderada de arcilla.

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICAS
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	Suelos arcillosos
IP < 7	Baja	Suelos poco arcillosos
IP = 0	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Tabla N° 24. Clasificación de plasticidad según su plasticidad. Fuente : Propia.

## CLASIFICACIÓN DE SUELO DE MUESTRAS NATURALES

Teniendo en cuenta los ensayos de granulometría por tamizado y con el apoyo de los límites de consistencia , las muestras fueron clasificadas mediante el criterio de AASHTO y SUCS , obteniendo lo siguiente:

CALICATA	MUESTRA	PROF.(m)	AASHTO	SUCS
C-01	M-01	1.5	A-6	CL
C-02	M-02	1.5	A-6	CL
C-03	M-03	1.5	A-6	CL

Tabla N° 25. Clasificación de muestras naturales: Fuentes: Propia

## PROCTOR MODIFICADO DE MUESTRAS NATURALES

Este ensayo se rige de la norma MTC E-115 , tiene como fin buscar el O.C.H (%) y la M.D.S /gr7cm<sup>3</sup>), ya que es donde se tendrá su máxima resistencia y estabilidad. Para esto, se utilizó el método “A” de compactación , viéndose los resultados en la tabla N°, según las 3 calicatas , así mismo se observa sus curvas de compactación en el Anexo N°4.

PROCTOR MODIFICADO			
CALICATA	Profundidad	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm <sup>3</sup> )
C-01	1.5	10	1.66
C-02	1.5	9.94	1.62
C-03	1.5	10.95	1.64

Tabla N° 26. Proctor modificado de muestras Naturales. Fuente: Propia

## CAPACIDAD DE SOPORTE ( CBR ) - MUESTRAS NATURALES

El presente ensayo tiene como fin calcular la resistencia que tiene el suelo a la penetración , desarrollado basándonos de la norma MTC E-112. Además , el CBR está referenciado para una penetración de 0.1” y 0.2”, donde en la tabla N° 27 se muestran los resultados obtenidos.

CBR						
CALICATA	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
C-01	M-1	1.5	3.79	2.18	4.25	2.51
C-02	M-2	1.5	3.78	2.19	4.09	2.56
C-03	M-3	1.5	4.31	2.11	4.57	2.43

Tabla N° 27. CBR de las 3 calicatas. Fuente: Propia

Como se observa en la tabla, las subrasantes naturales al 95% de la M.D.S , presentan un CBR dentro de un rango del 2.5%, mientras que al 100% de M.D.S , estas se encuentran por encima del 4% , considerada como una subrasante pobre según el manual del MTC , pero se podrá mejorar con la adición de los agentes estabilizadores. Visualizándose también la curva de carga de penetración a los 55,26 y 12 golpes en el Anexo N° 5,6 y 7.

### CLASIFICACIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR

La ceniza de bagazo fue obtenida mediante el proceso ya explicado, mediante la combustión controlada y en un horno casero , para que mediante la composición química pueda ser clasificada, es por eso por lo que se realizó el ensayo de fluorescencia de rayos X , el cual nos brinda los siguientes resultados:

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS(%)	MÉTODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO ( Si O <sub>2</sub> )	46.17	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
OXIDO DE CALCIO (Ca O)	19.21	
TRIOXIDO DE ALUMUNIO (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	12.97	
TRIOXIDO DE HIERRO ( Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1.86	
ÓXIDO DE POTASIO ( K <sub>2</sub> O)	7.63	
OXIDO DE TITANIO (Ti O)	0.06	
OXIDO DE ESTRONCIO (Sr O)	0.04	
OXIDO DE COBRE(Cu O)	0.01	
DIOXIDO DE AZUFRE(SO <sub>2</sub> )	0.52	
OXIDO DE ZINC(Zn O)	0.04	
OXIDO DE MANGANESO(Mn O)	0.28	
PERDIDA POR QUEMADO	11.21	

Tabla N° 28. Composición química de la CDBC. Fuente : Propia

### CLASIFICACIÓN:

En esta clasificación se tiene en cuenta la normativa ASTM-C618-19, esta describe aquellos porcentajes que deben de tener en su composición química para que sean clasificadas como puzolana artificial.

	TABLA 1 Requisitos químicos		
		Clase	
	N	F	C
Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> ) más óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) más óxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), mín., %	70,0	50,0	50,0
Óxido de calcio (CaO), %	solo informar	18,0 máx.	< 18,0
Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> ), máx., %	4,0	5,0	5,0
Contenido de humedad, máx., %	3,0	3,0	3,0
Pérdida en ignición, máx., %	10,0	6,0 <sup>A</sup>	6,0

<sup>A</sup> El uso de puzolana de Clase F que contenga hasta un 12,0 % de pérdida en ignición puede ser aprobado por el usuario si están disponibles registros de desempeño aceptable o resultados de pruebas de laboratorio.

Tabla N° 29. Requisitos químicos para clasificar las puzolanas. Fuente : ASTM-C618-19

Como se observa en la tabla de la composición química y teniendo en cuenta los requisitos que brinda la norma, se puede decir que la ceniza de bagazo está clasificada como una puzolana tipo F, donde la sumatoria del SiO<sub>2</sub> , Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub> y el Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> suman en conjunto un 61.00% .

### **TOMA MICROSCÓPICA:**

Para determinar si se logró calcinar el bagazo en su totalidad se realizó una visualización a través del microscopio óptico, para eso se seleccionó una pequeña muestra de cenizas pasantes a la malla <0.6mm (Tamiz N° 30).

De las fotos que se tomaron la más representativa, es la que llego en 400 X , presentando una buena toma de la ceniza ya que muestra en este caso pocas partículas, así como larvas. Obteniendo así una buena calcinación de la ceniza de bagazo.

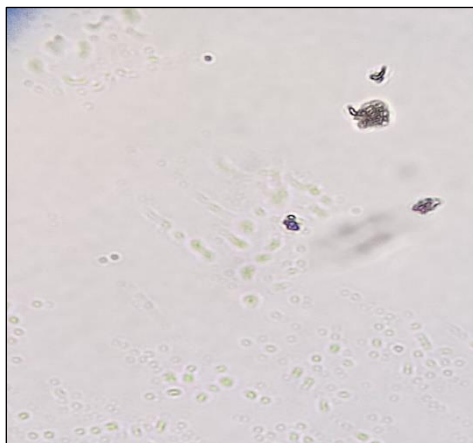


Figura N° 41. Ceniza de bagazo visualizada en el microscopio óptico a 400x. Fuente : Propia

## CLASIFICACIÓN DE VIDRIO PULVERIZADO

Se obtuvo a través el ensayo de espectrometría de fluorescencia de rayos x, que fue realizado en el laboratorio “Físico Químico Ambiental Perú S.A.C.” que se encuentra en la ciudad de Trujillo.

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS(%)	MÉTODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO ( Si O <sub>2</sub> )	36.14	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
OXIDO DE CALCIO (Ca O)	16.49	
TRIOXIDO DE ALUMUNIO (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	27.33	
TRIOXIDO DE HIERRO ( Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	4.68	
ÓXIDO DE POTASIO ( K <sub>2</sub> O)	2.07	
OXIDO DE MAGNESIO (Mg O)	0.67	
PENTOXIDO DE FOSFORO (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.84	
OXIDO DE COBRE (Cu O)	0.11	
Trióxido de Azufre (So <sub>3</sub> )	0.039	
OXIDO DE ZINC (Zn O)	0.016	
OXIDO DE MAGANESO( Mn O)	0.007	
PÉRDIDA POR QUEMADO	11.54	

Tabla N° 30. Composición Química del VP. Fuente: Propia

### CLASIFICACIÓN:

Para determinar la clasificación, se tendrá en cuenta la composición del vidrio según su función durante el desarrollo de asociación, lo cual dispone de 5 tipos, mencionados posteriormente:

- Vitrificantes, caracterizados por componer de forma fundamental el vidrio, siendo de suma importancia para el volumen total de este. De tal manera, se puede ejemplificar al sílice, que está compuesto a la vez por trióxido de boro y pentóxido de fosforo, teniendo la singularidad de poseer  $\frac{3}{4}$  del volumen del vidrio.
- Fundentes, caracterizados por componer y facilitar la formación del vidrio, estas mejoran las condiciones de fusión , es decir reducen la temperatura.
- Bases y óxidos , estabilizantes que permiten modificar las propiedades de este en uno u otro sentido.
- Estabilizantes , llamados también óxidos indiferentes , que pueden actuar tanto como Vitrificantes, así como fundentes.
- Componentes secundarios, estos no afectan a la estructura del vidrio pero si aportan una mejora a su textura y al aspecto de este mismo.

### **TOMA MICROSCÓPICA:**

Para determinar si se logró pulverizar el vidrio en su totalidad se realizó una visualización a través del microscopio óptico, para eso se seleccionó una pequeña muestra de vidrio pulverizado pasantes a la malla <math><0.6\text{mm}</math> (Tamiz N° 30).

De las fotos que se tomaron la más representativa y estaría bien es la que llegó en 400 X, donde se observa en el microscopio el residuo de vidrio partículas pequeñas, que estaría en un 90% pulverizado.



Figura N° 42. Vidrio pulverizado visualizada en el microscopio óptico a 400x. Fuente : Propia

### **ENSAYOS EN MUESTRAS EXPERIMENTALES: SN + VP(%)**

Los ensayos que se realizaron a las muestras experimentales son las siguientes; Límites de consistencia e índice de plasticidad, Proctor M. y CBR, se adicionaron los porcentajes del 4%, 7%, 10% y 15%, y de esta manera realizar dicha comparación entre las muestras naturales y las que se adicionaron.

#### **LÍMITE DE CONSISTENCIA : SN + VP(%) EN C-01**

En la tabla N° 31 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición del VP en la C-01, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

<b>C-01</b>			
<b>DOSIFICACION</b>	<b>LL</b>	<b>LP</b>	<b>IP</b>
<b>100 % Suelo Natural</b>	34%	14%	20%
<b>96% SN + 4% VP</b>	31%	17%	14%
<b>93% SN + 7% VP</b>	28%	16%	12%
<b>90% SN + 10% VP</b>	27%	18%	9%
<b>85% SN + 15% VP</b>	26%	19%	7%

Tabla N° 31. Límites de consistencia de SN + VP (%) en C-01. Fuente: Propia

### LÍMITE DE CONSISTENCIA : SN + VP(%) EN C-02

En la tabla N° 32 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición del VP en la C-01, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

C-02			
DOSIFICACION	LL	LP	IP
100 % Suelo Natural	32%	12%	20%
96% SN + 4% VP	30%	14%	16%
93% SN + 7% VP	28%	15%	13%
90% SN + 10% VP	27%	17%	10%
85% SN + 15% VP	26%	18%	8%

Tabla N° 32. Límites de consistencia de SN + VP (%) en C-02. Fuente: Propia

### LÍMITE DE CONSISTENCIA : SN + VP(%) EN C-03

En la tabla N° 33 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición del VP en la C-01, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

C-03			
DOSIFICACION	LL	LP	IP
100 % Suelo Natural	35%	15%	20%
96% SN + 4% VP	32%	16%	16%
93% SN + 7% VP	30%	17%	13%
90% SN + 10% VP	28%	19%	9%
85% SN + 15% VP	26%	20%	6%

Tabla N° 33. Límites de consistencia de SN + VP (%) en C-03. Fuente: Propia

### PROCTOR MODIFICADO : SN + VP(%) EN C-01

Los datos obtenidos en este ensayo se muestran en la tabla N°34, donde se evidencia la adición del VP y los cambios producidos en el suelo natural , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°8.

PROCTOR C-01: SN +VP			
DOSIFICACION	Profundidad	C-01	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	10	1.66
96% Suelo + 4 VP%	1.5	10.99	1.80
93% Suelo + 7 VP%	1.5	10.84	1.88
92% Suelo + 10 VP%	1.5	10.18	1.91
85% Suelo + 15 VP%	1.5	10.05	1.96

Tabla N° 34. Datos obtenidos del ensayo Proctor de SN + VP (%) en C-01. Fuente: Propia

### PROCTOR MODIFICADO- SN + VP(%) EN C-02

Los datos obtenidos en este ensayo se muestran en la tabla N°35, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°9.

PROCTOR C-02: SN +VP			
DOSIFICACION	Profundidad	C-02	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	9.94	1.62
96% Suelo + 4 VP%	1.5	11.41	1.86
93% Suelo + 7 VP%	1.5	11.27	1.90
92% Suelo + 10 VP%	1.5	11.17	1.92
85% Suelo + 15 VP%	1.5	10.69	1.96

Tabla N° 35. Datos obtenidos del ensayo Proctor de SN + VP (%) en C-02. Fuente: Propia.

### PROCTOR MODIFICADO- SN + VP(%) EN C-03

Los datos obtenidos en este ensayo se muestran en la tabla N°36, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°10.

PROCTOR C-03 : SN+VP			
DOSIFICACION	Profundidad	C-03	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	10.95	1.64
96% Suelo + 4 VP%	1.5	11.38	1.87
93% Suelo + 7 VP%	1.5	11.06	1.89
92% Suelo + 10 VP%	1.5	10.84	1.92
85% Suelo + 15 VP%	1.5	10.1	1.94

Tabla N° 36. Datos obtenidos del ensayo Proctor de SN + VP (%) en C-03. Fuente: Propia

### CAPACIDAD DE SOPORTE: SN + VP (%) EN C-01

En la Tabla N°37 se registran los resultados del ensayo de CBR en la C-01 , para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°11,12,13 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

CBR C-01						
CALICATA 01	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-1	1.5	3.79	2.18	4.25	2.51
96% Suelo + 4%VP	M-1	1.5	9.45	4.11	11.01	4.92
93% Suelo + 7% VP	M-1	1.5	11.53	5.83	13.73	7.13
92% Suelo + 10% VP	M-1	1.5	14.95	7.35	16.69	9.00
85% Suelo + 15 %VP	M-1	1.5	17.47	8.49	19.71	10.78

Tabla N° 37. Datos obtenidos del ensayo de CBR de SN + VP (%) en C-01. Fuente: Propia

### CAPACIDAD DE SOPORTE: SN + VP (%) EN C-02

En la Tabla N°38 se registran los resultados del ensayo de CBR en la C-02 , para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°14,15,16 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

CBR C-02						
CALICATA 02	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-2	1.5	3.78	2.19	4.09	2.56
96% Suelo + 4%VP	M-2	1.5	11.44	8.19	13.01	9.92
93% Suelo + 7% VP	M-2	1.5	11.37	5.40	15.22	7.37
92% Suelo + 10% VP	M-2	1.5	14.71	7.33	16.55	9.05
85% Suelo + 15 %VP	M-2	1.5	17.68	9.25	20.16	11.53

Tabla N° 38. Datos obtenidos del ensayo de CBR de SN + VP (%) en C-02. Fuente: Propia

### CAPACIDAD DE SOPORTE: SN + VP (%) EN C-03

En la Tabla N°39 se registran los resultados del ensayo de CBR en la C-03 , para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°17,18,19 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

CBR C-03						
CALICATA 03	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-3	1.5	4.31	2.11	4.57	2.43
96% Suelo + 4%VP	M-3	1.5	11.6	7.93	14.01	9.61
93% Suelo + 7% VP	M-3	1.5	11.5	5.4	15.37	7.37
92% Suelo + 10% VP	M-3	1.5	15.36	7.34	17.30	8.97
85% Suelo + 15 %VP	M-3	1.5	17.71	9.29	19.97	11.57

Tabla N° 39. Datos obtenidos del ensayo de CBR de SN + VP (%) en C-03. Fuente: Propia

### ENSAYOS EN MUESTRAS EXPERIMENTALES: SN + CDBC (%)

Los ensayos que se realizaron a las muestras experimentales son las siguientes; Límites de consistencia e índice de plasticidad, Proctor M. y CBR , se adicionaron los porcentajes del 5%, 8%, 11% y 16%, y de esta manera realizar dicha comparación entre las muestras naturales y las que se adicionaron.

### LÍMITE DE CONSISTENCIA:SN + CDBC (%) EN C-01

En la tabla N° 40 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de la CDBC en la C-01, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

<b>C-01</b>			
<b>DOSIFICACION</b>	<b>LL</b>	<b>LP</b>	<b>IP</b>
<b>100 % Suelo Natural</b>	34%	14%	20%
<b>95% SN + 5% CDBC</b>	32%	15%	17%
<b>92% SN + 8% CDBC</b>	29%	17%	12%
<b>89% SN + 11% CDBC</b>	28%	18%	10%
<b>84% SN + 16% CDBC</b>	25%	19%	6%

Tabla N° 40. Límites de consistencia de SN + CDBC (%) en C-01. Fuente: Propia

### **LÍMITE DE CONSISTENCIA:SN + CDBC (%) EN C-02**

En la tabla N° 41 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de la CDBC en la C-02, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

<b>C-02</b>			
<b>DOSIFICACION</b>	<b>LL</b>	<b>LP</b>	<b>IP</b>
<b>100 % Suelo Natural</b>	32%	12%	20%
<b>95% SN + 5% CDBC</b>	31%	15%	16%
<b>92% SN + 8% CDBC</b>	30%	16%	14%
<b>89% SN + 11% CDBC</b>	29%	19%	10%
<b>84% SN + 16% CDBC</b>	27%	20%	7%

Tabla N° 41. Límites de consistencia de SN + CDBC (%) en C-02. Fuente: Propia

### **LÍMITE DE CONSISTENCIA:SN + CDBC (%) EN C-03**

En la tabla N° 42 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de la CDBC en la C-03, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

<b>C-03</b>			
<b>DOSIFICACION</b>	<b>LL</b>	<b>LP</b>	<b>IP</b>
<b>100 % Suelo Natural</b>	35%	15%	20%
<b>95% SN + 5% CDBC</b>	33%	17%	16%
<b>92% SN + 8% CDBC</b>	31%	19%	12%
<b>89% SN + 11% CDBC</b>	30%	20%	10%
<b>84% SN + 16% CDBC</b>	28%	21%	7%

Tabla N° 42. Límites de consistencia de SN + CDBC (%) en C-03. Fuente: Propia

### **PROCTOR MODIFICADO:SN + CDBC(%) EN C-01**

Los datos obtenidos en este ensayo se muestran en la tabla N°43, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica su curvas de compactación en el Anexo N°20.

PROCTOR C-01: SN+ CDBC			
DOSIFICACION	Profundidad	C-01	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	10	1.66
95% Suelo + 5 CDBC%	1.5	10.67	1.9
92% Suelo + 8 CDBC%	1.5	10.12	1.96
89% Suelo + 11 CDBC%	1.5	9.89	1.98
84% Suelo + 16 CDBC%	1.5	9.71	2.0

Tabla N° 43. Datos obtenidos del ensayo Proctor de SN + CDBC (%) en C-01. Fuente: Propia

### PROCTOR MODIFICADO:SN + CDBC(%) EN C-02

Los datos obtenidos en este ensayo se muestran en la tabla N°44, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°21.

PROCTOR C-02: SN+ CDBC			
DOSIFICACION	Profundidad	C-02	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	9.94	1.62
95% Suelo + 5 CDBC%	1.5	11.26	1.87
92% Suelo + 8 CDBC%	1.5	10.47	1.91
89% Suelo + 11 CDBC%	1.5	9.49	1.96
84% Suelo + 16 CDBC%	1.5	9.24	2.01

Tabla N° 44. Datos obtenidos del ensayo Proctor de SN + CDBC (%) en C-02. Fuente: Propia

### PROCTOR MODIFICADO:SN + CDBC(%) EN C-03

Los datos obtenidos en este ensayo se muestran en la tabla N°45, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°22.

PROCTOR C-03: SN+ CDBC			
DOSIFICACION	Profundidad	C-03	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	10.95	1.64
95% Suelo + 5 CDBC%	1.5	11.36	1.82
92% Suelo + 8 CDBC%	1.5	11.15	1.92
89% Suelo + 11 CDBC%	1.5	9.91	2.00
84% Suelo + 16 CDBC%	1.5	9.89	2.03

Tabla N° 45. Datos obtenidos del ensayo Proctor de SN + CDBC (%) en C-03. Fuente: Propia

### CAPACIDAD DE SOPORTE: SN + CDBC (%) EN C-01

En la Tabla N°46 se registran los resultados del ensayo de CBR en la C-01 , para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°23,24,25 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

CBR C-01						
CALICATA 01	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-1	1.5	3.79	2.18	4.25	2.51
95% Suelo +5%CDBC	M-1	1.5	9.18	4.22	10.7	5.02
92% Suelo +8 %CDBC	M-1	1.5	11.34	5.61	13.56	7.22
89% Suelo +11 %CDBC	M-1	1.5	14.72	7.27	16.56	8.92
84% Suelo +16% CDBC	M-1	1.5	17.65	8.31	19.88	10.59

Tabla N° 46. Datos obtenidos del ensayo de CBR de SN + CDBC (%) en C-01. Fuente: Propia

### CAPACIDAD DE SOPORTE: SN + CDBC (%) EN C-02

En la Tabla N°47 se registran los resultados del ensayo de CBR en la C-02 , para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°26,27,28 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

CBR C-02						
CALICATA 02	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-2	1.5	3.78	2.19	4.09	2.56
95% Suelo +5%CDBC	M-2	1.5	11.87	7.8	14.38	9.35
92% Suelo +8 %CDBC	M-2	1.5	12.23	7.64	15.65	9.38
89% Suelo +11 %CDBC	M-2	1.5	15.34	7.79	16.93	9.53
84% Suelo +16% CDBC	M-2	1.5	17.83	13.18	20.27	15.72

Tabla N° 47. Datos obtenidos del ensayo de CBR de SN + CDBC (%) en C-02. Fuente: Propia

### CAPACIDAD DE SOPORTE: SN + CDBC (%) EN C-03

En la Tabla N°48 se registran los resultados del ensayo de CBR en la C-03 , para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°29,30,31 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

CBR C-03						
CALICATA 03	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-3	1.5	4.31	2.11	4.57	2.43
95% Suelo +5%CDBC	M-3	1.5	11.49	7.62	14.71	9.29
92% Suelo +8 %CDBC	M-3	1.5	11.56	5.61	15.47	7.65
89% Suelo +11 %CDBC	M-3	1.5	14.95	7.28	16.69	8.93
84% Suelo +16% CDBC	M-3	1.5	17.94	9.08	20.38	11.34

Tabla N° 48. Datos obtenidos del ensayo de CBR de SN + CDBC (%) en C-03. Fuente: Propia.

### ENSAYOS EN MUESTRAS EXPERIMENTALES: SN +VP(%) +CDBC (%)

Los ensayos que se realizaron a las muestras experimentales son las siguientes; Límites de consistencia e índice de plasticidad, Proctor M. y CBR , se adicionaron los porcentajes tanto del vidrio pulverizado como la de ceniza de bagazo de caña en conjunto , las cuales están especificadas en las siguiente tablas clasificadas en 8 combos:

COMBOS	COMBOS DE MUESTRAS EXPERIMENTALES: SN +VP(%) +CDBC(%)		
	SUELO NATURAL	VP(%)	CDBC(%)
COMBO 1	SN	4%	5%
	SN	4%	8%
	SN	4%	11%
	SN	4%	16%
COMBO 2	SN	7%	5%
	SN	7%	8%
	SN	7%	11%
	SN	7%	16%
COMBO 3	SN	10%	5%
	SN	10%	8%
	SN	10%	11%
	SN	10%	16%
COMBO 4	SN	15%	5%
	SN	15%	8%
	SN	15%	11%
	SN	15%	16%

Tabla N° 49. Combos de la muestra natural con VP (Constante) + CDBC. Fuente: Propia

COMBOS	COMBOS DE MUESTRAS EXPERIMENTALES: SN + CDBC(%)VP(%)		
	SUELO NATURAL	CDBC(%)	VP(%)
COMBO 1'	SN	5%	4%
	SN	5%	7%
	SN	5%	10%
	SN	5%	15%
COMBO 2'	SN	8%	4%
	SN	8%	7%
	SN	8%	10%
	SN	8%	15%
COMBO 3'	SN	11%	4%
	SN	11%	7%
	SN	11%	10%
	SN	11%	15%
COMBO 4'	SN	16%	4%
	SN	16%	7%
	SN	16%	10%
	SN	16%	15%

Tabla N° 50. Combos de la muestra natural con CDBC (Constante) + VP. Fuente: Propia

### LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 1: SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-01

En la tabla N° 51 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-01, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

<b>COMBO 1: C-01</b>			
<b>DOSIFICACION</b>	<b>LL</b>	<b>LP</b>	<b>IP</b>
<b>100 % Suelo Natural</b>	34%	14%	20%
<b>91% SN + 4% VP+5% CDBC</b>	33%	17%	16%
<b>88% SN + 4% VP+ 8% CDBC</b>	30%	19%	11%
<b>85% SN + 4% VP+11% CDBC</b>	29%	20%	9%
<b>80% SN + 4% VP+16% CDBC</b>	28%	17%	11%

Tabla N° 51. Límites de consistencia Combo1 de SN+VP (%) + CDBC (%) en C-01. Fuente: Propia

### LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 1: SN+VP+CDBC EN C-02

En la tabla N° 52 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-02, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

<b>COMBO 1: C-02</b>			
<b>DOSIFICACION</b>	<b>LL</b>	<b>LP</b>	<b>IP</b>
<b>100 % Suelo Natural</b>	32%	12%	20%
<b>91% SN + 4% VP+5% CDBC</b>	30%	14%	16%
<b>88% SN + 4% VP+ 8% CDBC</b>	28%	15%	13%
<b>85% SN + 4% VP+11% CDBC</b>	25%	17%	8%
<b>80% SN + 4% VP+16% CDBC</b>	23%	11%	12%

Tabla N° 52. Límites de consistencia Combo 1 de SN+VP (%) + CDBC (%) en C-02. Fuente: Propia

### LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 1: SN+VP+CDBC EN C-03

En la tabla N° 53 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-03, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural .

<b>COMBO 1: C-03</b>			
<b>DOSIFICACION</b>	<b>LL</b>	<b>LP</b>	<b>IP</b>
<b>100 % Suelo Natural</b>	35%	15%	20%
<b>91% SN + 4% VP+5% CDBC</b>	33%	16%	17%
<b>88% SN + 4% VP+ 8% CDBC</b>	28%	17%	11%
<b>85% SN + 4% VP+11% CDBC</b>	25%	18%	7%
<b>80% SN + 4% VP+16% CDBC</b>	23%	14%	9%

Tabla N° 53. Límites de consistencia Combo1 de SN+VP (%) + CDBC (%) en C-03. Fuente: Propia

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 1 :SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-01

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante se muestran en la tabla N°54, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°32.

PROCTOR COMBO 1: C-01:SN+VP + CDBC			
DOSIFICACION	Profundidad	C-01	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	10	1.66
91% SN + 4% VP+5% CDBC	1.5	10.44	1.89
88% SN + 4% VP+ 8% CDBC	1.5	9.63	1.94
85% SN + 4% VP+11% CDBC	1.5	8.79	1.98
80% SN + 4% VP+16% CDBC	1.5	8.55	2.05

Tabla N° 54. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo1 de SN+VP(%)+CDBC(%) en C-01.Fuente : Propia

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 1 :SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-02

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante se muestran en la tabla N°55, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°33 .

PROCTOR COMBO 1: C-02:SN+VP + CDBC			
DOSIFICACION	Profundidad	C-02	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	9.94	1.62
91% SN + 4% VP+5% CDBC	1.5	10.36	1.92
88% SN + 4% VP+ 8% CDBC	1.5	9.8	1.98
85% SN + 4% VP+11% CDBC	1.5	9.56	2.04
80% SN + 4% VP+16% CDBC	1.5	9.41	2.14

Tabla N° 55. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo1 de SN+VP(%)+CDBC(%) en C-02.Fuente : Propia

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 1 :SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-03

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante se muestran en la tabla N°56, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°34.

PROCTOR COMBO 1: C-03:SN+VP + CDBC			
DOSIFICACION	Profundidad	C-03	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	10.95	1.64
91% SN + 4% VP+5% CDBC	1.5	10.91	1.91
88% SN + 4% VP+ 8% CDBC	1.5	10.23	1.95
85% SN + 4% VP+11% CDBC	1.5	10.06	2.00
80% SN + 4% VP+16% CDBC	1.5	9.34	2.15

Tabla N° 56. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo1 de SN+VP(%)+CDBC(%) en C-03.Fuente : Propia

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 1:SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-01

En la Tabla N°57 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-01 , para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°35,36,37 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 1: CBR C-01						
CALICATA 01	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-1	1.5	3.79	2.18	4.25	2.51
91% SN + 4% VP+5% CDBC	M-1	1.5	14.87	7.28	16.62	8.92
88% SN + 4% VP+ 8% CDBC	M-1	1.5	17.17	8.01	19.7	9.34
85% SN + 4% VP+11% CDBC	M-1	1.5	18.91	12.20	21.66	14.83
80% SN + 4% VP+16% CDBC	M-1	1.5	22.26	13.32	25.58	17.34

Tabla N° 57. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo1 de SN +VP(%)+ CDBC (%) en C-01. Fuente: Propia.

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 1:SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-02

En la Tabla N°58 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-02 , para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°38,39,40 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 1: CBR C-02						
CALICATA 02	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-2	1.5	3.78	2.19	4.09	2.56
91% SN + 4% VP+5% CDBC	M-2	1.5	14.71	7.16	16.56	8.79
88% SN + 4% VP+ 8% CDBC	M-2	1.5	15.91	8.26	18.57	9.52
85% SN + 4% VP+11% CDBC	M-2	1.5	18.53	11.85	21.19	14.62
80% SN + 4% VP+16% CDBC	M-2	1.5	21.68	13.03	25.02	17.15

Tabla N° 58. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo1 de SN +VP(%)+ CDBC (%) en C-02. Fuente: Propia.

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 1:SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-03

En la Tabla N°59 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-03 , para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°41,42,43 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 1: CBR C-03						
CALICATA 03	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-3	1.5	4.31	2.11	4.57	2.43
91% SN + 4% VP+5% CDBC	M-3	1.5	14.83	7.62	16.65	9.23
88% SN + 4% VP+ 8% CDBC	M-3	1.5	15.78	8.88	18.21	10.85
85% SN + 4% VP+11% CDBC	M-3	1.5	19.21	12.68	21.8	15.11
80% SN + 4% VP+16% CDBC	M-3	1.5	21.41	12.76	25.35	16.86

Tabla N° 59. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo1 de SN +VP(%)+ CDBC (%) en C-03. Fuente: Propia.

**LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 2: SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-01**

En la tabla N° 60 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-01, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

<b>COMBO 2: C-01</b>			
<b>DOSIFICACION</b>	<b>LL</b>	<b>LP</b>	<b>IP</b>
<b>100 % Suelo Natural</b>	34%	14%	20%
<b>88% SN + 7% VP+5% CDBC</b>	32%	16%	16%
<b>85% SN + 7% VP+ 8% CDBC</b>	26%	20%	6%
<b>82% SN + 7% VP+11% CDBC</b>	28%	18%	10%
<b>77% SN + 7% VP+16% CDBC</b>	30%	22%	8%

Tabla N° 60. Límites de consistencia Combo2 de SN+VP (%) + CDBC (%) en C-01. Fuente: Propia

**LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 2: SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-01**

En la tabla N° 61 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-02, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

<b>COMBO 2: C-02</b>			
<b>DOSIFICACION</b>	<b>LL</b>	<b>LP</b>	<b>IP</b>
<b>100 % Suelo Natural</b>	32%	12%	20%
<b>88% SN + 7% VP+5% CDBC</b>	30%	14%	16%
<b>85% SN + 7% VP+ 8% CDBC</b>	26%	18%	8%
<b>82% SN + 7% VP+11% CDBC</b>	27%	15%	12%
<b>77% SN + 7% VP+16% CDBC</b>	30%	20%	10%

Tabla N° 61. Límites de consistencia Combo2 de SN+VP (%) + CDBC (%) en C-01. Fuente: Propia

**LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 2: SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-03**

En la tabla N° 62 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-03, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

<b>COMBO 2: C-03</b>			
<b>DOSIFICACION</b>	<b>LL</b>	<b>LP</b>	<b>IP</b>
<b>100 % Suelo Natural</b>	35%	15%	20%
<b>88% SN + 7% VP+5% CDBC</b>	33%	17%	16%
<b>85% SN + 7% VP+ 8% CDBC</b>	29%	22%	7%
<b>82% SN + 7% VP+11% CDBC</b>	32%	19%	13%
<b>77% SN + 7% VP+16% CDBC</b>	33%	24%	9%

Tabla N° 62. Límites de consistencia Combo2 de SN+VP (%) + CDBC (%) en C-03. Fuente: Propia

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 2 :SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-01

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante se muestran en la tabla N°63, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°44.

PROCTOR COMBO 2: C-01:SN+VP + CDBC			
DOSIFICACION	Profundidad	C-01	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	10	1.66
88% SN + 7% VP+5% CDBC	1.5	10.82	1.92
85% SN + 7% VP+ 8% CDBC	1.5	10.16	1.96
82% SN + 7% VP+11% CDBC	1.5	9.87	2.15
77% SN + 7% VP+16% CDBC	1.5	9.79	2.04

Tabla N° 63. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo2 de SN+VP(%)+CDBC(%) en C-01.Fuente : Propia

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 2 :SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-02

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante se muestran en la tabla N°64, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°45.

PROCTOR COMBO 2: C-02:SN+VP + CDBC			
DOSIFICACION	Profundidad	C-02	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	9.94	1.62
88% SN + 7% VP+5% CDBC	1.5	10.52	1.90
85% SN + 7% VP+ 8% CDBC	1.5	9.85	1.95
82% SN + 7% VP+11% CDBC	1.5	9.04	2.14
77% SN + 7% VP+16% CDBC	1.5	9.49	1.98

Tabla N° 64. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo2 de SN+VP(%)+CDBC(%) en C-02.Fuente : Propia

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 2 :SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-03

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante se muestran en la tabla N°65, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°46.

PROCTOR COMBO 2: C-03:SN+VP + CDBC			
DOSIFICACION	Profundidad	C-03	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	10.95	1.64
88% SN + 7% VP+5% CDBC	1.5	11.30	1.81
85% SN + 7% VP+ 8% CDBC	1.5	10.68	2.00
82% SN + 7% VP+11% CDBC	1.5	10.15	2.13
77% SN + 7% VP+16% CDBC	1.5	10.35	2.01

Tabla N° 65. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo2 de SN+VP(%)+CDBC(%) en C-03.Fuente : Propia

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 2:SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-01

En la Tabla N°66 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-01 , para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°47,48,49 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 2: CBR C-01						
CALICATA 01	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-1	1.5	3.79	2.18	4.25	2.51
88% SN + 7% VP+5% CDBC	M-1	1.5	15.84	7.58	18.62	8.84
85% SN + 7% VP+8% CDBC	M-1	1.5	19.83	10.64	25.07	15.26
82% SN + 7% VP+11% CDBC	M-1	1.5	21.65	16.38	27.43	21.49
77% SN + 7% VP+16% CDBC	M-1	1.5	19.71	11.12	25.09	15.80

Tabla N° 66. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo2 de SN +VP(%)+ CDBC (%) en C-01. Fuente: Propia.

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 2:SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-02

En la Tabla N°67 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-02 , para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°50,51,52 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 2: CBR C-02						
CALICATA 02	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-2	1.5	3.78	2.19	4.09	2.56
88% SN + 7% VP+5% CDBC	M-2	1.5	15.71	7.58	18.63	8.84
85% SN + 7% VP+8% CDBC	M-2	1.5	20.32	11.08	24.71	15.14
82% SN + 7% VP+11% CDBC	M-2	1.5	23.17	16.32	31.13	21.39
77% SN + 7% VP+16% CDBC	M-2	1.5	20.07	11.37	25.28	15.99

Tabla N° 67. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo2 de SN +VP(%)+ CDBC (%) en C-02. Fuente: Propia.

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 2:SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-03

En la Tabla N°68 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-03 , para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°53,54,55 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 2: CBR C-03						
CALICATA 03	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-3	1.5	4.31	2.11	4.57	2.43
88% SN + 7% VP+5% CDBC	M-3	1.5	16.61	7.84	19.21	8.94
85% SN + 7% VP+8% CDBC	M-3	1.5	20.41	10.73	24.67	15.34
82% SN + 7% VP+11% CDBC	M-3	1.5	22.07	16.56	27.58	21.51
77% SN + 7% VP+16% CDBC	M-3	1.5	19.29	11.02	24.76	15.23

Tabla N° 68. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo2 de SN +VP(%)+ CDBC (%) en C-03. Fuente: Propia.

### LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 3: SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-01

En la tabla N° 69 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-01, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

COMBO 3: C-01			
DOSIFICACION	LL	LP	IP
100 % Suelo Natural	34%	14%	20%
85% SN + 10% VP+5% CDBC	32%	17%	15%
82% SN + 10% VP+ 8% CDBC	27%	20%	7%
79% SN + 10% VP+11% CDBC	29%	18%	11%
74% SN + 10% VP+16% CDBC	32%	20%	12%

Tabla N° 69. Límites de consistencia Combo3 de SN+VP (%) + CDBC (%) en C-01. Fuente: Propia

### LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 3: SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-02

En la tabla N° 70 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-02, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

COMBO 3: C-02			
DOSIFICACION	LL	LP	IP
100 % Suelo Natural	32%	12%	20%
85% SN + 10% VP+5% CDBC	30%	14%	16%
82% SN + 10% VP+ 8% CDBC	28%	18%	10%
79% SN + 10% VP+11% CDBC	42%	29%	13%
74% SN + 10% VP+16% CDBC	44%	27%	17%

Tabla N° 70. Límites de consistencia Combo3 de SN+VP (%) + CDBC (%) en C-02. Fuente: Propia

### LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 3: SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-03

En la tabla N° 71 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-03, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

COMBO 3: C-03			
DOSIFICACION	LL	LP	IP
100 % Suelo Natural	35%	15%	20%
85% SN + 10% VP+5% CDBC	33%	17%	16%
82% SN + 10% VP+ 8% CDBC	25%	20%	5%
79% SN + 10% VP+11% CDBC	39%	28%	11%
74% SN + 10% VP+16% CDBC	43%	30%	13%

Tabla N° 71. Límites de consistencia Combo3 de SN+VP (%) + CDBC (%) en C-03. Fuente: Propia

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 3 :SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-01

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante se muestran en la tabla N°72, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°56.

PROCTOR COMBO 3: C-01:SN+VP + CDBC			
DOSIFICACION	Profundidad	C-01	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	10	1.66
85% SN + 10% VP+5% CDBC	1.5	10.70	1.82
82% SN + 10% VP+ 8% CDBC	1.5	10.06	2.15
79% SN + 10% VP+11% CDBC	1.5	10.69	1.99
74% SN + 10% VP+16% CDBC	1.5	10.85	1.91

Tabla N° 72. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo3 de SN+VP(%)+CDBC(%) en C-01.Fuente : Propia

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 3 :SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-02

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante se muestran en la tabla N°73, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°57.

PROCTOR COMBO 3: C-02:SN+VP + CDBC			
DOSIFICACION	Profundidad	C-02	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	9.94	1.62
85% SN + 10% VP+5% CDBC	1.5	10.56	1.82
82% SN + 10% VP+ 8% CDBC	1.5	10.48	2.10
79% SN + 10% VP+11% CDBC	1.5	10.89	2.01
74% SN + 10% VP+16% CDBC	1.5	10.97	1.95

Tabla N° 73. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo3 de SN+VP(%)+CDBC(%) en C-02.Fuente : Propia

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 3 :SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-03

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante se muestran en la tabla N°74, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°58.

PROCTOR COMBO 3: C-03:SN+VP + CDBC			
DOSIFICACION	Profundidad	C-03	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	10.95	1.64
85% SN + 10% VP+5% CDBC	1.5	11.30	1.81
82% SN + 10% VP+ 8% CDBC	1.5	10.50	2.13
79% SN + 10% VP+11% CDBC	1.5	10.75	1.99
74% SN + 10% VP+16% CDBC	1.5	10.97	1.94

Tabla N° 74. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo3 de SN+VP(%)+CDBC(%) en C-03.Fuente : Propia

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 3:SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-01

En la Tabla N°75 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-01 , para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°59,60,61 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 3: CBR C-01						
CALICATA 01	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-1	1.5	3.79	2.18	4.25	2.51
85% SN + 10% VP+5% CDBC	M-1	1.5	19.93	10.4	25.13	15.03
82% SN + 10% VP+ 8% CDBC	M-1	1.5	22.42	14.43	27.10	17.93
79% SN + 10% VP+11% CDBC	M-1	1.5	25.08	14.04	31.82	19.30
74% SN + 10% VP+16% CDBC	M-1	1.5	32.00	14.99	37.74	23.13

Tabla N° 75. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo3 de SN +VP(%)+ CDBC (%) en C-01. Fuente: Propia.

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 3:SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-02

En la Tabla N°76 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-02 , para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°62,63,64 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 3: CBR C-02						
CALICATA 02	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-2	1.5	3.78	2.19	4.09	2.56
85% SN + 10% VP+5% CDBC	M-2	1.5	19.36	10.51	24.42	14.7
82% SN + 10% VP+ 8% CDBC	M-2	1.5	22.20	14.40	26.64	17.67
79% SN + 10% VP+11% CDBC	M-2	1.5	25.59	14.86	32.77	20.28
74% SN + 10% VP+16% CDBC	M-2	1.5	32.11	15.02	38.12	23.07

Tabla N° 76. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo3 de SN +VP(%)+ CDBC (%) en C-02. Fuente: Propia.

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 3:SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-03

En la Tabla N°77 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-03 , para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°65,66,67 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 3: CBR C-03						
CALICATA 03	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-3	1.5	4.31	2.11	4.57	2.43
85% SN + 10% VP+5% CDBC	M-3	1.5	18.74	10.49	22.37	14.71
82% SN + 10% VP+ 8% CDBC	M-3	1.5	22.50	14.23	26.83	17.61
79% SN + 10% VP+11% CDBC	M-3	1.5	26.47	13.56	32.29	19.09
74% SN + 10% VP+16% CDBC	M-3	1.5	31.80	14.81	37.36	22.63

Tabla N° 77. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo3 de SN +VP(%)+ CDBC (%) en C-03. Fuente: Propia.

### LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 4: SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-01

En la tabla N° 78 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-01, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

COMBO 4: C-01			
DOSIFICACION	LL	LP	IP
100 % Suelo Natural	34%	14%	20%
80% SN + 15% VP+5% CDBC	43%	28%	15%
77% SN + 15% VP+ 8% CDBC	40%	32%	8%
74% SN + 15% VP+11% CDBC	44%	30%	14%
69% SN + 15% VP+16% CDBC	49%	33%	16%

Tabla N° 78. Límites de consistencia Combo4 de SN+VP (%) +CDBC (%) en C-01. Fuente: Propia

### LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 4: SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-02

En la tabla N° 79 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-02, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

COMBO 4 : C-02			
DOSIFICACION	LL	LP	IP
100 % Suelo Natural	32%	12%	20%
80% SN + 15% VP+5% CDBC	46%	33%	13%
77% SN + 15% VP+ 8% CDBC	40%	35%	5%
74% SN + 15% VP+11% CDBC	47%	31%	16%
69% SN + 15% VP+16% CDBC	49%	32%	17%

Tabla N° 79. Límites de consistencia Combo4 de SN+VP (%) +CDBC (%) en C-02. Fuente: Propia

### LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 4: SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-03

En la tabla N° 80 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-03, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

COMBO 4: C-03			
DOSIFICACION	LL	LP	IP
100 % Suelo Natural	35%	15%	20%
80% SN + 15% VP+5% CDBC	45%	34%	11%
77% SN + 15% VP+ 8% CDBC	39%	32%	7%
74% SN + 15% VP+11% CDBC	42%	30%	12%
69% SN + 15% VP+16% CDBC	47%	29%	18%

Tabla N° 80. Límites de consistencia Combo4 de SN+VP (%) +CDBC (%) en C-03. Fuente: Propia

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 4 :SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-01

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante se muestran en la tabla N°81, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°68.

PROCTOR COMBO 4: C-01:SN+VP + CDBC			
DOSIFICACION	Profundidad	C-01	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	10	1.66
80% SN + 15% VP+5% CDBC	1.5	10.66	2.00
77% SN + 15% VP+ 8% CDBC	1.5	10.05	2.17
74% SN + 15% VP+11% CDBC	1.5	10.43	2.06
69% SN + 15% VP+16% CDBC	1.5	10.22	1.97

Tabla N° 81. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo4 de SN+VP(%)+CDBC(%) en C-01.Fuente : Propia

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 4 :SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-02

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante se muestran en la tabla N°82, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°69.

PROCTOR COMBO 4: C-02:SN+VP + CDBC			
DOSIFICACION	Profundidad	C-02	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	9.94	1.62
80% SN + 15% VP+5% CDBC	1.5	10.5	2.03
77% SN + 15% VP+ 8% CDBC	1.5	10.1	2.19
74% SN + 15% VP+11% CDBC	1.5	10.34	2.04
69% SN + 15% VP+16% CDBC	1.5	10.73	2.00

Tabla N° 82. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo4 de SN+VP(%)+CDBC(%) en C-02.Fuente : Propia

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 4 :SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-03

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante se muestran en la tabla N°83, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°70.

PROCTOR COMBO 4: C-03:SN+VP + CDBC			
DOSIFICACION	Profundidad	C-03	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	10.95	1.64
80% SN + 15% VP+5% CDBC	1.5	10.66	2.00
77% SN + 15% VP+ 8% CDBC	1.5	9.71	2.12
74% SN + 15% VP+11% CDBC	1.5	10.22	2.09
69% SN + 15% VP+16% CDBC	1.5	10.47	2.02

Tabla N° 83. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo4 de SN+VP(%)+CDBC(%) en C-03.Fuente : Propia

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 4:SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-01

En la Tabla N°84 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-01 , para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°71,72,73 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 4:CBR C-01						
CALICATA 01	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-1	1.5	3.79	2.18	4.25	2.51
80% SN + 15% VP+5% CDBC	M-1	1.5	23.47	16.12	30.53	20.56
77% SN + 15% VP+ 8% CDBC	M-1	1.5	20.25	10.07	27.68	14.79
74% SN + 15% VP+11% CDBC	M-1	1.5	18.10	9.79	25.47	14.24
69% SN + 15% VP+16% CDBC	M-1	1.5	17.68	8.65	24.59	13.28

Tabla N° 84. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo4 de SN +VP(%)+ CDBC (%) en C-01. Fuente: Propia.

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 4:SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-02

En la Tabla N°85 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-02 , para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°74,75,76 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 4: CBR C-02						
CALICATA 02	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-2	1.5	3.78	2.19	4.09	2.56
80% SN + 15% VP+5% CDBC	M-2	1.5	23.38	12.99	30.82	18.45
77% SN + 15% VP+ 8% CDBC	M-2	1.5	19.13	10.07	26.44	14.73
74% SN + 15% VP+11% CDBC	M-2	1.5	17.87	10.02	25.25	14.55
69% SN + 15% VP+16% CDBC	M-2	1.5	17.35	8.70	24.20	13.19

Tabla N° 85. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo4 de SN +VP(%)+ CDBC (%) en C-02. Fuente: Propia

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 4:SN+VP(%)+CDBC(%) EN C-03

En la Tabla N°86 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo el VP constante en la C-03 , para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°77,78,79 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 4: CBR C-03						
CALICATA 03	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-3	1.5	4.31	2.11	4.57	2.43
80% SN + 15% VP+5% CDBC	M-3	1.5	23.4	13.37	30.3	18.74
77% SN + 15% VP+ 8% CDBC	M-3	1.5	19.49	10.31	26.82	15.02
74% SN + 15% VP+11% CDBC	M-3	1.5	18.36	10.76	25.14	15.03
69% SN + 15% VP+16% CDBC	M-3	1.5	17.51	8.94	24.36	13.30

Tabla N° 86. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo4 de SN +VP(%)+ CDBC (%) en C-03. Fuente: Propia

### LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 1':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-01

En la tabla N° 87 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante en la C-01, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

COMBO 1': C-01			
DOSIFICACION	LL	LP	IP
100 % Suelo Natural	34%	14%	20%
91% SN + 5% CDBC+4% VP	33%	17%	16%
88% SN + 5% CDBC+ 7% VP	32%	16%	16%
85% SN + 5% CDBC+10% VP	32%	17%	15%
80% SN + 5% CDBC+15% VP	43%	28%	15%

Tabla N° 87. Límites de consistencia Combo1' de SN+CDBC (%) +VP (%) en C-01. Fuente: Propia

### LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO1':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-02

En la tabla N° 88 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante en la C-02, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

COMBO 1': C-02			
DOSIFICACION	LL	LP	IP
100 % Suelo Natural	32%	12%	20%
91% SN + 5% CDBC+4% VP	30%	14%	16%
88% SN + 5% CDBC+ 7% VP	30%	14%	16%
85% SN + 5% CDBC+10% VP	30%	14%	16%
80% SN + 5% CDBC+15% VP	46%	33%	13%

Tabla N° 88. Límites de consistencia Combo1' de SN+CDBC (%) +VP (%) en C-02. Fuente: Propia

### LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO1':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-03

En la tabla N° 89 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante en la C-03, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

COMBO 1': C-03			
DOSIFICACION	LL	LP	IP
100 % Suelo Natural	35%	15%	20%
91% SN + 5% CDBC+4% VP	33%	16%	17%
88% SN + 5% CDBC+ 7% VP	33%	17%	16%
85% SN + 5% CDBC+10% VP	33%	17%	16%
80% SN + 5% CDBC+15% VP	45%	34%	11%

Tabla N° 89. Límites de consistencia Combo1' de SN+CDBC (%) +VP (%) en C-03. Fuente: Propia

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 1':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-01

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante se muestran en la tabla N°90, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°80.

PROCTOR COMBO 1' : C-01:SN+CDBC + VP			
DOSIFICACION	Profundidad	C-01	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	10	1.66
91% SN + 5% CDBC+4% VP	1.5	10.44	1.89
88% SN + 5% CDBC+ 7% VP	1.5	10.82	1.92
85% SN + 5% CDBC+10% VP	1.5	10.70	1.82
80% SN + 5% CDBC+15% VP	1.5	10.66	2.00

Tabla N° 90. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo1' de SN+CDBC(%)+VP(%) en C-01.Fuente : Propia

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 1':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-02

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante se muestran en la tabla N°91, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°81.

PROCTOR COMBO 1' : C-02:SN+CDBC + VP			
DOSIFICACION	Profundidad	C-02	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	9.94	1.62
91% SN + 5% CDBC+4% VP	1.5	10.36	1.92
88% SN + 5% CDBC+ 7% VP	1.5	10.52	1.90
85% SN + 5% CDBC+10% VP	1.5	10.56	1.82
80% SN + 5% CDBC+15% VP	1.5	10.50	2.03

Tabla N° 91. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo1' de SN+CDBC(%)+VP(%) en C-02.Fuente : Propia

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 1':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-03

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante se muestran en la tabla N°92, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°82.

PROCTOR COMBO 1' : C-03:SN+CDBC + VP			
DOSIFICACION	Profundidad	C-03	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	10.95	1.64
91% SN + 5% CDBC+4% VP	1.5	10.91	1.91
88% SN + 5% CDBC+ 7% VP	1.5	11.30	1.81
85% SN + 5% CDBC+10% VP	1.5	11.30	1.81
80% SN + 5% CDBC+15% VP	1.5	10.66	2.00

Tabla N° 92. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo1' de SN+CDBC(%)+VP(%) en C-03.Fuente : Propia

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 1':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-01

En la Tabla N°93 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante en la C-03, para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°83,84,85 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 1':CBR C-01						
CALICATA 01	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-1	1.5	3.79	2.18	4.25	2.51
91% SN + 5% CDBC+4% VP	M-1	1.5	14.87	7.28	16.62	8.92
88% SN + 5% CDBC+ 7% VP	M-1	1.5	15.84	7.58	18.62	8.84
85% SN + 5% CDBC+10% VP	M-1	1.5	19.93	10.4	25.13	15.03
80% SN + 5% CDBC+15% VP	M-1	1.5	23.47	16.12	30.53	20.56

Tabla N° 93. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo1' de SN +CDBC(%)+ VP (%) en C-01. Fuente: Propia

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 1':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-02

En la Tabla N°94 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante en la C-02, para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°86,87,88 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 1':CBR C-02						
CALICATA 02	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-2	1.5	3.78	2.19	4.09	2.56
91% SN + 5% CDBC+4% VP	M-2	1.5	14.71	7.16	16.56	8.79
88% SN + 5% CDBC+ 7% VP	M-2	1.5	15.71	7.58	18.63	8.84
85% SN + 5% CDBC+10% VP	M-2	1.5	19.36	10.51	24.42	14.70
80% SN + 5% CDBC+15% VP	M-2	1.5	23.38	12.99	30.82	18.45

Tabla N° 94. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo1' de SN +CDBC(%)+ VP (%) en C-02. Fuente: Propia

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 1':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-03

En la Tabla N°95 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante en la C-03, para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°89,90,91 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 1':CBR C-03						
CALICATA 03	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-3	1.5	4.31	2.11	4.57	2.43
91% SN + 5% CDBC+4% VP	M-3	1.5	14.83	7.62	16.65	9.23
88% SN + 5% CDBC+ 7% VP	M-3	1.5	16.61	7.84	19.21	8.94
85% SN + 5% CDBC+10% VP	M-3	1.5	18.74	10.49	22.37	14.71
80% SN + 5% CDBC+15% VP	M-3	1.5	23.4	13.37	30.3	18.74

Tabla N° 95. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo1' de SN +CDBC(%)+ VP (%) en C-03. Fuente: Propia

### LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 2':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-01

En la tabla N° 96 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante en la C-01, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

COMBO 2' : C-01			
DOSIFICACION	LL	LP	IP
100 % Suelo Natural	34%	14%	20%
88% SN + 8% CDBC+4% VP	30%	19%	11%
85% SN + 8% CDBC+ 7% VP	26%	20%	6%
82% SN + 8% CDBC+10% VP	27%	20%	7%
77% SN + 8% CDBC+15% VP	40%	32%	8%

Tabla N° 96. Límites de consistencia Combo2' de SN+CDBC (%) +VP (%) en C-01. Fuente: Propia

### LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 2':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-02

En la tabla N° 97 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante en la C-02, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

COMBO 2' : C-02			
DOSIFICACION	LL	LP	IP
100 % Suelo Natural	32%	12%	20%
88% SN + 8% CDBC+4% VP	28%	15%	13%
85% SN + 8% CDBC+ 7% VP	26%	18%	8%
82% SN + 8% CDBC+10% VP	28%	18%	10%
77% SN + 8% CDBC+15% VP	40%	35%	5%

Tabla N° 97. Límites de consistencia Combo2' de SN+CDBC (%) +VP (%) en C-02. Fuente: Propia

### LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 2':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-03

En la tabla N° 98 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante en la C-03, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

COMBO 2' : C-03			
DOSIFICACION	LL	LP	IP
100 % Suelo Natural	35%	15%	20%
88% SN + 8% CDBC+4% VP	28%	17%	11%
85% SN + 8% CDBC+ 7% VP	29%	22%	7%
82% SN + 8% CDBC+10% VP	25%	20%	5%
77% SN + 8% CDBC+15% VP	39%	32%	7%

Tabla N° 98. Límites de consistencia Combo2' de SN+CDBC (%) +VP (%) en C-03. Fuente: Propia.

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 2':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-01

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante se muestran en la tabla N°99, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°92.

PROCTOR COMBO 2' : C-01:SN+CDBC + VP			
DOSIFICACION	Profundidad	C-01	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	10	1.66
88% SN + 8% CDBC+4% VP	1.5	9.63	1.94
85% SN + 8% CDBC+ 7% VP	1.5	10.16	1.96
82% SN + 8% CDBC+10% VP	1.5	10.06	2.15
77% SN + 8% CDBC+15% VP	1.5	10.05	2.17

Tabla N° 99. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo2' de SN+CDBC(%)+VP(%) en C-01.Fuente : Propia

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 2':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-02

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante se muestran en la tabla N°100, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°93.

PROCTOR COMBO 2' : C-02:SN+CDBC + VP			
DOSIFICACION	Profundidad	C-02	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	9.94	1.62
88% SN + 8% CDBC+4% VP	1.5	9.8	1.98
85% SN + 8% CDBC+ 7% VP	1.5	9.85	1.95
82% SN + 8% CDBC+10% VP	1.5	10.48	2.10
77% SN + 8% CDBC+15% VP	1.5	10.10	2.19

Tabla N° 100. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo2' de SN+CDBC(%)+VP(%) en C-02.Fuente : Propia

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 2':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-03

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante se muestran en la tabla N°101, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°94.

PROCTOR COMBO 2' : C-03:SN+CDBC + VP			
DOSIFICACION	Profundidad	C-03	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	10.95	1.64
88% SN + 8% CDBC+4% VP	1.5	10.23	1.95
85% SN + 8% CDBC+ 7% VP	1.5	10.68	2.00
82% SN + 8% CDBC+10% VP	1.5	10.50	2.13
77% SN + 8% CDBC+15% VP	1.5	9.71	2.12

Tabla N° 101. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo2' de SN+CDBC(%)+VP(%) en C-03.Fuente : Propia.

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 2':SN+CDIBC(%)+VP(%) EN C-01

En la Tabla N°102 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo la CDIBC constante en la C-01, para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°95,96,97 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 2':CBR C-01						
CALICATA 01	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-1	1.5	3.79	2.18	4.25	2.51
88% SN + 8% CDIBC+4% VP	M-1	1.5	17.17	8.01	19.7	9.34
85% SN + 8% CDIBC+ 7% VP	M-1	1.5	19.83	10.64	25.07	15.26
82% SN + 8% CDIBC+10% VP	M-1	1.5	22.42	14.43	27.1	17.93
77% SN + 8% CDIBC+15% VP	M-1	1.5	20.25	10.07	27.68	14.79

Tabla N° 102. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo2' de SN +CDIBC(%)+ VP (%) en C-01. Fuente: Propia

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 2':SN+CDIBC(%)+VP(%) EN C-02

En la Tabla N°103 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo la CDIBC constante en la C-02, para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°98,99,100 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 2':CBR C-02						
CALICATA 02	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-2	1.5	3.78	2.19	4.09	2.56
88% SN + 8% CDIBC+4% VP	M-2	1.5	15.91	8.26	18.57	9.52
85% SN + 8% CDIBC+ 7% VP	M-2	1.5	20.32	11.08	24.71	15.14
82% SN + 8% CDIBC+10% VP	M-2	1.5	22.20	14.4	26.64	17.67
77% SN + 8% CDIBC+15% VP	M-2	1.5	19.13	10.07	26.44	14.73

Tabla N° 103. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo2' de SN +CDIBC(%)+ VP (%) en C-02. Fuente: Propia

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 2':SN+CDIBC(%)+VP(%) EN C-03

En la Tabla N°104 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo la CDIBC constante en la C-03, para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°101,102,103 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 2':CBR C-03						
CALICATA 03	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-3	1.5	4.31	2.11	4.57	2.43
88% SN + 8% CDIBC+4% VP	M-3	1.5	15.78	8.88	18.21	10.85
85% SN + 8% CDIBC+ 7% VP	M-3	1.5	20.41	10.73	24.67	15.34
82% SN + 8% CDIBC+10% VP	M-3	1.5	22.50	14.23	26.83	17.61
77% SN + 8% CDIBC+15% VP	M-3	1.5	19.49	10.31	26.82	15.02

Tabla N° 104. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo2' de SN +CDIBC(%)+ VP (%) en C-03. Fuente: Propia.

### LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 3':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-01

En la tabla N° 105 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante en la C-01, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

COMBO 3': C-01			
DOSIFICACION	LL	LP	IP
100 % Suelo Natural	34%	14%	20%
85% SN + 11% CDBC+4% VP	29%	20%	9%
82% SN + 11% CDBC+ 7% VP	28%	18%	10%
79% SN + 11% CDBC+10% VP	29%	18%	11%
74% SN + 11% CDBC+15% VP	44%	30%	14%

Tabla N° 105. Límites de consistencia Combo3' de SN+CDBC (%) +VP (%) en C-01. Fuente: Propia.

### LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 3':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-02

En la tabla N° 106 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante en la C-02, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

COMBO 3': C-02			
DOSIFICACION	LL	LP	IP
100 % Suelo Natural	32%	12%	20%
85% SN + 11% CDBC+4% VP	25%	17%	8%
82% SN + 11% CDBC+ 7% VP	27%	15%	12%
79% SN + 11% CDBC+10% VP	42%	29%	13%
74% SN + 11% CDBC+15% VP	47%	31%	16%

Tabla N° 106. Límites de consistencia Combo3' de SN+CDBC (%) +VP (%) en C-02. Fuente: Propia.

### LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 3':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-03

En la tabla N° 107 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante en la C-01, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

COMBO 3': C-03			
DOSIFICACION	LL	LP	IP
100 % Suelo Natural	35%	15%	20%
85% SN + 11% CDBC+4% VP	25%	18%	7%
82% SN + 11% CDBC+ 7% VP	32%	19%	13%
79% SN + 11% CDBC+10% VP	39%	28%	11%
74% SN + 11% CDBC+15% VP	42%	30%	12%

Tabla N° 107. Límites de consistencia Combo3' de SN+CDBC (%) +VP (%) en C-03. Fuente: Propia.

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 3':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-01

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante se muestran en la tabla N°108, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°104.

PROCTOR COMBO 3' : C-01:SN+CDBC + VP			
DOSIFICACION	Profundidad	C-01	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	10	1.66
85% SN + 11% CDBC+4% VP	1.5	8.79	1.98
82% SN + 11% CDBC+ 7% VP	1.5	9.87	2.15
79% SN + 11% CDBC+10% VP	1.5	10.69	1.99
74% SN + 11% CDBC+15% VP	1.5	10.43	2.06

Tabla N° 108. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo3' de SN+CDBC(%)+VP(%) en C-03.Fuente : Propia.

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 3':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-02

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante se muestran en la tabla N°109, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°105.

PROCTOR COMBO 3' : C-02:SN+CDBC + VP			
DOSIFICACION	Profundidad	C-02	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	9.94	1.62
85% SN + 11% CDBC+4% VP	1.5	9.56	2.04
82% SN + 11% CDBC+ 7% VP	1.5	9.04	2.14
79% SN + 11% CDBC+10% VP	1.5	10.89	2.01
74% SN + 11% CDBC+15% VP	1.5	10.34	2.04

Tabla N° 109. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo3' de SN+CDBC(%)+VP(%) en C-02.Fuente : Propia.

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 3':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-03

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante se muestran en la tabla N°110, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°106.

PROCTOR COMBO 3' : C-03:SN+CDBC + VP			
DOSIFICACION	Profundidad	C-03	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	10.95	1.64
85% SN + 11% CDBC+4% VP	1.5	10.06	2.00
82% SN + 11% CDBC+ 7% VP	1.5	10.15	2.13
79% SN + 11% CDBC+10% VP	1.5	10.75	1.99
74% SN + 11% CDBC+15% VP	1.5	10.22	2.09

Tabla N° 110. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo3' de SN+CDBC(%)+VP(%) en C-03.Fuente : Propia.

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 3':SN+CDIBC(%)+VP(%) EN C-01

En la Tabla N°111 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo la CDIBC constante en la C-01, para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°107,108,109 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 3':CBR C-01						
CALICATA 01	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-1	1.5	3.79	2.18	4.25	2.51
85% SN + 11% CDIBC+4% VP	M-1	1.5	18.91	12.2	21.66	14.83
82% SN + 11% CDIBC+ 7% VP	M-1	1.5	21.65	16.38	27.43	21.49
79% SN + 11% CDIBC+10% VP	M-1	1.5	25.08	14.04	31.82	19.30
74% SN + 11% CDIBC+15% VP	M-1	1.5	18.1	9.79	25.47	14.24

Tabla N° 111. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo3' de SN +CDIBC(%)+ VP (%) en C-01. Fuente: Propia.

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 3':SN+CDIBC(%)+VP(%) EN C-02

En la Tabla N°112 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo la CDIBC constante en la C-02, para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°110,111,112 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 3':CBR C-02						
CALICATA 02	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-2	1.5	3.78	2.19	4.09	2.56
85% SN + 11% CDIBC+4% VP	M-2	1.5	18.98	12.2	21.69	14.83
82% SN + 11% CDIBC+ 7% VP	M-2	1.5	23.17	16.32	31.13	21.39
79% SN + 11% CDIBC+10% VP	M-2	1.5	25.59	14.86	32.77	20.28
74% SN + 11% CDIBC+15% VP	M-2	1.5	17.87	10.02	25.25	14.55

Tabla N° 112. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo3' de SN +CDIBC(%)+ VP (%) en C-02. Fuente: Propia

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 3':SN+CDIBC(%)+VP(%) EN C-03

En la Tabla N°113 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo la CDIBC constante en la C-03, para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°113,114,115 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 3':CBR C-03						
CALICATA 03	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-3	1.5	4.31	2.11	4.57	2.43
85% SN + 11% CDIBC+4% VP	M-3	1.5	19.21	12.68	21.8	15.11
82% SN + 11% CDIBC+ 7% VP	M-3	1.5	22.07	16.56	27.58	21.51
79% SN + 11% CDIBC+10% VP	M-3	1.5	26.47	13.56	32.29	19.09
74% SN + 11% CDIBC+15% VP	M-3	1.5	18.36	10.76	25.14	15.03

Tabla N° 113. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo3' de SN +CDIBC(%)+ VP (%) en C-03. Fuente: Propia

### LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 4':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-01

En la tabla N° 114 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante en la C-01, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

COMBO 4' : C-01			
DOSIFICACION	LL	LP	IP
<b>100 % Suelo Natural</b>	34%	14%	20%
<b>80% SN + 16% CDBC+4% VP</b>	28%	17%	11%
<b>77% SN + 16% CDBC+ 7% VP</b>	30%	22%	8%
<b>74% SN + 16% CDBC+10% VP</b>	32%	20%	12%
<b>69% SN + 16% CDBC+15% VP</b>	49%	33%	16%

Tabla N° 114. Límites de consistencia Combo4' de SN+CDBC (%) +VP (%) en C-01. Fuente: Propia.

### LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 4':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-02

En la tabla N° 115 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante en la C-02, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

COMBO 4' : C-02			
DOSIFICACION	LL	LP	IP
<b>100 % Suelo Natural</b>	32%	12%	20%
<b>80% SN + 16% CDBC+4% VP</b>	23%	11%	12%
<b>77% SN + 16% CDBC+ 7% VP</b>	30%	20%	10%
<b>74% SN + 16% CDBC+10% VP</b>	44%	27%	17%
<b>69% SN + 16% CDBC+15% VP</b>	49%	32%	17%

Tabla N° 115. Límites de consistencia Combo4' de SN+CDBC (%) +VP (%) en C-02. Fuente: Propia.

### LÍMITE DE CONSISTENCIA COMBO 4':SN+CDBC(%)+VP(%) EN C-03

En la tabla N° 117 se registran los resultados de límites de consistencia con la adición de ambos insumos manteniendo la CDBC constante en la C-03, donde se evidencia los cambios que se producen en el suelo natural.

COMBO 4' : C-03			
DOSIFICACION	LL	LP	IP
<b>100 % Suelo Natural</b>	35%	15%	20%
<b>80% SN + 16% CDBC+4% VP</b>	23%	14%	9%
<b>77% SN + 16% CDBC+ 7% VP</b>	33%	24%	9%
<b>74% SN + 16% CDBC+10% VP</b>	43%	30%	13%
<b>69% SN + 16% CDBC+15% VP</b>	47%	29%	18%

Tabla N° 116. Límites de consistencia Combo4' de SN+CDBC (%) +VP (%) en C-03. Fuente: Propia.

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 4':SN+CDIBC(%)+VP(%) EN C-01

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo la CDIBC constante se muestran en la tabla N°117, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°116.

PROCTOR COMBO 4' : C-01:SN+CDIBC + VP			
DOSIFICACION	Profundidad	C-01	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	10	1.66
80% SN + 16% CDIBC+4% VP	1.5	8.55	2.05
77% SN + 16% CDIBC+ 7% VP	1.5	9.79	2.04
74% SN + 16% CDIBC+10% VP	1.5	10.85	1.91
69% SN + 16% CDIBC+15% VP	1.5	10.22	1.97

Tabla N° 117. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo4' de SN+CDIBC(%)+VP(%) en C-01.Fuente : Propia.

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 4':SN+CDIBC(%)+VP(%) EN C-02

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo la CDIBC constante se muestran en la tabla N°117, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°117.

PROCTOR COMBO 4' : C-02:SN+CDIBC + VP			
DOSIFICACION	Profundidad	C-02	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	9.94	1.62
80% SN + 16% CDIBC+4% VP	1.5	9.41	2.14
77% SN + 16% CDIBC+ 7% VP	1.5	9.49	1.98
74% SN + 16% CDIBC+10% VP	1.5	10.97	1.95
69% SN + 16% CDIBC+15% VP	1.5	10.73	2.00

Tabla N° 118. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo4' de SN+CDIBC(%)+VP(%) en C-02.Fuente : Propia.

### PROCTOR MODIFICADO COMBO 4':SN+CDIBC(%)+VP(%) EN C-03

Los datos obtenidos en este ensayo con la adición de ambos insumos manteniendo la CDIBC constante se muestran en la tabla N°119, donde se evidencia la muestra del suelo natural y los cambios producidos en esta , así mismo se observa de manera gráfica sus curvas de compactación en el Anexo N°118.

PROCTOR COMBO 4' : C-03:SN+CDIBC + VP			
DOSIFICACION	Profundidad	C-03	
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	1.5	10.95	1.64
80% SN + 16% CDIBC+4% VP	1.5	9.34	2.15
77% SN + 16% CDIBC+ 7% VP	1.5	10.35	2.01
74% SN + 16% CDIBC+10% VP	1.5	10.97	1.94
69% SN + 16% CDIBC+15% VP	1.5	10.47	2.02

Tabla N° 119. Datos obtenidos del ensayo Proctor Combo4' de SN+CDIBC(%)+VP(%) en C-03.Fuente : Propia.

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 4':SN+CDIBC(%)+VP(%) EN C-01

En la Tabla N°120 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo la CDIBC constante en la C-03, para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°119,120,121 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 4':CBR C-01						
CALICATA 01	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-1	1.5	3.79	2.18	4.25	2.51
80% SN + 16% CDIBC+4% VP	M-1	1.5	22.26	13.32	25.58	17.34
77% SN + 16% CDIBC+ 7% VP	M-1	1.5	19.71	11.12	25.09	15.80
74% SN + 16% CDIBC+10% VP	M-1	1.5	32.00	14.99	37.74	23.13
69% SN + 16% CDIBC+15% VP	M-1	1.5	17.68	8.65	24.59	13.28

Tabla N° 120. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo4' de SN +CDIBC(%)+ VP (%) en C-01. Fuente: Propia

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 4':SN+CDIBC(%)+VP(%) EN C-02

En la Tabla N°121 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo la CDIBC constante en la C-03, para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°122,123,124 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 4':CBR C-02						
CALICATA 02	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-2	1.5	3.78	2.19	4.09	2.56
80% SN + 16% CDIBC+4% VP	M-2	1.5	21.68	13.03	25.02	17.15
77% SN + 16% CDIBC+ 7% VP	M-2	1.5	20.07	11.37	25.28	15.99
74% SN + 16% CDIBC+10% VP	M-2	1.5	32.11	15.02	38.12	23.07
69% SN + 16% CDIBC+15% VP	M-2	1.5	17.35	8.70	24.2	13.19

Tabla N° 121. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo4' de SN +CDIBC(%)+ VP (%) en C-02. Fuente: Propia

### CAPACIDAD DE SOPORTE COMBO 4':SN+CDIBC(%)+VP(%) EN C-03

En la Tabla N°120 se registran los resultados del ensayo de CBR con la adición de ambos insumos manteniendo la CDIBC constante en la C-03, para una compactación al 95% y 100% de la M.D.S , así mismo en los Anexos N°125,126,127 se pueden ver de manera gráfica las curvas de carga-penetración.

COMBO 4':CBR C-03						
CALICATA 02	Muestra	Profundidad	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"	CBR al 100%: 0.2"	CBR al 95% de MDS (%):0.2"
100 % Suelo Natural	M-3	1.5	4.31	2.11	4.57	2.43
80% SN + 16% CDIBC+4% VP	M-3	1.5	21.41	12.76	25.35	16.86
77% SN + 16% CDIBC+ 7% VP	M-3	1.5	19.29	11.02	24.76	15.23
74% SN + 16% CDIBC+10% VP	M-3	1.5	31.8	14.81	37.36	22.63
69% SN + 16% CDIBC+15% VP	M-3	1.5	17.51	8.94	24.36	13.30

Tabla N° 122. Datos obtenidos del ensayo de CBR Combo4' de SN +CDIBC(%)+ VP (%) en C-03. Fuente: Propia

## DENSIDAD DE CAMPO

En la Tabla N°123 se registran los datos obtenidos del grado de compactación, con la adición del 10% VP+ 16% CDBC. Asimismo en el Anexo N° 133 se puede visualizar el informe del ensayo bajo la normativa N.T.P. 339.143 ASTM D-1556.

I.- Ubicación y/o Descripción de Prueba						
Nº de Prueba / Nº Base	D - 01	D - 02	D - 03	D - 04		
Cono	2	2	2	2		
Placa	B	B	B	B		
II.- Datos de Campo y de Laboratorio						
1.-Peso de frasco + arena calibrada	g.	7045	6988	7002	7003	
2.-Peso de frasco + arena que queda	g.	2431	3040	3222	3310	
3.-Peso de la arena en el cono	g.	1628	1628	1628	1628	
4.-Densidad de la arena	g/cm <sup>3</sup>	1.35	1.35	1.35	1.35	
5.-Volumen del material extraído	cm <sup>3</sup>	2212	1719	1594	1530	
6.-Peso del material + recipiente	g.	3545	2650	3338	3160	
7.-Peso del recipiente	g.	9.0	9.0	9.0	9.0	
8.-Peso del material retenido 3/4"	g.	0	0	0	0	
9.-Peso específico de la grava	g/cm <sup>3</sup>	2.41	2.41	2.41	2.41	
10.-Volumen de la grava	cm <sup>3</sup>	0	0	0	0	
11.-Peso de finos	g.	3536	2641	3329	3151	
12.-Volumen de finos	cm <sup>3</sup>	2212	1719	1594	1530	
13.-Densidad natural húmeda	g/cm <sup>3</sup>	1.599	1.537	2.088	2.060	
III.- Contenido de Humedad						
14.-Humedad (Speedy)	(%)	11.5	11.1	11.5	11.1	
15.-Densidad natural seca	g/cm <sup>3</sup>	1.434	1.383	1.873	1.854	
IV.- Resultados de Laboratorio (Proctor Modificado)						
16.-MÁXIMA DENSIDAD SECA	g/cm <sup>3</sup>	1.62	1.62	1.95	1.95	
17.-OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	9.94	9.94	10.97	10.97	
V.- Resultados Final						
<b>18.-GRADO DE COMPACTACIÓN</b>	(%)	<b>89</b>	<b>85</b>	<b>96</b>	<b>95</b>	

Tabla N° 123. Datos obtenidos de la Densidad de Campo

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La influencia del vidrio pulverizado como el de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en suelos arcillosos de la ciudad de Ferreñafe es muy importante ya que si realizamos una comparativa con las muestras patrón se identificará la mejora de cada una de las propiedades físicas-mecánicas. Por lo cual a continuación se realizó la siguiente discusión de cada resultado obtenido basándose a un estudio experimental .

De las muestras patrón se obtuvo los siguientes resultados:

CALICATA	PROFUNDIDAD	HUMEDAD(%)	AASHTO	SUCS	LL	LP	IP	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)	CBR
C-01	1.5	13.81%	A-6	CL	34%	14%	20%	10.00	1.66	3.79
C-02	1.5	7.57%	A-6	CL	32%	12%	20%	9.94	1.62	3.78
C-03	1.5	7.83%	A-6	CL	35%	15%	20%	10.95	1.64	4.31

Tabla N° 124. Resultados de ensayos de las 3 calicatas en muestras naturales. Fuente: Propia

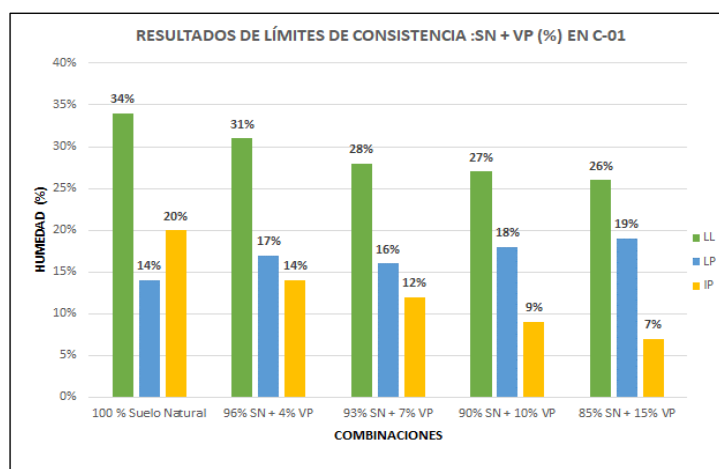
Como se pueden observar en los resultados tenemos un suelo arcilloso, que se ven reflejados en su IP , al mismo tiempo se recalca que es un suelo pobre , reflejados en su CBR , por lo que sería necesario mejorar las propiedades de este tipo de suelo con el reemplazo de la adiciones que son el VP y CDBC .

Con las adiciones mencionadas se obtuvieron los siguientes resultados .

## ENSAYOS CON LA ADICIÓN DEL VIDRIO PULVERIZADO ( VP )

### Para la calicata N°1

#### Límites de consistencia: SN+VP (%) en C-01



Gráfica N° 1. Resultados De Límites de Consistencia del SN+ VP en la C-01. Fuente : Propia

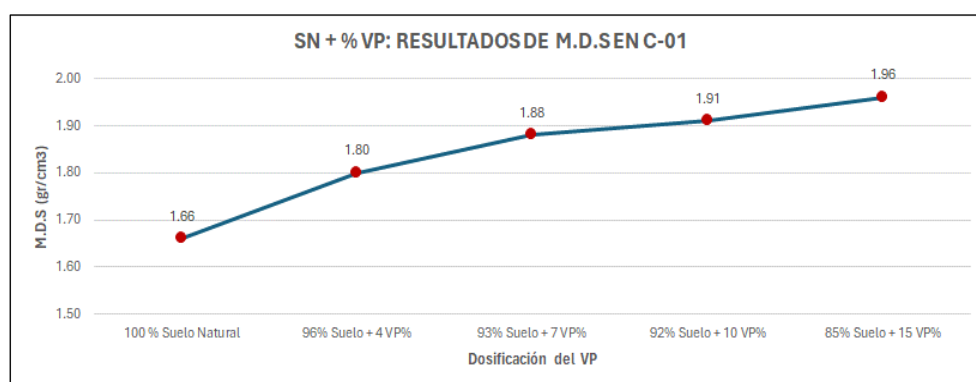
### Para el IP , después de adicionar VP :

Se observa en la Gráfica N°1 que al adicionar mayor porcentaje de vidrio pulverizado el IP disminuye.

### Proctor Modificado: SN+VP (%) en C-01

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO CON LA ADICIÓN DEL VP		
CALICATA 01	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	10	1.66
96% Suelo + 4 VP%	10.99	1.80
93% Suelo + 7 VP%	10.84	1.88
92% Suelo + 10 VP%	10.18	1.91
85% Suelo + 15 VP%	10.05	1.96

Tabla N° 125. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del SN+ VP en la C-01



Gráfica N° 2. Resultados de M.D.S del SN + VP en la C-01. Fuente : Propia

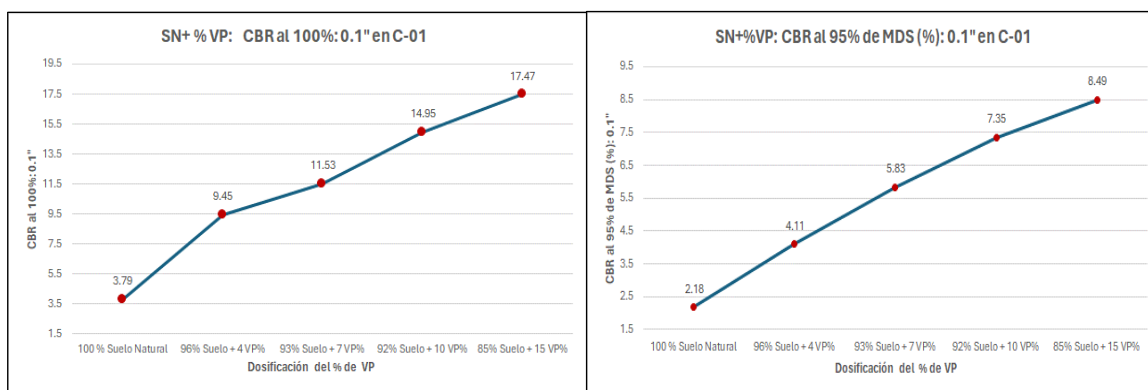
### Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar VP:

Para el O.C.H se observa en la Tabla N°125 que al aumentar la adición de vidrio pulverizado , se reduce el contenido de humedad y su M.D.S aumenta la cual se puede visualizar en la Gráfica N°2 favoreciendo a esta investigación , ya que al adicionar demasiada agua al suelo arcilloso llega a cierto punto donde se vuelve estado líquido , causando perdidas en su resistencia y cohesión, por lo que se recomienda realizar el ensayo de Proctor , donde se obtendrá su O.C.H y M.D.S.

### CBR : SN+VP (%) en C-01

RESULTADOS DEL CBR CON LA ADICIÓN DEL VP		
CALICATA 01	CBR at 100%: 0.1"	CBR at 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	3.79	2.18
96% Suelo + 4 VP%	9.45	4.11
93% Suelo + 7 VP%	11.53	5.83
92% Suelo + 10 VP%	14.95	7.35
85% Suelo + 15 VP%	17.47	8.49

Tabla N° 126. Resultados del ensayo de CBR del SN+VP en la C-01. Fuente Propia



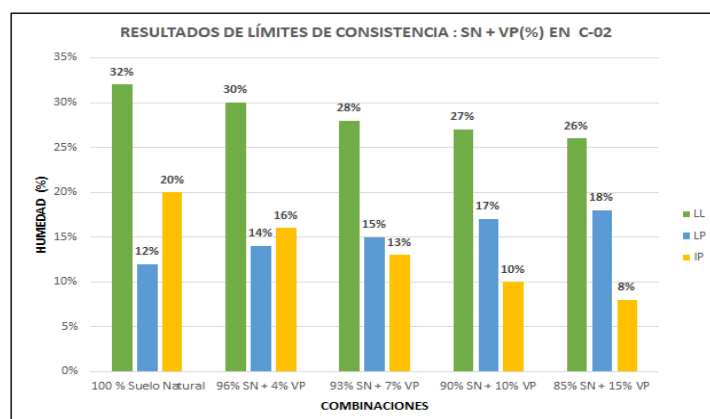
Gráfica N° 3. Resultados del CBR a 0.1'' en la C-01. Fuente Propia.

### Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1'' después de adicionar el VP:

Se aprecia la gráfica N° 3 que el CBR aumenta a medida que se le va adicionando el insumo del vidrio pulverizado . Donde se aprecia que al 15% se obtiene un mejor resultado de índice de CBR, teniendo así cierto tope límite de adición . Por último, observamos como mejoro el CBR al 100%: 0.1'': de 3.79% a 17.47% , CBR al 95% de MDS (%): 0.1'' de un 2.18 % a 8.49%.

### Para la calicata N°2

### Límites de consistencia: SN+VP (%) en C-02



Gráfica N° 4. Resultados De Límites de Consistencia del SN+ VP en la C-02. Fuente : Propia

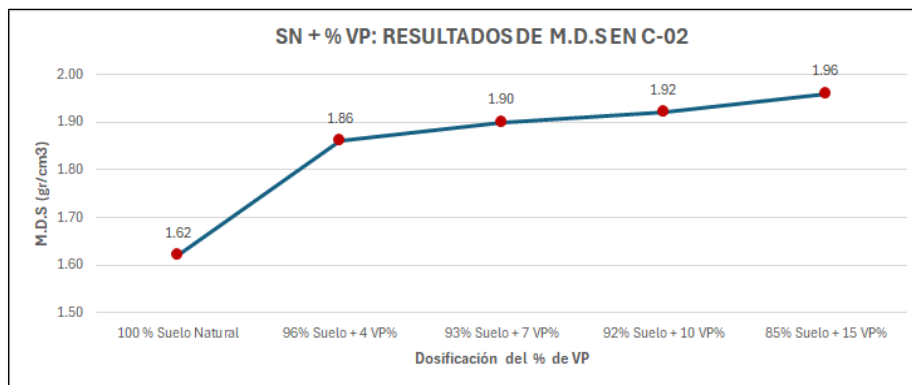
### Para el IP , después de adicionar VP :

Se vuelve apreciar en la Gráfica N°4 que pasa lo mismo que en la C-01 que al adicionar mayor porcentaje de vidrio pulverizado el IP disminuye.

### Proctor Modificado: SN+VP (%) en C-02

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO CON LA ADICIÓN DEL VP		
CALICATA 02	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	9.94	1.62
96% Suelo + 4 VP%	11.41	1.86
93% Suelo + 7 VP%	11.27	1.90
92% Suelo + 10 VP%	11.17	1.92
85% Suelo + 15 VP%	10.69	1.96

Tabla N° 127. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del SN+ VP en la C-02



Gráfica N° 5. Resultados de M.D.S del SN + VP en la C-02. Fuente : Propia

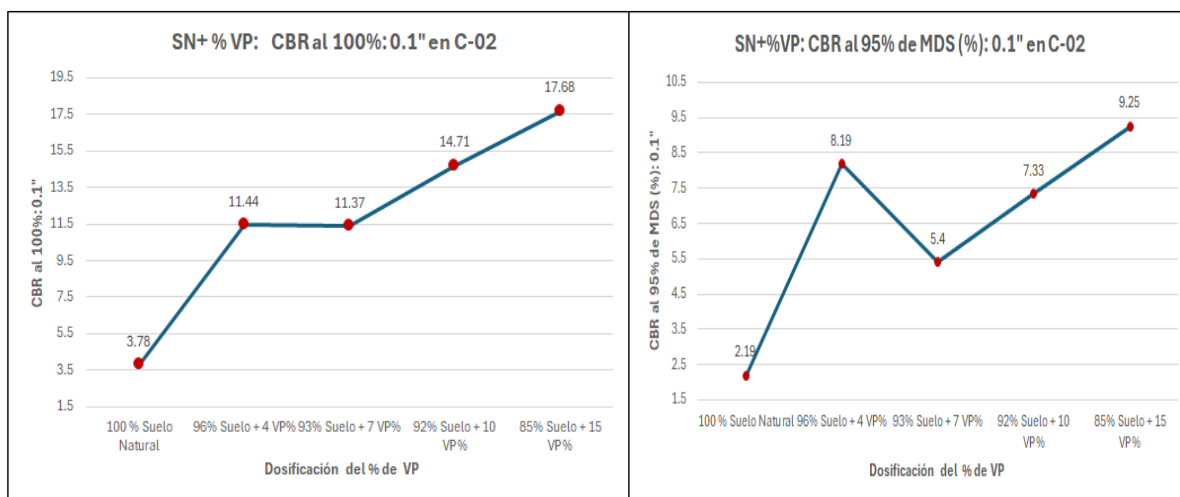
### **Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar VP:**

El ensayo de Proctor en la C-02 , podemos observar en la Tabla N°127 que a medida que se le adiciona más porcentaje de vidrio pulverizado el O.C.H disminuye, sin embargo, se observa en la Gráfica N°5 su M.D.S aumenta, donde al 15% es donde el contenido de humedad optimo el suelo presenta su máxima densidad seca , obteniendo una mejor resistencia y la cohesión de partículas.

### **CBR : SN+VP (%) en C-02**

RESULTADOS DEL CBR CON LA ADICIÓN DEL VP		
CALICATA 02	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	3.78	2.19
96% Suelo + 4 VP%	11.44	8.19
93% Suelo + 7 VP%	11.37	5.4
92% Suelo + 10 VP%	14.71	7.33
85% Suelo + 15 VP%	17.68	9.25

Tabla N° 128. Resultados del ensayo de CBR del SN+VP en la C-02. Fuente Propia



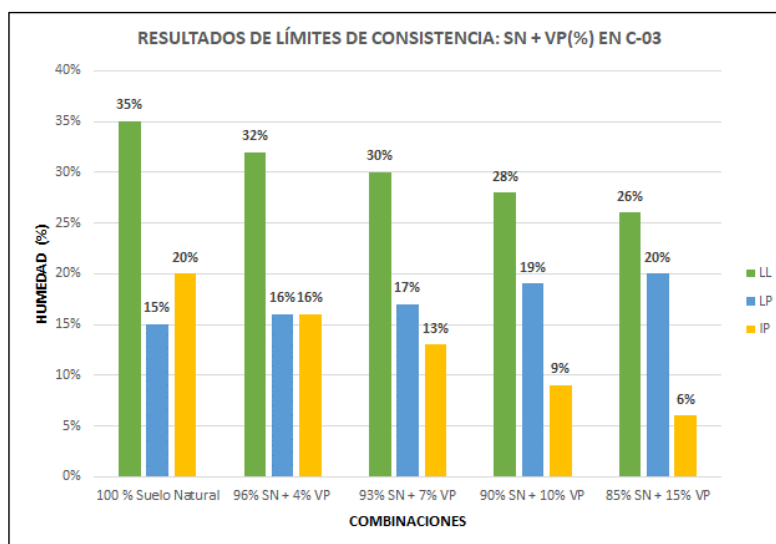
Gráfica N° 6. Resultados del CBR a 0.1'' en la C-02. Fuente Propia.

**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1'' , después de adicionar VP:**

Para el ensayo de CBR al igual que la calicata 1 , se aprecia en la Gráfica N°6 el aumento que tiene al ir adicionándole el vidrio pulverizado . Teniendo el mejor resultado de CBR en el 15%.. Sin embargo, en esta calicata , el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1'' en la adición del 7% disminuye esto debe ser por algún factor al momento que se realizó este ensayo .

### Para la calicata N°3

#### Límites de consistencia: SN+VP (%) en C-03



Gráfica N° 7. Resultados De Límites de Consistencia del SN+ VP en la C-03. Fuente : Propia

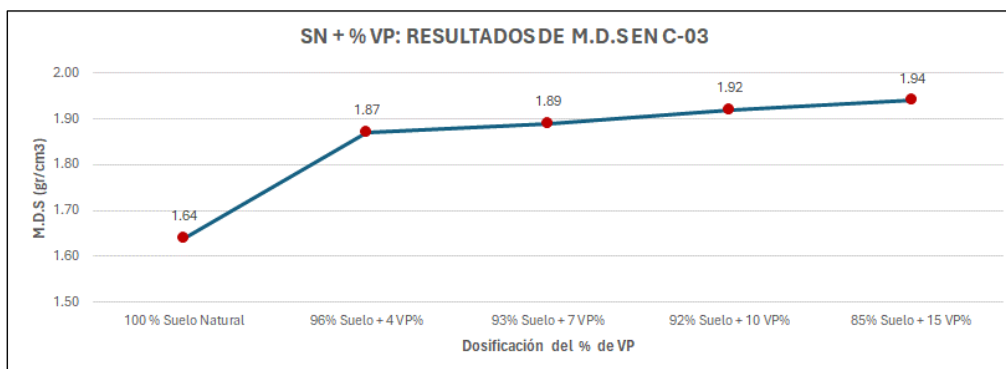
### Para el IP , después de adicionar VP :

Se vuelve apreciar en la Gráfica N°7 que pasa lo mismo que en la C-01 y C-02 que al adicionar mayor porcentaje de vidrio pulverizado el IP disminuye. Por lo que existe un patrón de resultados como se puede ver en los resultados del IP.

### Proctor Modificado: SN+VP (%) en C-03

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO CON LA ADICIÓN DEL VP		
CALICATA 03	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	10.95	1.64
96% Suelo + 4 VP%	11.38	1.87
93% Suelo + 7 VP%	11.06	1.89
92% Suelo + 10 VP%	10.84	1.92
85% Suelo + 15 VP%	10.1	1.94

Tabla N° 129. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del SN+ VP en la C-03.Fuente : Propia



Gráfica N° 8. Resultados de M.D.S del SN + VP en la C-03. Fuente : Propia

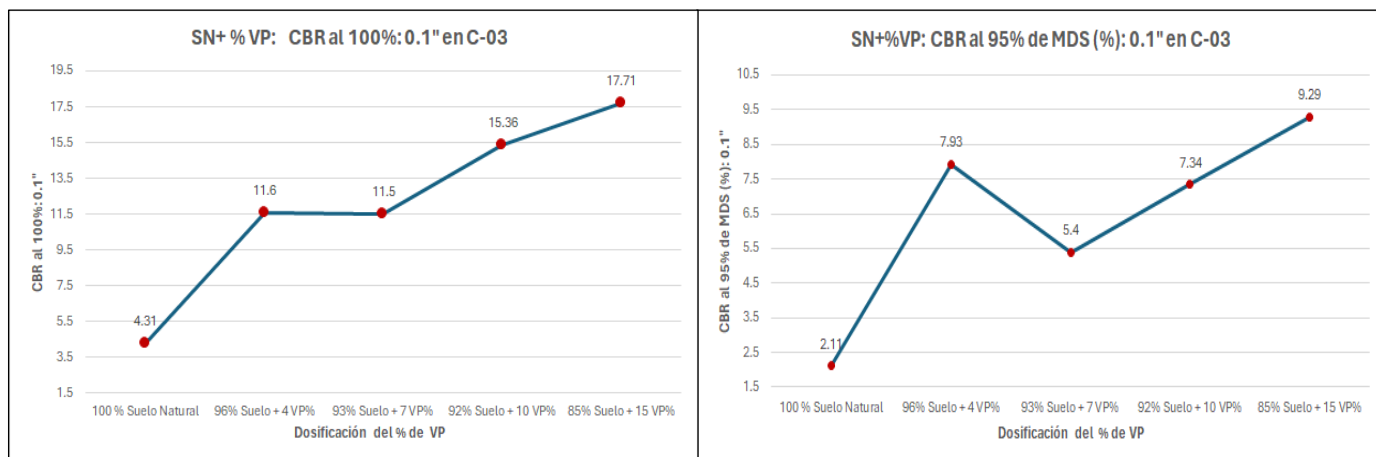
### Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar VP:

Como en las anteriores calicatas se observa en la Tabla N°129 que al aumentar la adición de VP el O.C.H disminuye y su M.D.S aumenta como se observa también en la Gráfica N°8.

### CBR : SN+VP (%) en C-03

RESULTADOS DEL CBR CON LA ADICIÓN DEL VP		
CALICATA 03	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	4.31	2.11
96% Suelo + 4 VP%	11.6	7.93
93% Suelo + 7 VP%	11.5	5.4
92% Suelo + 10 VP%	15.36	7.34
85% Suelo + 15 VP%	17.71	9.29

Tabla N° 130. Resultados del ensayo de CBR del SN+VP en la C-03. Fuente Propia.



Gráfica N° 9. Resultados del CBR a 0.1" en la C-03. Fuente Propia.

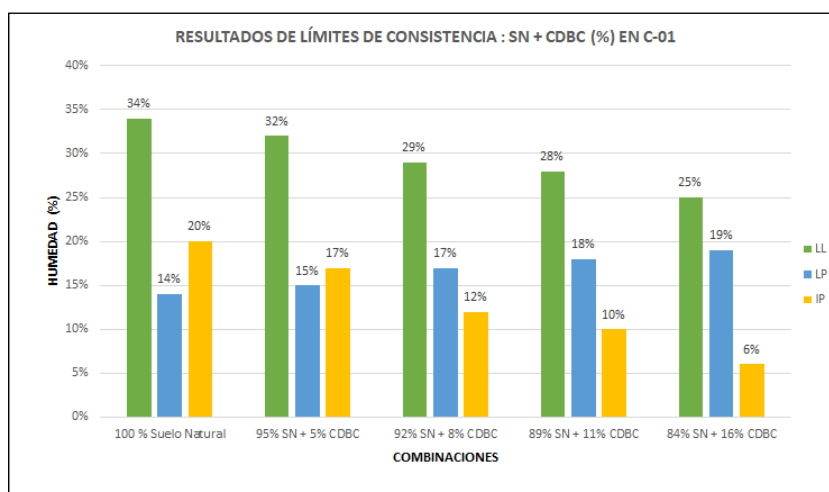
**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1" , después de adicionar VP:**

Se aprecia en la Gráfica N°9 que aumenta el CBR a medida que se le adiciona más porcentaje de vidrio pulverizado , y que en el 7% vuelve a disminuir ligeramente por lo que existe un patrón en la Calicata N°2 y N°3. En esta calicata para el CBR al 100%: 0.1" tiene un valor inicial de 4.31 y con la adición del 15% tenemos como valor un 17.71 , mejorando de esta manera el CBR en un 13.4% , la misma situación en el CBR al 95% de MDS (%): 0.1", teniendo como valor final en la última dosificación un 9.29 , mejorando de esta manera la subrasante arcillosa.

## ENSAYOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR ( CDBC )

### Para la calicata N°1

#### Límites de consistencia: SN+CDBC (%) en C-01



Gráfica N° 10. Resultados De Límites de Consistencia del SN+ CDBC en la C-01. Fuente : Propia

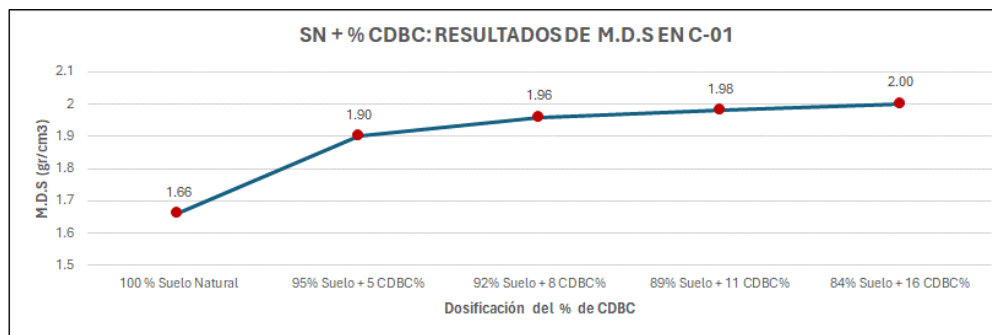
### Para el IP , después de adicionar CDBC :

Con la adición de la CDBC se puede observar en la Gráfica N°10 que el IP disminuye, lo que beneficia esta investigación ya que cuando el IP disminuye , la cohesión de las partículas de este tipo de suelo estudiado mejora.

### Proctor Modificado: SN+CDBC (%) en C-01

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO CON LA ADICIÓN DE CDBC		
CALICATA 01	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm <sup>3</sup> )
100 % Suelo Natural	10	1.66
95% Suelo + 5 CDBC%	10.67	1.90
92% Suelo + 8 CDBC%	10.12	1.96
89% Suelo + 11 CDBC%	9.89	1.98
84% Suelo + 16 CDBC%	9.71	2.00

Tabla N° 131. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del SN+ CDBC en la C-01. Fuente : Propia



Gráfica N° 11. Resultados de M.D.S del SN + CDBC en la C-01. Fuente : Propia.

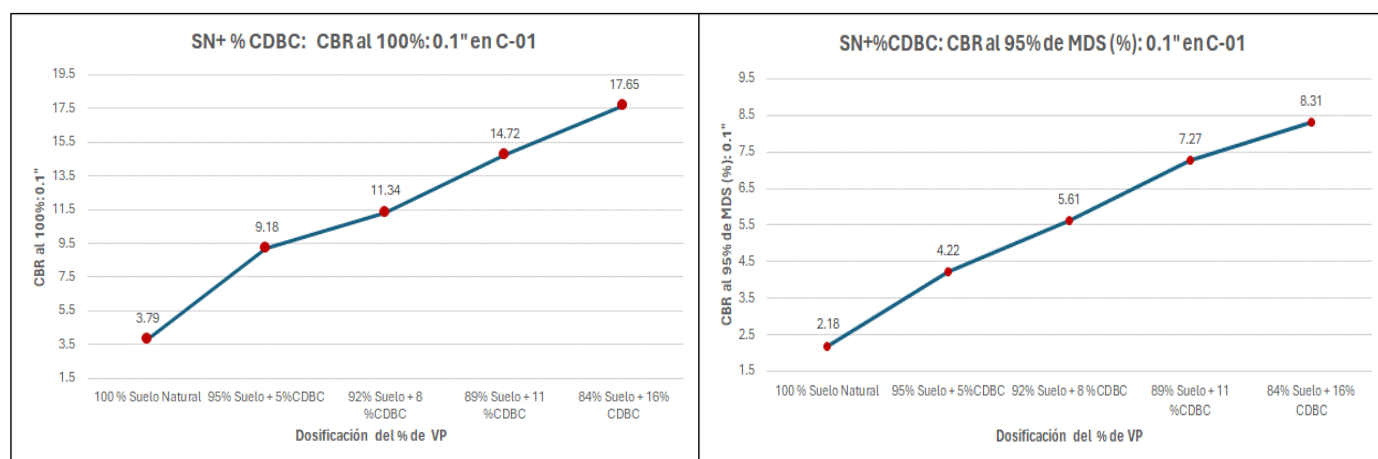
### Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar CDBC:

Al aumentarle ceniza de CDBC el O.C.H se observa en la Tabla N°131 disminuye el contenido de humedad siendo muy favorable , por lo que cuando el suelo entra en contacto con el agua en exceso llega a cierto punto donde este se vuelve estado líquido , causando pérdidas en su resistencia y cohesión , es por eso por lo que se realiza el ensayo de Proctor , donde tendremos como resultados su O.C.H y M.D.S donde esta aumenta la cual se observa en la Gráfica N°11.

### CBR : SN+CDBC (%) en C-01

RESULTADOS DEL CBR CON LA ADICIÓN DE CDBC		
CALICATA 01	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	3.79	2.18
95% Suelo + 5% CDBC	9.18	4.22
92% Suelo + 8 % CDBC	11.34	5.61
89% Suelo + 11 % CDBC	14.72	7.27
84% Suelo + 16% CDBC	17.65	8.31

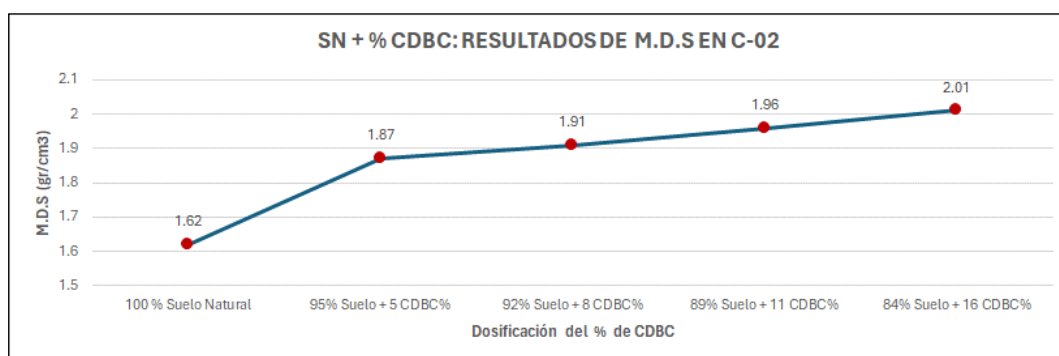
Tabla N° 132. Resultados del ensayo de CBR del SN+CDBC en la C-01. Fuente Propia



### Proctor Modificado: SN+CDBC (%) en C-02

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO CON LA ADICIÓN DE CDBC		
CALICATA 02	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm <sup>3</sup> )
100 % Suelo Natural	9.94	1.62
95% Suelo + 5 CDBC%	11.26	1.87
92% Suelo + 8 CDBC%	10.47	1.91
89% Suelo + 11 CDBC%	9.49	1.96
84% Suelo + 16 CDBC%	9.24	2.01

Tabla N° 133. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del SN+ CDBC en la C-02. Fuente : Propia



Gráfica N° 14: Resultados de M.D.S del SN + CDBC en la C-01. Fuente : Propia

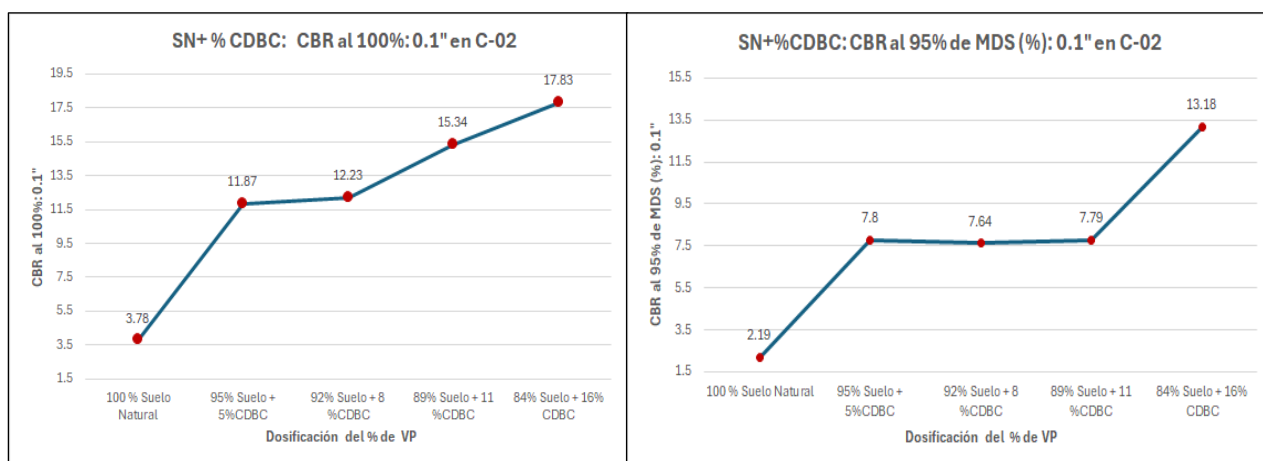
#### **Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar CDBC:**

Este ensayo en la calicata N°2 , se puede observar en la Tabla N° 133 y Gráfica N°14 que a medida que incrementamos la adición de porcentaje de CDBC el O.C.H disminuye mientras la M.D.S aumenta , teniendo como tope límite de adición el 16% CDCBC.

### CBR : SN+CDBC (%) en C-02

RESULTADOS DEL CBR CON LA ADICIÓN DE CDBC		
CALICATA 02	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	3.78	2.19
95% Suelo + 5% CDBC	11.87	7.8
92% Suelo + 8 % CDBC	12.23	7.64
89% Suelo + 11 % CDBC	15.34	7.79
84% Suelo + 16% CDBC	17.83	13.18

Tabla N° 134. Resultados del ensayo de CBR del SN+CDBC en la C-02. Fuente Propia



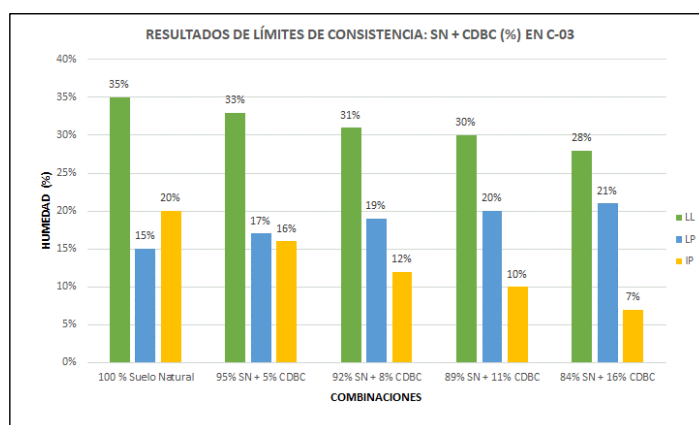
Gráfica N° 15. Resultados del CBR a 0.1" en la C-02. Fuente Propia.

### **Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1" , después de adicionar CDBC:**

Para el ensayo de CBR al igual que la calicata 1 , se visualiza en la Gráfica N°15 el aumento que tiene al ir adicionándole el CDBC. Teniendo el mejor resultado de CBR en el 16%.. Sin embargo, en esta calicata , el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1" en la adición del 8% disminuye esto debe ser por algún factor al momento que se realizó este ensayo , de todas maneras se puede ver el aumento del CBR de un 14.29% 0.1 " , y de un 6.89% .

### **Para la calicata N°3**

### **Límites de consistencia: SN+CDBC (%) en C-03**



Gráfica N° 16. Resultados De Límites de Consistencia del SN+ CDBC en la C-03. Fuente : Propia

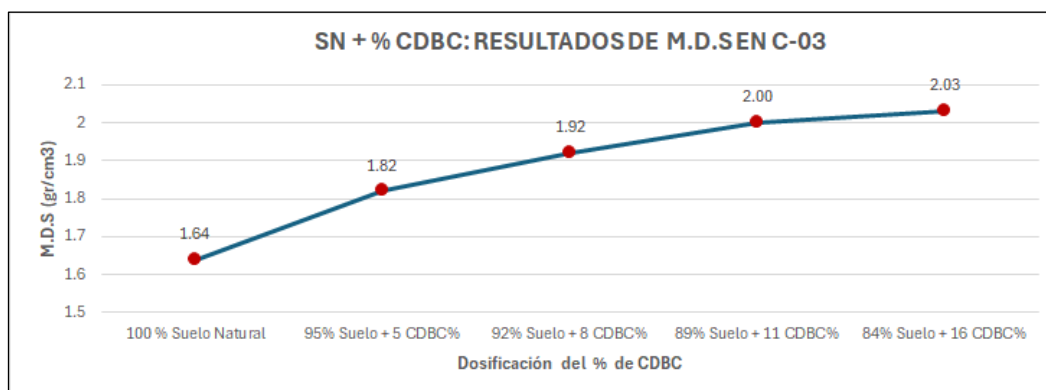
### **Para el IP , después de adicionar CDBC :**

Se puede observar en la Gráfica N°16 que al igual que las calicatas anteriores el IP disminuye al aumentar la adición de la CDBC , por lo que se puede decir que tenemos un patrón de resultados en el IP.

### Proctor Modificado: SN+CDBC (%) en C-03

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO CON LA ADICIÓN DE CDBC		
CALICATA 03	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm <sup>3</sup> )
100 % Suelo Natural	10.95	1.64
95% Suelo + 5 CDBC%	11.36	1.82
92% Suelo + 8 CDBC%	11.15	1.92
89% Suelo + 11 CDBC	9.91	2.00
84% Suelo + 16 CDBC	9.89	2.03

Tabla N° 135. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del SN+ CDBC en la C-03. Fuente : Propia



Gráfica N° 17. Resultados de M.D.S del SN + CDBC en la C-03. Fuente : Propia

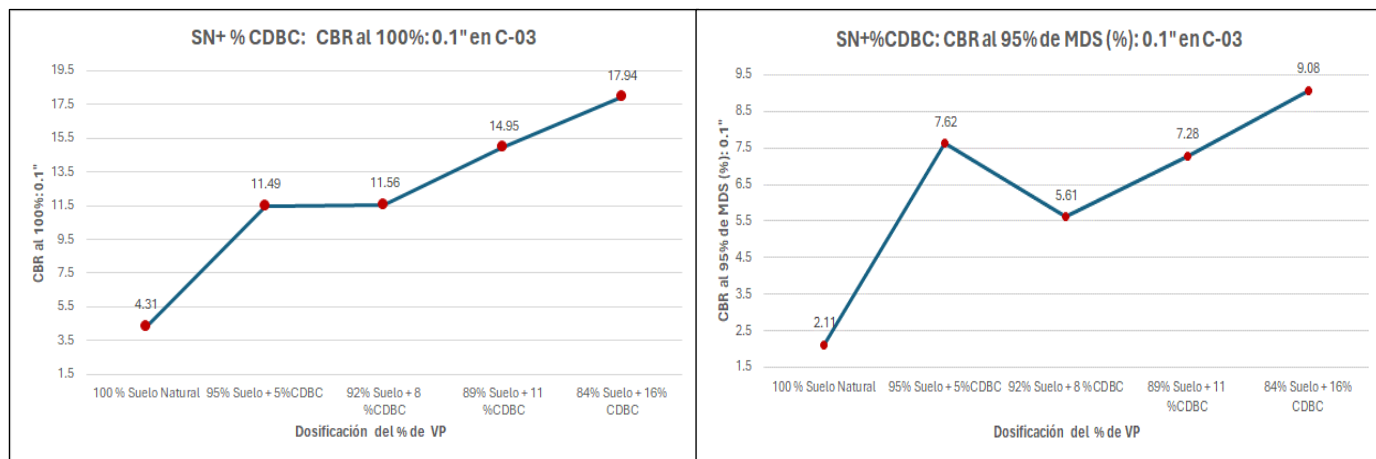
### **Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar CDBC:**

En la calicata N°3 , se puede observar que a medida que incrementamos la adición de porcentaje de CDBC el O.C.H disminuye mientras la M.D.S aumenta como se observa en la GráficaN°17.

### CBR : SN+CDBC (%) en C-03

RESULTADOS DEL CBR CON LA ADICIÓN DEL CDBC		
CALICATA 03	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	4.31	2.11
95% Suelo + 5% CDBC	11.49	7.62
92% Suelo + 8 % CDBC	11.56	5.61
89% Suelo + 11 % CDBC	14.95	7.28
84% Suelo + 16% CDBC	17.94	9.08

Tabla N° 136. Resultados del ensayo de CBR del SN+CDBC en la C-03. Fuente Propia



Gráfica N° 18. Resultados del ensayo de CBR del SN+CDBC en la C-03. Fuente Propia

### Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1" , después de adicionar CDDB:

Para el ensayo de CBR al igual que la calicata 2 , se observa en la Gráfica N°18 en la adición del 8% al 95% disminuye, esto se puede deber a algún factor al momento de realizar el ensayo de igual manera al aumentarle la adición de la CDDB este aumenta su CBR , obteniendo el mejor resultado en el porcentaje del 16% mejorando el índice de CBR de un 6.97%.

### CUADRO COMPARATIVO ENTRE LAS MUESTRAS DEL SN CON LA ADICIÓN DEL VP Y CDDB

RESULTADOS CON LAS ADICIONES								
ADICIÓN DEL VP								
CALICATAS	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/C M3)	CBR(95% de MDS a 0.1")	CBR(100% de MDS a 0.1")
<b>C-01-Suelo Natural</b>	1.5	34%	14%	20%	10.00	1.66	2.18	3.79
96% SN + 4%VP	1.5	31%	17%	14%	10.99	1.80	4.11	9.45
93% SN + 7% VP	1.5	28%	16%	12%	10.84	1.88	5.83	11.53
92% SN + 10% VP	1.5	27%	18%	9%	10.18	1.91	7.35	14.95
85% SN+ 15 %VP	1.5	26%	19%	7%	10.05	1.96	8.49	17.47
<b>C-02-Suelo Natural</b>	1.5	32%	12%	20%	9.94	1.62	2.19	3.78
96% SN + 4%VP	1.5	30%	14%	16%	11.41	1.86	8.19	11.44
93% SN + 7% VP	1.5	28%	15%	13%	11.27	1.90	5.40	11.37
92% SN + 10% VP	1.5	27%	17%	10%	11.17	1.92	7.33	14.71
85% SN+ 15 %VP	1.5	26%	18%	8%	10.69	1.96	9.25	17.68
<b>C-03-Suelo Natural</b>	1.5	35%	15%	20%	10.95	1.64	2.11	4.31
96% SN + 4%VP	1.5	32%	16%	16%	11.38	1.87	7.93	11.60
93% SN + 7% VP	1.5	30%	17%	13%	11.06	1.89	5.40	11.50
92% SN + 10% VP	1.5	28%	19%	9%	10.84	1.92	7.34	15.36
85% SN+ 15 %VP	1.5	26%	20%	6%	10.10	1.94	9.29	17.71

Tabla N° 137. Resultado de comparativa de SN y VP. Fuente: Propia

Como se pueden observar los resultados en la Tabla N° 137 con la adición de VP, a medida que aumenta el porcentaje de este el LL, IP y el O.C.H tienen la tendencia a disminuir, esto se debe a que el vidrio presenta un alto contenido en sílice lo cual se aprecia en la composición química realizada a esta adición, siendo un patrón que se aprecia en los demás resultados de la calicata C-02 y C-03, mientras que la M.D.S y el CBR aumentan, donde el porcentaje óptimo de VP es del 15% obteniendo un valor de 17.71%, el cual presenta el valor mayor de CBR que comparándolo con la muestra del suelo natural lo mejora en un 13.4%, lo que beneficia a esta investigación ya que nos ofrece unos buenos resultados con este insumo pudiendo ser utilizado como aditivo para la estabilización del suelo estudiado.

Todo esto se debe ya que el vidrio pulverizado realizando el ensayo de fluorescencia de rayos x presenta una composición química donde sobresale el dióxido de silicio con un 36.14%, trióxido de aluminio con un 27.33% y óxido de calcio con un 16.49% los cuales mejoran la resistencia, reducen la humedad y vacíos siendo una alternativa como estabilizante. Teniendo en cuenta que solo se analizó 25mg de la adición esto quiere decir que al analizar una cantidad mucho mayor tendremos resultados más altos en porcentajes, concluyendo que el vidrio es un material alto en sílice.

RESULTADOS CON LAS ADICIONES								
ADICIÓN DE LA CDBC								
CALICATAS	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/C M3)	CBR( 95% de MDS a 0.1")	CBR( 100% de MDS a 0.1")
<b>C-01-Suelo Natural</b>	1.5	34%	14%	20%	10.00	1.66	2.18	3.79
95% SN + 5% CDBC	1.5	32%	15%	17%	10.67	1.90	4.22	9.18
92% SN + 8% CDBC	1.5	29%	17%	12%	10.12	1.96	5.61	11.34
89% SN + 11% CDBC	1.5	28%	18%	10%	9.89	1.98	7.27	14.72
84% SN + 16% CDBC	1.5	25%	19%	6%	9.71	2.00	8.31	17.65
<b>C-02-Suelo Natural</b>	1.5	32%	12%	20%	9.94	1.62	2.19	3.78
95% SN + 5% CDBC	1.5	30%	15%	15%	11.26	1.87	7.80	11.87
92% SN + 8% CDBC	1.5	30%	16%	14%	10.47	1.91	7.64	12.23
89% SN + 11% CDBC	1.5	29%	19%	10%	9.49	1.96	7.29	15.34
84% SN + 16% CDBC	1.5	27%	20%	7%	9.24	2.01	13.18	17.63
<b>C-03-Suelo Natural</b>	1.5	35%	15%	20%	10.95	1.64	2.11	4.31
95% SN + 5% CDBC	1.5	33%	17%	16%	11.36	1.82	7.62	11.49
92% SN + 8% CDBC	1.5	31%	19%	12%	11.15	1.92	5.61	11.56
89% SN + 11% CDBC	1.5	30%	20%	10%	9.91	2.00	7.28	14.95
84% SN + 16% CDBC	1.5	28%	21%	7%	9.89	2.03	9.08	17.94

Tabla N° 138. Resultado de comparativa de SN y CDBC. Fuente: Propia

Observando los resultados en la Tabla N° 138 con la adición de CDBC, a medida que aumenta el porcentaje de este el LL, IP y el O.C.H tienen la tendencia a disminuir, esto se debe a que la ceniza de bagazo presenta también un alto contenido en sílice lo cual se aprecia en la composición química realizada, siendo un patrón que se aprecia en los resultados de la calicata C-01, C-02 y C-03, mientras que la M.D.S y el CBR aumentan, donde el porcentaje óptimo de CDBC es del 16% obteniendo un valor de 17.94%, el

cual presenta el valor mayor de CBR que comparándolo con la muestra del suelo natural lo mejora en un 13.63% , lo que beneficia a esta investigación obteniendo buenos resultados por lo que este insumo sería una alternativa para la estabilización del suelo estudiado.

Todo esto se debe al realizar el ensayo de fluorescencia de rayos x de la CDBC presento una composición química donde sobresale el dióxido de silicio con un 46.17% , trióxido de aluminio con un 12.97% y oxido de calcio con un 19.21% los cuales mejoran la resistencia , reducen la humedad y vacíos siendo una alternativa como estabilizante. Teniendo en cuenta que solo se analizó 50 mg de la adición esto quiere decir que al analizar una cantidad mucho mayor tendremos resultados más altos en porcentajes, concluyendo que la CDBC es un material alto en sílice.

Observándose también que el mejor resultado de CBR fue con la adición de la CDBC , sin embargo, con la adición del VP también se obtuvo un valor cercano en porcentaje , de todas maneras, ambos resultados son buenos siendo alternativas para la estabilización de suelos arcillosos.

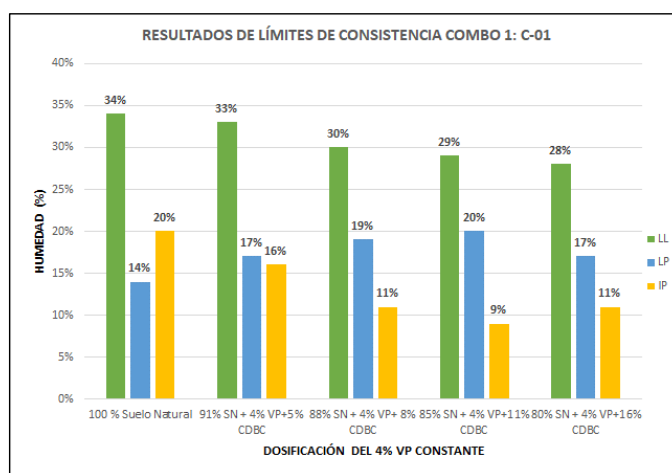
## ENSAYOS CON LOS 8 COMBOS REALIZADOS CON AMBAS ADICIONES

### Para la calicata N°1

#### COMBO 1 :

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 1 con el de 4% VP constante.

#### Límites de consistencia: SN+VP(%)+CDBC (%) en C-01



Gráfica N° 19. Resultados De Límites de Consistencia Combo 1 en la C-01. Fuente : Propia

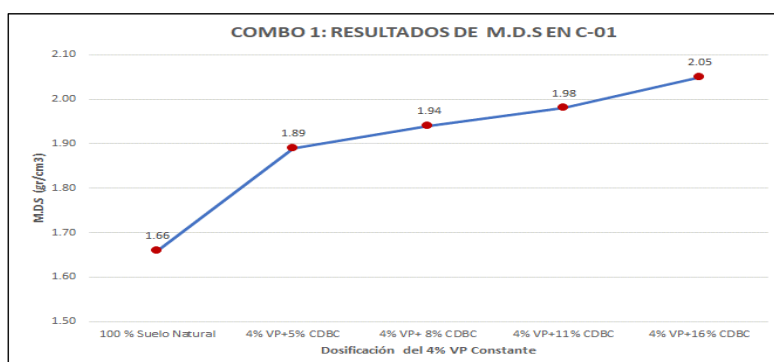
**Para el IP , después de adicionar al SN: VP(%) +CDBC(%):**

Se puede observar en la Gráfica N°19 manteniendo el 4%VP constante que el IP disminuye a mayor porcentaje de las adiciones , sin embargo, en el porcentaje del 4%VP+16%CDBC vuelve aumentar, por lo que estos resultados deben ser contrastados con las demás calicatas. Pero en general el IP disminuye a mayor porcentaje de las adiciones, teniendo como tope limite la adición del 4%VP+11%CDBC.

**Proctor Modificado: SN+VP(%) +CDBC (%) en C-01**

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 1		
CALICATA 01	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	10	1.66
91% SN + 4% VP+5% CDBC	10.44	1.89
88% SN + 4% VP+ 8% CDBC	9.63	1.94
85% SN + 4% VP+11% CDBC	8.79	1.98
80% SN + 4% VP+16% CDBC	8.55	2.05

Tabla N° 139. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo 1 en la C-01. Fuente : Propia



Gráfica N° 20. Resultados de M.D.S del Combo 1 en la C-01. Fuente : Propia

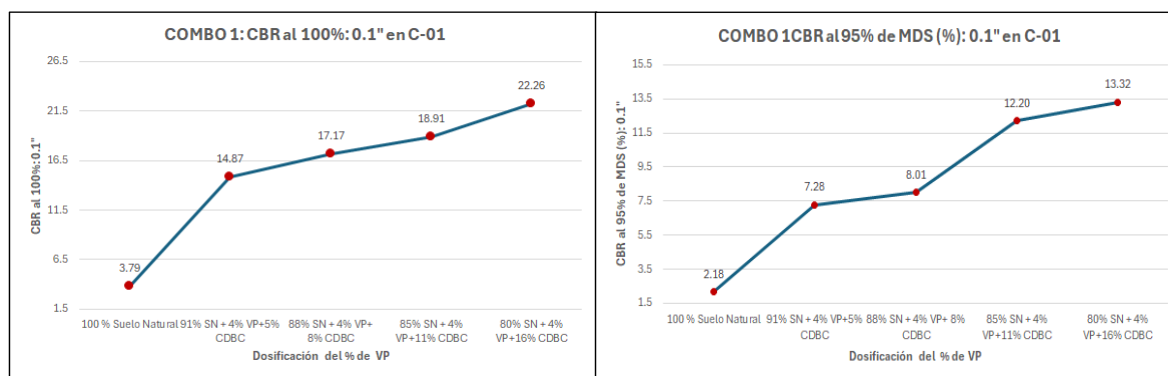
**Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: VP(%) +CDBC(%):**

En la calicata N°1 , se puede observar manteniendo el 4%VP constante que este combo 1 a medida que aumentan las adiciones de porcentaje de VP + CDBC el O.C.H disminuye como se ve en la Tabla N° 139 mientras la M.D.S aumenta la cual se observa en la GráficaN°20 donde su tope limite será la del4%VP+16%CDBC.

### **CBR : SN+VP(%)+ CDBC (%) en C-01**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 1		
CALICATA 01	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	3.79	2.18
91% SN + 4% VP+5% CDBC	14.87	7.28
88% SN + 4% VP+ 8% CDBC	17.17	8.01
85% SN + 4% VP+11% CDBC	18.91	12.2
80% SN + 4% VP+16% CDBC	22.26	13.32

Tabla N° 140. Resultados del ensayo de CBR del Combo 1 en la C-01. Fuente Propia



Gráfica N° 21. Resultados del ensayo de CBR del Combo 1 en la C-01. Fuente Propia

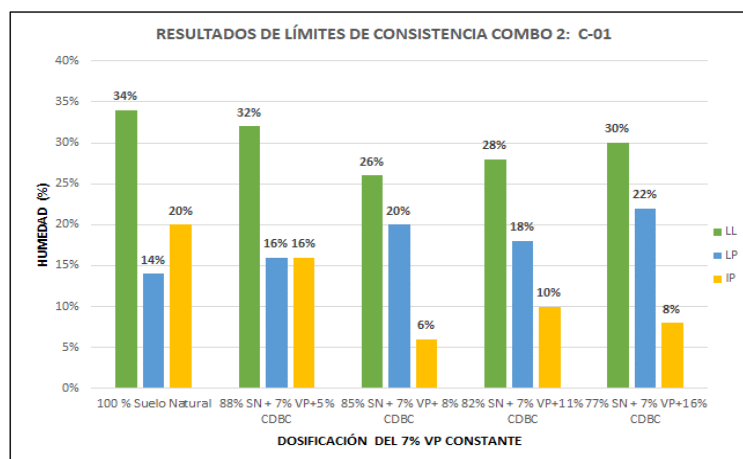
**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1” , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%) :**

Se aprecia la gráfica N° 21 manteniendo el 4% VP constante que el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos de VP+CDBC . Donde se aprecia que al 4% VP+16CDBC% se obtiene un mejor resultado de índice de CBR, teniendo así cierto tope límite de adición,. Por último, observamos como mejoro el CBR al 100%: 0.1” de 3.79% a 22.26% y el CBR al 95% de MDS (%): 0.1” de un 2.18 % a 13.32% mejorando de esta manera las subrasantes arcillosas.

#### **COMBO 2 :**

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 2 con el de 7% VP constante:

### Límites de consistencia: SN+VP(%)+CDBC (%) en C-01



Gráfica N° 22. Resultados De Límites de Consistencia Combo 2 en la C-01. Fuente : Propia

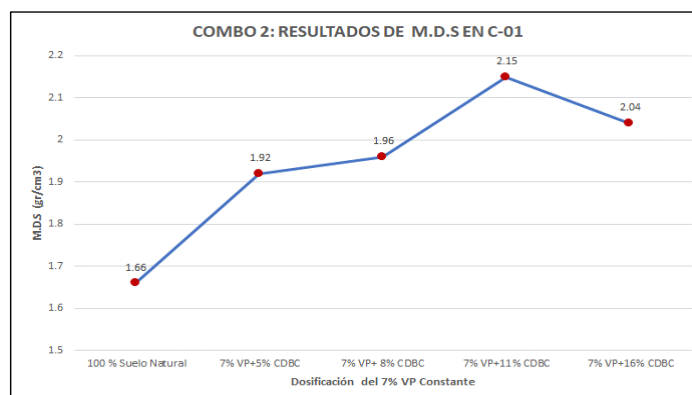
### **Para el IP , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%) :**

Se puede observar en la Gráfica N°22 manteniendo el 7% VP constante como el IP disminuye a mayor porcentaje de las adiciones , sin embargo, en el porcentaje del 7% VP+11% CDBC vuelve aumentar, por lo que estos resultados deben ser contrastados con las demás calicatas. Pero en general el IP disminuye a mayor porcentaje de adiciones teniendo como tope limite la adición del 7% VP+8% CDBC.

### Proctor Modificado: SN+VP(%)+CDBC (%) en C-01

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 2		
CALICATA 01	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	10	1.66
88% SN + 7% VP+5% CDBC	10.82	1.92
85% SN + 7% VP+ 8% CDBC	10.16	1.96
82% SN + 7% VP+11% CDBC	9.87	2.15
77% SN + 7% VP+16% CDBC	9.79	2.04

Tabla N° 141. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo 2 en la C-01. Fuente : Propia



Gráfica N° 23. Resultados de M.D.S del Combo 2 en la C-01. Fuente : Propia

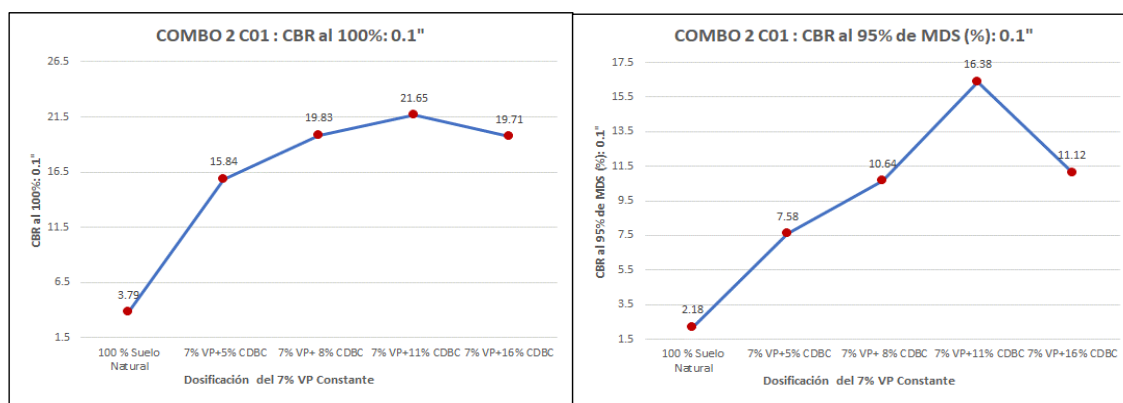
**Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%) :**

Se puede observar en el Combo 2 manteniendo el 7% VP constante que a medida que incrementamos las adiciones de porcentaje de VP + CDBC el O.C.H disminuye como se ve en la Tabla N° 141 mientras la M.D.S aumenta tal como se observa en la GráficaN°23 .Teniendo como tope limite la adición de 7% VP+11%CDBC de 2.15 gr/cm3.Sin embargo vuelve a disminuir su M.D.S por lo que estos resultados deben ser contrastados con las demás calicatas para dar validez a estos resultados obtenidos.

### **CBR : SN+VP(%)+ CDBC (%) en C-01**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 2		
CALICATA 01	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	3.79	2.18
88% SN + 7% VP+5% CDBC	15.84	7.58
85% SN + 7% VP+ 8% CDBC	19.83	10.64
82% SN + 7% VP+11% CDBC	21.65	16.38
77% SN + 7% VP+16% CDBC	19.71	11.12

Tabla N° 142. Resultados del ensayo de CBR del Combo 2 en la C-03. Fuente Propia



Gráfica N° 24. Resultados del ensayo de CBR del Combo 2 en la C-01. Fuente Propia

**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1'' , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%) :**

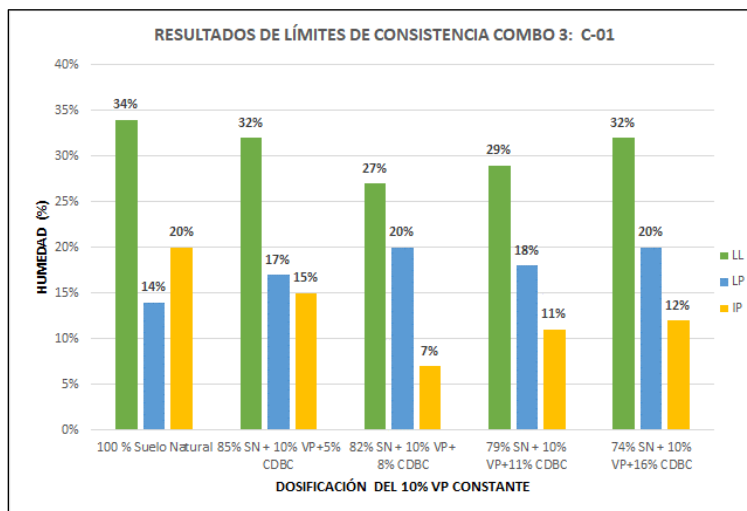
Se aprecia la gráfica N° 24 manteniendo el 7% VP constante que el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos de VP+CDBC . Donde se aprecia que al 7% VP+11%CDBC% se obtiene un mejor resultado de índice de CBR, teniendo así cierto tope límite de adición ya que mejoro el CBR al 100%: 0.1'': de 3.79% a 19.71% y el CBR al 95% de MDS (%): 0.1'' de un 2.18 % a 11.12% mejorando de esta manera las subrasantes arcillosas. Sin embargo, también se observa que en la siguiente adición

vuelve a disminuir , por lo que es necesario contrastar estos resultados con las demás calicatas.

### COMBO 3 :

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 3 con el de 10% VP constante:

#### Límites de consistencia: SN+VP(%)+CDBC (%) en C-01



Gráfica N° 25. Resultados De Límites de Consistencia Combo 3 en la C-01. Fuente : Propia

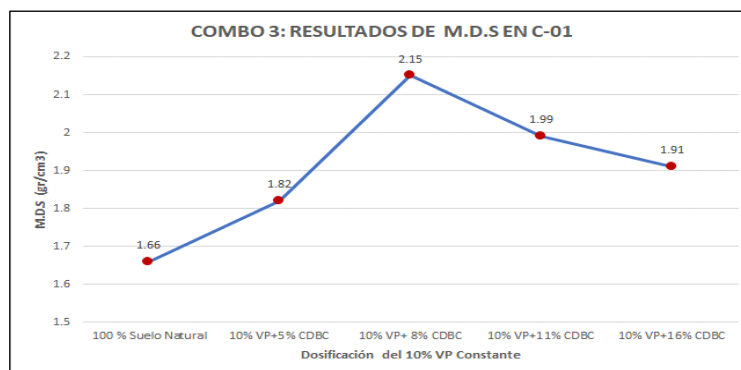
#### **Para el IP , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%)**

Se puede observar en la Gráfica N°25 manteniendo el 10% VP constante como el IP disminuye a mayor porcentaje de ambas adiciones , sin embargo, en el porcentaje del 10% VP+11% CDBC vuelve aumentar, por lo que estos resultados deben ser contrastados con las demás calicatas. Pero en general el IP disminuye a mayor porcentaje de las adiciones, teniendo como tope limite la adición del 10% VP+8% CDBC.

#### Proctor Modificado: SN+VP(%)+CDBC (%) en C-01

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 3		
CALICATA 01	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	10	1.66
85% SN + 10% VP + 5% CDBC	10.70	1.82
82% SN + 10% VP + 8% CDBC	10.06	2.15
79% SN + 10% VP + 11% CDBC	10.69	1.99
74% SN + 10% VP + 16% CDBC	10.85	1.91

Tabla N° 143. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo 3 en la C-01. Fuente : Propia



Gráfica N° 26. Resultados de M.D.S del Combo 3 en la C-01. Fuente : Propia

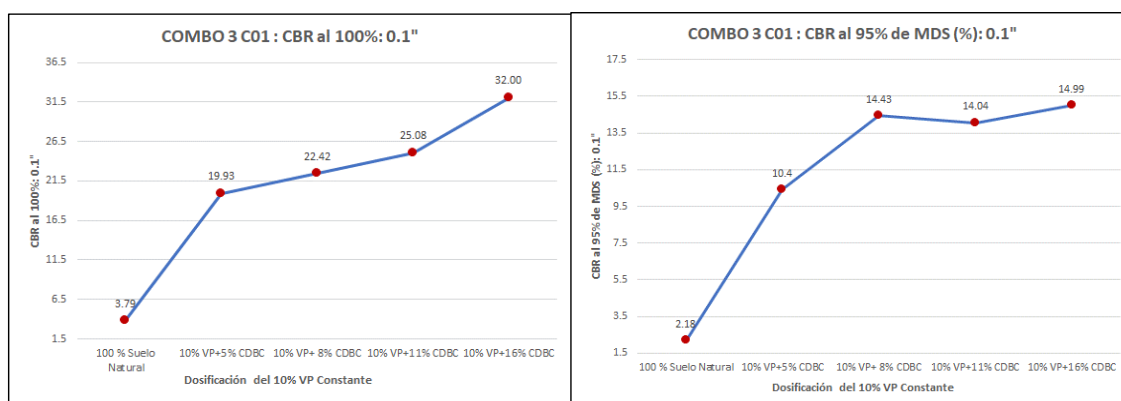
**Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%) :**

Se puede observar en el Combo 3 manteniendo el 10%VP constante que a medida que incrementamos las adiciones de porcentaje de VP + CDBC el O.C.H disminuye como también en ciertos puntos de adición vuelve aumentar como se ve en la Tabla N° 143 mientras la M.D.S aumenta tal como se observa en la GráficaN°26 .Teniendo como tope limite la adición de 10%VP+8%CDBC .Sin embargo vuelve a disminuir su M.D.S por lo que estos resultados deben ser contrastados con las demás calicatas para dar validez a estos resultados obtenidos.

### **CBR : SN+VP(%)+ CDBC (%) en C-01**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 3		
CALICATA 01	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	3.79	2.18
85% SN + 10% VP+5% CDBC	19.93	10.4
82% SN + 10% VP+8% CDBC	22.42	14.43
79% SN + 10% VP+11% CDBC	25.08	14.04
74% SN + 10% VP+16% CDBC	32.00	14.99

Tabla N° 144. Resultados del ensayo de CBR del Combo 3 en la C-03. Fuente Propia



Gráfica N° 27. Resultados del ensayo de CBR del Combo 3 en la C-01. Fuente Propia

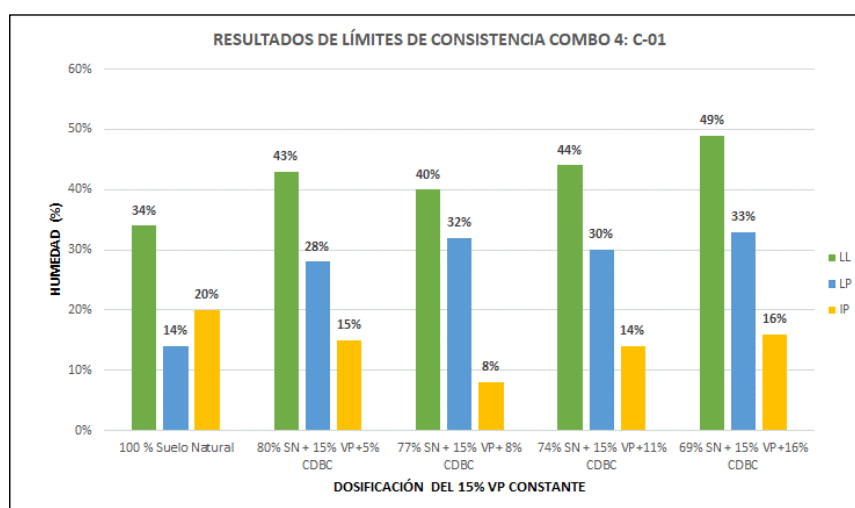
**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1” , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%) :**

Se aprecia la gráfica N° 27 manteniendo el 10% VP constante que el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos de VP+CDBC . Donde se aprecia que al 10%VP+16CDBC% se obtiene un mejor resultado de índice de CBR, teniendo así cierto tope límite de adición ya que mejoro el CBR al 100%: 0.1” de 3.79% a 32% mejorando de esta manera las subrasantes , de todas maneras, estos resultados deben ser contrastados con las demás calicatas.

**COMBO 4 :**

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 4 con el de 15% VP constante:

**Límites de consistencia: SN+VP(%)+CDBC (%) en C-01**



Gráfica N° 28. Resultados De Límites de Consistencia Combo 4 en la C-01. Fuente : Propia

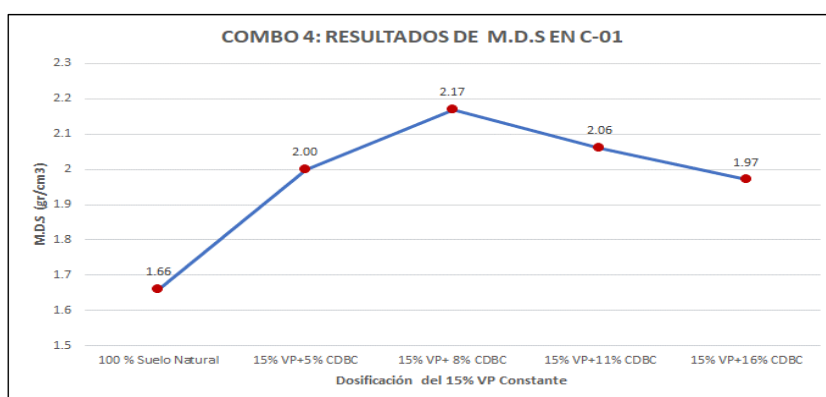
**Para el IP , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%)**

Se puede observar en la Gráfica N°28 manteniendo el 15% VP constante como el IP disminuye a mayor porcentaje de ambas adiciones , sin embargo, en el porcentaje del 15%VP+11%CDBC vuelve aumentar, por lo que estos resultados deben ser contrastados con las demás calicatas. Pero en general el IP disminuye a mayor porcentaje de las adiciones, teniendo como tope limite la adición del 15%VP+8%CDBC.

### Proctor Modificado: SN+VP(%)+CDBC (%) en C-01

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 4		
CALICATA 01	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm <sup>3</sup> )
100 % Suelo Natural	10	1.66
80% SN + 15% VP+5% CDBC	10.66	2.00
77% SN + 15% VP+ 8% CDBC	10.05	2.17
74% SN + 15% VP+11% CDBC	10.43	2.06
69% SN + 15% VP+16% CDBC	10.22	1.97

Tabla N° 145. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo 4 en la C-01. Fuente : Propia



Gráfica N° 29. Resultados de M.D.S del Combo 4 en la C-01. Fuente : Propia

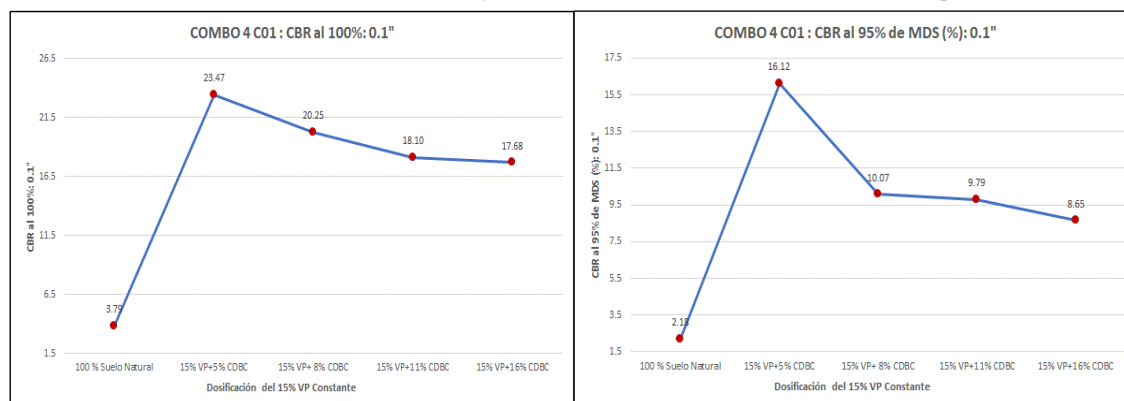
### **Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%) :**

En este ensayo del Combo 3 manteniendo el 15% VP constante que a medida que incrementamos las adiciones de porcentaje de VP + CDBC el O.C.H disminuye y vuelve aumentar como se ve en la Tabla N° 145 mientras la M.D.S aumenta tal como se observa en la GráficaN°29 .Teniendo como tope limite la adición de 15% VP+8% CDBC .Sin embargo vuelve a disminuir su M.D.S por lo que estos resultados deben ser contrastados con las demás calicatas para dar validez a estos resultados obtenidos.

### CBR : SN+VP(%)+ CDBC (%) en C-01

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 4		
CALICATA 01	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	3.79	2.18
80% SN + 15% VP+5% CDBC	23.47	16.12
77% SN + 15% VP+ 8% CDBC	20.25	10.07
74% SN + 15% VP+11% CDBC	18.10	9.79
69% SN + 15% VP+16% CDBC	17.68	8.65

Tabla N° 146. Resultados del ensayo de CBR del Combo 4 en la C-03. Fuente Propia



Gráfica N° 30. Resultados del ensayo de CBR del Combo 4 en la C-01. Fuente Propia

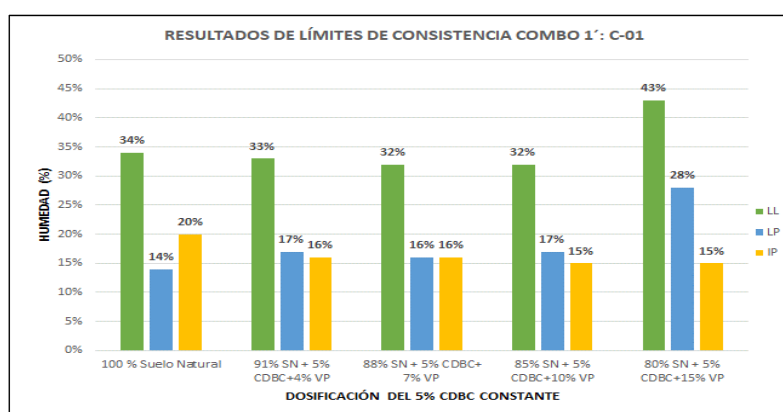
**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1" , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%) :**

Se aprecia la gráfica N° 30 manteniendo el 15% VP constante que el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos de VP+CDBC . Donde se aprecia que al 15% VP+5%CDBC se obtiene un resultado elevado de índice de CBR, teniendo así cierto tope límite de adición ya que mejoro el CBR al 100%: 0.1": de 3.79% a 23.47% mejorando de esta manera las subrasantes arcillosas. Sin embargo, también se observa que en la siguiente adición vuelve a disminuir , por lo que es necesario contrastar estos resultados con las demás calicatas.

### COMBO 1':

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 1' con el de 5% CDBC constante:

### Límites de consistencia: SN+ CDBC (%) + VP(%) en C-01



Gráfica N° 31. Resultados De Límites de Consistencia Combo 1' en la C-01. Fuente : Propia

**Para el IP , después de adicionar al SN: CDBC(%)+VP(%)**

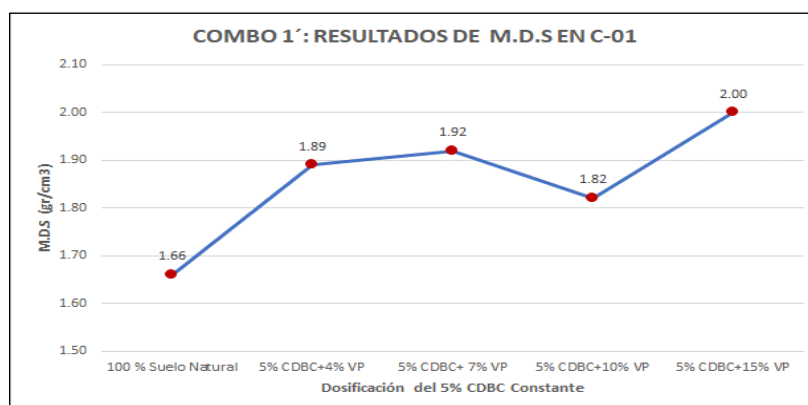
Se puede observar en la Gráfica N°31 manteniendo el 5% CDBC constante en este caso su IP si disminuye, pero al seguir adicionando de manera constante este insumo

no varía mucho con respecto a los demás porcentajes por lo que pertenecen a una plasticidad media , sin embargo, estos resultados deben ser contrastados con las demás calicatas. Pero en general el IP disminuye al adicionarle al suelo natural ambas adiciones.

### **Proctor Modificado: SN+CDBC(%)+VP (%) en C-01**

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 1'		
CALICATA 01	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm <sup>3</sup> )
100 % Suelo Natural	10	1.66
91% SN + 5% CDBC+4% VP	10.44	1.89
88% SN + 5% CDBC+ 7% VP	10.82	1.92
85% SN + 5% CDBC+10% VP	10.70	1.82
80% SN + 5% CDBC+15% VP	10.66	2.00

Tabla N° 147. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo1' en la C-01.Fuente : Propia



Gráfica N° 32. Resultados de M.D.S del Combo 1' en la C-01. Fuente : Propia

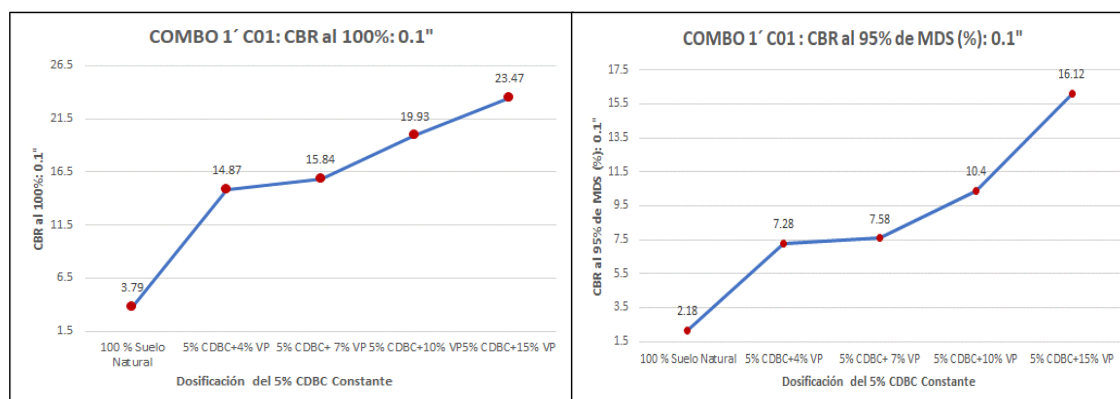
### **Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: CDBC(%)+VP(%) :**

Se puede observar en el Combo1' que manteniendo el 5%CDBC constante a medida que incrementamos las adiciones de porcentaje de CDBC+VP el O.C.H disminuye y vuelve aumentar como se ve en la Tabla N° 147 mientras la M.D.S aumenta tal como se observa en la GráficaN°32 .Teniendo como tope limite la adición de 5%CDBC+15% VP de 2.00 gr/cm<sup>3</sup>.Sin embargo se aprecia en algunos puntos de adición disminuye la M.D.S por lo que estos resultados deben ser contrastados con las otras calicatas para dar validez a estos resultados obtenidos.

### **CBR : SN+CDBC(%)+VP (%) en C-01**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 1'		
CALICATA 01	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	3.79	2.18
91% SN + 5% CDBC+4% VP	14.87	7.28
88% SN + 5% CDBC+ 7% VP	15.84	7.58
85% SN + 5% CDBC+10% VP	19.93	10.4
80% SN + 5% CDBC+15% VP	23.47	16.12

Tabla N° 148. Resultados del ensayo de CBR del Combo1' en la C-01. Fuente Propia



Gráfica N° 33. Resultados del ensayo de CBR del Combo1' en la C-01. Fuente Propia

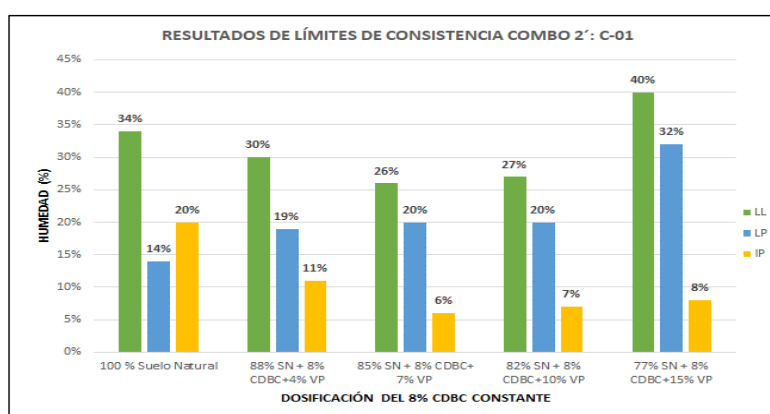
**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1'' , después de adicionar al SN: CDBC(%) + VP(%) + :**

Se aprecia la gráfica N° 33 manteniendo el 5% CDBC constante que el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos. Donde se aprecia que al 5% CDBC+15% VP se obtiene un mejor resultado de índice de CBR, teniendo así cierto tope límite de adición ya que mejoro el CBR al 100%: 0.1'': de 3.79% a 23.47% mejorando de esta manera las subrasantes arcillosas.

### **COMBO 2':**

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 2' con el de 8% CDBC constante:

### **Límites de consistencia: SN+ CDBC (%) + VP(%) en C-01**



Gráfica N° 34. Resultados De Límites de Consistencia Combo 2' en la C-01. Fuente : Propia

**Para el IP , después de adicionar al SN: CDBC(%) + VP(%)**

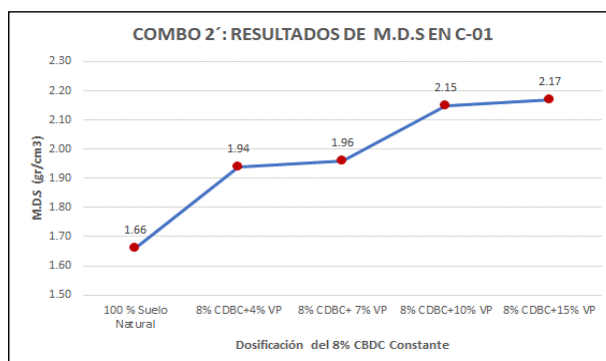
Se puede observar en la Gráfica N°34 manteniendo el 8% CDBC constante en este caso su IP si disminuye, pero al seguir adicionando de manera constante este insumo aumenta por lo que estos resultados deben ser contrastados con las demás calicatas.

Pero en general el IP disminuye al adicionarle al suelo natural ambas adiciones llegando a cierto tope límite de adición.

### **Proctor Modificado: SN+CDBC(%)+VP (%) en C-01**

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 2'		
CALICATA 01	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm <sup>3</sup> )
100 % Suelo Natural	10	1.66
88% SN + 8% CDBC+4% VP	9.63	1.94
85% SN + 8% CDBC+ 7% VP	10.16	1.96
82% SN + 8% CDBC+10% VP	10.06	2.15
77% SN + 8% CDBC+15% VP	10.05	2.17

Tabla N° 149. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo2' en la C-01. Fuente : Propia



Gráfica N° 35. Resultados de M.D.S del Combo 2' en la C-01. Fuente : Propia

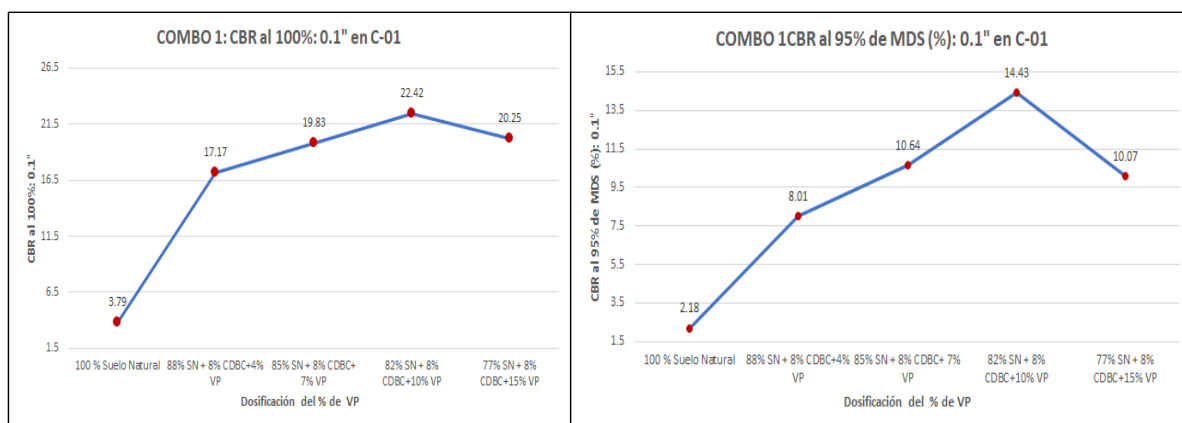
### **Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: CDBC(%)+VP(%) :**

Se puede observar en el Combo2' que manteniendo el 8% CDBC constante a medida que incrementamos las adiciones de porcentaje de CDBC+VP el O.C.H aumenta en una adición y vuelve a disminuir como se ve en la Tabla N° 149 mientras la M.D.S aumenta tal como se observa en la Gráfica N° 35 .Teniendo como tope limite la adición de 8% CDBC+15% VP de 2.17 gr/cm<sup>3</sup>.

### **CBR : SN+CDBC(%)+VP (%) en C-01**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 2'		
CALICATA 01	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	3.79	2.18
88% SN + 8% CDBC+4% VP	17.17	8.01
85% SN + 8% CDBC+ 7% VP	19.83	10.64
82% SN + 8% CDBC+10% VP	22.42	14.43
77% SN + 8% CDBC+15% VP	20.25	10.07

Tabla N° 150. Resultados del ensayo de CBR del Combo2' en la C-01. Fuente Propia



Gráfica N° 36. Resultados del ensayo de CBR del Combo 1' en la C-01. Fuente Propia

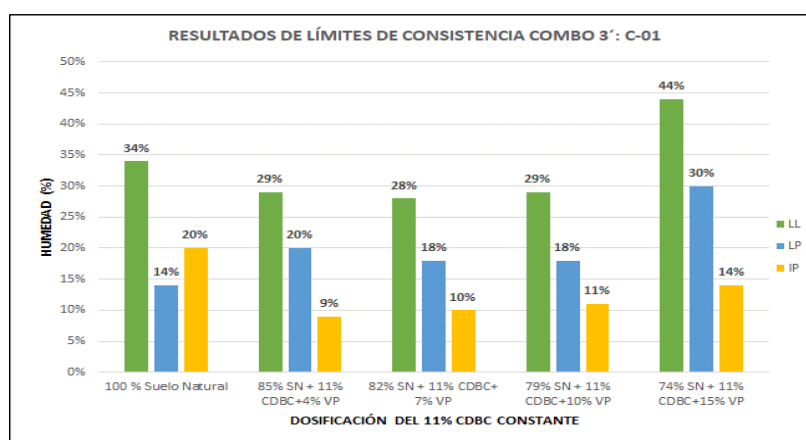
**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1" , después de adicionar al SN: CDDBC(%) + VP(%)+ :**

Se aprecia la gráfica N° 36 manteniendo el 8%CDDBC constante que el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos. Donde se aprecia que al 8%CDDBC+10% VP se obtiene un mejor resultado de índice de CBR, teniendo así cierto tope límite de adición ya que mejoro el CBR al 100%: 0.1": de 3.79% a 22.42% mejorando de esta manera las subrasantes arcillosas. Sin embargo, también se observa que en la siguiente adición vuelve a disminuir , por lo que es necesario contrastar estos resultados con las demás calicatas.

**COMBO 3':**

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 3' con el de 11%CDDBC constante:

**Límites de consistencia: SN+ CDDBC (%) + VP(%) en C-01**



Gráfica N° 37. Resultados De Límites de Consistencia Combo 3' en la C-01. Fuente : Propia

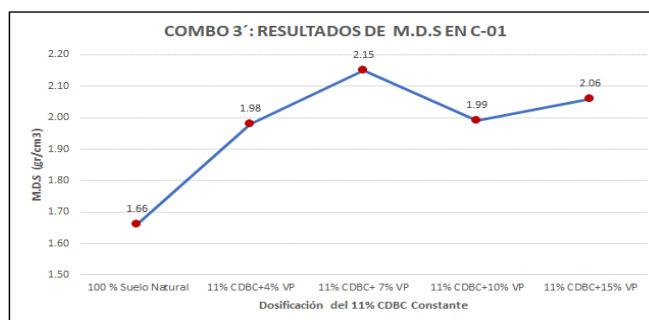
**Para el IP , después de adicionar al SN: CDDBC(%) + VP(%)**

Se puede observar en la Gráfica N°37 manteniendo el 11% CDBC constante en este caso su IP si disminuye, pero al seguir adicionando de manera constante este insumo vuelve aumentar por lo que estos resultados deben ser contrastados con las demás calicatas. Pero en general el IP disminuye al adicionarle al suelo natural ambas adiciones llegando a cierto tope límite de adición.

### **Proctor Modificado: SN+CDBC(%)+VP (%) en C-01**

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 3'		
CALICATA 01	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	10	1.66
85% SN + 11% CDBC+4% VP	8.79	1.98
82% SN + 11% CDBC+ 7% VP	9.87	2.15
79% SN + 11% CDBC+10% VP	10.69	1.99
74% SN + 11% CDBC+15% VP	10.43	2.06

Tabla N° 151. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo3' en la C-01. Fuente : Propia



Gráfica N° 38. Resultados de M.D.S del Combo 3' en la C-01. Fuente : Propia

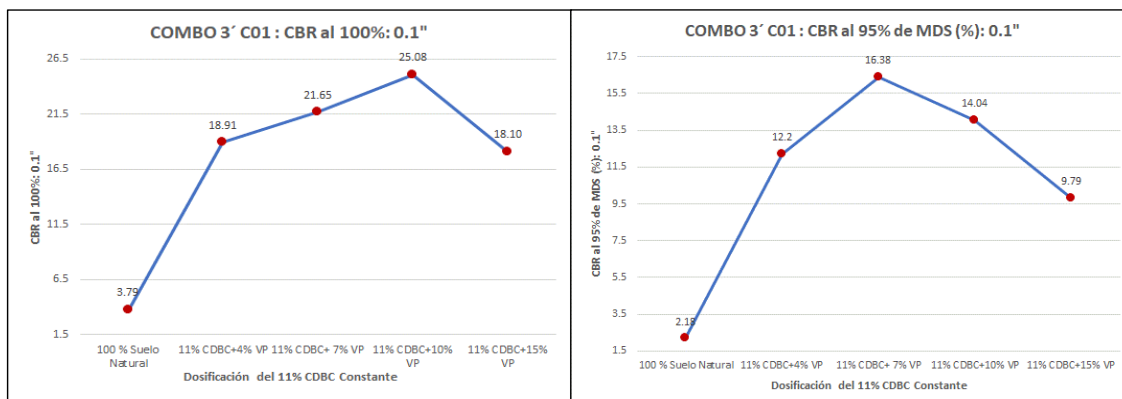
### **Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: CDBC(%)+VP(%) :**

Se puede observar en el Combo3' que manteniendo el 11% CDBC constante a medida que incrementamos las adiciones de porcentaje de CDBC+VP el O.C.H disminuye como se ve en la Tabla N° 151 mientras la M.D.S aumenta tal como se observa en la GráficaN°38 .Teniendo como tope limite la adición de 11%CDBC+7% VP de 2.15 gr/cm3.Sin embargo vuelve a disminuir su M.D.S por lo que estos resultados deben ser contrastados con las otras calicatas para dar validez a estos resultados obtenidos.

### **CBR : SN+CDBC(%)+VP (%) en C-01**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 3'		
CALICATA 01	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	3.79	2.18
85% SN + 11% CDBC+4% VP	18.91	12.2
82% SN + 11% CDBC+ 7% VP	21.65	16.38
79% SN + 11% CDBC+10% VP	25.08	14.04
74% SN + 11% CDBC+15% VP	18.1	9.79

Tabla N° 152. Resultados del ensayo de CBR del Combo3' en la C-01. Fuente Propia



Gráfica N° 39. Resultados del ensayo de CBR del Combo3' en la C-01. Fuente Propia

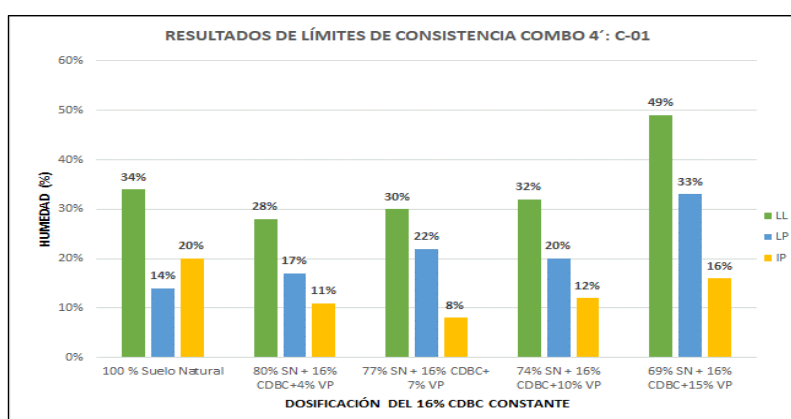
**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1" , después de adicionar al SN: CDDBC(%) + VP(%) + :**

Se aprecia la gráfica N° 39 manteniendo el 11%CDDBC constante que el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos. Donde se aprecia que al 11%CDDBC+10% VP se obtiene un mejor resultado de índice de CBR, teniendo así cierto tope límite de adición ya que mejoro el CBR al 100%: 0.1": de 3.79% a 25.08% mejorando de esta manera las subrasantes arcillosas. Sin embargo, también se observa que en la siguiente adición vuelve a disminuir , por lo que es necesario contrastar estos resultados con las otras dos calicatas.

#### **COMBO 4':**

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 4' con el de 16%CDDBC constante:

#### **Límites de consistencia: SN+ CDDBC (%) + VP(%) en C-01**



Gráfica N° 40. Resultados De Límites de Consistencia Combo 4' en la C-01. Fuente : Propia

**Para el IP , después de adicionar al SN: CDDBC(%) + VP(%)**

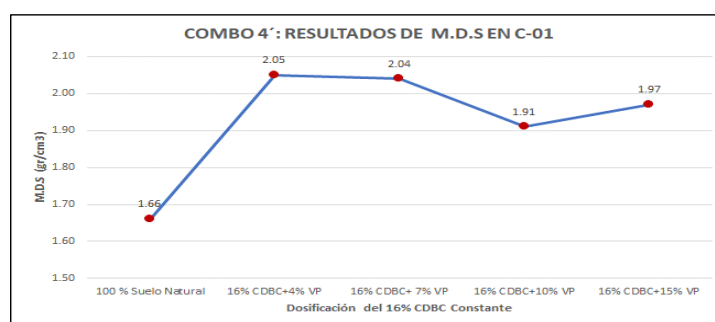
Se puede observar en la Gráfica N°40 manteniendo el 16%CDDBC constante en este caso su IP si disminuye, llegando a tope límite de adición el cual se encontraría en

la clasificación de plasticidad media, pero al seguir adicionando este insumo vuelve aumentar por lo que estos resultados deben ser contrastados con las demás calicatas. Pero en general el IP disminuye al adicionarle al suelo natural ambas adiciones.

### **Proctor Modificado: SN+CDBC(%)+VP (%) en C-01**

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 4'		
CALICATA 01	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm <sup>3</sup> )
100 % Suelo Natural	10	1.66
80% SN + 16% CDBC+4% VP	8.55	2.05
77% SN + 16% CDBC+ 7% VP	9.79	2.04
74% SN + 16% CDBC+10% VP	10.85	1.91
69% SN + 16% CDBC+15% VP	10.22	1.97

Tabla N° 153. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo4' en la C-01. Fuente : Propia



Gráfica N° 41. Resultados de M.D.S del Combo 3' en la C-01. Fuente : Propia

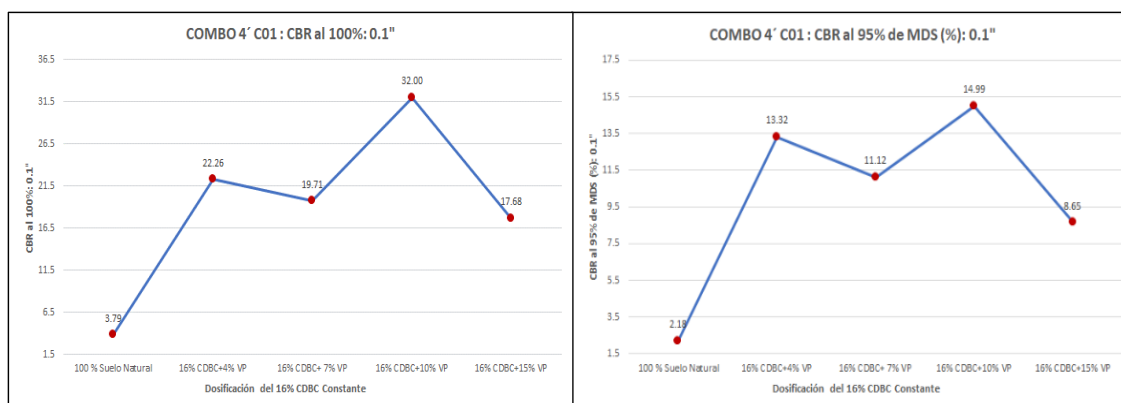
### **Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: CDBC(%)+VP(%) :**

Se puede observar en el Combo4' que manteniendo el 16%CDBC constante a medida que incrementamos las adiciones de porcentaje de CDBC+VP el O.C.H disminuye como se ve en la Tabla N° 153 mientras la M.D.S aumenta tal como se observa en la GráficaN°38 .Teniendo como tope limite la adición de 16%CDBC+4% VP .Sin embargo su M.D.S y su O.C.H disminuyen en ciertas adiciones lo cuales deben ser contrastados con las otras calicatas.

### **CBR : SN+CDBC(%)+VP (%) en C-01**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 4'		
CALICATA 01	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	3.79	2.18
80% SN + 16% CDBC+4% VP	22.26	13.32
77% SN + 16% CDBC+ 7% VP	19.71	11.12
74% SN + 16% CDBC+10% VP	32.00	14.99
69% SN + 16% CDBC+15% VP	17.68	8.65

Tabla N° 154. Resultados del ensayo de CBR del Combo4' en la C-01. Fuente Propia



Gráfica N° 42. Resultados del ensayo de CBR del Combo4' en la C-01. Fuente Propia

**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1" , después de adicionar al SN: CDDBC(%) + VP(%) + :**

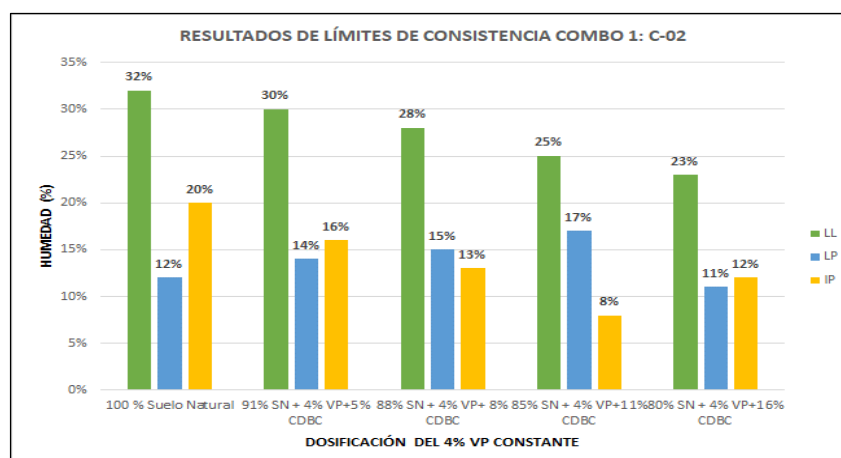
Se aprecia la gráfica N° 42 manteniendo el 16% CDDBC constante que el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos. Donde se aprecia que al 16% CDDBC+10% VP se obtiene un mayor resultado de índice de CBR, teniendo así cierto tope límite de adición ya que mejoro el CBR al 100%: 0.1": de 3.79% a 32.00% mejorando de esta manera las subrasantes arcillosas. Sin embargo, también se observa que en la siguiente adición vuelve a disminuir , por lo que es necesario contrastar estos resultados con las otras dos calicatas.

### Para la calicata N°2

#### **COMBO 1 :**

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 1 con el de 4% VP constante.

#### **Límites de consistencia: SN+VP(%) + CDDBC(%) en C-02**



Gráfica N° 43. Resultados De Límites de Consistencia Combo 4' en la C-02. Fuente : Propia

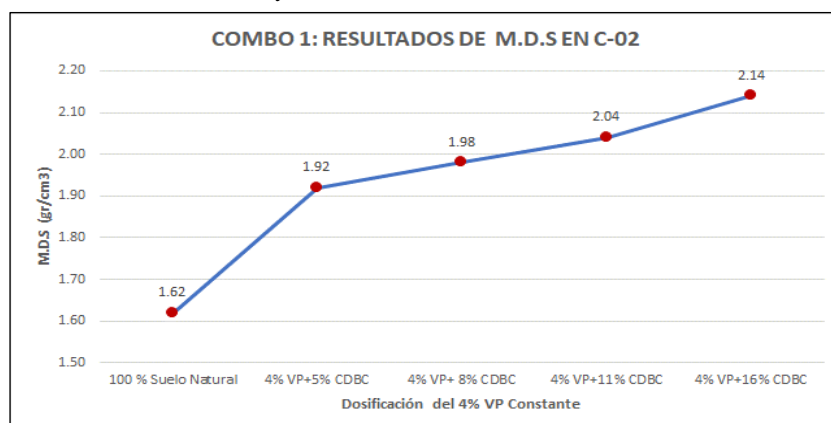
**Para el IP , después de adicionar al SN: VP(%) + CDDBC(%)**

Se puede observar en la Gráfica N°43 que manteniendo el 4%VP constante su IP disminuye, llegando a tope límite de adición del 4%VP+11% CDDBC el cual se encontraría en la clasificación de plasticidad media lo mismo que ocurre en la C-01. También observándose que vuelve a aumentar su IP teniendo una tendencia en ambas calicatas.

### **Proctor Modificado: SN+ VP (%) + CDDBC(%) en C-02**

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 1		
CALICATA 02	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm <sup>3</sup> )
100 % Suelo Natural	9.94	1.62
91% SN + 4% VP+5% CDDBC	10.36	1.92
88% SN + 4% VP+ 8% CDDBC	9.8	1.98
85% SN + 4% VP+11% CDDBC	9.56	2.04
80% SN + 4% VP+16% CDDBC	9.41	2.14

Tabla N° 155. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo1 en la C-02. Fuente : Propia



Gráfica N° 44. Resultados de M.D.S del Combo 1 en la C-01. Fuente : Propia

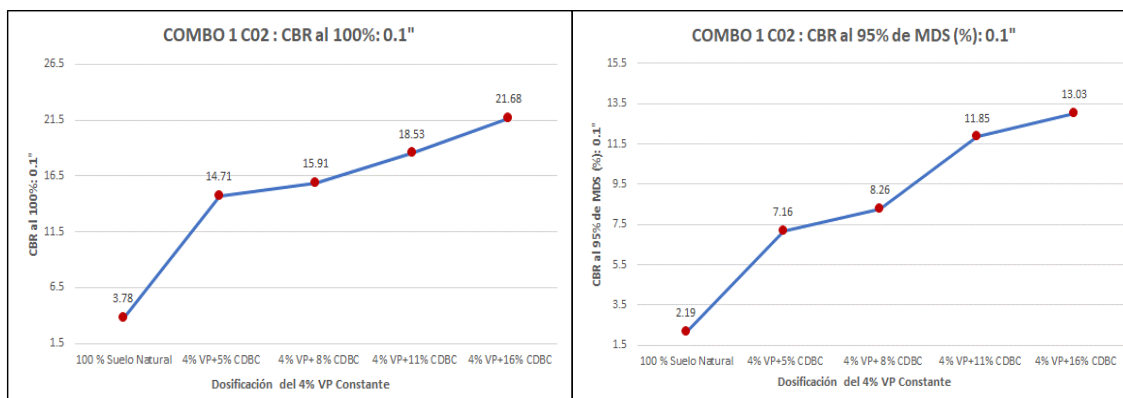
### **Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: VP(%) + CDDBC(%):**

Se puede observar que al igual que en la C-01 manteniendo el 4%VP constante este combo 1 a medida que aumentan las adiciones de porcentaje de VP + CDDBC el O.C.H disminuye como se ve en la Tabla N° 155 mientras la M.D.S aumenta la cual se observa en la Gráfica N°44 existiendo una tendencia en ambas calicatas.

### **CBR : SN+VP (%) + CDDBC(%) en C-02**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 1		
CALICATA 02	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	3.78	2.19
91% SN + 4% VP+5% CDDBC	14.71	7.16
88% SN + 4% VP+ 8% CDDBC	15.91	8.26
85% SN + 4% VP+11% CDDBC	18.53	11.85
80% SN + 4% VP+16% CDDBC	21.68	13.03

Tabla N° 156. Resultados del ensayo de CBR del Combo1 en la C-02. Fuente Propia



Gráfica N° 45. Resultados del ensayo de CBR del Combo1 en la C-02. Fuente Propia

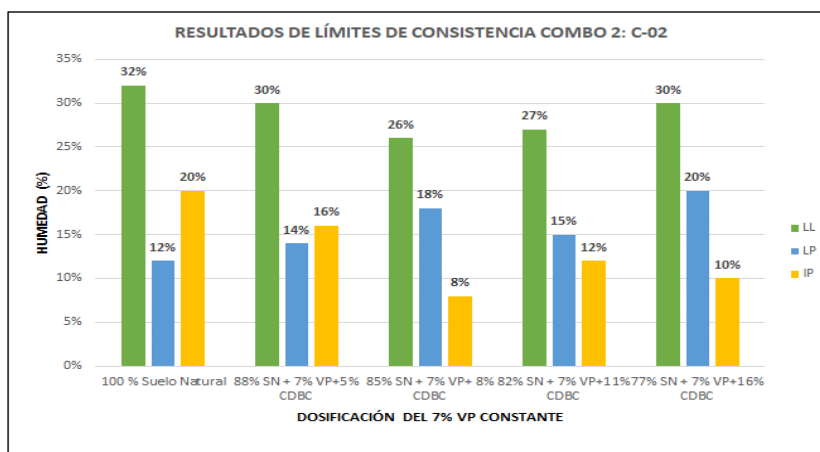
**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1" , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%) :**

Se aprecia la gráfica N° 45 manteniendo el 4% VP constante al igual que en la C-01 el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos de VP+CDBC . Donde se aprecia que al 4% VP+16CDBC% se obtiene un mejor resultado de índice de CBR, teniendo así cierto tope límite de adición. Por último, observamos como mejoro el CBR al 100%: 0.1": de 3.78% a 21.68% y al 95%:0.1" a un 13.03% mejorando de esta manera las subrasantes arcillosas. Recalcando que en ambas calicatas se observa la misma tendencia.

### COMBO 2 :

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 2 con el de 7% VP constante.

### Límites de consistencia: SN+VP(%)+CDBC(%) en C-02



Gráfica N° 46. Resultados De Límites de Consistencia Combo 2 en la C-02. Fuente : Propia

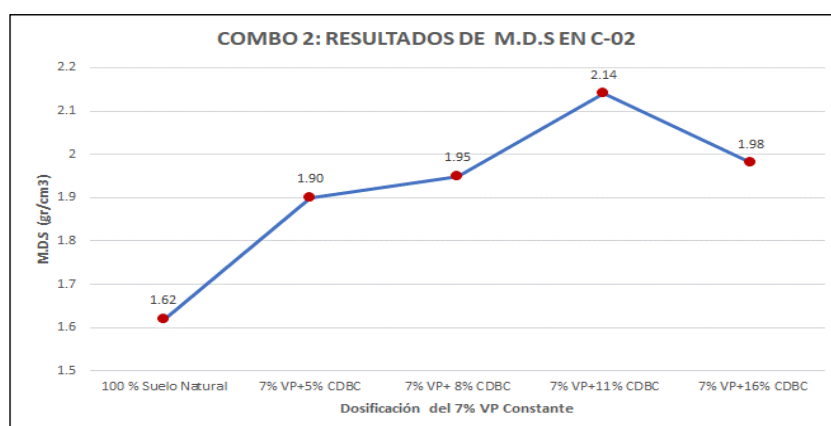
**Para el IP , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%) :**

Se puede observar en la Gráfica N°46 manteniendo el 7% VP constante como el IP disminuye a mayor porcentaje de las adiciones , sin embargo, en el porcentaje del 7% VP+11%CDBC vuelve aumentar, lo mismo que se pudo observar en la C-01 encontrando una tendencia en ambas .Pero en general el IP disminuye a mayor porcentaje de adiciones teniendo como tope limite la adición del 7% VP+8%CDBC.

**Proctor Modificado: SN+ VP (%) +CDBC(%) en C-02**

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 2		
CALICATA 02	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm <sup>3</sup> )
100 % Suelo Natural	9.94	1.62
88% SN + 7% VP+5% CDBC	10.52	1.90
85% SN + 7% VP+ 8% CDBC	9.85	1.95
82% SN + 7% VP+11% CDBC	9.04	2.14
77% SN + 7% VP+16% CDBC	9.49	1.98

Tabla N° 157. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo2 en la C-02.Fuente : Propia



Gráfica N° 47. Resultados de M.D.S del Combo2 en la C-01. Fuente : Propia

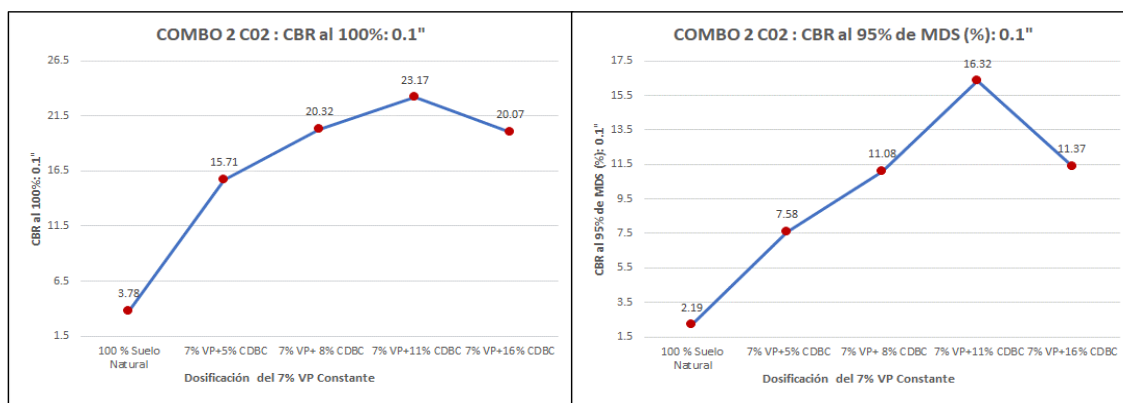
**Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%) :**

Se puede observar que al igual que en la C-01 manteniendo el 7% VP constante que a medida que incrementamos las adiciones el O.C.H disminuye como se ve en la Tabla N° 157 mientras la M.D.S aumenta tal como se observa en la GráficaN°47 .Teniendo como tope limite la adición de 7% VP+11%CDBC , sin embargo, su M.D.S disminuye en la adición siguiente por lo que existe una tendencia en ambas calicatas.

### **CBR : SN+VP (%) +CDBC(%)en C-02**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 2		
CALICATA 02	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	3.78	2.19
88% SN + 7% VP+5% CDBC	15.71	7.58
85% SN + 7% VP+ 8% CDBC	20.32	11.08
82% SN + 7% VP+11% CDBC	23.17	16.32
77% SN + 7% VP+16% CDBC	20.07	11.37

Tabla N° 158. Resultados del ensayo de CBR del Combo2 en la C-02. Fuente Propia



Gráfica N° 48. Resultados del ensayo de CBR del Combo2 en la C-02. Fuente Propia

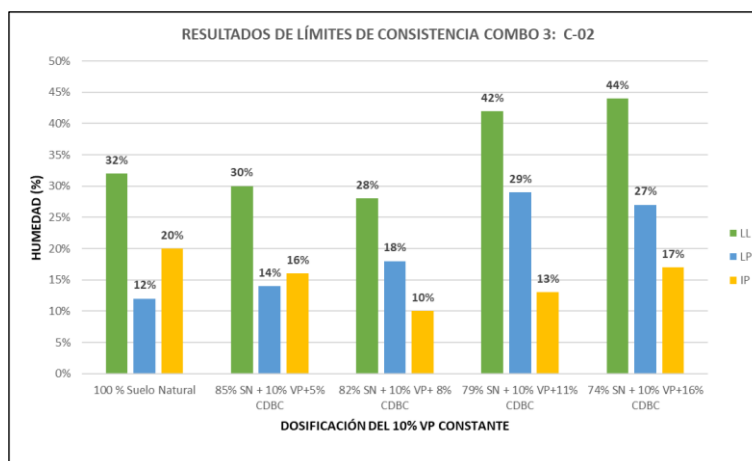
**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1" , después de adicionar al SN: VP(%) + CDBC(%) :**

Al igual que en la C-01 al adicionarle el 7% VP constante el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos . Donde se aprecia que al 7% VP+11CDBC% se obtiene un mejor resultado de índice de CBR, teniendo así cierto tope límite de adición ya que mejoro el CBR al 100%: 0.1": de 3.78% a 23.17% y el CBR al 95% de MDS (%): 0.1" de un 2.19 % a 16.32% mejorando de esta manera las subrasantes arcillosas, observando la misma tendencia en ambas calicatas.

### **COMBO 3 :**

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 3 con el de 10% VP constante.

### Límites de consistencia: SN+VP(%) + CDBC(%) en C-02



Gráfica N° 49. Resultados De Límites de Consistencia Combo 3 en la C-02. Fuente : Propia

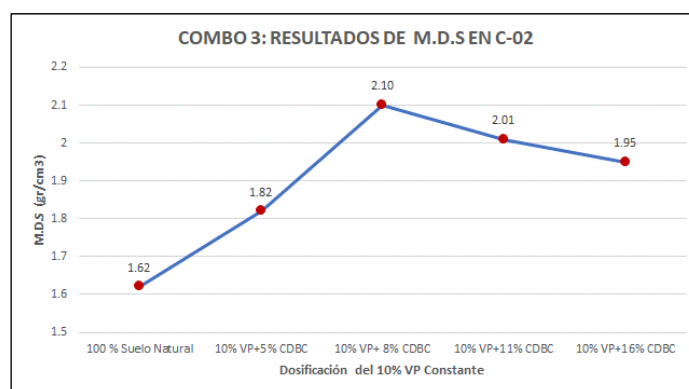
### **Para el IP , después de adicionar al SN: VP(%) + CDBC(%)**

Se puede observar en la Gráfica N°49 manteniendo el 10% VP constante como el IP disminuye a mayor porcentaje de ambas adiciones , sin embargo, en el porcentaje del 10% VP+11% CDBC vuelve aumentar, observándose lo mismo en la C-01 teniendo de esta manera una tendencia entre ambas. Pero en general el IP disminuye a mayor porcentaje de las adiciones, teniendo como tope limite la adición del 10% VP+8% CDBC.

### **Proctor Modificado: SN+ VP (%) + CDBC(%) en C-02**

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 3		
CALICATA 02	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	9.94	1.62
85% SN + 10% VP+5% CDBC	10.56	1.82
82% SN + 10% VP+ 8% CDBC	10.48	2.10
79% SN + 10% VP+11% CDBC	10.89	2.01
74% SN + 10% VP+16% CDBC	10.97	1.95

Tabla N° 159. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo3 en la C-02. Fuente : Propia



Gráfica N° 50. Resultados de M.D.S del Combo3 en la C-02. Fuente : Propia

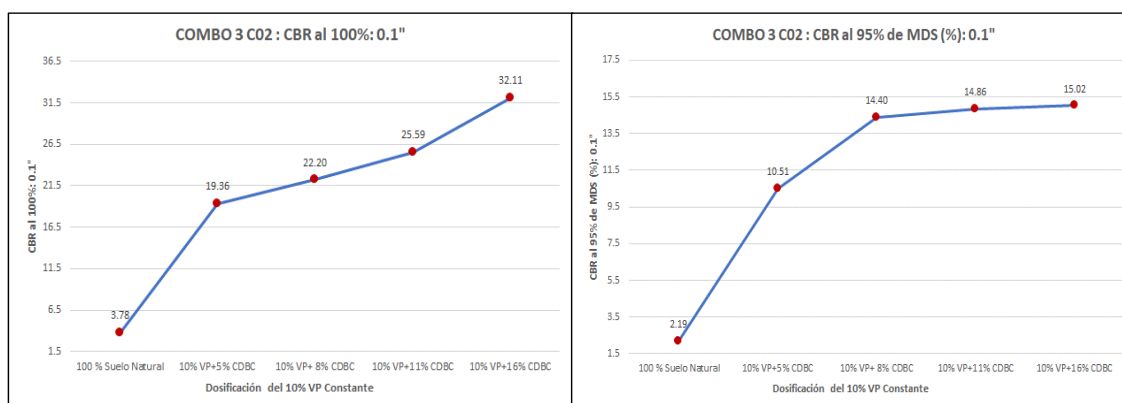
**Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%) :**

Se puede observar en el Combo 3 que al igual que en la C-01 manteniendo el 10% VP existe una tendencia entre ambas calicatas donde se tiene como tope limite la adición de 10% VP+8% CDBC con una M.D.S de 2.10 gr/cm3.

### **CBR : SN+VP (%) +CDBC(%)en C-02**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 3		
CALICATA 02	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	3.78	2.19
85% SN + 10% VP+5% CDBC	19.36	10.51
82% SN + 10% VP+ 8% CDBC	22.20	14.40
79% SN + 10% VP+11% CDBC	25.59	14.86
74% SN + 10% VP+16% CDBC	32.11	15.02

Tabla N° 160. Resultados del ensayo de CBR del Combo3 en la C-02. Fuente Propia



Gráfica N° 51. Resultados del ensayo de CBR del Combo3 en la C-02. Fuente Propia

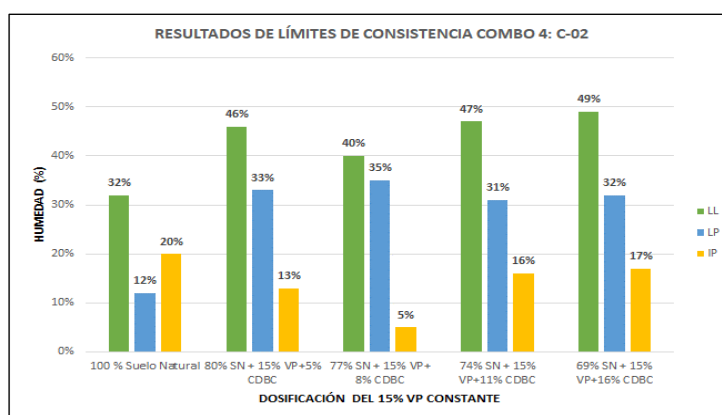
**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1" , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%) :**

Se aprecia la gráfica N° 51 manteniendo el 10% VP constante que el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos . Teniendo la misma secuencia que en la C-01, donde se aprecia que al 10% VP+16CDBC% en este combo se obtiene un mayor resultado de índice de CBR, siendo este su tope límite de adición ya que mejoro el CBR al 100%: 0.1": de 3.79% a 32.00% y al 95%:0.1": de 2.19% a un 15.02% mejorando de categoría a la sub rasante de S1 a S5 .

### **COMBO 4 :**

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 4 con el de 15% VP constante.

### Límites de consistencia: SN+VP(%)+CDBC(%) en C-02



Gráfica N° 52. Resultados De Límites de Consistencia Combo4 en la C-02. Fuente : Propia

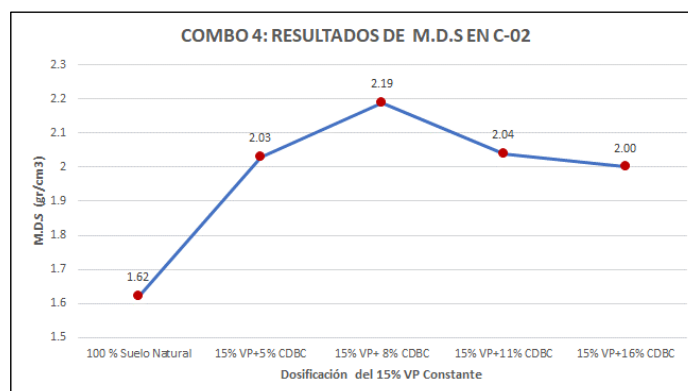
### **Para el IP , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%)**

Se puede observar en la Gráfica N°52 manteniendo el 15% VP constante como el IP disminuye a mayor porcentaje de ambas adiciones , sin embargo, en el porcentaje del 15% VP+11%CDBC vuelve aumentar, observándose la misma tendencia que en la C-01. Pero en general el IP disminuye a mayor porcentaje de las adiciones, teniendo como tope limite la adición del 15% VP+8%CDBC.

### Proctor Modificado: SN+ VP (%) +CDBC(%) en C-02

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 4		
CALICATA 02	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	9.94	1.62
80% SN + 15% VP+5% CDBC	10.5	2.03
77% SN + 15% VP+ 8% CDBC	10.1	2.19
74% SN + 15% VP+11% CDBC	10.34	2.04
69% SN + 15% VP+16% CDBC	10.73	2.00

Tabla N° 161. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo4 en la C-02.Fuente : Propia



Gráfica N° 53. Resultados de M.D.S del Combo4 en la C-02. Fuente : Propia

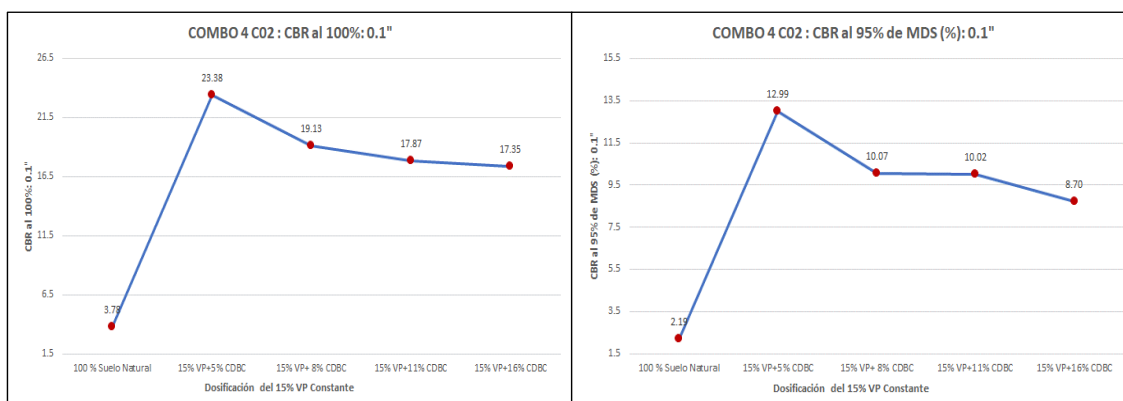
**Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%) :**

En este ensayo del Combo 4 manteniendo el 15% VP constante que a medida que incrementamos las adiciones el O.C.H disminuye y vuelve aumentar como se ve en la Tabla N° 161 mientras la M.D.S aumenta tal como se observa en la GráficaN°53 ,teniendo como tope limite la adición de 15%VP+8%CDBC .Sin embargo vuelve a disminuir su M.D.S teniendo la misma secuencia que en la C-01.

**CBR : SN+VP (%) +CDBC(%)en C-02**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 4		
CALICATA 02	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	3.78	2.19
80% SN + 15% VP+5% CDBC	23.38	12.99
77% SN + 15% VP+ 8% CDBC	19.13	10.07
74% SN + 15% VP+11% CDBC	17.87	10.02
69% SN + 15% VP+16% CDBC	17.35	8.70

Tabla N° 162. Resultados del ensayo de CBR del Combo4 en la C-02. Fuente Propia



Gráfica N° 54. Resultados del ensayo de CBR del Combo4 en la C-02. Fuente Propia

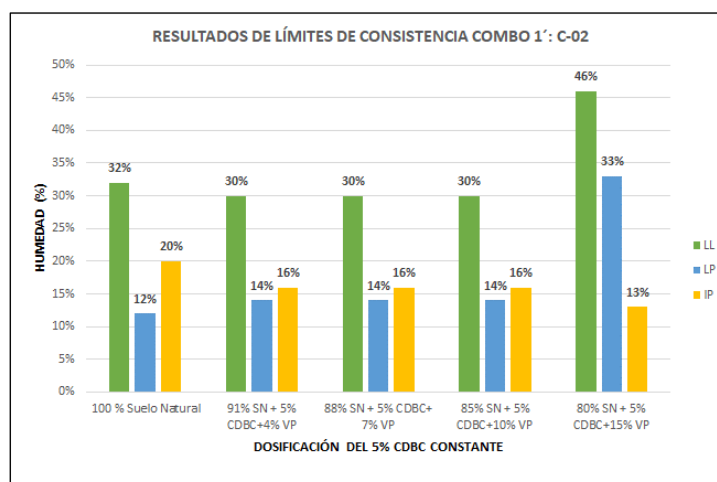
**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1” , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%) :**

Se observa que al igual que en la C-01 se tiene la misma tendencia donde manteniendo el 15% VP constante el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos. Donde se aprecia que al 15% VP+5% CDBC se obtiene un mejor índice de CBR, teniendo así cierto tope límite de adición ya que mejoro el CBR al 100%: 0.1”: de 3.78% a 23.38% .

**COMBO 1’:**

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 1’con el de 5% CDBC constante:

### Límites de consistencia: SN+ CDBC(%)+VP (%) en C-02



Gráfica N° 55. Resultados De Límites de Consistencia Combo1' en la C-02. Fuente : Propia

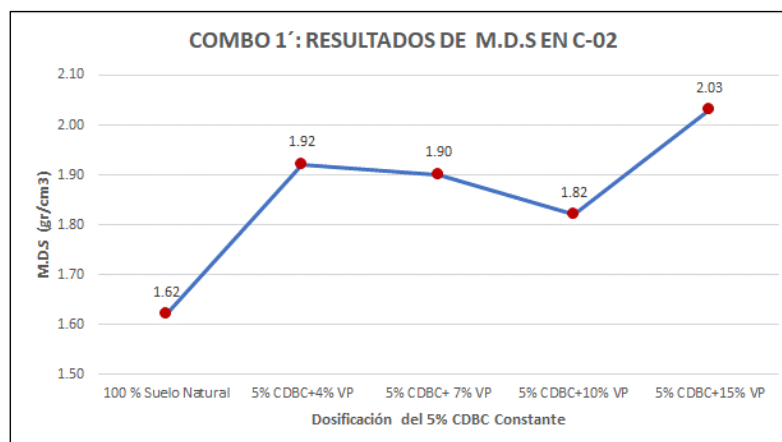
### **Para el IP , después de adicionar al SN: CDBC(%)+VP(%)**

Al igual que en la C-01 observamos en la Gráfica N°55 que su IP disminuye adicionando de manera constante el 5% de CDBC como también aumenta en la siguiente adición encontrando una tendencia en ambas calicatas .Pero en general el IP disminuye al adicionarle al suelo natural ambas adiciones.

### Proctor Modificado: SN+ CDBC(%)+VP (%) en C-02

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 1'		
CALICATA 02	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	9.94	1.62
91% SN + 5% CDBC+4% VP	10.36	1.92
88% SN + 5% CDBC+ 7% VP	10.52	1.90
85% SN + 5% CDBC+10% VP	10.56	1.82
80% SN + 5% CDBC+15% VP	10.50	2.03

Tabla N° 163. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo1' en la C-02.Fuente : Propia



Gráfica N° 56. Resultados de M.D.S del Combo 1' en la C-02. Fuente : Propia

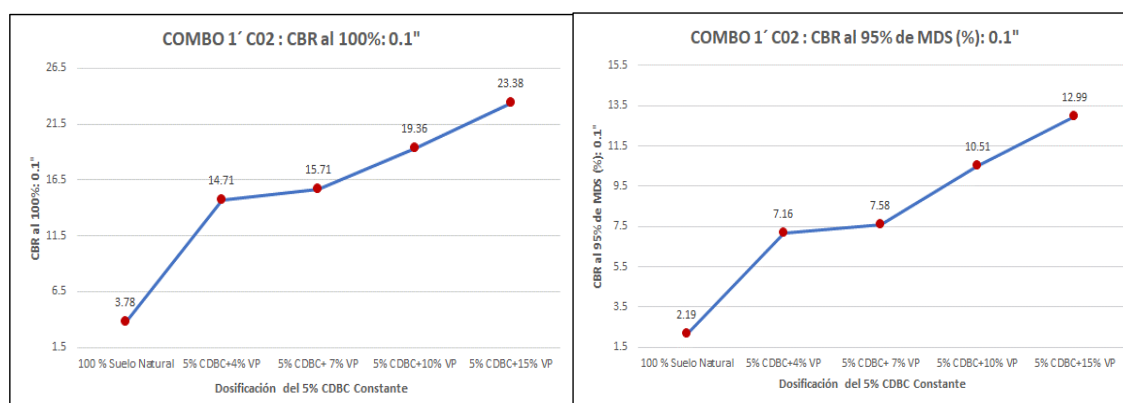
**Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: CDBC(%)+VP(%) :**

Se puede observar en esta combinación que se tiene la misma tendencia que en la C-02 que manteniendo el 5%CDBC constante a medida que incrementamos las adiciones , la M.D.S aumenta tal como se observa en la GráficaN°56 .Teniendo como tope limite la adición de 5%CDBC+15% VP de 2.03 gr/cm3.S.

**CBR : SN+ CDBC(%)+VP (%) en C-02**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 1´		
CALICATA 02	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	3.78	2.19
91% SN + 5% CDBC+4% VP	14.71	7.16
88% SN + 5% CDBC+ 7% VP	15.71	7.58
85% SN + 5% CDBC+10% VP	19.36	10.51
80% SN + 5% CDBC+15% VP	23.38	12.99

Tabla N° 164. Resultados del ensayo de CBR del Combo1´ en la C-02. Fuente Propia



Gráfica N° 57. Resultados del ensayo de CBR del Combo1´ en la C-02. Fuente Propia

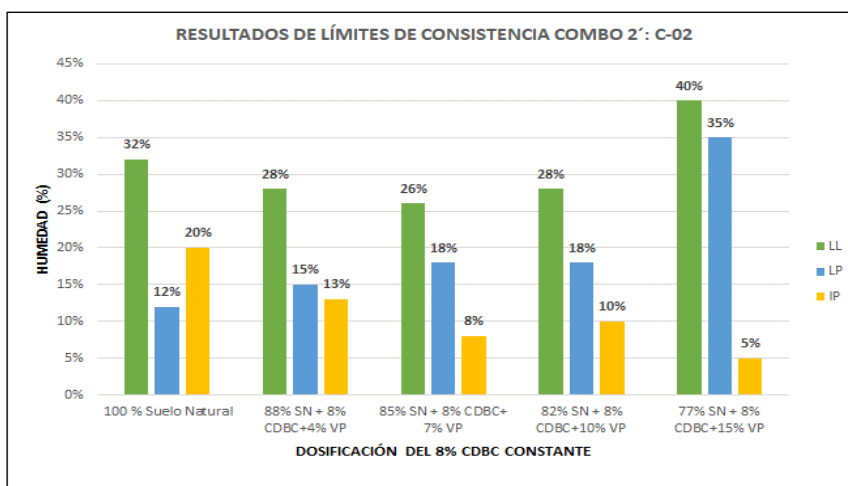
**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1” , después de adicionar al SN: CDBC(%) + VP(%)+ :**

Al igual que en la C-01 se aprecia la gráfica N° 57 que manteniendo el 5%CDBC constante el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos. Siendo el tope límite de adición el 5%CDBC+15% VP , donde se observa la misma tendencia entre ambas calicatas cuyo tope límite de adición mejoro el CBR al 100%: 0.1” : de 3.78% a 23.38% mejorando de esta manera las subrasantes arcillosas.

**COMBO 2´:**

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 2´con el de 8%CDBC constante:

### Límites de consistencia: SN+ CDBC(%)+VP (%) en C-02



Gráfica N° 58. Resultados De Límites de Consistencia Combo2' en la C-02. Fuente : Propia

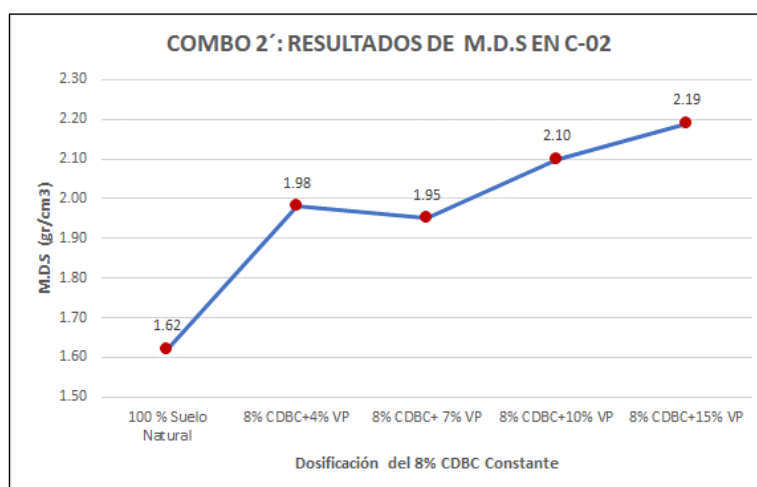
### **Para el IP , después de adicionar al SN: CDBC(%)+VP(%)**

Se observa en la Gráfica N°58 que su IP disminuye a medida que aumentamos ambas adiciones , llegando a aumentar nuevamente presentando la misma secuencia que en la C-01. Pero en general el IP disminuye al adicionarle la combinación de estos insumos al suelo natural.

### Proctor Modificado: SN+ CDBC(%)+VP (%) en C-02

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 2'		
CALICATA 02	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	9.94	1.62
88% SN + 8% CDBC+4% VP	9.8	1.98
85% SN + 8% CDBC+ 7% VP	9.85	1.95
82% SN + 8% CDBC+10% VP	10.48	2.10
77% SN + 8% CDBC+15% VP	10.10	2.19

Tabla N° 165. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo2' en la C-02.Fuente : Propia



Gráfica N° 59. Resultados de M.D.S del Combo 2' en la C-02. Fuente : Propia

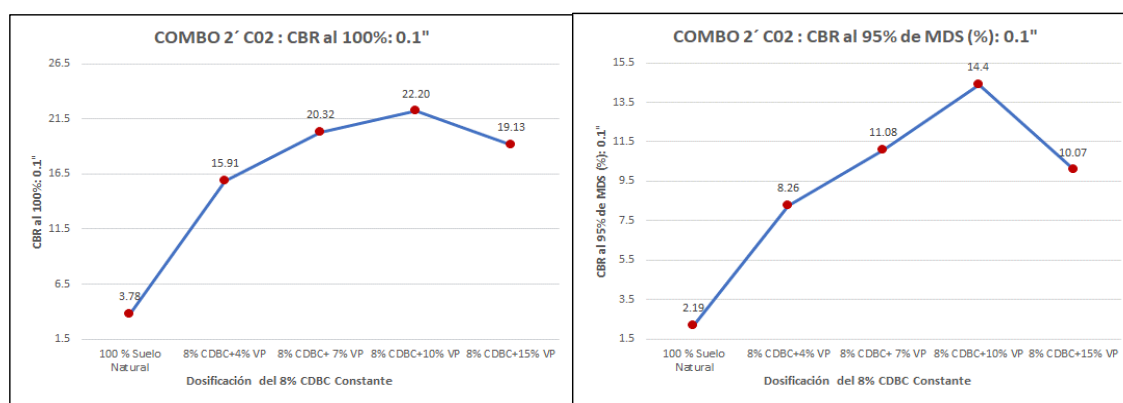
**Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: CDBC(%)+VP(%) :**

Se puede observar que al igual que en la C-01 existe una tendencia donde al adicionarle de manera constante el 8%CDBC en combinación con el vidrio el O.C.H aumenta en una adición y vuelve a disminuir como se ve en la Tabla N° 165 mientras la M.D.S aumenta tal como se observa en la GráficaN°35 .Teniendo como tope limite la adición de 8%CDBC+15% VP de 2.19 gr/cm3.

**CBR : SN+ CDBC(%)+VP (%) en C-02**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 2'		
CALICATA 02	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	3.78	2.19
88% SN + 8% CDBC+4% VP	15.91	8.26
85% SN + 8% CDBC+ 7% VP	20.32	11.08
82% SN + 8% CDBC+10% VP	22.20	14.4
77% SN + 8% CDBC+15% VP	19.13	10.07

Tabla N° 166. Resultados del ensayo de CBR del Combo2' en la C-02. Fuente Propia



Gráfica N° 60. Resultados del ensayo de CBR del Combo2' en la C-02. Fuente Propia

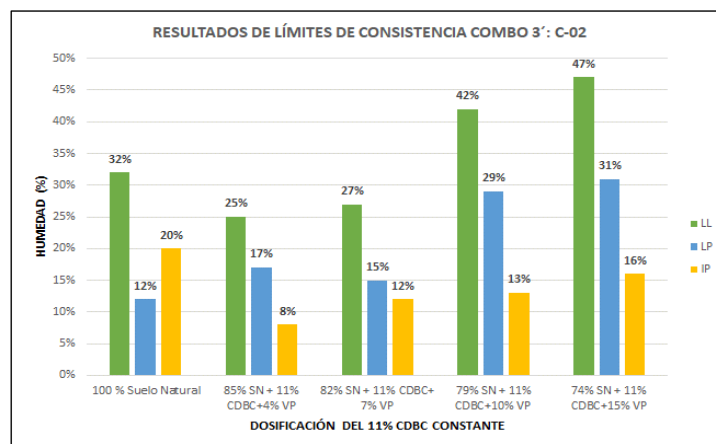
**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1" , después de adicionar al SN: CDBC(%) + VP(%) + :**

Se aprecia la gráfica N° 60 manteniendo el 8%CDBC constante que el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos. Encontrando la misma tendencia que en la C-01 , teniendo un óptimo resultado en la adición del 8%CDBC+10% VP con un CBR de un 22.20% al 100% y de 14.4% al 95%.

**COMBO 3' :**

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 3' con el de 11% CDBC constante:

**Límites de consistencia: SN+CDBC(%)+VP (%) en C-02**



Gráfica N° 61. Resultados De Límites de Consistencia Combo3' en la C-02. Fuente : Propia

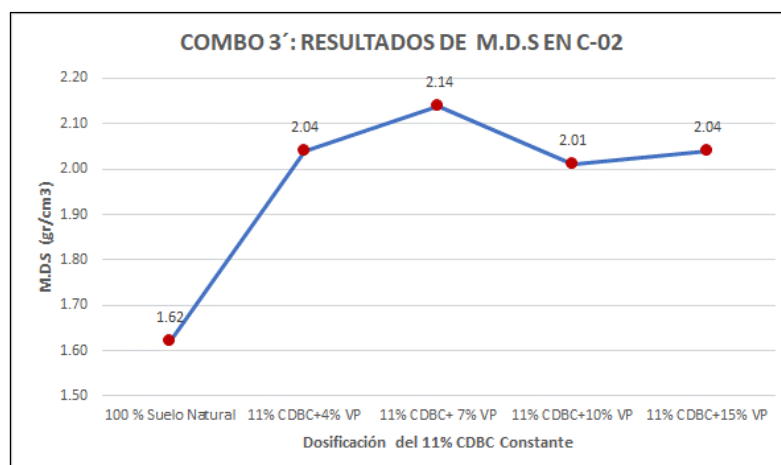
**Para el IP , después de adicionar al SN: CDBC(%)+VP(%)**

Se puede observar en la Gráfica N°61 manteniendo el 11% CDBC constante en este caso su IP si disminuye, pero al seguir adicionando de manera constante este insumo vuelve aumentar encontrando la misma tendencia como en la C-01 . Pero en general el IP disminuye al adicionarle al suelo natural ambas adiciones llegando a cierto tope límite de adición contando con un suelo de baja plasticidad .

**Proctor Modificado: SN+ CDBC(%) +VP (%) en C-02**

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 3'		
CALICATA 02	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	9.94	1.62
85% SN + 11% CDBC+4% VP	9.56	2.04
82% SN + 11% CDBC+ 7% VP	9.04	2.14
79% SN + 11% CDBC+10% VP	10.89	2.01
74% SN + 11% CDBC+15% VP	10.34	2.04

Tabla N° 167. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo3' en la C-02.Fuente : Propia



Gráfica N° 62. Resultados de M.D.S del Combo 3' en la C-02. Fuente : Propia

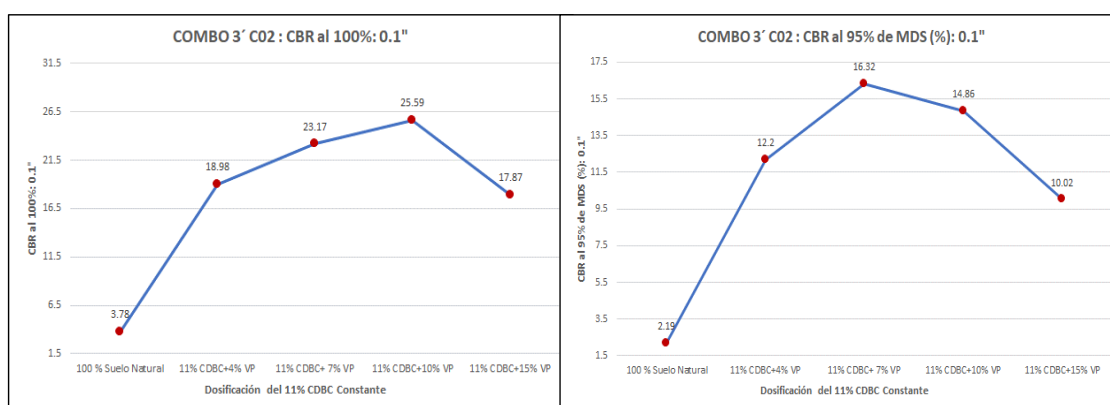
**Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: CDBC(%)+VP(%) :**

Se puede observar en la Gráfica N° 62 se tiene la misma secuencia que en la C-01 donde un tope limite teniendo una M.D.S de 2.14 gr/cm<sup>3</sup> manteniendo el 11%CDBC constante .

**CBR : SN+ CDBC(%)+ VP (%)en C-02**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 3'		
CALICATA 02	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	3.78	2.19
85% SN + 11% CDBC+4% VP	18.98	12.2
82% SN + 11% CDBC+ 7% VP	23.17	16.32
79% SN + 11% CDBC+10% VP	25.59	14.86
74% SN + 11% CDBC+15% VP	17.87	10.02

Tabla N° 168: Resultados del ensayo de CBR del Combo3' en la C-02. Fuente Propia



Gráfica N° 63. Resultados del ensayo de CBR del Combo3' en la C-02. Fuente Propia

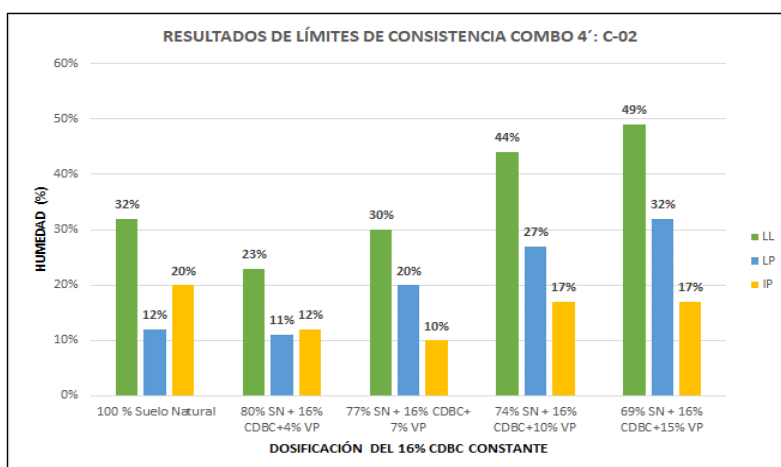
**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1" , después de adicionar al SN: CDBC(%) + VP(%) + :**

Se aprecia la gráfica N° 63 manteniendo el 11%CDBC constante que el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos. Observándose la misma tendencia que en la C-01 . Mejorando el CBR con una M.D.S al 100% un 25.59%

**COMBO 4' :**

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 4' con el de 16%CDBC constante:

### Límites de consistencia: SN+CDBC(%)+VP(%) en C-02



Gráfica N° 64. Resultados De Límites de Consistencia Combo4' en la C-02. Fuente : Propia

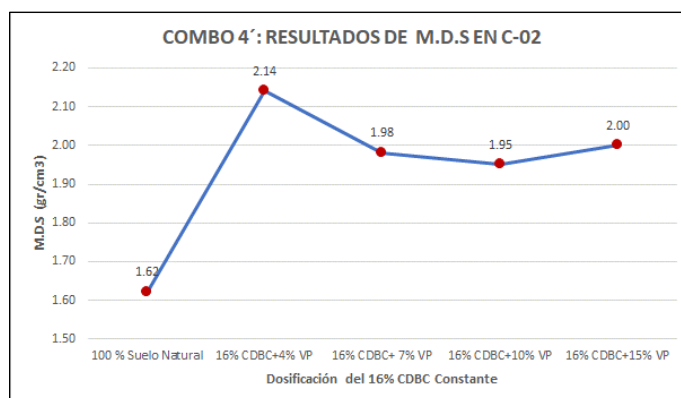
### **Para el IP , después de adicionar al SN: CDBC(%)+VP(%)**

Se puede observar en la Gráfica N°40 manteniendo el 16% CDBC constante en este caso su IP si disminuye, llegando a tope límite de adición el cual se encontraría en la clasificación de plasticidad media, pero al seguir adicionando este insumo vuelve aumentar ,observándose la misma tendencia en ambas calicatas .Pero en general el IP disminuye al adicionarle al suelo natural ambas adiciones en combinación.

### **Proctor Modificado: SN+ CDBC(%) VP (%) +en C-02**

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 4'		
CALICATA 02	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	9.94	1.62
80% SN + 16% CDBC+4% VP	9.41	2.14
77% SN + 16% CDBC+ 7% VP	9.49	1.98
74% SN + 16% CDBC+10% VP	10.97	1.95
69% SN + 16% CDBC+15% VP	10.73	2.00

Tabla N° 169. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo4' en la C-02.Fuente : Propia



Gráfica N° 65. Resultados de M.D.S del Combo 4' en la C-02. Fuente : Propia

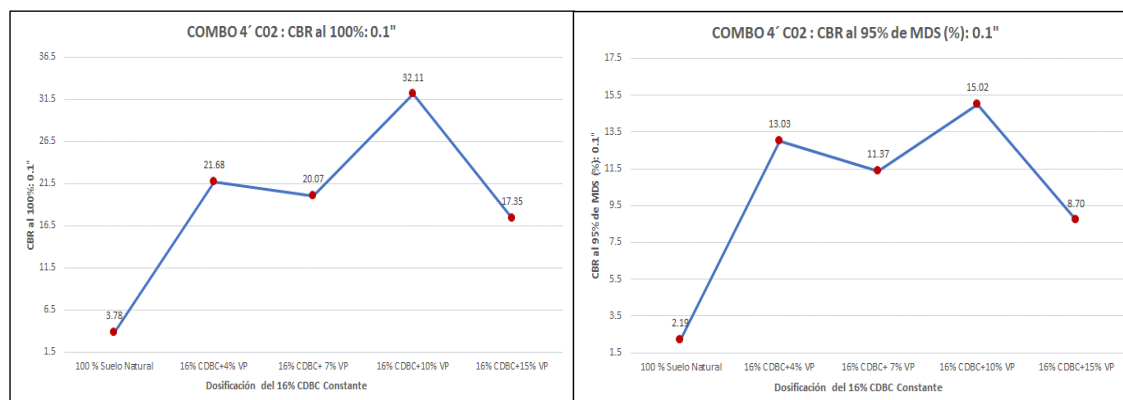
**Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: CDBC(%)+VP(%) :**

Se puede observar en el Combo4' que manteniendo el 16%CDBC constante a medida que incrementamos las adiciones de porcentaje de CDBC+VP se observa la misma tendencia en la C-01, teniendo como tope limite la adición de 16%CDBC+4% VP .

**CBR : SN +CDBC(%) +VP (%)en C-02**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 4'		
CALICATA 02	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	3.78	2.19
80% SN + 16% CDBC+4% VP	21.68	13.03
77% SN + 16% CDBC+ 7% VP	20.07	11.37
74% SN + 16% CDBC+10% VP	32.11	15.02
69% SN + 16% CDBC+15% VP	17.35	8.70

Tabla N° 170. Resultados del ensayo de CBR del Combo4' en la C-02. Fuente Propia



Gráfica N° 66. Resultados del ensayo de CBR del Combo4' en la C-02. Fuente Propia

**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1" , después de adicionar al SN: CDBC(%) + VP(%) + :**

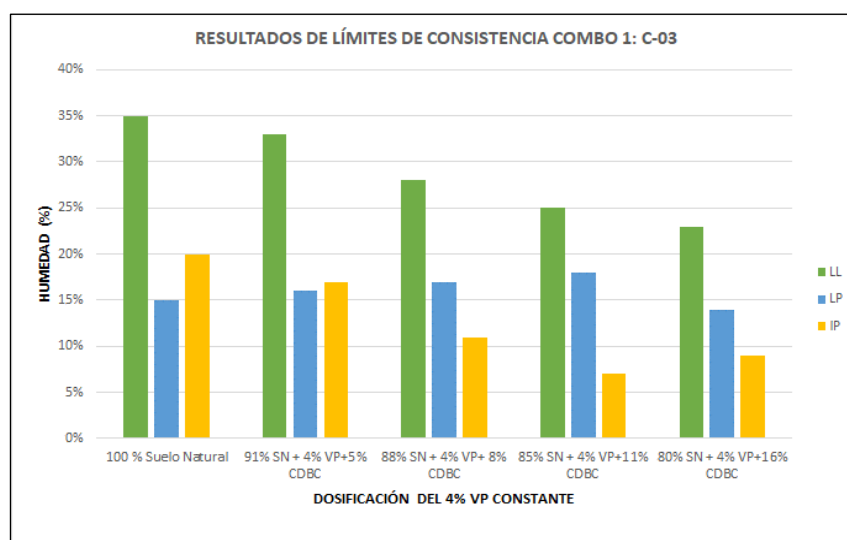
Se aprecia la gráfica N° 66 manteniendo el 16%CDBC constante que el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos. Observándose la misma tendencia que en la C-01 donde se aprecia que al 16%CDBC+10%VP se obtiene un resultado alto de índice de CBR , teniendo así cierto tope límite de adición ya que mejoro el CBR al 100% : 0.1": de 3.78% a 32.11% mejorando de esta manera las subrasantes arcillosas.

### Para la calicata N°3

#### COMBO 1 :

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 1 con el de 4% VP constante.

#### Límites de consistencia: SN+VP(%)+CDBC(%) en C-03



Gráfica N° 67. Resultados De Límites de Consistencia Combo1 en la C-03. Fuente : Propia

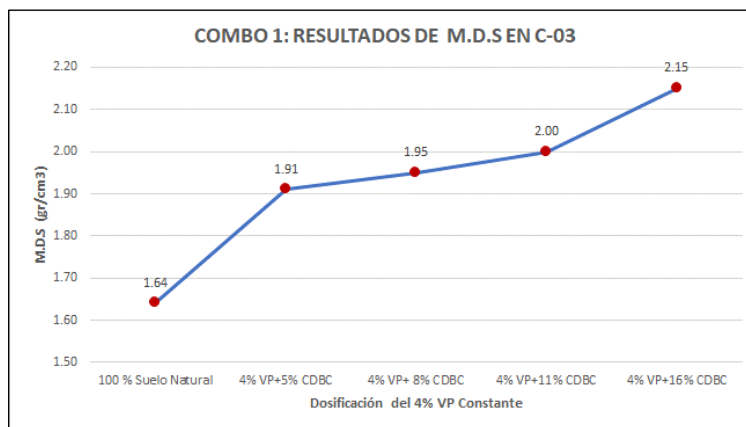
#### **Para el IP , después de adicionar al SN: VP(%) + CDBC(%)**

Se puede observar en la Gráfica N°43 que manteniendo el 4%VP constante su IP disminuye, volviendo aumentar en la siguiente adición , teniendo así una tendencia en todas las calicatas . Pero en general el IP disminuye al aumentarle la adición de ambos insumos.

#### **Proctor Modificado: SN+VP (%) + CDBC(%) en C-03**

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 1		
CALICATA 03	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	10.95	1.64
91% SN + 4% VP + 5% CDBC	10.91	1.91
88% SN + 4% VP + 8% CDBC	10.23	1.95
85% SN + 4% VP + 11% CDBC	10.06	2.00
80% SN + 4% VP + 16% CDBC	9.34	2.15

Tabla N° 171. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo1 en la C-03. Fuente : Propia



Gráfica N° 68. Resultados de M.D.S del Combo1 en la C-03. Fuente : Propia

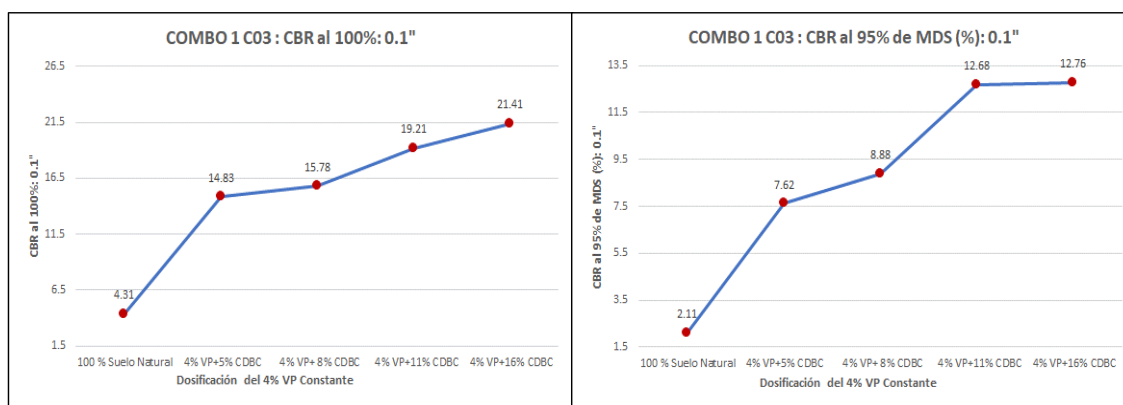
**Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%):**

Se puede observar que al igual que en las calicatas 1 y 2 se tiene la misma tendencia manteniendo el 4%VP donde el O.C.H disminuye como se ve en la Tabla N° 171 mientras la M.D.S aumenta la cual se observa en la GráficaN°68.

**CBR : SN+VP (%) +CDBC(%)en C-03**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 1		
CALICATA 03	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	4.31	2.11
91% SN + 4% VP+5% CDBC	14.83	7.62
88% SN + 4% VP+ 8% CDBC	15.78	8.88
85% SN + 4% VP+11% CDBC	19.21	12.68
80% SN + 4% VP+16% CDBC	21.41	12.76

Tabla N° 172. Resultados del ensayo de CBR del Combo1 en la C-03. Fuente Propia



Gráfica N° 69. Resultados del ensayo de CBR del Combo1 en la C-03. Fuente Propia

**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1" , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%) :**

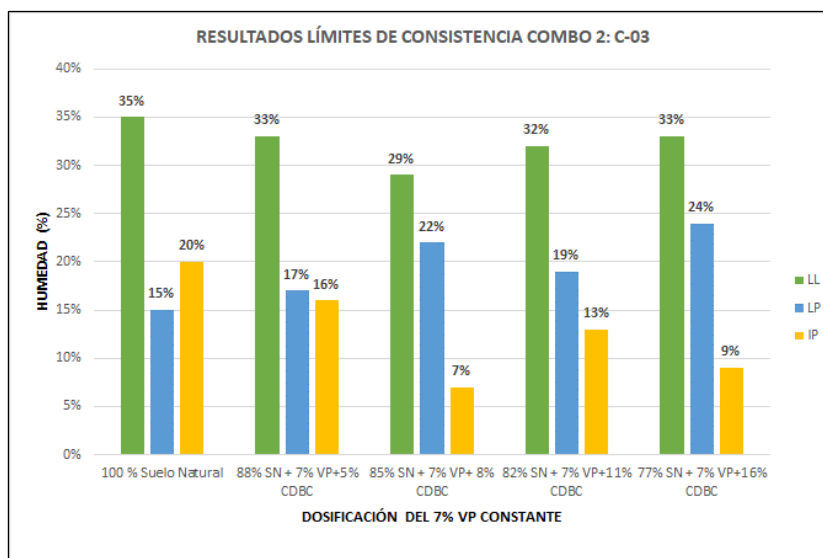
Se aprecia la gráfica N° 69 manteniendo el 4%VP constante al igual que en la C-01y C-02 existe una tendencia . Donde se aprecia que al 4% VP+16CDBC% se obtiene un

mejor resultado de índice de CBR, teniendo así cierto tope límite de adición. Por último, observamos como mejoro el CBR al 100%: 0.1”: de 4.31% a 21.41% y al 95%:0.1” a un 12.76% ,encontrando un patrón de resultados en el ensayo de CBR.

### COMBO 2 :

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 2 con el de 7% VP constante.

#### Límites de consistencia: SN+VP(%)+CDBC(%) en C-03



Gráfica N° 70. Resultados De Límites de Consistencia Combo2 en la C-03. Fuente : Propia

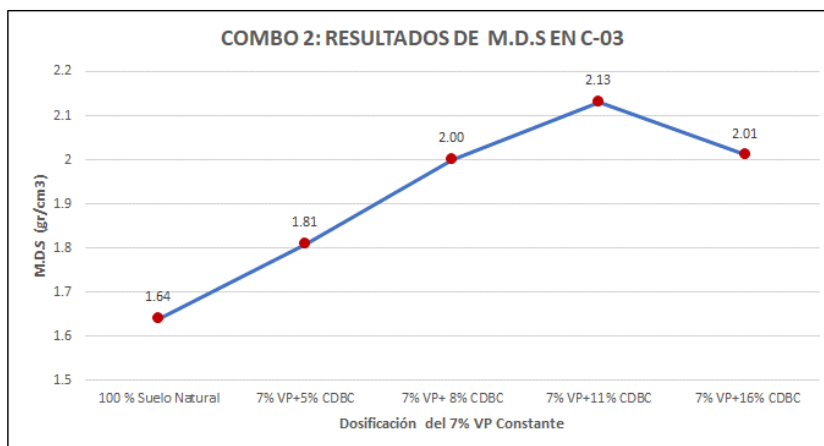
#### **Para el IP , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%) :**

Se puede observar en la Gráfica N°70 manteniendo el 7% VP constante como el IP disminuye a mayor porcentaje de las adiciones , teniendo la misma secuencia en las dos calicatas anteriores. Pero en general el IP disminuye a mayor porcentaje de adiciones teniendo como tope limite la adición del 7%VP+8%CDBC.

#### Proctor Modificado: SN+VP (%) + CDBC(%) en C-03

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 2		
CALICATA 03	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	10.95	1.64
88% SN + 7% VP + 5% CDBC	11.30	1.81
85% SN + 7% VP + 8% CDBC	10.68	2.00
82% SN + 7% VP + 11% CDBC	10.15	2.13
77% SN + 7% VP + 16% CDBC	10.35	2.01

Tabla N° 173. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo2 en la C-03.Fuente : Propia



Gráfica N° 71. Resultados de M.D.S del Combo2 en la C-03. Fuente : Propia

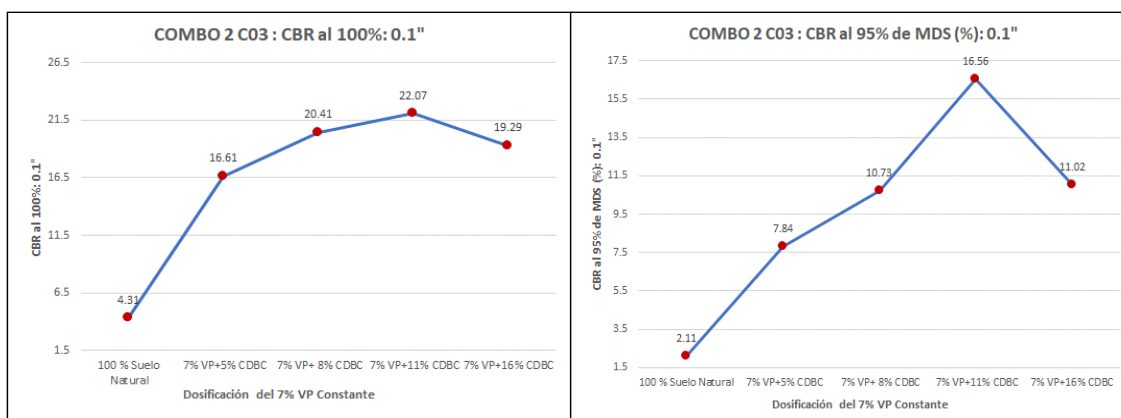
**Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%) :**

Se puede observar al igual que en las calicatas anteriores se tiene la misma tendencia manteniendo el 7% VP .Pero en general el O.C.H disminuye y la M.D.S aumenta al aumentar la adición de ambos insumos.

**CBR : SN+VP (%) +CDBC(%)en C-03**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 2		
CALICATA 03	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	4.31	2.11
88% SN + 7% VP+5% CDBC	16.61	7.84
85% SN + 7% VP+ 8% CDBC	20.41	10.73
82% SN + 7% VP+11% CDBC	22.07	16.56
77% SN + 7% VP+16% CDBC	19.29	11.02

Tabla N° 174. Resultados del ensayo de CBR del Combo2 en la C-03. Fuente Propia



Gráfica N° 72. Resultados del ensayo de CBR del Combo2 en la C-03. Fuente Propia

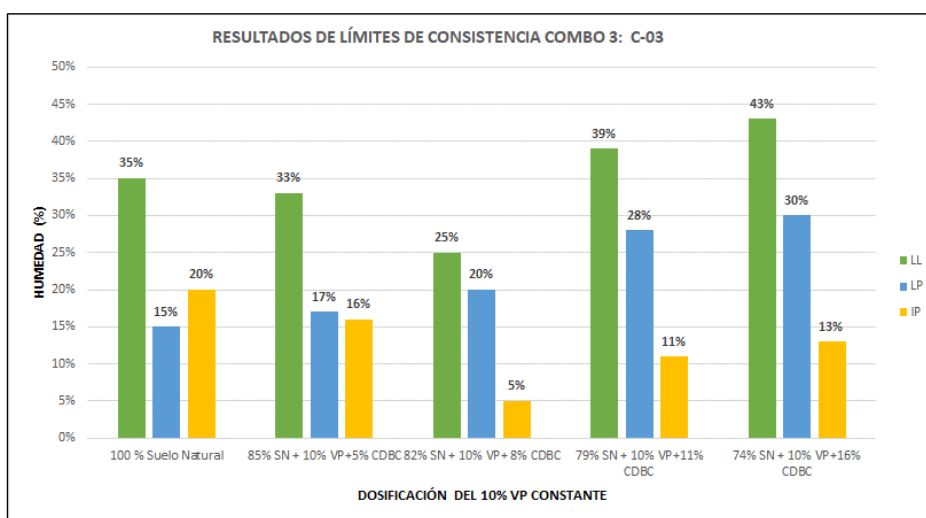
**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1” , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%) :**

Al igual que en las calicatas anteriores se observa que al adicionarle el 7% VP constante el CBR aumenta con la adición de ambos insumos. Donde se aprecia que al 7% VP+11CDBC% se obtiene un mejor resultado de índice de CBR, teniendo así cierto tope límite de adición ya que mejoro el CBR al 100%: 0.1” de 4.31% a 22.07% y el CBR al 95% de MDS (%): 0.1” de un 2.11 % a 16.56% encontrando un patrón de resultados en el ensayo de CBR.

### COMBO 3 :

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 3 con el de 10% VP constante.

### Límites de consistencia: SN+VP(%)+CDBC(%) en C-03



Gráfica N° 73. Resultados De Límites de Consistencia Combo3 en la C-03. Fuente : Propia

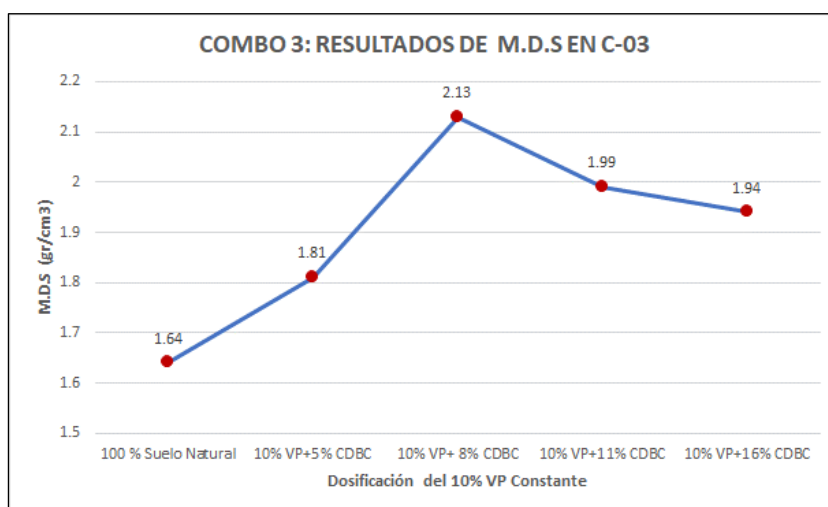
### **Para el IP , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%)**

Se puede observar en la Gráfica N°72 manteniendo el 10% VP constante como el IP disminuye a mayor porcentaje de ambas adiciones , sin embargo, en el porcentaje del 10% VP+11%CDBC vuelve aumentar, teniendo la misma tendencia que en las calicatas anteriores. Pero en general el IP disminuye a mayor porcentaje de las adiciones.

### **Proctor Modificado: SN+VP (%) + CDBC(%) en C-03**

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 3		
CALICATA 03	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm <sup>3</sup> )
100 % Suelo Natural	10.95	1.64
85% SN + 10% VP+5% CDBC	11.30	1.81
82% SN + 10% VP+ 8% CDBC	10.50	2.13
79% SN + 10% VP+11% CDBC	10.75	1.99
74% SN + 10% VP+16% CDBC	10.97	1.94

Tabla N° 175. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo3 en la C-03. Fuente : Propia



Gráfica N° 74. Resultados de M.D.S del Combo3 en la C-03. Fuente : Propia

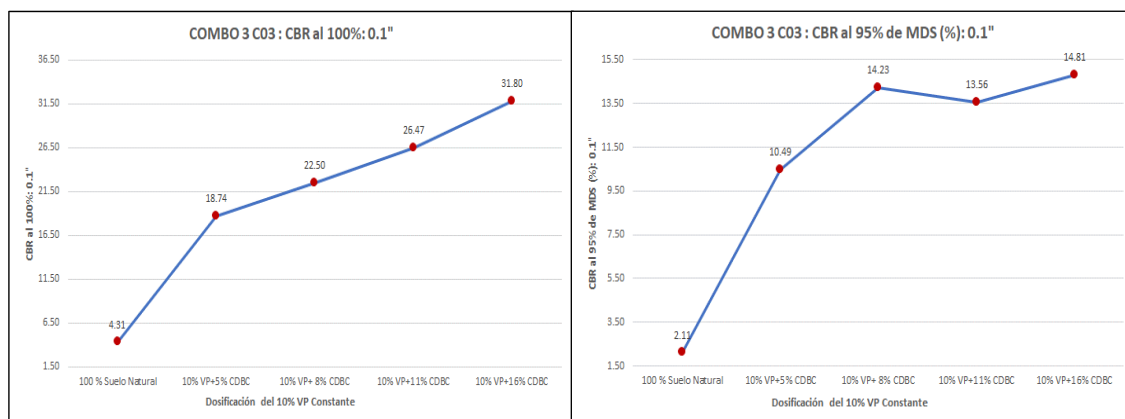
**Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: VP(%) + CDBC(%) :**

Se puede observar en el Combo 3 que al igual que en las calicatas anteriores existe una tendencia manteniendo el 10% VP teniendo como tope limite la adición de 10% VP+8% CDBC con una M.D.S de 2.13 gr/cm<sup>3</sup>.

### **CBR : SN+VP (%) + CDBC(%) en C-03**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 3		
CALICATA 03	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	4.31	2.11
85% SN + 10% VP+5% CDBC	18.74	10.49
82% SN + 10% VP+ 8% CDBC	22.50	14.23
79% SN + 10% VP+11% CDBC	26.47	13.56
74% SN + 10% VP+16% CDBC	31.80	14.81

Tabla N° 176. Resultados del ensayo de CBR del Combo3 en la C-03. Fuente Propia



Gráfica N° 75. Resultados del ensayo de CBR del Combo3 en la C-03. Fuente Propia

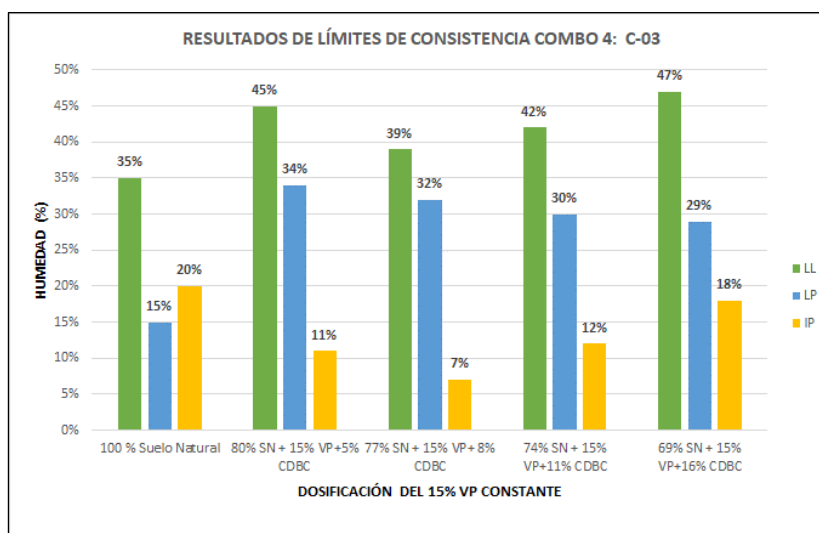
**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1" , después de adicionar al SN: VP(%)+CDDBC(%) :**

Se aprecia la gráfica N° 75 manteniendo el 10% VP constante que el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos . Teniendo la misma secuencia que en la C-01 y C-02, donde se aprecia que al 10%VP+16CDDBC% en este combo se obtiene un resultado óptimo de índice de CBR, mejorándolo el CBR al 100%: 0.1": 27.49% y al 95%:0.1": un 12.7% encontrado un patrón de resultados en el ensayo de CBR.

#### COMBO 4:

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 4 con el de 15% VP constante.

#### Límites de consistencia: SN+VP(%)+CDDBC(%) en C-03



Gráfica N° 76. Resultados De Límites de Consistencia Combo4 en la C-03. Fuente : Propia

**Para el IP , después de adicionar al SN: VP(%)+CDDBC(%)**

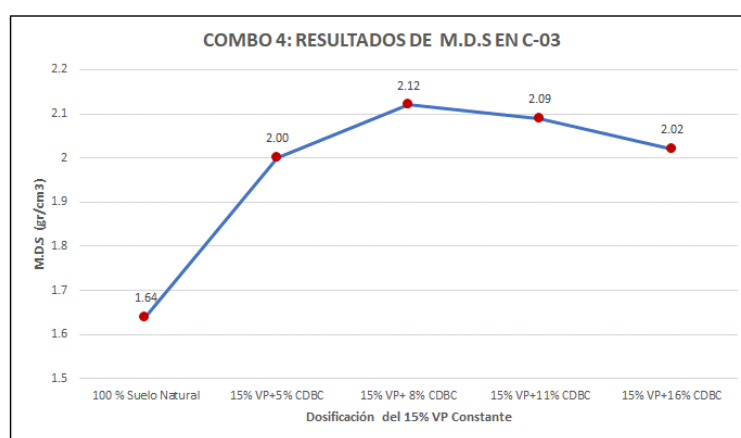
Se puede observar en la Gráfica N°76 la misma tendencia que en las calicatas anteriores manteniendo el 15%VP constante como el IP disminuye a mayor

porcentaje de ambas adiciones , sin embargo, en el porcentaje . Pero en general el IP disminuye a mayor porcentaje de las adiciones

### **Proctor Modificado: SN+VP (%) + CDBC(%) en C-03**

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 4		
CALICATA 03	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm <sup>3</sup> )
100 % Suelo Natural	10.95	1.64
80% SN + 15% VP+5% CDBC	10.66	2.00
77% SN + 15% VP+ 8% CDBC	9.71	2.12
74% SN + 15% VP+11% CDBC	10.22	2.09
69% SN + 15% VP+16% CDBC	10.47	2.02

Tabla N° 177. Resultados del ensayo de CBR del Combo4 en la C-03. Fuente Propia



Gráfica N° 77. Resultados de M.D.S del Combo4 en la C-03. Fuente : Propia

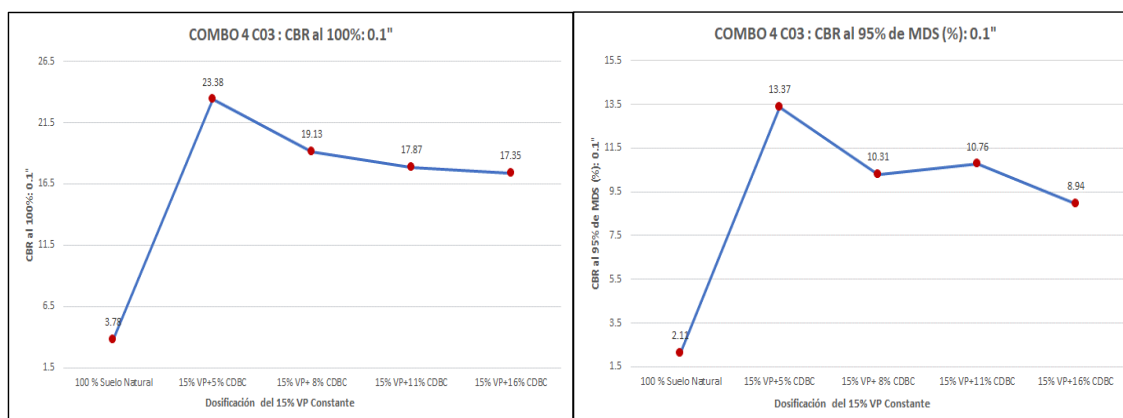
**Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: VP(%) + CDBC(%) :**

En este ensayo del Combo 4 manteniendo el 15% VP constante que a medida que incrementamos las adiciones el O.C.H disminuye y vuelve aumentar como se ve en la Tabla N° 177 mientras la M.D.S aumenta tal como se observa en la Gráfica N° 77 ,teniendo la misma secuencia en las calicatas anteriores.

### **CBR : SN+VP (%) + CDBC(%) en C-03**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 4		
CALICATA 03	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	4.31	2.11
80% SN + 15% VP+5% CDBC	23.4	13.37
77% SN + 15% VP+ 8% CDBC	19.49	10.31
74% SN + 15% VP+11% CDBC	18.36	10.76
69% SN + 15% VP+16% CDBC	17.51	8.94

Gráfica N° 78. Resultados del ensayo de CBR del Combo4 en la C-03. Fuente Propia



Gráfica N° 79. Resultados del ensayo de CBR del Combo4 en la C-03. Fuente Propia

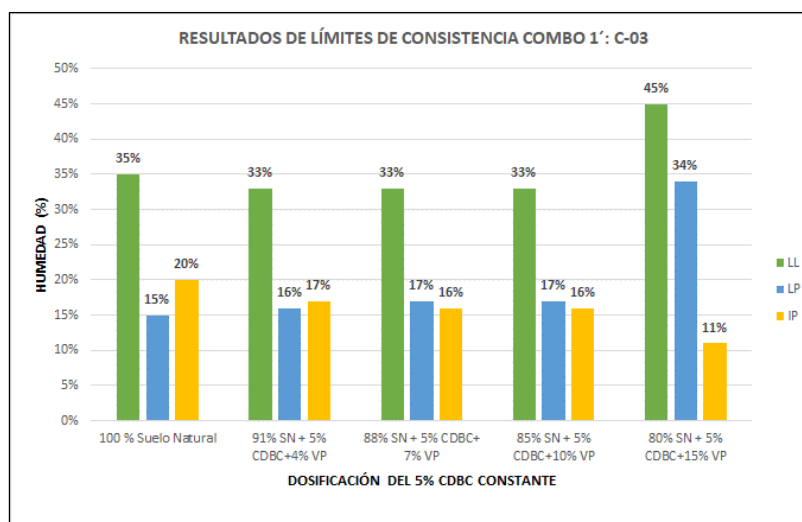
**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1" , después de adicionar al SN: VP(%)+CDBC(%) :**

Se observa que al igual que en las calicatas anteriores se tiene la misma tendencia donde manteniendo el 15% VP constante el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos. Donde se aprecia que al 15% VP+5%CDBC se obtiene un CBR mayor , teniendo así cierto tope límite de adición ya que mejoro el CBR un 19.09%.

**COMBO 1':**

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 1' con el de 5% CDBC constante:

**Límites de consistencia: SN+ CDBC(%)+VP (%) en C-03**



Gráfica N° 80. Resultados De Límites de Consistencia Combo1' en la C-03. Fuente : Propia

**Para el IP , después de adicionar al SN: CDBC(%)+VP(%)**

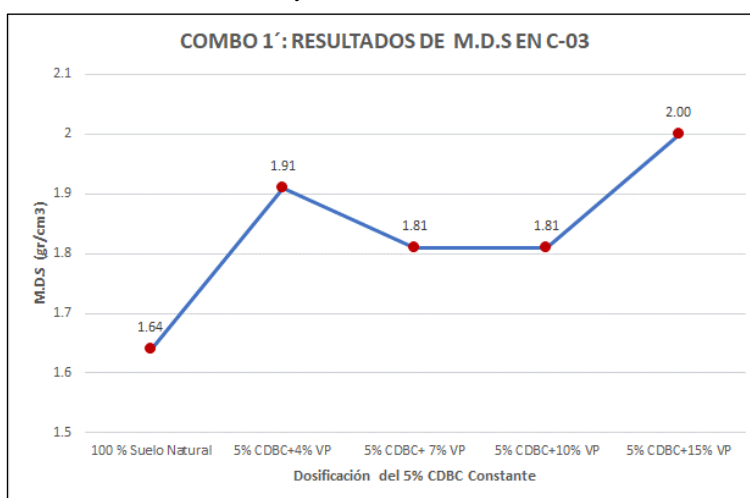
Podemos observar que al igual que en la C-01 y C-02 observamos en la Gráfica N|°80 que su IP disminuye adicionando de manera constante el 5% de CDBC como también aumenta en la siguiente adición encontrando una tendencia en las

tres. Pero en general el IP disminuye al adicionarle al suelo natural ambas adiciones.

### **Proctor Modificado: SN+ CDBC(%)+VP (%) en C-03**

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 1'		
CALICATA 03	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm <sup>3</sup> )
100 % Suelo Natural	10.95	1.64
91% SN + 5% CDBC+4% VP	10.91	1.91
88% SN + 5% CDBC+ 7% VP	11.30	1.81
85% SN + 5% CDBC+10% VP	11.30	1.81
80% SN + 5% CDBC+15% VP	10.66	2.00

Tabla N° 178. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo 1' en la C-03. Fuente : Propia



Gráfica N° 81. Resultados de M.D.S del Combo 1' en la C-03. Fuente : Propia

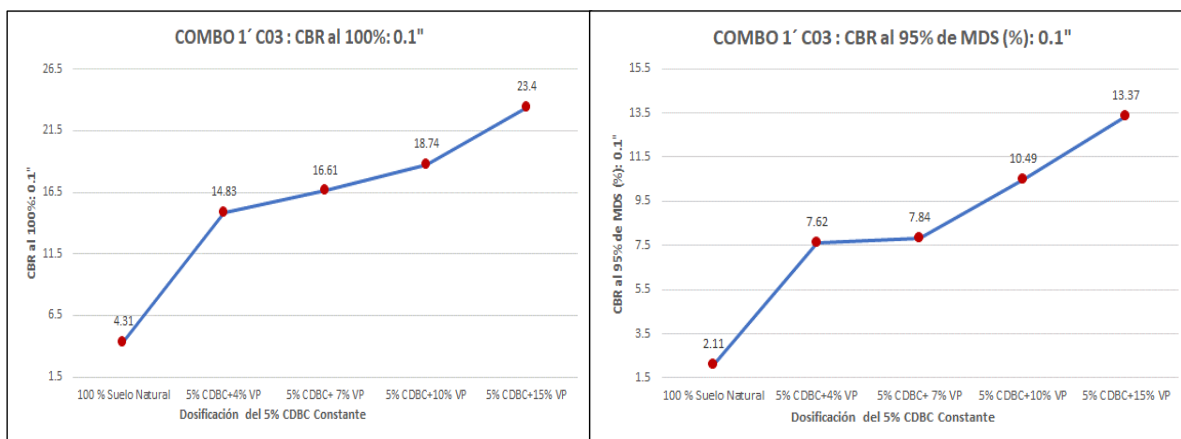
**Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: CDBC(%)+VP(%) :**

Se puede observar en esta combinación que se tiene la misma tendencia que en las calicatas anteriores manteniendo el 5% CDBC, aumentando su M.D.S al aumentarle la adición de ambos insumos en combinación.

### **CBR : SN+ CDBC(%)+VP (%) en C-03**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 1'		
CALICATA 03	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	4.31	2.11
91% SN + 5% CDBC+4% VP	14.83	7.62
88% SN + 5% CDBC+ 7% VP	16.61	7.84
85% SN + 5% CDBC+10% VP	18.74	10.49
80% SN + 5% CDBC+15% VP	23.4	13.37

Tabla N° 179. Resultados del ensayo de CBR del Combo 1' en la C-03. Fuente Propia



Gráfica N° 82. Resultados del ensayo de CBR del Combo1' en la C-03. Fuente Propia

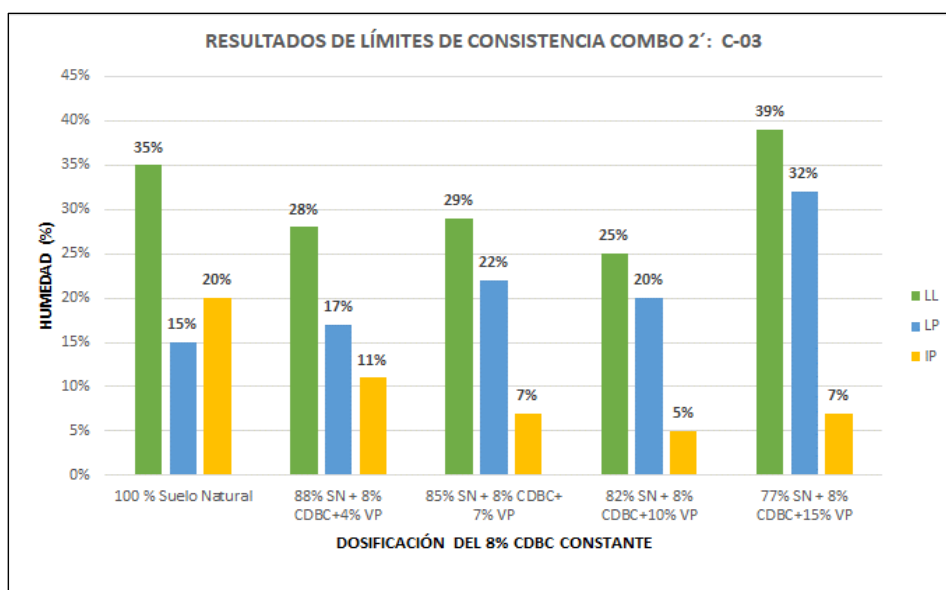
**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1” , después de adicionar al SN: CDBC(%) + VP(%) :**

Como se puede observar la gráfica N° 82 que manteniendo el 5% CDBC constante el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos. Teniendo la misma tendencia que en las demás calicatas , Siendo su tope límite de adición el 5% CDBC+15% VP , mejorando el CBR al 100%: 0.1” de 3.78% a 23.4% , concluyendo que se observa en sus resultados un patrón en todas las calicatas realizando el ensayo de CBR.

**COMBO 2' :**

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 2' con el de 8% CDBC constante:

**Límites de consistencia: SN+ CDBC(%) + VP (%) en C-03**



Gráfica N° 83. Resultados De Límites de Consistencia Combo2' en la C-03. Fuente : Propia

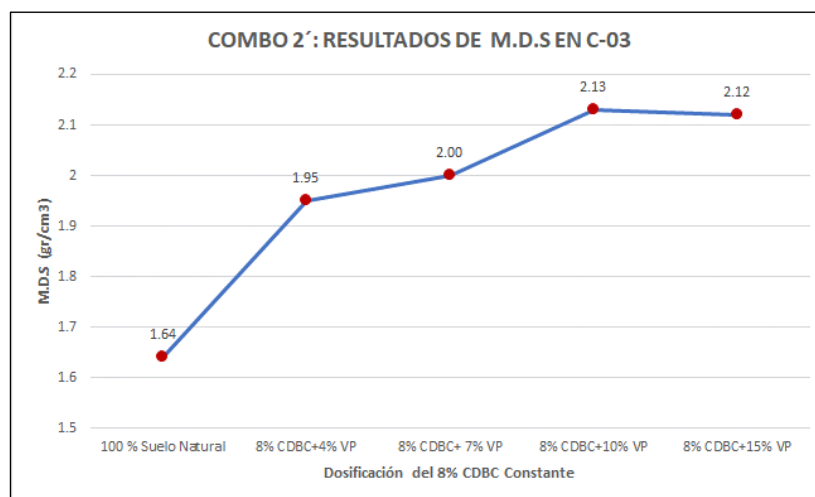
**Para el IP , después de adicionar al SN: CDBC(%)+VP(%)**

Se observa en la Gráfica N°83 que su IP disminuye a medida que aumentamos ambas adiciones manteniendo el 8% de CDBC , presentando la misma tendencia en las calicatas anteriores.

**Proctor Modificado: SN+ CDBC(%)+VP (%) en C-03**

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 2'		
CALICATA 03	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	10.95	1.64
88% SN + 8% CDBC+4% VP	10.23	1.95
85% SN + 8% CDBC+ 7% VP	10.68	2.00
82% SN + 8% CDBC+10% VP	10.50	2.13
77% SN + 8% CDBC+15% VP	9.71	2.12

Tabla N° 180. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo2' en la C-03.Fuente : Propia



Gráfica N° 84. Resultados de M.D.S del Combo 2' en la C-03. Fuente : Propia

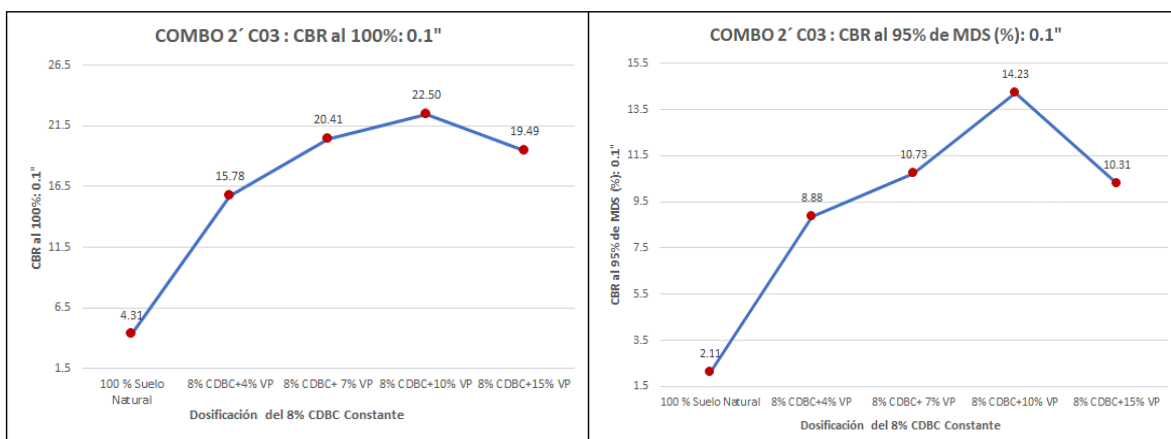
**Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: CDBC(%)+VP(%) :**

Se puede observar que al igual que en las anteriores calicatas existe una tendencia donde al adicionarle de manera constante el 8% CDBC en combinación con el vidrio aumenta su M.D.S y su O.C.H disminuye .

**CBR : SN+ CDBC(%)+VP (%) en C-03**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 2'		
CALICATA 03	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	4.31	2.11
88% SN + 8% CDBC+4% VP	15.78	8.88
85% SN + 8% CDBC+ 7% VP	20.41	10.73
82% SN + 8% CDBC+10% VP	22.50	14.23
77% SN + 8% CDBC+15% VP	19.49	10.31

Tabla N° 181. Resultados del ensayo de CBR del Combo2' en la C-03. Fuente Propia



Gráfica N° 85. Resultados del ensayo de CBR del Combo2' en la C-03. Fuente Propia

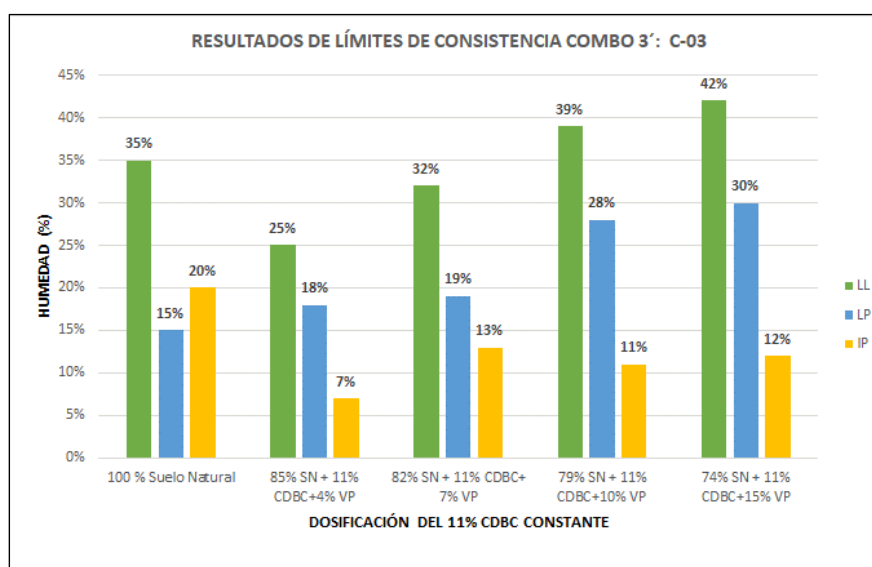
**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1", después de adicionar al SN: CDBC(%) + VP(%) + :**

Se aprecia la gráfica N° 85 manteniendo el 8% CDBC constante que el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos. Encontrando la misma tendencia que en la C-01y C-02 , en este caso mejorando el CBR un 18.19% .

### COMBO 3':

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 3' con el de 11% CDBC constante:

### Límites de consistencia: SN+ CDBC(%) + VP (%) en C-03



Gráfica N° 86. Resultados De Límites de Consistencia Combo3' en la C-03. Fuente : Propia

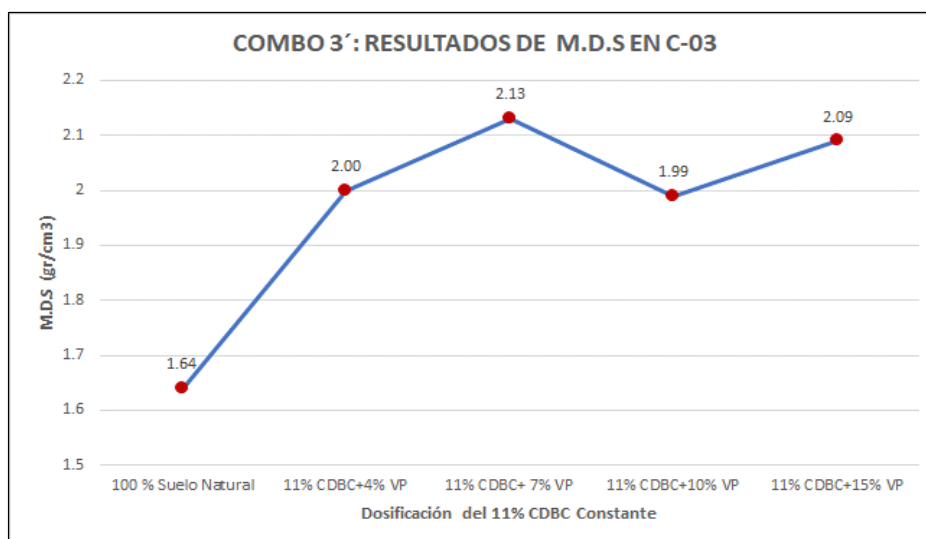
**Para el IP , después de adicionar al SN: CDBC(%)+VP(%)**

Se puede observar en la Gráfica N°86 manteniendo el 11%CDBC constante en este caso su IP si disminuye, pero al seguir adicionando de manera constante este insumo vuelve aumentar en ciertas adiciones , presentando la misma tendencia que en las anteriores calicatas. Pero en general el IP disminuye al adicionarle al suelo natural ambas adiciones.

**Proctor Modificado: SN+ CDBC(%)+VP (%) en C-03**

RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 3'		
CALICATA 03	O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm3)
100 % Suelo Natural	10.95	1.64
85% SN + 11% CDBC+4% VP	10.06	2.00
82% SN + 11% CDBC+ 7% VP	10.15	2.13
79% SN + 11% CDBC+10% VP	10.75	1.99
74% SN + 11% CDBC+15% VP	10.22	2.09

Tabla N° 182. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo3' en la C-03.Fuente : Propia



Gráfica N° 87. Resultados de M.D.S del Combo 3' en la C-03. Fuente : Propia

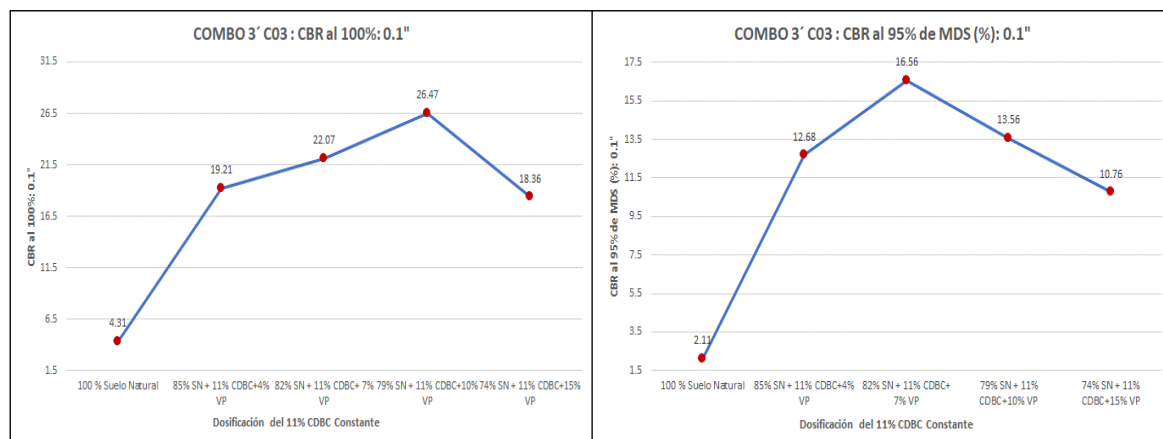
**Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: CDBC(%)+VP(%) :**

Se puede observar en la Gráfica N° 87 se tiene la misma secuencia que en la C-01 y C02 donde se tiene como tope limite una M.D.S de 2.13 gr/cm3 manteniendo el 11%CDBC constante , aumentando su M.D.S y disminuyendo su O.C.H.

**CBR : SN+ CDBC(%)+VP (%) en C-03**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 3´		
CALICATA 03	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	4.31	2.11
85% SN + 11% CDBC+4% VP	19.21	12.68
82% SN + 11% CDBC+ 7% VP	22.07	16.56
79% SN + 11% CDBC+10% VP	26.47	13.56
74% SN + 11% CDBC+15% VP	18.36	10.76

Tabla N° 183. Resultados del ensayo de CBR del Combo3´ en la C-03. Fuente Propia



Gráfica N° 88. Resultados del ensayo de CBR del Combo3´ en la C-03. Fuente Propia

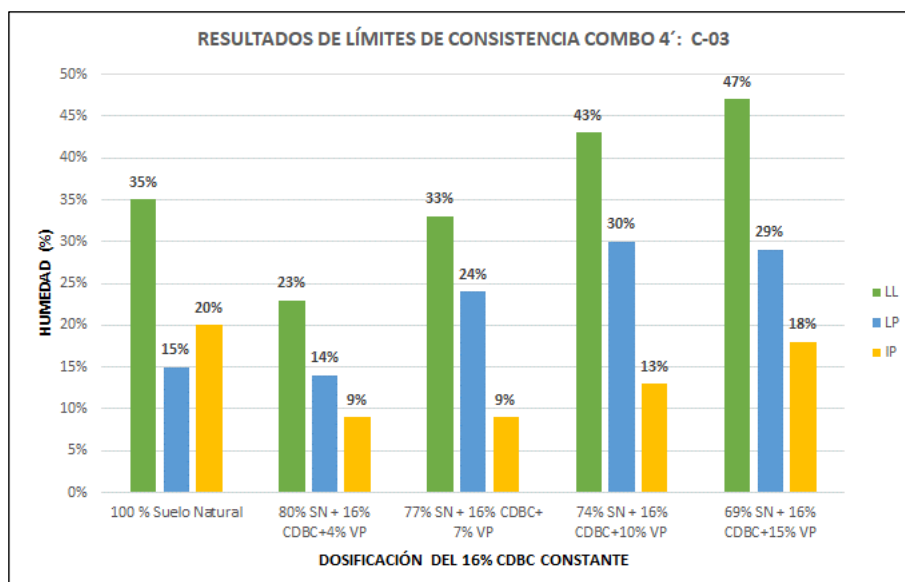
**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1" , después de adicionar al SN: CDBC(%) + VP(%) + :**

Se aprecia la gráfica N° 88 manteniendo el 11% CDBC constante que el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos. Observándose la misma tendencia que en las calicatas anteriores presentando valores elevados obteniendo como mejor resultado el CBR con una M.D.S al 100% de 26.47% y al 95% de 16.56%.

#### **COMBO 4´:**

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos del Combo 4´ con el de 16% CDBC constante:

**Límites de consistencia: SN+ CDBC(%) + VP (%) en C-03**



Gráfica N° 89. Resultados De Límites de Consistencia Combo4' en la C-03. Fuente : Propia

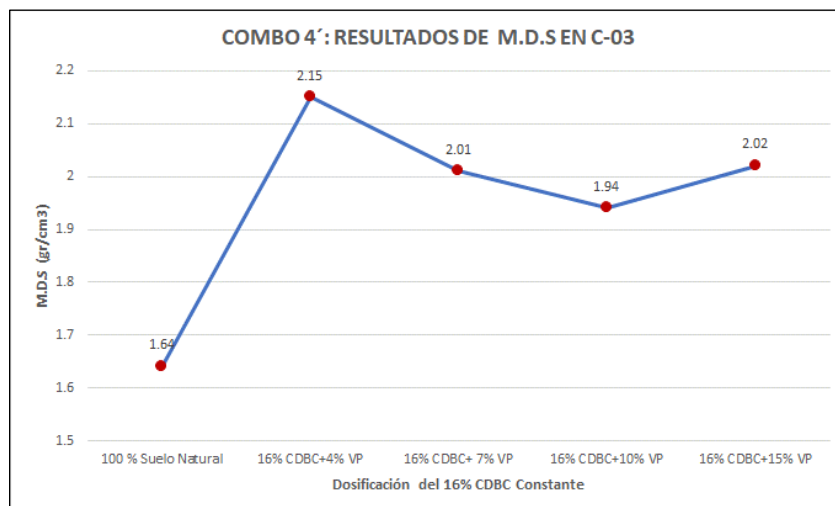
**Para el IP , después de adicionar al SN: CDBC(%)+VP(%)**

Se puede observar en la Gráfica N°89 manteniendo el 16% CDBC constante en este caso su IP si disminuye, llegando a tope límite de adición el cual se encontraría en la clasificación de plasticidad media, pero al seguir adicionando este insumo vuelve aumentar ,observándose la misma tendencia en las demás calicatas. Pero en general el IP si disminuye al adicionarle al suelo natural ambas adiciones en combinación.

**Proctor Modificado: SN+ CDBC(%)+VP (%) en C-03**

<b>RESULTADOS DEL PROCTOR MODIFICADO: COMBO 4'</b>		
<b>CALICATA 03</b>	<b>O.C.H (%)</b>	<b>M.D.S (gr/cm3)</b>
100 % Suelo Natural	10.95	1.64
80% SN + 16% CDBC+4% VP	9.34	2.15
77% SN + 16% CDBC+ 7% VP	10.35	2.01
74% SN + 16% CDBC+10% VP	10.97	1.94
69% SN + 16% CDBC+15% VP	10.47	2.02

Tabla N° 184: Resultados del Ensayo de Proctor Modificado del Combo4' en la C-03.Fuente : Propia



Gráfica N° 90. Resultados de M.D.S del Combo 4' en la C-03. Fuente : Propia

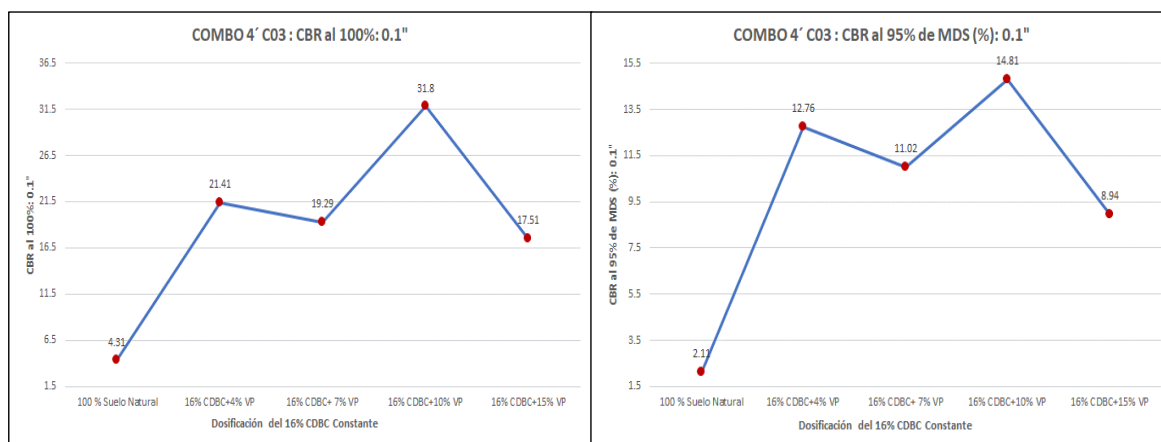
**Para el O.C.H Y M.D.S , después de adicionar al SN: CDBC(%)+VP(%) :**

Se puede observar en el Combo4' que manteniendo el 16%CDBC constante a medida que incrementamos las adiciones de porcentaje de CDBC+VP se observa la misma tendencia en la C-01 y C-02 , teniendo como tope limite la adición de 16%CDBC+4% VP .

**CBR : SN+ CDBC(%)+VP (%) en C-03**

RESULTADOS DEL CBR: COMBO 4'		
CALICATA 03	CBR al 100%: 0.1"	CBR al 95% de MDS (%): 0.1"
100 % Suelo Natural	4.31	2.11
80% SN + 16% CDBC+4% VP	21.41	12.76
77% SN + 16% CDBC+ 7% VP	19.29	11.02
74% SN + 16% CDBC+10% VP	31.8	14.81
69% SN + 16% CDBC+15% VP	17.51	8.94

Tabla N° 185. Resultados del ensayo de CBR del Combo4' en la C-03. Fuente Propia



Gráfica N° 91. Resultados del ensayo de CBR del Combo3' en la C-03. Fuente Propia

**Para el CBR a una M.D.S al 100% - 95% : 0,1” , después de adicionar al SN: CDBC(%) + VP(%) + :**

Se aprecia la gráfica N° 91 manteniendo el 16% CDBC constante que el CBR aumenta a medida que se le va adicionando ambos insumos. Observándose la misma tendencia que en la C-01y C-02 donde se aprecia que al 16% CDBC+10% VP se obtiene un resultado alto de índice de CBR , teniendo así cierto tope límite de adición ya que mejoro el CBR al 100%: 0.1”: de 3.78% a 31.8% donde también se observa en sus resultados un patrón en todas las calicatas realizando este ensayo.

## CUADROS COMPARATIVOS ENTRE LAS COMBINACIONES VS SN

CALICATA 01								
COMBO 1	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/C M3)	CBR(95% de MDS a 0.1")	CBR(100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	34%	14%	20%	10.00	1.66	2.18	3.79
% SN + 4% VP+5% CDBC	1.5	33%	17%	16%	10.44	1.89	7.28	14.87
88% SN + 4% VP+ 8% CDBC	1.5	30%	19%	11%	9.63	1.94	8.01	17.17
85% SN + 4% VP+11% CDBC	1.5	29%	20%	9%	8.79	1.98	12.20	18.91
80% SN + 4% VP+16% CDBC	1.5	28%	17%	11%	8.55	2.05	13.32	22.26
COMBO 2	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/C M3)	CBR(95% de MDS a 0.1")	CBR(100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	34%	14%	20%	10.00	1.66	2.18	3.79
% SN + 7% VP+5% CDBC	1.5	32%	16%	16%	10.82	1.92	7.58	15.84
85% SN + 7% VP+ 8% CDBC	1.5	26%	20%	6%	10.16	1.96	10.64	19.83
82% SN + 7% VP+11% CDBC	1.5	28%	18%	10%	9.87	2.15	16.38	21.65
77% SN + 7% VP+16% CDBC	1.5	30%	22%	8%	9.79	2.04	11.12	19.71
COMBO 3	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/C M3)	CBR(95% de MDS a 0.1")	CBR(100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	34%	14%	20%	10.00	1.66	2.18	3.79
85% SN + 10% VP+5% CDBC	1.5	32%	17%	15%	10.70	1.82	10.4	19.93
82% SN + 10% VP+ 8% CDBC	1.5	27%	20%	7%	10.06	2.15	14.43	22.42
79% SN + 10% VP+11% CDBC	1.5	29%	18%	11%	10.69	1.99	14.04	25.08
74% SN + 10% VP+16% CDBC	1.5	32%	20%	12%	10.85	1.91	14.99	32.00
COMBO 4	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/C M3)	CBR(95% de MDS a 0.1")	CBR(100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	34%	14%	20%	10.00	1.66	2.18	3.79
80% SN + 15% VP+5% CDBC	1.5	43%	28%	15%	10.66	2.00	16.12	23.47
77% SN + 15% VP+ 8% CDBC	1.5	40%	32%	8%	10.05	2.17	10.07	20.25
74% SN + 15% VP+11% CDBC	1.5	44%	30%	14%	10.43	2.06	9.79	18.10
69% SN + 15% VP+16% CDBC	1.5	49%	33%	16%	10.22	1.97	8.65	17.68

Tabla N° 186. Resultados de los combos con el VP constante en la C-01

RESULTADOS DE LOS COMBOS CON LA ADICIÓN DEL CDBC CONSTANTE EN LA C-01								
CALICATA 01								
COMBO 1'	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/CM3)	CBR( 95% de MDS a 0.1")	CBR( 100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	34%	14%	20%	10.00	1.66	2.18	3.79
91% SN + 5% CDBC+4% VP	1.5	33%	17%	16%	10.44	1.89	7.28	14.87
88% SN + 5% CDBC+ 7% VP	1.5	32%	16%	16%	10.82	1.92	7.58	15.84
85% SN + 5% CDBC+10% VP	1.5	32%	17%	15%	10.70	1.82	10.4	19.93
80% SN + 5% CDBC+15% VP	1.5	43%	28%	15%	10.66	2.00	16.12	23.47
COMBO 2'	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/CM3)	CBR( 95% de MDS a 0.1")	CBR( 100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	34%	14%	20%	10	1.66	2.18	3.79
88% SN + 8% CDBC+4% VP	1.5	30%	19%	11%	9.63	1.94	8.01	17.17
85% SN + 8% CDBC+ 7% VP	1.5	26%	20%	6%	10.16	1.96	10.64	19.83
82% SN + 8% CDBC+10% VP	1.5	27%	20%	7%	10.06	2.15	14.43	22.42
77% SN + 8% CDBC+15% VP	1.5	40%	32%	8%	10.05	2.17	10.07	20.25
COMBO 3'	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/CM3)	CBR( 95% de MDS a 0.1")	CBR( 100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	34%	14%	20%	10	1.66	2.18	3.79
85% SN + 11% CDBC+4% VP	1.5	29%	20%	9%	8.79	1.98	12.2	18.91
82% SN + 11% CDBC+ 7% VP	1.5	28%	18%	10%	9.87	2.15	16.38	21.65
79% SN + 11% CDBC+10% VP	1.5	29%	18%	11%	10.69	1.99	14.04	25.08
74% SN + 11% CDBC+15% VP	1.5	44%	30%	14%	10.43	2.06	9.79	18.10
COMBO 4'	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/CM3)	CBR( 95% de MDS a 0.1")	CBR( 100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	34%	14%	20%	10	1.66	2.18	3.79
80% SN + 16% CDBC+4% VP	1.5	28%	17%	11%	8.55	2.05	13.32	22.26
77% SN + 16% CDBC+ 7% VP	1.5	30%	22%	8%	9.79	2.04	11.12	19.71
74% SN + 16% CDBC+10% VP	1.5	32%	20%	12%	10.85	1.91	14.99	32.00
69% SN + 16% CDBC+15% VP	1.5	49%	33%	16%	10.22	1.97	8.65	17.68

Tabla N° 187. Resultados de los combos con la CDBC constante en la C-01

RESULTADOS DE LOS COMBOS CON LA ADICIÓN DEL VP CONSTANTE EN LA C-02								
CALICATA 02								
COMBO 1	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/CM3)	CBR( 95% de MDS a 0.1")	CBR( 100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	32%	12%	20%	9.94	1.62	2.19	3.78
91% SN + 4% VP+5% CDBC	1.5	30%	14%	16%	10.36	1.92	7.16	14.71
88% SN + 4% VP+ 8% CDBC	1.5	28%	15%	13%	9.8	1.98	8.26	15.91
85% SN + 4% VP+11% CDBC	1.5	25%	17%	8%	9.56	2.04	11.85	18.53
80% SN + 4% VP+16% CDBC	1.5	23%	11%	12%	9.41	2.14	13.03	21.68
COMBO 2	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/CM3)	CBR( 95% de MDS a 0.1")	CBR( 100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	32%	12%	20%	9.94	1.62	2.19	3.78
88% SN + 7% VP+5% CDBC	1.5	30%	14%	16%	10.52	1.90	7.58	15.71
85% SN + 7% VP+ 8% CDBC	1.5	26%	18%	8%	9.85	1.95	11.08	20.32
82% SN + 7% VP+11% CDBC	1.5	27%	15%	12%	9.04	2.14	16.32	23.17
77% SN + 7% VP+16% CDBC	1.5	30%	20%	10%	9.49	1.98	11.37	20.07
COMBO 3	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/CM3)	CBR( 95% de MDS a 0.1")	CBR( 100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	32%	12%	20%	9.94	1.62	2.19	3.78
85% SN + 10% VP+5% CDBC	1.5	30%	14%	16%	10.56	1.82	10.51	19.36
82% SN + 10% VP+ 8% CDBC	1.5	28%	18%	10%	10.48	2.10	14.40	22.20
79% SN + 10% VP+11% CDB	1.5	42%	29%	13%	10.89	2.01	14.86	25.59
74% SN + 10% VP+16% CDB	1.5	44%	27%	17%	10.97	1.95	15.02	32.11
COMBO 4	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/CM3)	CBR( 95% de MDS a 0.1")	CBR( 100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	32%	12%	20%	9.94	1.62	2.19	3.78
80% SN + 15% VP+5% CDBC	1.5	46%	33%	13%	10.5	2.03	12.99	23.38
77% SN + 15% VP+ 8% CDBC	1.5	40%	35%	5%	10.1	2.19	10.07	19.13
74% SN + 15% VP+11% CDB	1.5	47%	31%	16%	10.34	2.04	10.02	17.87
69% SN + 15% VP+16% CDB	1.5	49%	32%	17%	10.73	2.00	8.70	17.35

Tabla N° 188. Resultados de los combos con el VP constante en la C-02

RESULTADOS DE LOS COMBOS CON LA ADICIÓN DEL CDBC CONSTANTE EN LA C-02								
CALICATA 02								
COMBO 1'	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/CM3)	CBR( 95% de MDS a 0.1")	CBR( 100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	32%	12%	20%	9.94	1.62	2.19	3.78
91% SN + 5% CDBC+4% VP	1.5	30%	14%	16%	10.36	1.92	7.16	14.71
88% SN + 5% CDBC+ 7% VP	1.5	30%	14%	16%	10.52	1.90	7.58	15.71
85% SN + 5% CDBC+10% VP	1.5	30%	14%	16%	10.56	1.82	10.51	19.36
80% SN + 5% CDBC+15% VP	1.5	46%	33%	13%	10.50	2.03	12.99	23.38
COMBO 2'	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/CM3)	CBR( 95% de MDS a 0.1")	CBR( 100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	32%	12%	20%	9.94	1.62	2.19	3.78
88% SN + 8% CDBC+4% VP	1.5	28%	15%	13%	9.8	1.98	8.26	15.91
85% SN + 8% CDBC+ 7% VP	1.5	26%	18%	8%	9.85	1.95	11.08	20.32
82% SN + 8% CDBC+10% VP	1.5	28%	18%	10%	10.48	2.10	14.4	22.20
77% SN + 8% CDBC+15% VP	1.5	40%	35%	5%	10.10	2.19	10.07	19.13
COMBO 3'	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/CM3)	CBR( 95% de MDS a 0.1")	CBR( 100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	32%	12%	20%	9.94	1.62	2.19	3.78
85% SN + 11% CDBC+4% VP	1.5	25%	17%	8%	9.56	2.04	12.2	18.98
82% SN + 11% CDBC+ 7% VP	1.5	27%	15%	12%	9.04	2.14	16.32	23.17
79% SN + 11% CDBC+10% VP	1.5	42%	29%	13%	10.89	2.01	14.86	25.59
74% SN + 11% CDBC+15% VP	1.5	47%	31%	16%	10.34	2.04	10.02	17.87
COMBO 4'	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/CM3)	CBR( 95% de MDS a 0.1")	CBR( 100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	32%	12%	20%	9.94	1.62	2.19	3.78
80% SN + 16% CDBC+4% VP	1.5	23%	11%	12%	9.41	2.14	13.03	21.68
77% SN + 16% CDBC+ 7% VP	1.5	30%	20%	10%	9.49	1.98	11.37	20.07
74% SN + 16% CDBC+10% VP	1.5	44%	27%	17%	10.97	1.95	15.02	32.11
69% SN + 16% CDBC+15% VP	1.5	49%	32%	17%	10.73	2.00	8.70	17.35

Tabla N° 189. Resultados de los combos con la CDBC constante en la C-02

RESULTADOS DE LOS COMBOS CON LA ADICIÓN DEL VP CONSTANTE EN LA C-03								
CALICATA 03								
COMBO 1	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/CM3)	CBR( 95% de MDS a 0.1")	CBR( 100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	35%	15%	20%	10.95	1.64	2.11	4.31
91% SN + 4% VP+5% CDBC	1.5	33%	16%	17%	10.91	1.91	7.62	14.83
88% SN + 4% VP+ 8% CDBC	1.5	28%	17%	11%	10.23	1.95	8.88	15.78
85% SN + 4% VP+11% CDBC	1.5	25%	18%	7%	10.06	2.00	12.68	19.21
80% SN + 4% VP+16% CDBC	1.5	23%	14%	9%	9.34	2.15	12.76	21.41
COMBO 2	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/CM3)	CBR( 95% de MDS a 0.1")	CBR( 100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	35%	15%	20%	10.95	1.64	2.11	4.31
88% SN + 7% VP+5% CDBC	1.5	33%	17%	16%	11.30	1.81	7.84	16.61
85% SN + 7% VP+ 8% CDBC	1.5	29%	22%	7%	10.68	2.00	10.73	20.41
82% SN + 7% VP+11% CDBC	1.5	32%	19%	13%	10.15	2.13	16.56	22.07
77% SN + 7% VP+16% CDBC	1.5	33%	24%	9%	10.35	2.01	11.02	19.29
COMBO 3	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/CM3)	CBR( 95% de MDS a 0.1")	CBR( 100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	35%	15%	20%	10.95	1.64	2.11	4.31
85% SN + 10% VP+5% CDBC	1.5	33%	17%	16%	11.30	1.81	10.49	18.74
82% SN + 10% VP+ 8% CDBC	1.5	25%	20%	5%	10.50	2.13	14.23	22.50
79% SN + 10% VP+11% CDBC	1.5	39%	28%	11%	10.75	1.99	13.56	26.47
74% SN + 10% VP+16% CDBC	1.5	43%	30%	13%	10.97	1.94	14.81	31.80
COMBO 4	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/CM3)	CBR( 95% de MDS a 0.1")	CBR( 100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	35%	15%	20%	10.95	1.64	2.11	4.31
80% SN + 15% VP+5% CDBC	1.5	45%	34%	11%	10.66	2.00	13.37	23.4
77% SN + 15% VP+ 8% CDBC	1.5	39%	32%	7%	9.71	2.12	10.31	19.49
74% SN + 15% VP+11% CDBC	1.5	42%	30%	12%	10.22	2.09	10.76	18.36
69% SN + 15% VP+16% CDBC	1.5	47%	29%	18%	10.47	2.02	8.94	17.51

Tabla N° 190. Resultados de los combos con el VP constante en la C-03

RESULTADOS DE LOS COMBOS CON LA ADICIÓN DEL CDBC CONSTANTE EN LA C-03								
CALICATA 03								
COMBO 1'	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/CM3)	CBR( 95% de MDS a 0.1")	CBR(100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	35%	15%	20%	10.95	1.64	2.19	3.78
91% SN + 5% CDBC+4% VP	1.5	33%	16%	17%	10.91	1.91	7.62	14.83
88% SN + 5% CDBC+ 7% VP	1.5	33%	17%	16%	11.30	1.81	7.84	16.61
85% SN + 5% CDBC+10% VP	1.5	33%	17%	16%	11.30	1.81	10.49	18.74
80% SN + 5% CDBC+15% VP	1.5	45%	34%	11%	10.66	2.00	13.37	23.4
COMBO 2'	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/CM3)	CBR( 95% de MDS a 0.1")	CBR(100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	35%	15%	20%	10.95	1.64	2.11	4.31
88% SN + 8% CDBC+4% VP	1.5	28%	17%	11%	10.23	1.95	8.88	15.78
85% SN + 8% CDBC+ 7% VP	1.5	29%	22%	7%	10.68	2.00	10.73	20.41
82% SN + 8% CDBC+10% VP	1.5	25%	20%	5%	10.50	2.13	14.23	22.50
77% SN + 8% CDBC+15% VP	1.5	39%	32%	7%	9.71	2.12	10.31	19.49
COMBO 3'	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/CM3)	CBR( 95% de MDS a 0.1")	CBR(100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	35%	15%	20%	10.95	1.64	2.11	4.31
85% SN + 11% CDBC+4% VP	1.5	25%	18%	7%	10.06	2.00	12.68	19.21
82% SN + 11% CDBC+ 7% VP	1.5	32%	19%	13%	10.15	2.13	16.56	22.07
79% SN + 11% CDBC+10% VP	1.5	39%	28%	11%	10.75	1.99	13.56	26.47
74% SN + 11% CDBC+15% VP	1.5	42%	30%	12%	10.22	2.09	10.76	18.36
COMBO 4'	PROFUNDIDAD	LL	LP	IP	O.C.H(%)	M.D.S(GR/CM3)	CBR( 95% de MDS a 0.1")	CBR(100% de MDS a 0.1")
100 % Suelo Natural	1.5	35%	15%	20%	10.95	1.64	2.11	4.31
80% SN + 16% CDBC+4% VP	1.5	23%	14%	9%	9.34	2.15	12.76	21.41
77% SN + 16% CDBC+ 7% VP	1.5	33%	24%	9%	10.35	2.01	11.02	19.29
74% SN + 16% CDBC+10% VP	1.5	43%	30%	13%	10.97	1.94	14.81	31.8
69% SN + 16% CDBC+15% VP	1.5	47%	29%	18%	10.47	2.02	8.94	17.51

Tabla N° 191. Resultados de los combos con la CDBC constante en la C-03

### Comentario de los cuadros comparativos entre las Combinaciones VS SN:

En las Tablas N°186, 187, 188, 189, 190 y 191, se puede observar que al aumentar el porcentaje con los insumos combinados: el LL, IP y el O.C.H tienden a disminuir , esto se debe a que la ceniza de bagazo y el vidrio pulverizado presentan un alto contenido en sílice lo cual se aprecia en la composición química realizada de ambos insumos, siguiendo una tendencia en los resultados de la calicata C-01 , C-02 y C-03 .mientras que la M.D.S y el CBR aumentan, donde el porcentaje óptimo de todas las combinaciones se dio en la C-02 con la adición del 10% VP+16% CDBC obteniendo un valor de 32.11%, el cual presenta un valor de CBR mayor a los demás que comparándolo con la muestra del suelo natural lo mejora un 28.33% , lo que beneficia a esta investigación obteniendo buenos resultados.

Todo esto se debe al realizar el ensayo de fluorescencia de rayos x de ambos insumos ya que al combinar ambos su composición química sobresale aún más mejorando la resistencia , reduciendo la humedad y vacíos siendo una alternativa como estabilizante. Teniendo en cuenta que solo se analizó poca muestra de ambas adiciones esto quiere decir que al analizar una cantidad mucho mayor tendremos resultados más altos en porcentajes en sílice, oxido de calcio, trióxido de aluminio , etc. , concluyendo que ambos insumos es un material alto en sílice.

## GRADO DE COMPACTACIÓN - ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO

DENSIDAD DE CAMPO	MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	GRADO DE COMPACTACIÓN
Muestra patrón	1.62	9.94	89
Muestra Patrón	1.62	9.94	85
MP+10%VP+16%CDBC	1.95	10.97	96
MP+10%VP+16%CDBC	1.95	10.97	95

Tabla N° 192. Resultados de Densidad de Campo - Grado de Compactación

En la Tabla N° 192 se presenta el grado de compactación del suelo tras la incorporación de 10% VP + 16% CDBC en los puntos analizados, donde se registraron grados de compactación del 96% y 95% en relación a la densidad máxima del Proctor obtenida en laboratorio. Esto sugiere que el material estabilizante está funcionando de manera efectiva, dado que el grado de compactación mínimo requerido es del 95%.

Asimismo, se han determinado las densidades máximas secas (M.D.S) para cada uno de los puntos estudiados, con valores de 1.62 g/cm<sup>3</sup> y 1.95 g/cm<sup>3</sup>, así como un contenido óptimo de humedad (O.C.H) de 9.94% y 10.97%, respectivamente.

## ANÁLISIS ECONÓMICO

Para la presente investigación, se realizó un análisis económico entre los agentes estabilizadores más comunes que se emplean en el mercado como es el caso del cemento, cal. Para esta evaluación económico se tomó en cuenta ciertos parámetros como el costo comercial de los agentes estabilizadores y se calculó la cantidad de agente estabilizador según nuestro porcentaje óptimo en cada adición y de los combos respectivamente.

Para ello empezamos por la realización del cálculo de muestra de suelo y de cada agente estabilizador y con el combo que vamos a emplear en un 1 metro cuadrado.

### VP

/ Para un 1 m<sup>2</sup>, asumiendo una calzada de 1m , un espesor de 0.2 m y el peso específico del suelo 1900 kg/m<sup>3</sup>

Peso Húmedo:

$$1\text{m} * 1\text{m} * 0.20\text{m} * 1900 \text{ kg/m}^3 = 380 \text{ kg}$$

Calculando el peso seco con el O.C.H obtenido en nuestros ensayos: 7.83

$$PW = (7.83/100(380)) / ((1+7.83/100))$$

$$Pw = 27.59$$

/ Calculando la cantidad de cemento al 15%

$$(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso agua}) * 0.15 = 52.86 \text{ kg}$$

/ Porcentaje respecto al peso seco

$$(380 - 27.59) * 0.15 = 52.86 \text{ kg}$$

Una vez realizado lo anterior realizamos el cálculo de un APU, teniendo en cuenta los valores del mercado y una cuadrilla de 1 capataz y 5 peones con un rendimiento de 60 m<sup>2</sup> aproximado, ya que se considerará una motoniveladora dentro del análisis y con un jornal respectivo de 8 horas de trabajo. Observando , en el análisis de precios unitarios que el número de bolsas de cemento que incluidas es calculado dividiendo 52.86 kg / 42.5 kg, que es el contenido usual que contiene una bolsa de cemento.

<b>ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CEMENTO</b>						
<b>1 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS</b>						
<b>1.1 PREPARACIÓN DE TERRENO Y ADICIÓN DE CEMENTO</b>						
<b>1.1.1.1 PREPARACIÓN DE TERRENO Y ADICIÓN DE CEMENTO</b>						
<b>Und/DIA</b>	<b>60.0000</b>	<b>EQ. 60.0000</b>	<b>Costo unitario directo por : m2</b>		<b>108.80</b>	
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$</b>	<b>Parcial \$</b>
<b>Mano de Obra</b>						
Capataz		hh	0.1000	0.0133	27.49	0.37
PEON		hh	5.0000	0.6667	18.12	12.08
						<b>12.45</b>
<b>Materiales</b>						
Cemento		bis		1.2438	28.50	35.45
Agua puesta en obra		m3		0.0356	15.00	0.53
						<b>35.98</b>
<b>Equipos</b>						
MOTONIVELADORA C/ RIPPER		hm	1.0000	0.1333	450.00	60.00
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.0300	12.45	0.37
						<b>60.37</b>

Tabla N° 193. APU- Estabilización con Cemento al 15%VP

Para la estabilización con cal y con VP, se realizará de la misma manera. Teniendo en cuenta que para el APU de estabilización con cal se tendrá en cuenta que el contenido de la bolsa de cal viene en presentación de 20 kg.

<b>ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL</b>						
<b>1 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS</b>						
<b>1.1 PREPARACIÓN DE TERRENO Y ADICIÓN DE CAL</b>						
<b>1.1.1.1 PREPARACIÓN DE TERRENO Y ADICIÓN DE CAL</b>						
<b>Und/DIA</b>	<b>60.0000</b>	<b>EQ. 60.0000</b>	<b>Costo unitario directo por : m2</b>		<b>126.21</b>	
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$</b>	<b>Parcial \$</b>
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ		hh	0.1000	0.0133	27.49	0.37
PEON		hh	5.0000	0.6667	18.12	12.08
						<b>12.45</b>
<b>Materiales</b>						
CAL		bis		2.6430	20.00	52.86
Agua puesta en obra		m3		0.0356	15.00	0.53
						<b>53.39</b>
<b>Equipos</b>						
MOTONIVELADORA C/ RIPPER		hm	1.0000	0.1333	450.00	60.00
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.0300	12.45	0.37
						<b>60.37</b>

Tabla N° 194. APU- Estabilización con Cal al 15%VP

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON VP						
1 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS						
1.1 PREPARACIÓN DE TERRENO Y ADICIÓN DE VP						
1.1.1.1 PREPARACIÓN DE TERRENO Y ADICIÓN DE VP						
Und/DIA	60.0000	EQ. 60.0000	Costo unitario directo por : m2			94.50
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$	Parcial \$	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0133	27.49	0.37	
PEON	hh	5.0000	0.6667	18.12	12.08	
					<b>12.45</b>	
<b>Materiales</b>						
VIDRIO PULVERIZADO	Kg		52.8610	0.40	21.14	
Agua puesta en obra	m3		0.0356	15.00	0.53	
<b>Equipos</b>						
MOTONIVELADORA C/ RIPPER	hm	1.0000	0.1333	450.00	60.00	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	12.45	0.37	
					<b>60.37</b>	

Para obtener el precio del VP , se calculó de la siguiente manera:

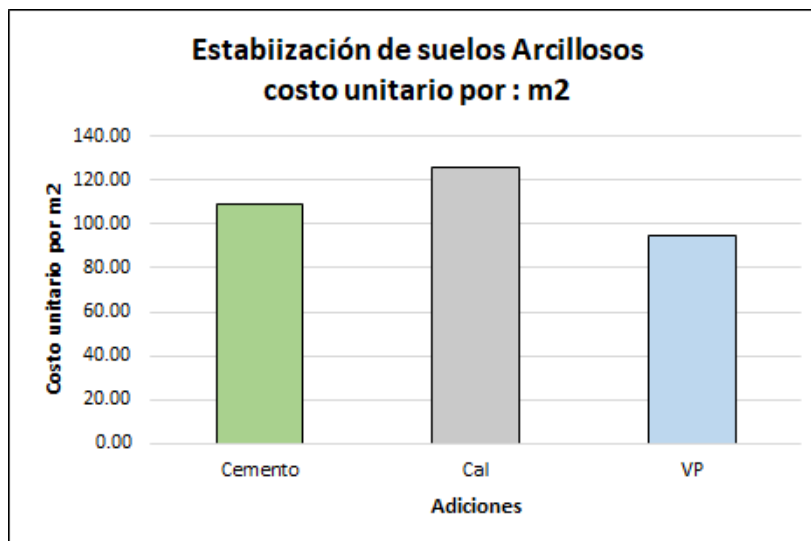
COSTO DE VIDRIO	20
PREPARACIÓN DE VIDRIO PULVERIZADO (MATERIALES + ALQUILER Y JORNAL ELABORACIÓN EN MAQUINA DE LOS ANGELES Y TAMIZADO)	100

El costo del VP se le considero un costo mínimo de S/. 20.00, para la preparación de VP se consideró un costo de S/. 60.00 ,siendo esta una suposición ya que estas máquinas pueden producir más cantidades, con estos valores procedemos a calcular el costo del vidrio pulverizado.

- ✓ Considerando el costo de alquiler y jornal elaboración en máquina de los ángeles = S/. 100
- ✓ Costo del Vidrio = S/. 20
- ✓ Producción aproximada = 300 kg

Costo de Producción del vidrio pulverizado =  $(100+20)/300 = S/. 0.40$

Entonces por lo realizado en el análisis de precios unitarios , se tienen los siguientes resultados:



Gráfica N° 92. Comparación de costos por adición-VP

Como se observa en la Grafica N° 82 los resultados de la estabilización con Cal resultan la más costosa y la más económica es con el VP , esto se debe a que se planteó dentro del análisis de precios unitarios un costo de S/ 20 del VP , ya que este será aprovechado en las vidrierías siendo estos residuos que no son aprovechados como recurso. Además, la estabilización con VP sería la mejor alternativa económicamente por lo que si se decide estabilizar con cal o cemento , fuera del costo de los insumos , se tendría que considerar flete , lo cual no pasa con el VP por lo que se recogerá in-situ y se trasladara a una máquina de los ángeles la cual se encarga de la pulverización de este insumo.

### **CDBC**

/ Para un 1 m2, asumiendo una calzada de 1m , un espesor de 0.2 m y el peso específico del suelo 1900 kg/m3

Peso Húmedo:

$$1\text{m} * 1\text{m} * 0.2\text{m} * 1900 \text{ kg/m}^3 = 380 \text{ kg}$$

Calculando el peso seco con el O.C.H obtenido en nuestros ensayos: 7.83

$$PW = (7.83/100(380)) / ((1+7.83/100))$$

$$Pw = 27.59$$

/ Calculando la cantidad de cemento al 16%

$$(\text{Peso Húmedo}-\text{Peso agua}) * 0.16 = 56.38 \text{kg}$$

/ Porcentaje respecto al peso seco

$$(380-27.59) * 0.16 = 56.38 \text{ kg}$$

Una vez realizado lo anterior realizamos el cálculo de un APU, teniendo en cuenta los valores del mercado y una cuadrilla de 1 capataz y 5 peones con un rendimiento de 60 m<sup>2</sup> aproximado, ya que se considerará una motoniveladora dentro del análisis y con un jornal respectivo de 8 horas de trabajo. Observando , en el análisis de precios unitarios que el número de bolsas de cemento que incluidas es calculado dividiendo 56.38 kg / 42.5 kg, que es el contenido usual que contiene una bolsa de cemento.

<b>ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CEMENTO</b>						
<b>1 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS</b>						
<b>1.1 PREPARACIÓN DE TERRENO Y ADICIÓN DE CEMENTO</b>						
<b>PREPARACIÓN DE TERRENO Y ADICIÓN DE CEMENTO</b>						
<b>Und/DIA</b>	<b>60.0000</b>	<b>EQ. 60.0000</b>	<b>Costo unitario directo por : m<sup>2</sup></b>		<b>111.15</b>	
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$</b>	<b>Parcial \$</b>
<b>Mano de Obra</b>						
Capataz		hh	0.1000	0.0133	27.49	0.37
PEON		hh	5.0000	0.6667	18.12	12.08
						<b>12.45</b>
<b>Materiales</b>						
Cemento		bls		1.3267	28.50	37.81
Agua puesta en obra		m <sup>3</sup>		0.0349	15.00	0.52
						<b>38.33</b>
<b>Equipos</b>						
MOTONIVELADORA C/ RIPPER		hm	1.0000	0.1333	450.00	60.00
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.0300	12.45	0.37
						<b>60.37</b>

Tabla N° 196. APU- Estabilización con Cemento al 16% CDBC

Para la estabilización con cal y con CDBC, se realizará de la misma manera. Teniendo en cuenta que, para el proceso de estabilización con CDBC se incluirá un horno artesanal para la ceniza de bagazo y para el APU de estabilización con cal se tendrá en cuenta que el contenido de la bolsa de cal viene en presentación de 20 kg.

<b>ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL</b>						
<b>1 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS</b>						
<b>1.1 PREPARACIÓN DE TERRENO Y ADICIÓN DE CAL</b>						
<b>1.1.1.1 PREPARACIÓN DE TERRENO Y ADICIÓN DE CAL</b>						
<b>Und/DIA</b>	<b>60.0000</b>	<b>EQ. 60.0000</b>	<b>Costo unitario directo por : m2</b>		<b>129.73</b>	
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$</b>	<b>Parcial \$</b>
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ		hh	0.1000	0.0133	27.49	0.37
PEON		hh	5.0000	0.6667	18.12	12.08
						<b>12.45</b>
<b>Materiales</b>						
CAL		bls		2.8193	20.00	56.39
Agua puesta en obra		m3		0.0349	15.00	0.52
						<b>56.91</b>
<b>Equipos</b>						
MOTONIVELADORA C/ RIPPER		hm	1.0000	0.1333	450.00	60.00
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.0300	12.45	0.37
						<b>60.37</b>

Tabla N° 197. APU- Estabilización con Cal al 16% CDBC

<b>ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CDBC</b>						
<b>1 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS</b>						
<b>1.1 PREPARACIÓN DE TERRENO Y ADICIÓN DE CDBC</b>						
<b>1.1.1.1 PREPARACIÓN DE TERRENO Y ADICIÓN DE CDBC</b>						
<b>Und/DIA</b>	<b>60.0000</b>	<b>EQ. 60.0000</b>	<b>Costo unitario directo por : m2</b>		<b>109.04</b>	
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$</b>	<b>Parcial \$</b>
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ		hh	0.1000	0.0133	27.49	0.37
PEON		hh	5.0000	0.6667	18.12	12.08
						<b>12.45</b>
<b>Materiales</b>						
CENIZA DE BAGAZO		Kg		56.3851	0.34	19.03
Agua puesta en obra		m3		0.0349	15.00	0.52
						<b>19.55</b>
<b>Equipos</b>						
HORNO		hm	1.0000	0.1333	125.00	16.67
MOTONIVELADORA C/ RIPPER		hm	1.0000	0.1333	450.00	60.00
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.0300	12.45	0.37
						<b>77.04</b>

Tabla N° 198. APU- Estabilización con CDBC

Para obtener el precio de la CDBC , se calculó de la siguiente manera:

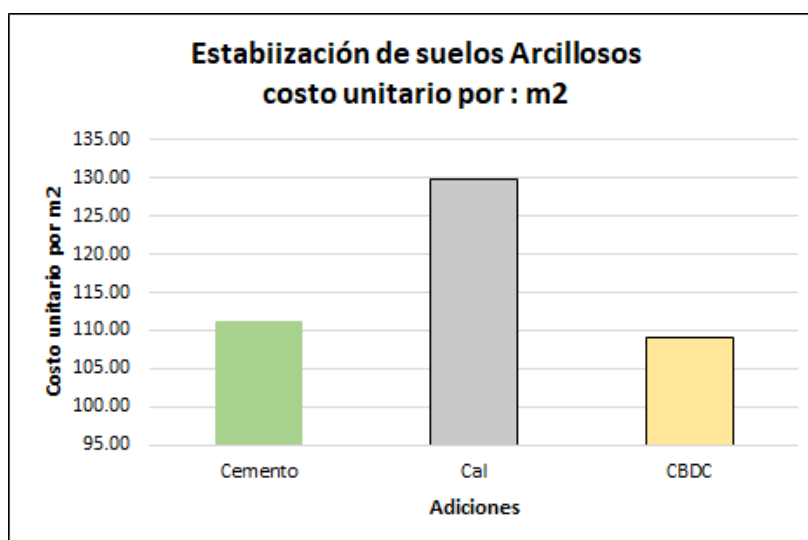
<b>COSTO DE BAGAZO DE CAÑA</b>	<b>20</b>
<b>PREPARACIÓN DE CDBC (MATERIALES + JORNAL ELABORACIÓN DE CENIZA EN HORNO + TAMIZADO)</b>	<b>250</b>

El costo de la CDBC se le considero un costo mínimo de S/. 20.00, para la preparación de la CDBC se consideró un costo de S/. 250 al cual le asumimos una producción de 800 kg de CDBC, siendo esta una suposición ya que estas máquinas pueden producir más cantidades, con estos valores procedemos a calcular el costo de la ceniza de bagazo.

- ✓ Considerando el costo de alquiler y jornal de fabricación del horno= S/250.00
- ✓ Costo de Bagazo de caña de azúcar = S/. 20
- ✓ Producción aproximada = 800 kg

Costo de Producción Ceniza de bagazo =  $(250+20)/800 = S/. 0.34$

Entonces por lo realizado en el análisis de precios unitarios , se tienen los siguientes resultados:



Gráfica N° 93. Comparación de costos por adición-CDBC

Como se observa en la Grafica N° 93 los resultados de la estabilización con Cal resultan la más costosa y la más económica es con la CDBC , esto se debe a que se planteó dentro del análisis de precios unitarios un costo de S/ 20 de la CDBC , ya

que este será aprovechado de fábricas que dejan como sobrantes donde la mayor parte es utilizada como desechos y no es aprovechada como recurso. Además, la estabilización con CDBC sería la mejor alternativa económicamente por lo que si se decide estabilizar con cal o cemento, fuera del costo de los insumos, se tendría que considerar flete, lo cual no pasa con la CDBC por lo que se recogerá in-situ y se trasladará a un horno cercano la cual se encarga de la fabricación de la ceniza.

### COMBO 3 : VP+ CDBC

/ Para un 1 m<sup>2</sup>, asumiendo una calzada de 1m, un espesor de 0.2 m y el peso específico del suelo 1900 kg/m<sup>3</sup>

Peso Húmedo:

$$1\text{m} * 1\text{m} * 0.20\text{m} * 1900 \text{ kg/m}^3 = 380 \text{ kg}$$

Calculando el peso seco con el O.C.H obtenido en nuestros ensayos: 7.57

$$PW = (7.57/100(380)) / ((1 + 7.57/100))$$

$$Pw = 26.74$$

/ Calculando la cantidad de cemento al 26%

$$(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso agua}) * 0.26 = 91.84\text{kg}$$

/ Porcentaje respecto al peso seco

$$(380 - 26.74) * 0.26 = 91.84 \text{ kg}$$

Una vez realizado lo anterior realizamos el cálculo de un APU, teniendo en cuenta los valores del mercado y una cuadrilla de 1 capataz y 5 peones con un rendimiento de 60 m<sup>2</sup> aproximado, ya que se considerará una motoniveladora dentro del análisis y con un jornal respectivo de 8 horas de trabajo. Observando, en el análisis de precios unitarios que el número de bolsas de cemento que incluidas es calculado dividiendo 91.84 kg / 42.5 kg, que es el contenido usual que contiene una bolsa de cemento.



Tabla N° 200. APU- Estabilización con Cal al 26% (VP+CDBC)

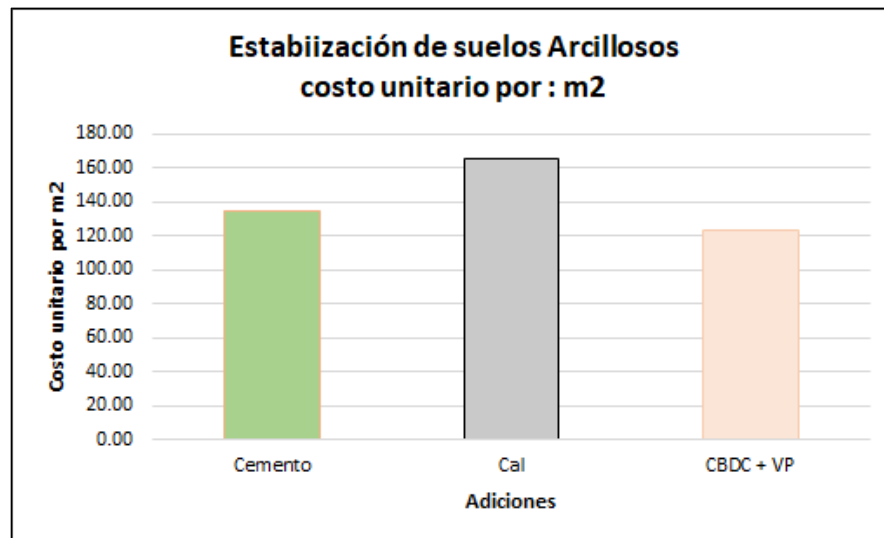
<b>ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON AMBAS ADICIONES</b>						
<b>1 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS</b>						
<b>1.1 PREPARACIÓN DE TERRENO CON ADICIÓN DE CDBC +VP</b>						
<b>1.1.1.1 PREPARACIÓN DE TERRENO CON ADICIÓN DE CDBC +VP</b>						
<b>Und/DIA</b>	<b>60.0000</b>	<b>EQ. 60.0000</b>	<b>Costo unitario directo por : m2</b>		<b>123.12</b>	
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$</b>	<b>Parcial \$</b>	
<b>Mano de Obra</b>						
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0133	27.49	0.37	
PEON	hh	5.0000	0.6667	18.12	12.08	
					<b>12.45</b>	
<b>Materiales</b>						
Ceniza de bagazo			56.2585	0.34	18.99	
Vidrio pulverizado	Kg		35.1615	0.40	14.06	
Agua puesta en obra	m3		0.0388	15.00	0.58	
					<b>33.63</b>	
<b>Equipos</b>						
HORNO	hm	1.0000	0.1333	125.00	16.67	
MOTONIVELADORA C/ RIPPER	hm	1.0000	0.1333	450.00	60.00	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	12.45	0.37	
					<b>77.04</b>	

Tabla N° 201. APU- Estabilización con Combo 3

El costo en esta combinación, ya calculada anteriormente seria la siguiente:

- ✓ Costo de Producción VP =  $(100+20)/300 = S/. 0.40$
- ✓ Costo de Producción CDBC =  $(250+20)/800 = S/. 0.34$

Entonces por lo realizado en el análisis de precios unitarios , se tienen los siguientes resultados:



Gráfica N° 94. Comparación de costos por adición-Combo 3

Como se observa en la Grafica N° 94 los resultados de la estabilización con Cal resultan la más costosa y la más económica es con la combinación , esto se debe a que se planteó dentro del análisis de precios unitarios un costo mínimo de S/ 40 siendo insumos que no son aprovechados como recurso Además, la estabilización con la combinación de estos insumos sería la mejor alternativa económicamente por lo que si se decide estabilizar con cal o cemento , fuera del costo de los insumos , se tendría que considerar flete , lo cual no pasa con la combinación por lo que se recogerá in-situ y se trasladara a un horno cercano y a una máquina de los ángeles la cual se encarga de la fabricación de la ceniza y de la pulverización del vidrio respectivamente.

## CONCLUSIONES

Se determinó que la adición del VP ,CDBC y la combinación de ambos influye en el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas como agentes estabilizadores de suelos arcillosos y que al aumentar la adición en porcentajes mejoraran las propiedades del suelo , tal como como su M.D.S y el CBR.

Se determinó las propiedades de este tipo de suelo por medio de los ensayos que nos brinda los manuales del MTC , teniendo un suelo tipo CL según SUCS, un suelo pobre en resistencia que a diferencia de los insumos adicionados que son el VP y CDBC se observó que a mayor porcentaje de adición el LL,O.C.H e IP disminuyen, mientras que la M.D.S y el CBR aumentan.

Entre otros ensayos también se realizó la composición química de ambas adiciones mediante el ensayo de fluorescencia de Rayos X , observando que ambos insumos contienen una gran cantidad de sílice, trióxido de calcio, entre otros lo cual mejora la resistencia y reducen la humedad. También se realizó la toma microscópica de la CDBC y VP a 400 x siendo la toma más representativa, la cual se aprecian partículas pequeñas en ambas adiciones siendo resultados positivos.

Se obtuvieron los resultados del contenido de sales del suelo natural , por medio del ensayo de sales solubles encontrando un porcentaje bajo de 1% en la C-02 , también se obtuvo el O.C.H (%) y la M.D.S (gr/cm<sup>3</sup>) con el ensayo de Proctor teniendo mejores resultados con el 15% de VP con valores de 10.10% y 1.94 gr/cm<sup>3</sup> , como también con la adición del 16%CDBC con valores de 9.89% y 2.03gr/cm<sup>3</sup> ambas adiciones en la C-03. Además, con la combinación de ambos insumos fue del 10%VP +16%CDBC con valores de 10.97% y 1.95 gr/cm<sup>3</sup>.

Se determino el índice de CBR de la muestra del suelo natural y adicionadas con VP y CDBC , mejorando el CBR de la muestra natural que está en un rango de 3% a 4% , teniendo mejores resultados con la adición del 15%VP con un valor de 17.71% y con la adición del 16% CDBC un valor de 17.94% , mejorando la subrasante de un tipo S1 a S3 .

Se determinó también el índice de CBR con la combinación de ambas adiciones , teniendo un mejor resultado en el Combo 3 con la adición del 10% VP +16% CDDBC con un valor alto de 32.11% , donde esta combinación mejora aún más la subrasante pasando de S1 a S5 siendo una subrasante excelente según el manual de carretera, Sección Suelos y Pavimentos del MTC.

Finalmente se demostró por medio de APUS, que la estabilización con VP, CDDBC y su combinación de ambas es menos costosa y beneficia a los pobladores, transeúntes y personal del transporte público dentro de la zona agrícola, rural , ya que estos recursos serán aprovechados y se excluirá el pago del flete.

La incorporación de 10% VP + 16% CDDBC en el suelo ha demostrado ser efectiva, logrando grados de compactación del 96% y 95% de la densidad máxima del Proctor. Estos resultados indican que el material estabilizante mejora significativamente las propiedades del suelo, con densidades máximas secas de 1.62 g/cm<sup>3</sup> y 1.95 g/cm<sup>3</sup>, y contenidos óptimos de humedad de 9.94% y 10.97%. Por lo tanto, se concluye que el uso de estos aditivos es viable para optimizar la compactación del suelo en proyectos de ingeniería civil.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda continuar con investigaciones sobre la estabilización en este tipo de suelos ya sea en la localidad de Ferreñafe o dentro del departamento de Lambayeque con la combinación de ambos insumos con diferentes porcentajes a la de esta investigación, ya que estos insumos los podemos encontrar en la mayoría de las ciudades lo que disminuirá el costo de estabilizaciones , obteniendo un suelo arcilloso con mejores propiedades físicas y mecánicas.

Se recomienda a las empresas constructoras de vías y carreteras de llevar a cabo el uso de la combinación de ambos insumos para mejorar las propiedades de los suelos arcillosos , ya que esta combinación resulta una alternativa sustentable y económica.

Se recomienda a futuras investigaciones realizar el quemado de la ceniza de bagazo de caña de azúcar a diferentes temperaturas , por ejemplo, la quema controlada a distintas temperaturas o la quema no controlada en pampa.

Se recomienda utilizar la combinación de estos insumos en conjunto con otro estabilizador como el cemento o la cal , entre otros , y ver de qué manera cambian sus propiedades físicas-mecánicas.

## REFERENCIAS

- [1] D. Tsige, M. Korita, y A. Beyene, «Deformation analysis of cement modified soft clay soil using finite element method (FEM)», *Heliyon*, vol. 8, n.º 6, jun. 2022, doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e09613.
- [2] S. Islam, J. Islam, y N. M. R. Hoque, «Improvement of consolidation properties of clay soil using fine-grained construction and demolition waste», *Heliyon*, vol. 8, n.º 10, oct. 2022, doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e11029.
- [3] S. T. Anupiya. M. Perera, M. Saberian, J. Zhu, R. Roychand, y J. Li, «Effect of crushed glass on the mechanical and microstructural behavior of highly expansive clay subgrade», *Case Studies in Construction Materials*, vol. 17, p. e01244, dic. 2022, doi: 10.1016/j.cscm.2022.e01244.
- [4] J. A. Hernández Lara, D. R. Mejía Ramírez, y C. E. Zelaya Amaya, «Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador», bachelor, Universidad de El Salvador, 2016. Accedido: 24 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://opac.fmoues.edu.sv/infolib/tesis/50108285.pdf>
- [5] J. López Barbarán, «Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante, en la localidad de Moyobamba – departamento de San Martín», *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*, ene. 2021, Accedido: 24 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/654616>
- [6] B. E. Bravo Barrionuevo y H. A. Lopez Jara, «Mejoramiento de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos empleando valvas de molusco y vidrio en la ciudad de Talara, Piura», *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*, ene. 2021, Accedido: 24 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/654603>
- [7] L. E. Espinoza Céspedes y G. L. Santimperi Alcántara, «Uso del vidrio reciclado en la mejora de la estabilización de suelos de la Carretera Tramo Collud – Ventarrón, Pomalca – Lambayeque - 2021», *Repositorio Institucional - UCV*, 2021, Accedido: 24 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/83975>
- [8] C. E. Paz Paredes, «Diseño de una central termoeléctrica de biomasa para Lambayeque, utilizando residuos agrícolas como el bagazo de caña de azúcar y cascarilla de arroz», 2022, Accedido: 24 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/10364>
- [9] «[INDECI PNUD ] Plan de uso del suelo y propuestas de medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Ferreñafe. 2004 (Biblioteca SIGRID)». <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/3241> (accedido 24 de octubre de 2022).
- [10] «[INDECI PNUD ] Mapa de Peligros de la ciudad de Ferreñafe (Biblioteca SIGRID)». <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/3097> (accedido 25 de octubre de 2022).
- [11] I. Journal, «IJERT-Effect of Glass Powder on Engineering Properties of Clayey Soil», *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*, ene. 2017, Accedido: 25 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: [https://www.academia.edu/40303694/IJERT\\_Effect\\_of\\_Glass\\_Powder\\_on\\_Engineering\\_Properties\\_of\\_Clayey\\_Soil](https://www.academia.edu/40303694/IJERT_Effect_of_Glass_Powder_on_Engineering_Properties_of_Clayey_Soil)
- [12] J. Olufowobi, A. Ogundaju, B. Michael, y O. Aderinlewo, «Clay soil stabilisation using powdered glass», *Journal of Engineering Science and Technology*, vol. 9, pp. 541-558, oct. 2014.
- [13] S. Aaqib Javed y S. Chakraborty, «Effects of Waste Glass Powder on Subgrade Soil Improvement», vol. 144, pp. 30-42, mar. 2020.

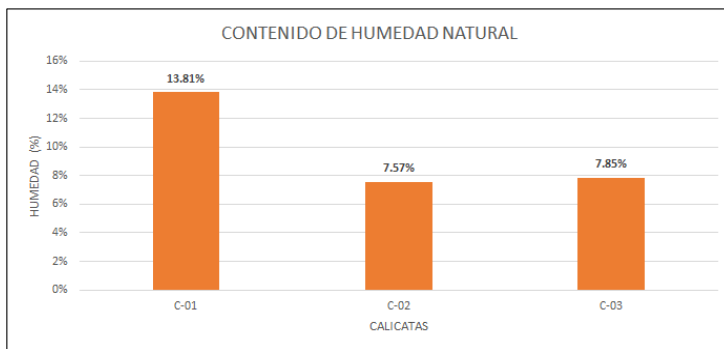
- [14] U. Mishra, «Enhancement in Subgrade soil strength using Glass Powder as discrete fiber: A Review», vol. 04, n.º 04, p. 11.
- [15] R. A. Blayi, A. F. H. Sherwani, H. H. Ibrahim, R. H. Faraj, y A. Daraei, «Strength improvement of expansive soil by utilizing waste glass powder», *Case Studies in Construction Materials*, vol. 13, p. e00427, dic. 2020, doi: 10.1016/j.cscm.2020.e00427.
- [16] H. Saini, J. Khatti, y B. Acharya, «STABILIZATION OF BLACK COTTON SOIL BY USING SUGARCANE BAGASSE ASH», ene. 2019.
- [17] A. Kumar Yadav, K. Gaurav, R. Kishor, y S. K. Suman, «Stabilization of alluvial soil for subgrade using rice husk ash, sugarcane bagasse ash and cow dung ash for rural roads», *International Journal of Pavement Research and Technology*, vol. 10, n.º 3, pp. 254-261, may 2017, doi: 10.1016/j.ijprt.2017.02.001.
- [18] D. E. Ewa, E. A. Egbe, J. O. Ukpata, y A. Etika, «Sustainable subgrade improvement using limestone dust and sugarcane bagasse ash», *Sustainable Technology and Entrepreneurship*, vol. 2, n.º 1, p. 100028, ene. 2023, doi: 10.1016/j.stae.2022.100028.
- [19] A. Rahujo, A. Kumar, y Z. A. Almani, «EFFECT OF SUGARCANE BAGASSE ASH ON GEOTECHNICAL PROPERTIES OF A-6 SOIL».
- [20] C. S. A. Carhuapoma Najarro y J. B. Tito Sánchez, «Propuesta de mejora del comportamiento mecánico de Pavimentos Flexibles mediante la aplicación de polvo de fibra de vidrio reciclado sobre subrasante arcillosa de baja plasticidad aplicada al tramo I de la carretera Rodríguez de Mendoza, Amazonas - Perú», *Proposal to improve the mechanical behavior of Flexible Pavements through the application of recycled glass powder on low plasticity clayey subgrade applied to section applied to section I of the Rodriguez de Mendoza Highway*, jun. 2021, doi: 10.19083/tesis/656814.
- [21] L. E. Espinoza Céspedes y G. L. Santimperi Alcántara, «Uso del vidrio reciclado en la mejora de la estabilización de suelos de la Carretera Tramo Collud – Ventarrón, Pomalca – Lambayeque - 2021», *Repositorio Institucional - UCV*, 2021, Accedido: 25 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/83975>
- [22] E. M. Diaz Salas y E. J. Leon Silva, «Estabilización con polvo de vidrio en la subrasante para el pavimento flexible en la carretera Chacas - Acochaca, Asunción, 2021», *Repositorio Institucional - UCV*, 2021, Accedido: 25 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88920>
- [23] F. E. Rodríguez Asqui, «Incorporación de vidrio triturado para mejorar las propiedades físico - mecánicas de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno – 2021», *Repositorio Institucional - UCV*, 2021, Accedido: 25 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74607>
- [24] A. T. Terrones Cruz, «Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo – 2018». <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14971> (accedido 25 de octubre de 2022).
- [25] M. A. Aquino Mendoza, «Bases teóricas para la estabilización de suelos con ceniza de bagazo de caña de azúcar para su uso en subrasantes en el distrito de Laredo - Trujillo, La Libertad 2018», 2018.
- [26] J. A. Rojas Gálvez, «Influencia de ceniza de caña en la subrasante de la trocha carrozable del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021», *Repositorio Institucional - UCV*, 2021, Accedido: 25 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85763>
- [27] «MAN\_10 EG 2013.pdf». Accedido: 25 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_10%20EG%202013.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_10%20EG%202013.pdf)
- [28] «Pavimentos\_Urbanos.pdf». Accedido: 25 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: [https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Pavimentos\\_Urbanos.pdf](https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Pavimentos_Urbanos.pdf)

- [29] «RD N° 10 2014 MTC 14 Aprueba Version Abril de Suelos y Pavimentos.pdf». Accedido: 25 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/RD%20N%C2%B0%2010%202014%20MTC%2014%20Aprueba%20Version%20Abril%20de%20Suelos%20y%20Pavimentos.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/RD%20N%C2%B0%2010%202014%20MTC%2014%20Aprueba%20Version%20Abril%20de%20Suelos%20y%20Pavimentos.pdf)
- [30] «Manual Ensayo de Materiales.pdf». Accedido: 25 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/M anual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/M anual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf)
- [31] «Geotecnia. Especificación estándar para clasificación de suelos y mezclas de suelo-agregado para propósitos de construcción de carreteras.», *ASOCIACION INSTITUTO DE NORMAS TECNICAS DE COSTA RICA*. <https://www.inteco.org/shop/inte-c365-2020-geotecnia-especificacion-estandar-para-clasificacion-de-suelos-y-mezclas-de-suelo-agregado-para-propositos-de-construccion-de-carreteras-8847> (accedido 13 de abril de 2023).
- [32] aurix P. System, «Catálogo Normas Técnicas Peruanas - INACAL», *INACAL portal*. <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/catalogo-bibliografico> (accedido 13 de abril de 2023).
- [33] «Astm c618 - 19 - Spanish», *pdfcoffee.com*. <https://pdfcoffee.com/astm-c618-19-spanish-3-pdf-free.html> (accedido 25 de octubre de 2022).
- [34] «▷ Suelos Arcillosos: características, qué cultivar y cómo mejorar este suelo | Balam», 14 de diciembre de 2020. <https://balam.es/suelo-arcilloso-caracteristicas-que-cultivar-y-como-mejorar-este-suelo/> (accedido 25 de octubre de 2022).
- [35] «NORMACE020.pdf». Accedido: 25 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: [http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Normalizacion/normas/NORMACE020.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/NORMACE020.pdf)
- [36] «🔍 Diccionario de la Construcción», 🔍 *Diccionario de la Construcción*. <https://www.diccionariodelaconstruccion.com> (accedido 25 de octubre de 2022).
- [37] A. Kumar Rai, G. Singh, y A. Kumar Tiwari, «Comparative study of soil stabilization with glass powder, plastic and e-waste: A review», *Materials Today: Proceedings*, vol. 32, pp. 771-776, ene. 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.03.570.
- [38] «Polvo de vidrio | Aplicación refractaria», *African Pegmatite*. <https://mineralmilling.com/es/refractario/polvo-de-vidrio/> (accedido 25 de octubre de 2022).
- [39] N. Aguilar-Rivera, «Efecto del almacenamiento de bagazo de caña en las propiedades físicas de celulosa grado papel», *Ingeniería, investigación y tecnología*, vol. 12, n.º 2, pp. 189-197, jun. 2011, Accedido: 25 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1405-77432011000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-77432011000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- [40] «mecanica-desuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf». Accedido: 14 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf>
- [41] T. I. Miranda, «Ingeniería de pavimentos - Alfonso Montejo Fonseca», Accedido: 28 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria\\_de\\_pavimentos\\_Alfonso\\_Montejo\\_Fonseca](https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria_de_pavimentos_Alfonso_Montejo_Fonseca)
- [42] C. H. Higuera Sandoval, J. C. Gómez Cristancho, y Ó. E. Pardo Naranjo, «Caracterización de un suelo arcilloso tratado con hidróxido de calcio», *Facultad de*

- Ingeniería*, vol. 21, n.º 32, pp. 21-40, 2012, Accedido: 12 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4222676>
- [43] E. Nnochiri y O. Aderinlewo, «GEOTECHNICAL PROPERTIES OF LATERITIC SOIL STABILIZED WITH THE ASHES OF OIL PALM FRONDS», *Stavební obzor - Civil Engineering Journal*, vol. 25, n.º 4, Art. n.º 4, dic. 2016, doi: 10.14311/CEJ.2016.04.0022.
- [44] M. B. Suárez, «Metodología de Investigación Científica para ingeniería Civil», Accedido: 23 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_Investigaci%C3%B3n\\_Cient%C3%ADfica\\_para\\_ingenier%C3%ADa\\_Civil](https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil)

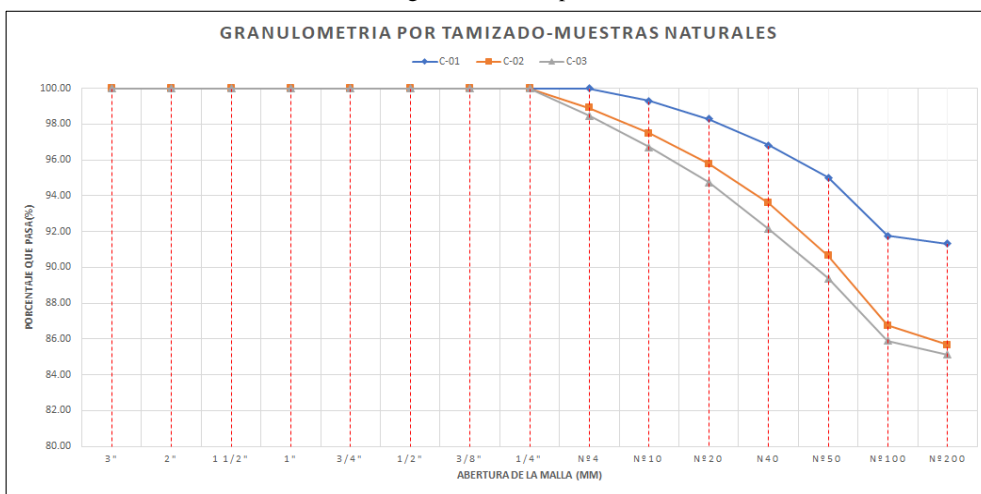
# ANEXOS

Anexo N° 1. Gráfica de Contenido de humedad de Muestras Naturales.



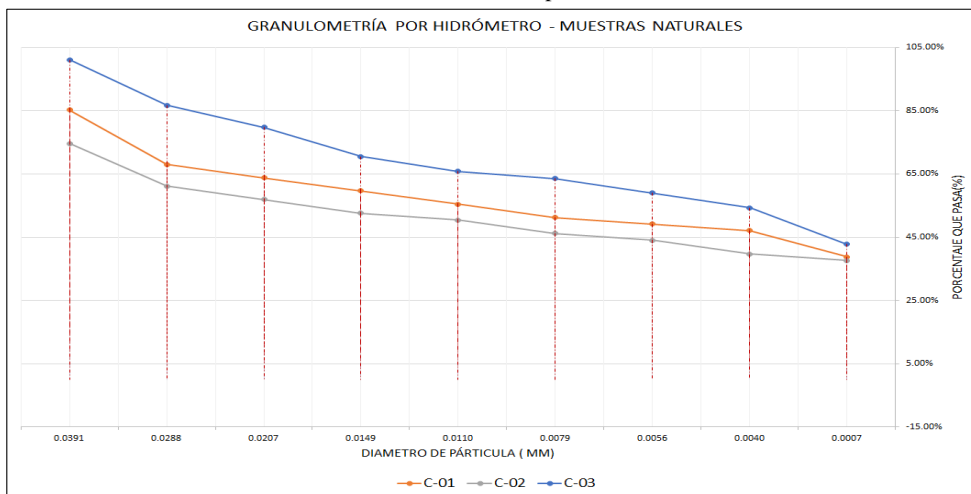
Fuente: Propia

Anexo N° 2. Gráfica de Curva granulométrica por tamizado de las 3 calicatas .



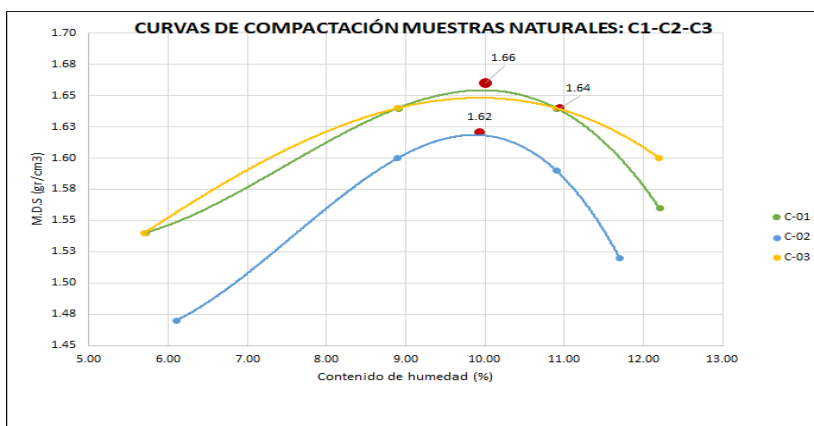
Fuente: Propia

Anexo N° 3. Gráfica de Curva Granulométrica por hidrómetro de las 3 calicatas.



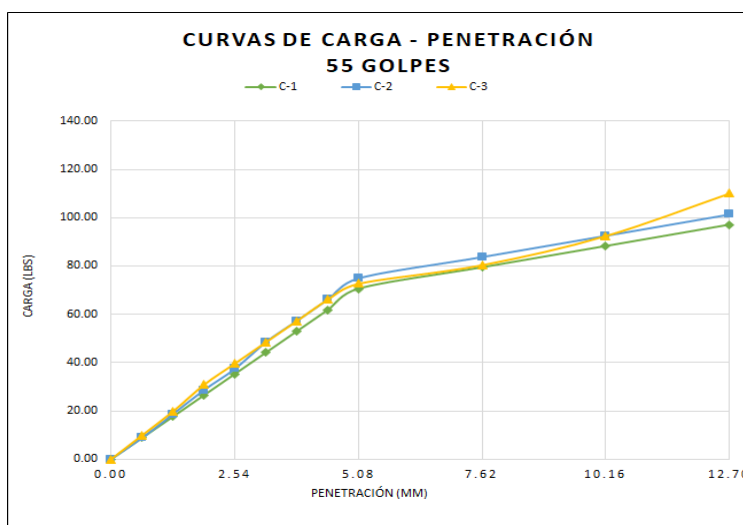
Fuente: Propia

Anexo N° 4. Curvas de compactación de las muestras naturales.



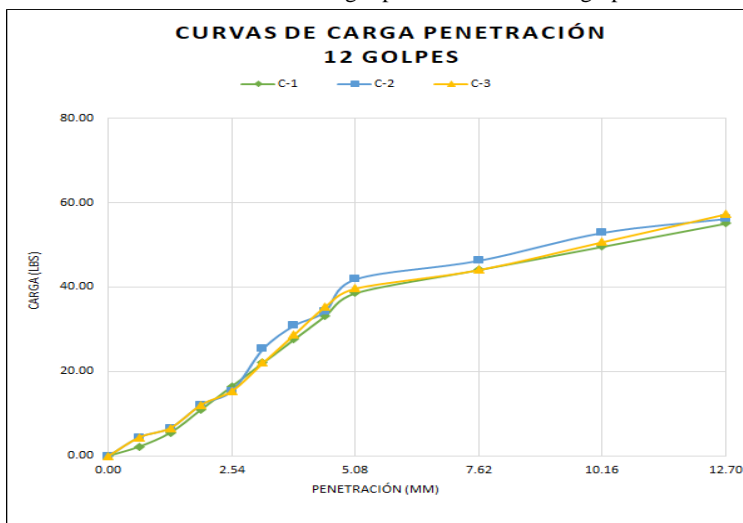
Fuente: Propia

Anexo N° 5. Curvas de carga -penetración a los 55 golpes.



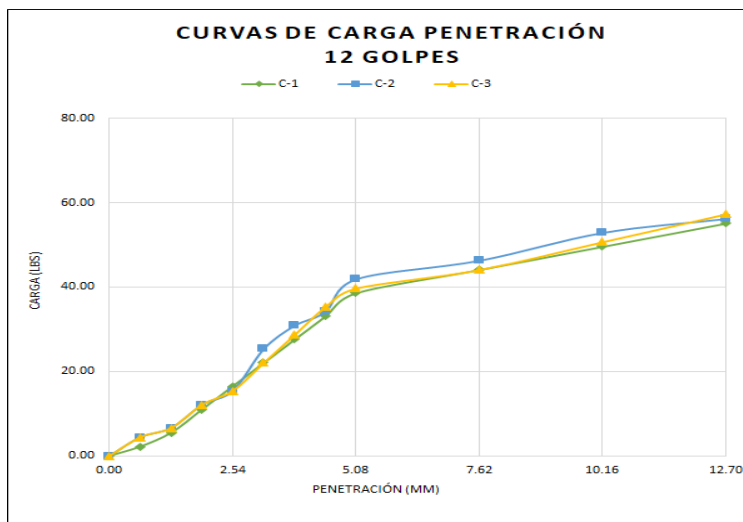
Fuente: Propia

Anexo N° 6. Curvas de carga -penetración a los 26 golpes.

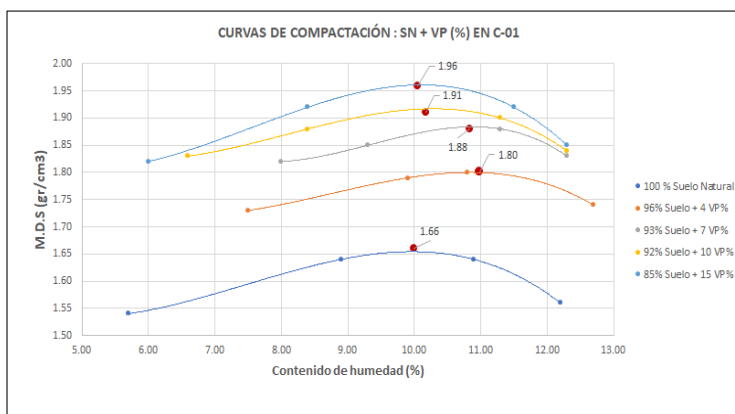


Fuente: Propia

Anexo N° 7. Curvas de carga -penetración a los 12 golpes.

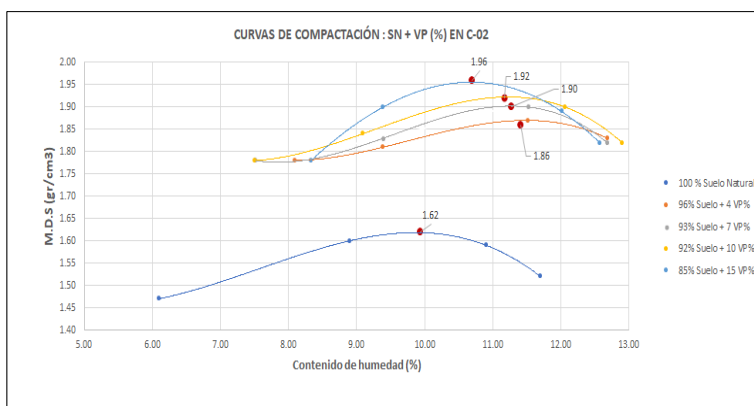


Anexo N° 8. Gráfica de curvas de compactación de SN + VP (%) en C-01.



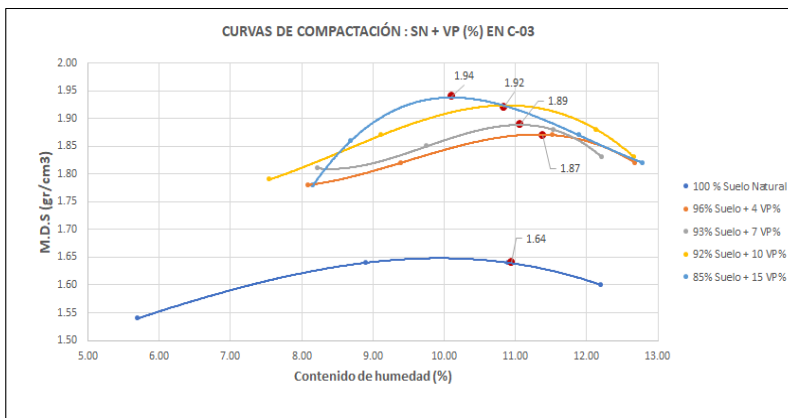
Fuente: Propia

Anexo N° 9. Gráfica de curvas de compactación de SN + VP (%) en C-02.



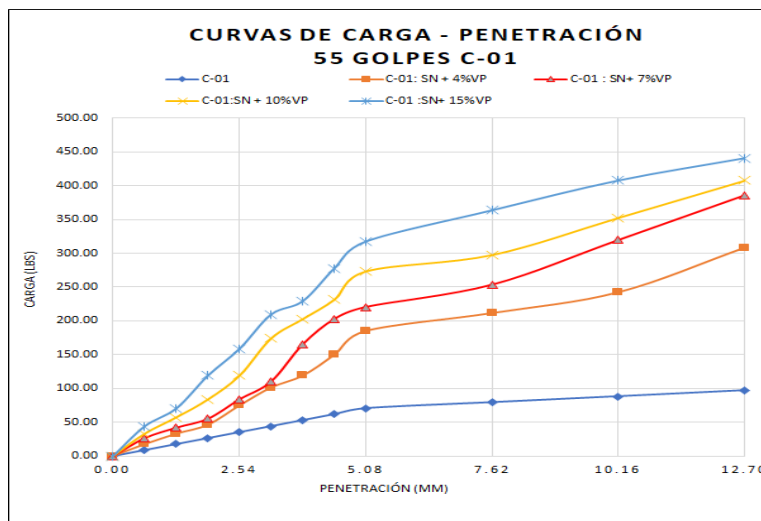
Fuente: Propia

Anexo N° 10. Gráfica de curvas de compactación de SN + VP (%) en C-03.



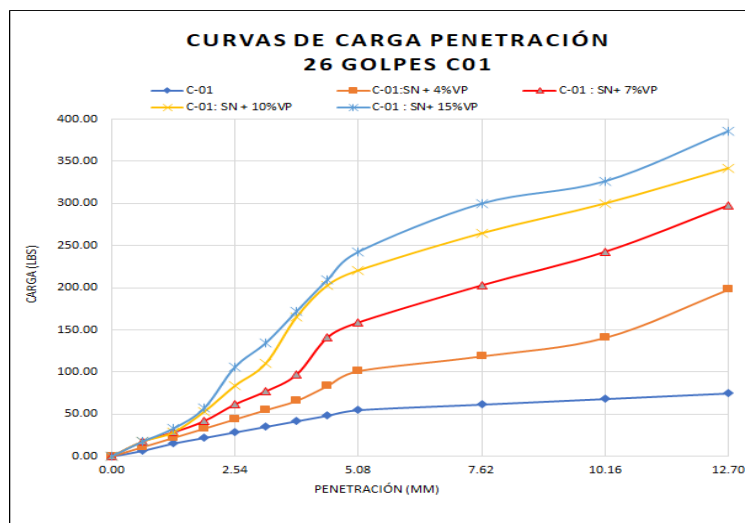
Fuente: Propia

Anexo N° 11. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +VP( %) a 55 golpes C-01



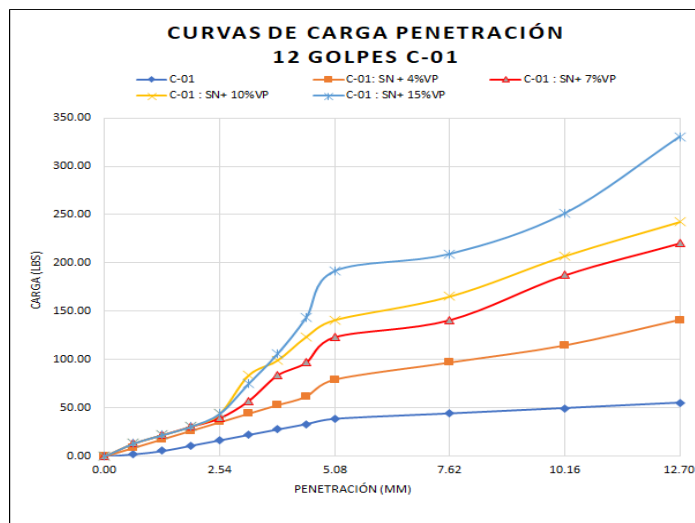
Fuente: Propia

Anexo N° 12. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +VP( %) a 26 golpes C-01



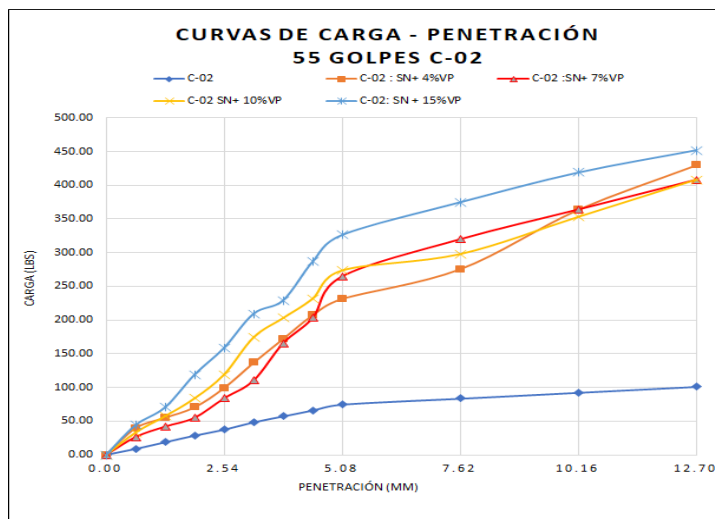
Fuente: Propia

Anexo N° 13. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +VP( %) a 12 golpes C-01



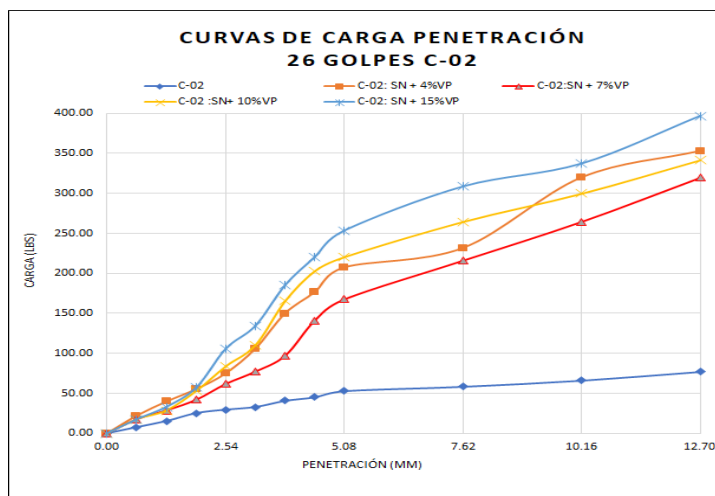
Fuente: Propia

Anexo N° 14. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +VP( %) a 55 golpes C-02



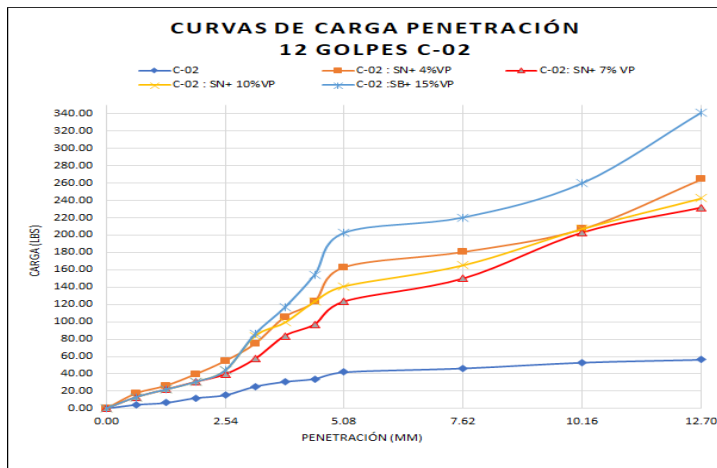
Fuente: Propia

Anexo N° 15. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +VP( %) a 26 golpes C-02



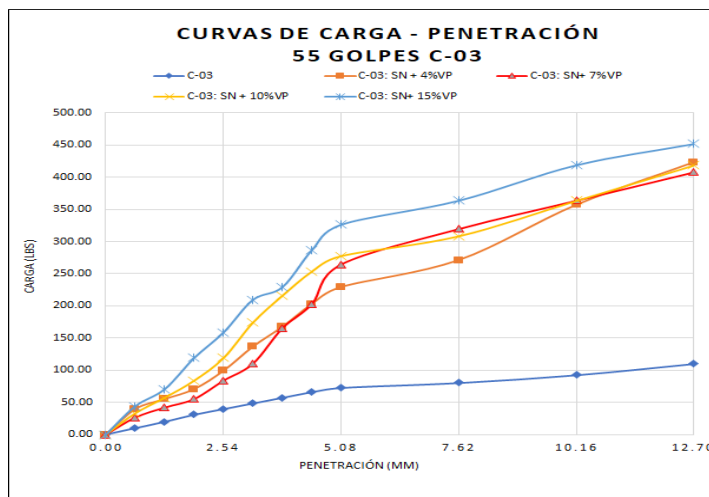
Fuente: Propia

Anexo N° 16. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +VP( %) a 12 golpes C-02



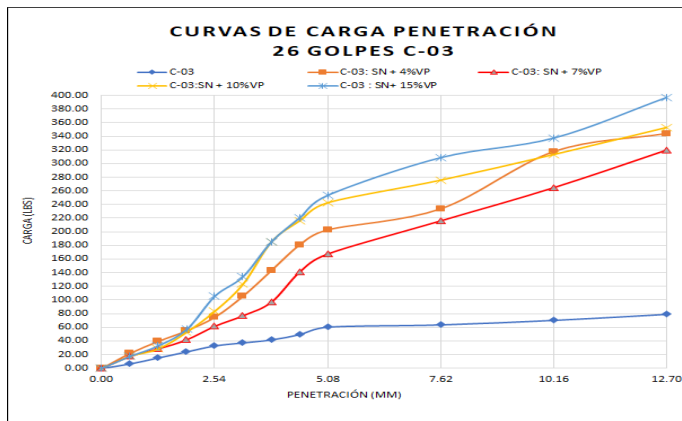
Fuente: Propia

Anexo N° 17. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +VP( %) a 55 golpes C-03



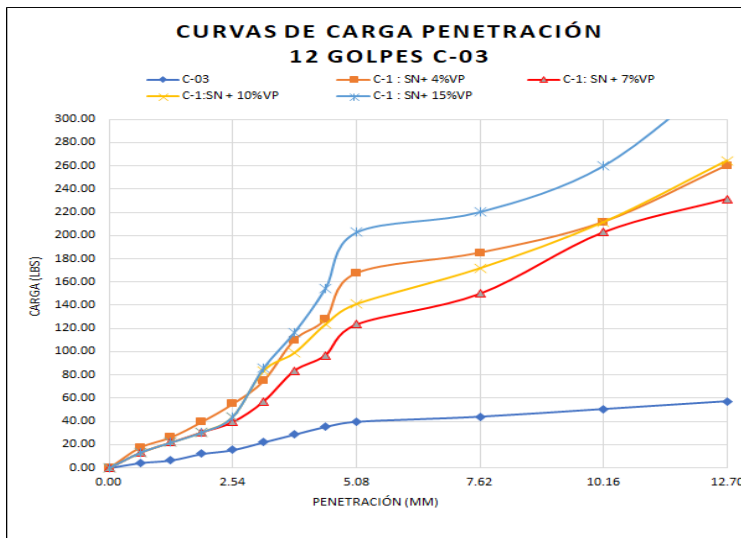
Fuente: Propia

Anexo N° 18. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +VP( %) a 26 golpes C-03



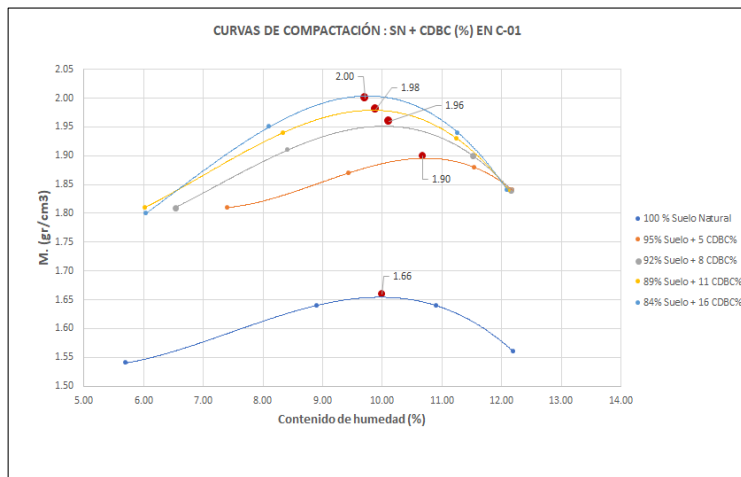
Fuente: Pro

Anexo N° 19. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +VP( %) a 12 golpes C-03



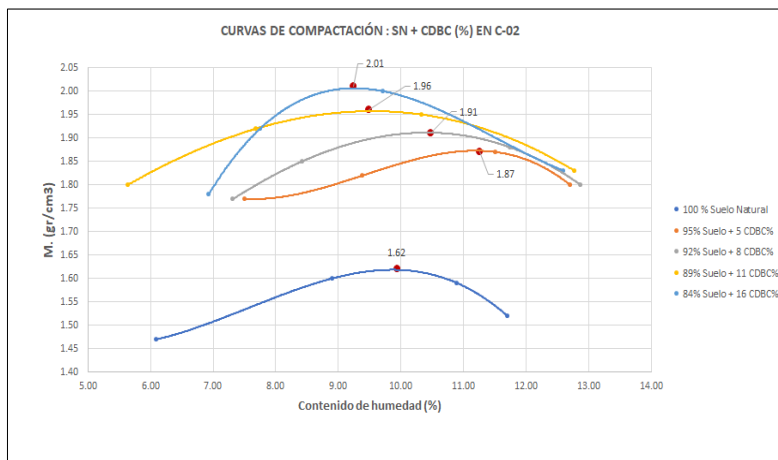
Fuente: Propia

Anexo N° 20. Gráfica de curvas de compactación de SN + CDDBC (%) en C-01.



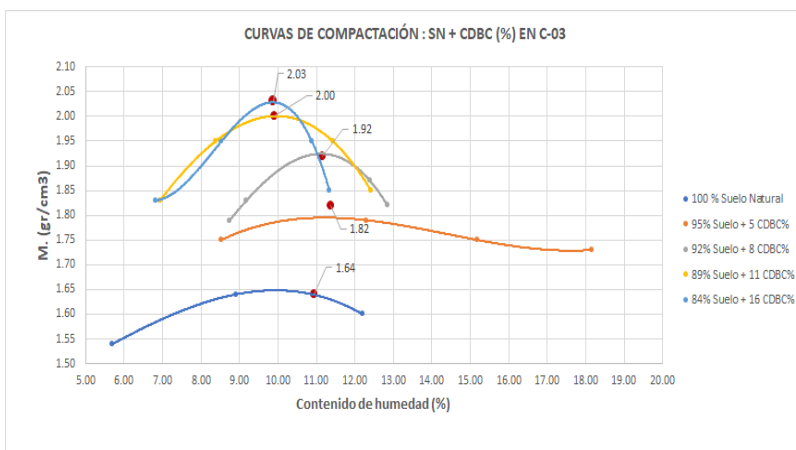
Fuente: Propia

Anexo N° 21. Gráfica de curvas de compactación de SN + CDDBC (%) en C-02.



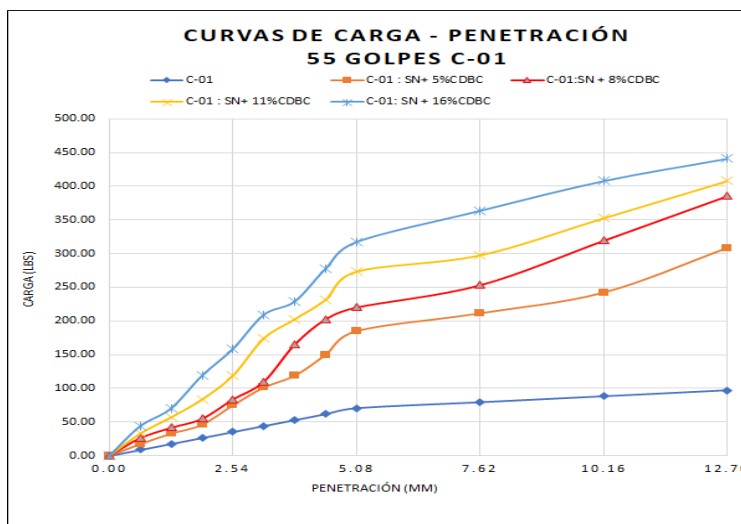
Fuente: Propia

Anexo N° 22. Gráfica de curvas de compactación de SN + CDBC (%) en C-03.



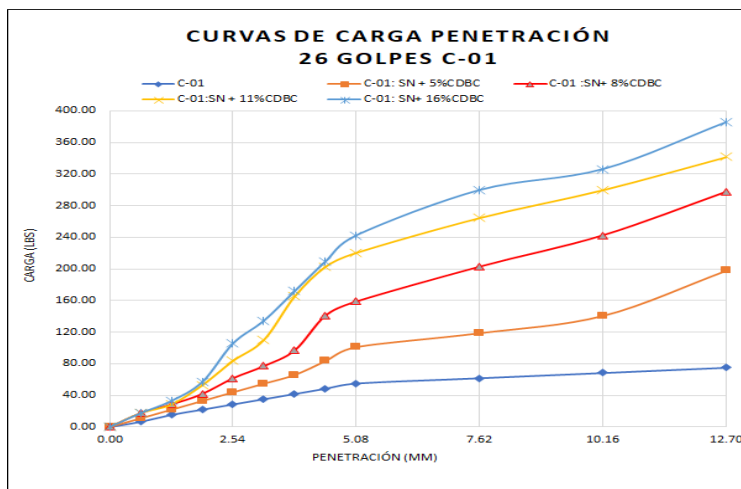
Fuente: Propia

Anexo N° 23. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +CDBC( %) a 55 golpes C-01



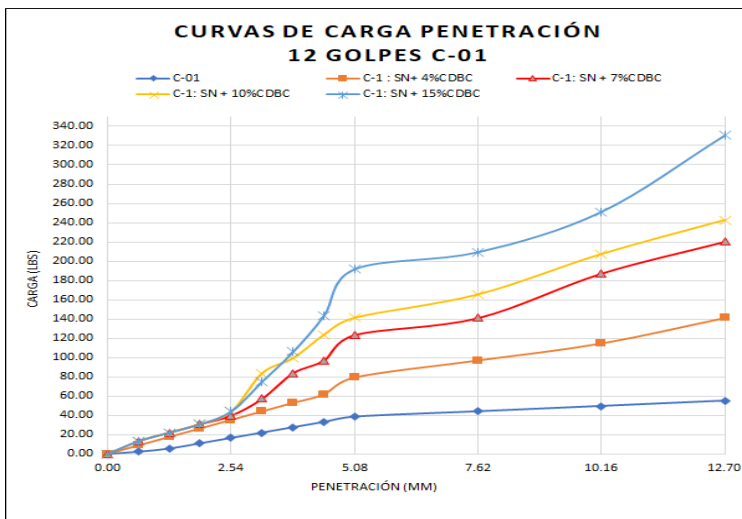
Fuente: Propia

Anexo N° 24. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +CDBC( %) a 26 golpes C-01.



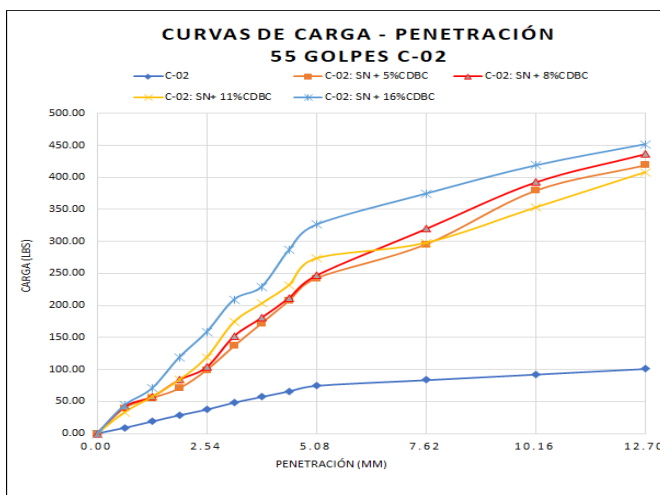
Fuente: Propia

Anexo N° 25. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +CDBC( %) a 12 golpes C-01



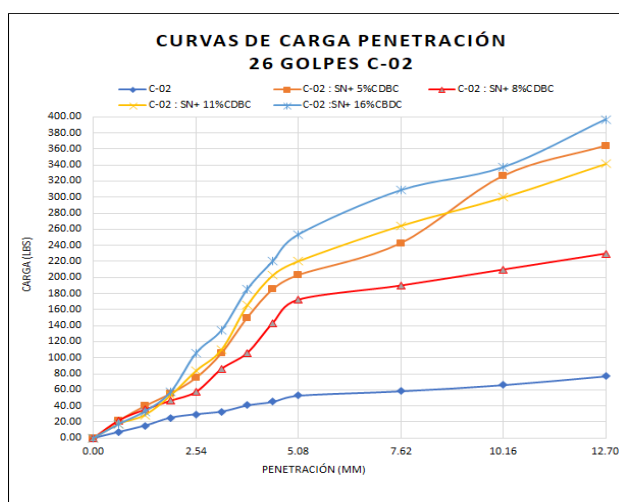
Fuente: Propia

Anexo N° 26. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +CDBC( %) a 55 golpes C-02



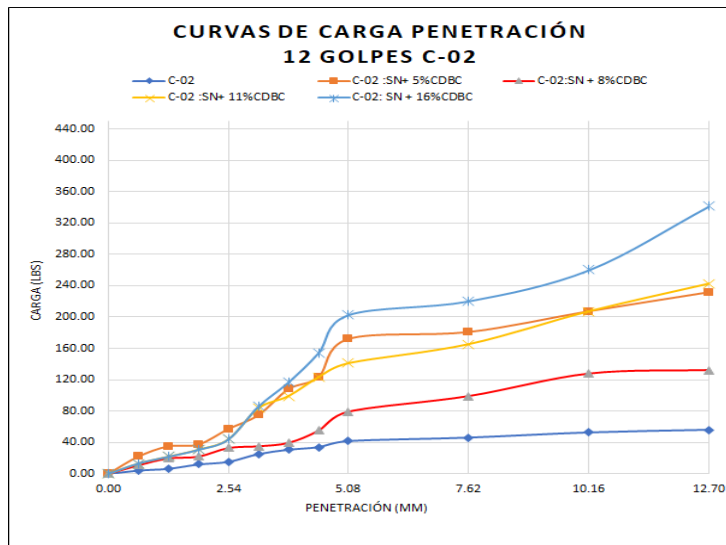
Fuente: Propia

Anexo N° 27. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +CDBC( %) a 26 golpes C-02.



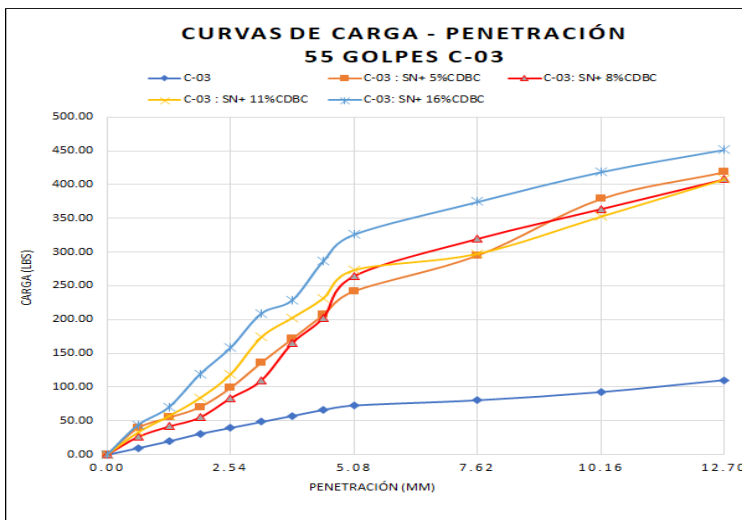
Fuente: Propia

Anexo N° 28. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +CDBC( %) a 12 golpes C-02



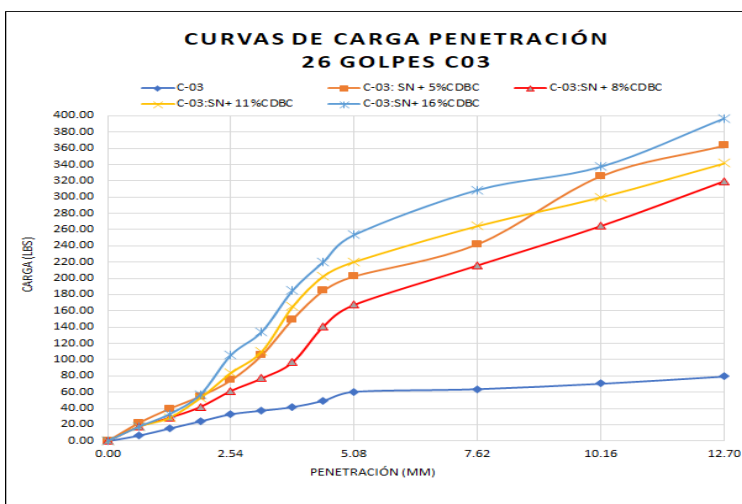
Fuente: Propia

Anexo N° 29. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +CDBC( %) a 55 golpes C-03



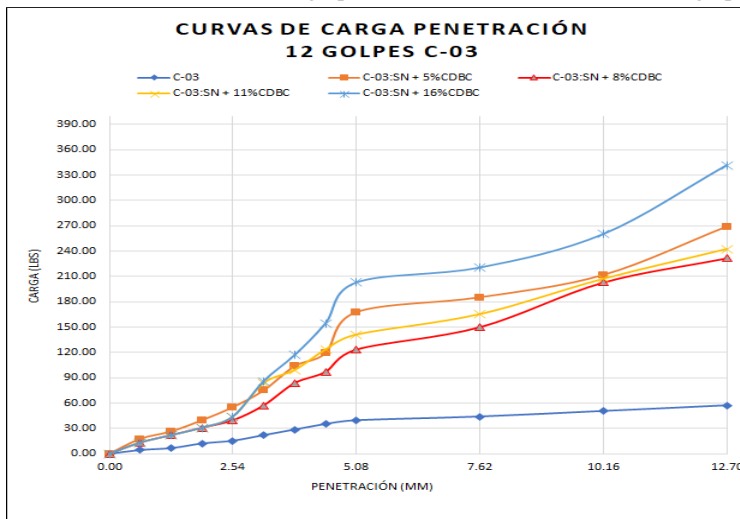
Fuente: Propia

Anexo N° 30. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +CDBC( %) a 26 golpes C-03.



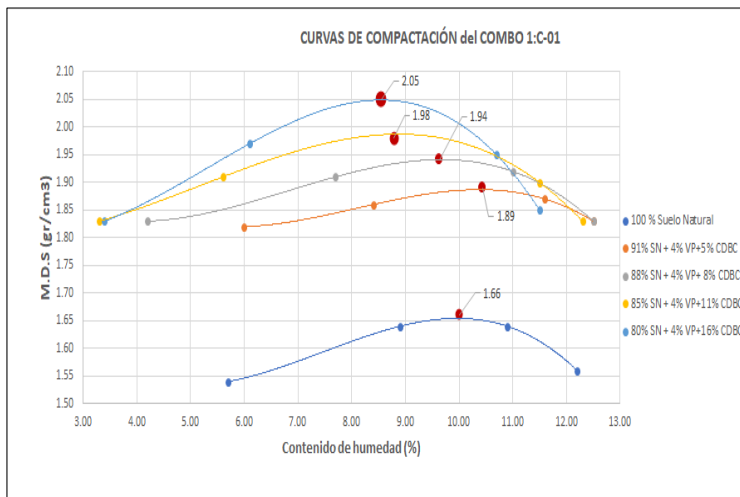
Fuente: Propia

Anexo N° 31. Gráfica de Curvas de carga-penetración de SN +CDBC(%) a 12 golpes C-03.

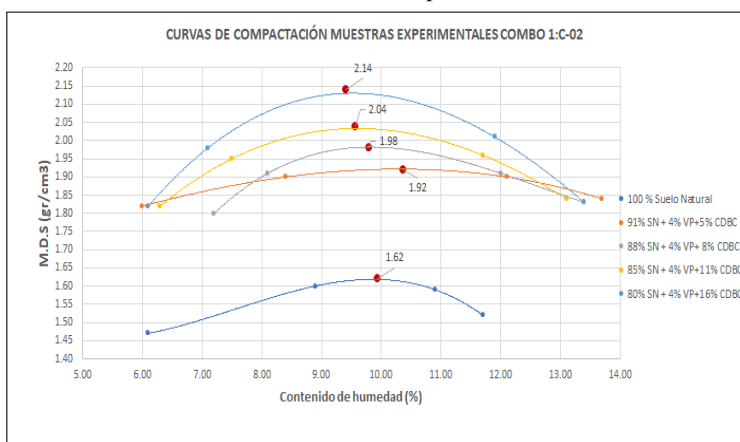


Fuente: Propia

Anexo N° 32. Gráfica de curvas de compactación del Combo 1:C-01

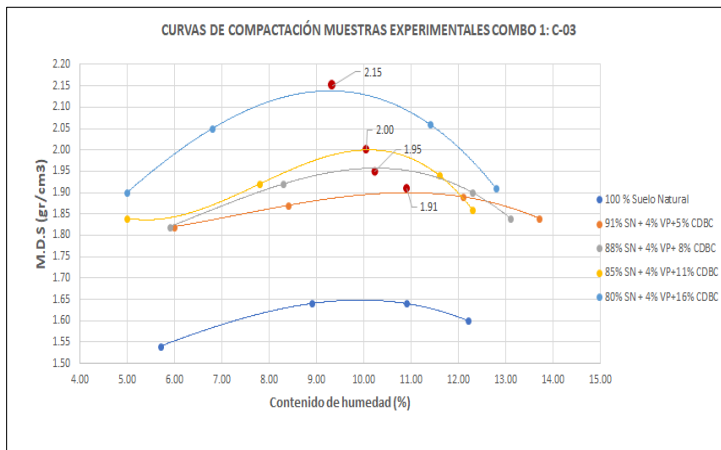


Anexo N° 33. Gráfica de curvas de compactación del Combo 1:C-02



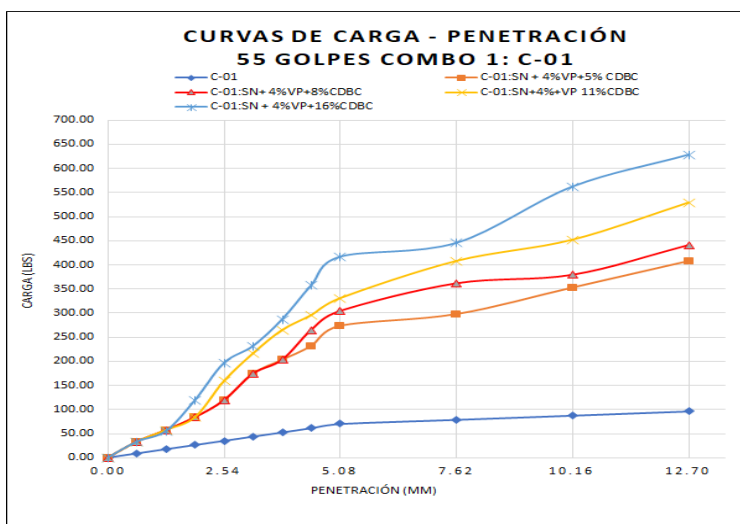
Fuente: Propia

Anexo N° 34. Gráfica de curvas de compactación del Combo 1:C-03



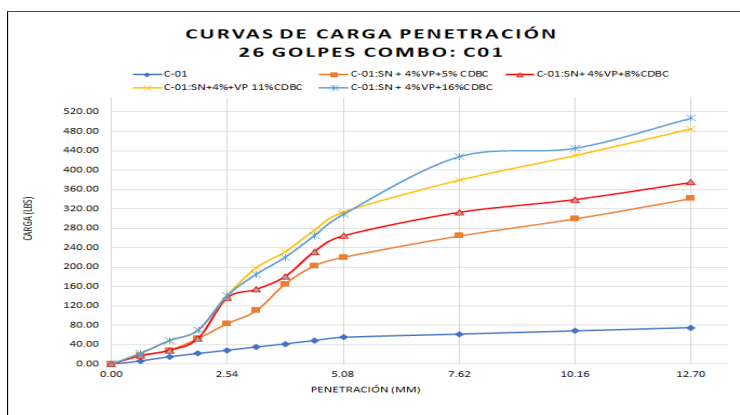
Fuente: Propia

Anexo N° 35. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1 a 55 golpes C-01



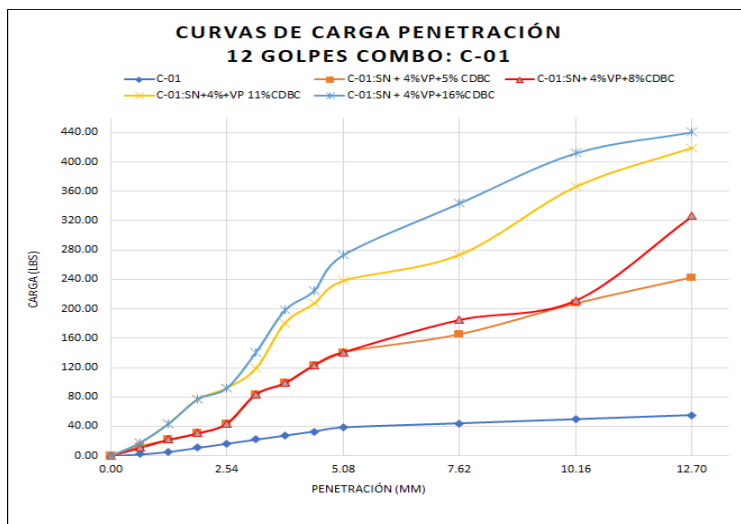
Fuente: Propia

Anexo N° 36. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1 a 26 golpes C-01



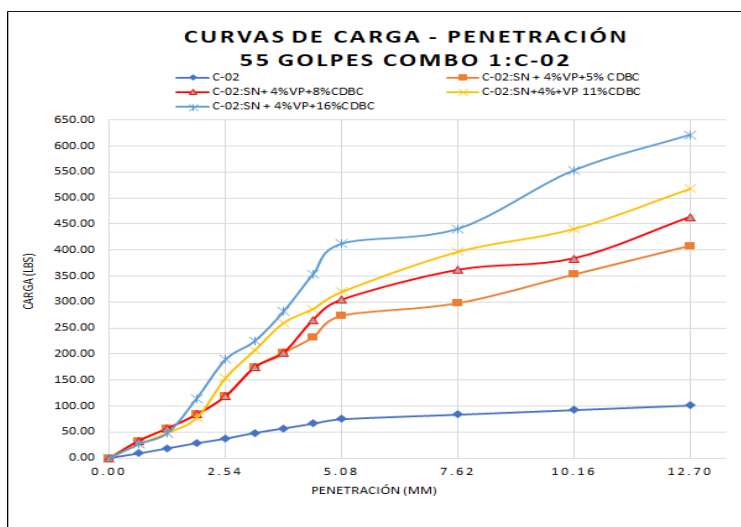
Fuente: Propia

Anexo N° 37. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1 a 12 golpes C-01



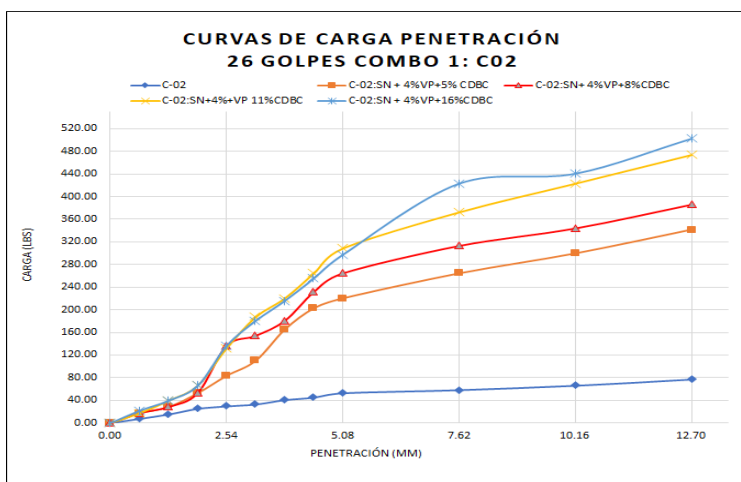
Fuente: Propia

Anexo N° 38. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1 a 55 golpes C-02



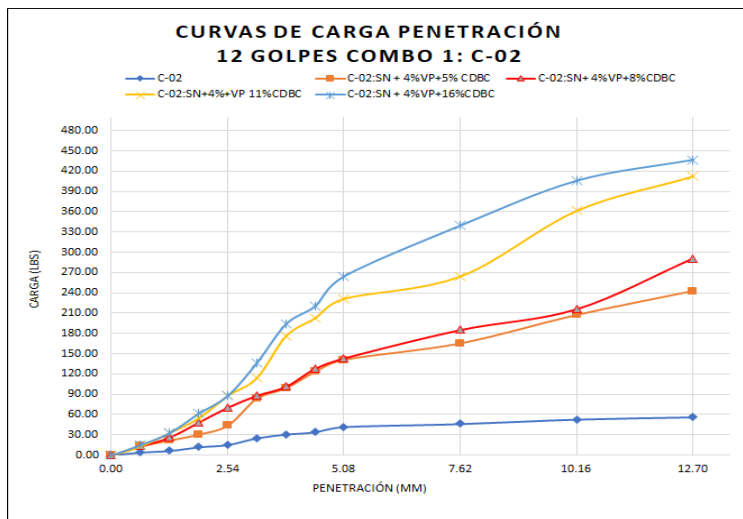
Fuente: Propia

Anexo N° 39. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1 a 26 golpes C-02



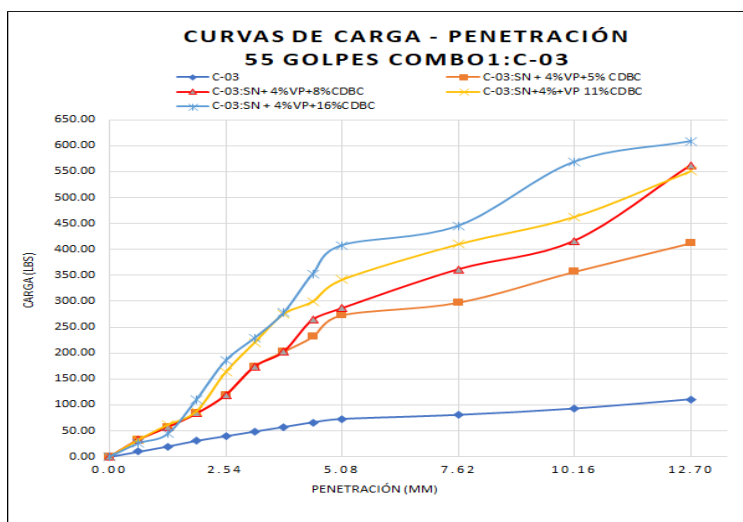
Fuente: Propia

Anexo N° 40. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1 a 12 golpes C-02



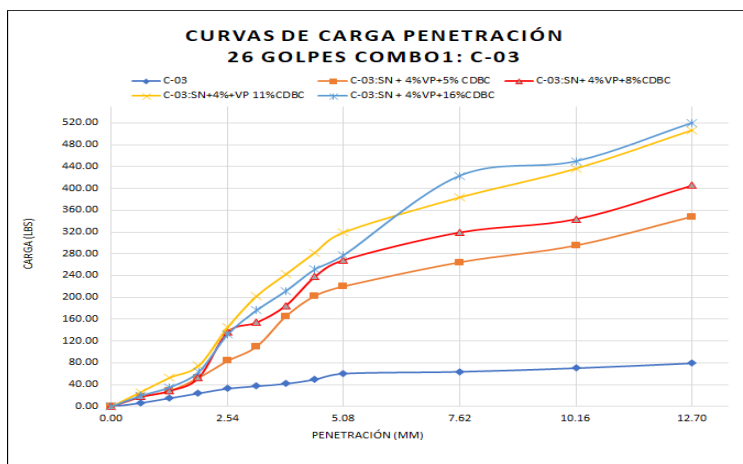
Fuente: Propia

Anexo N° 41. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1 a 55 golpes C-03



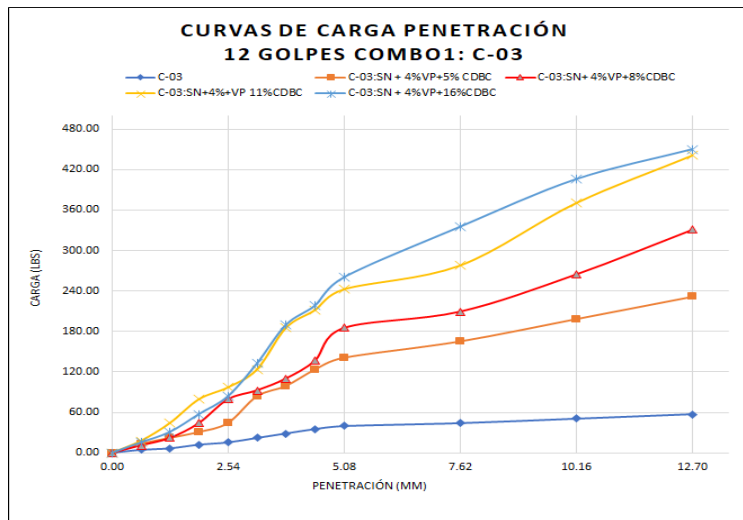
Fuente: Propia

Anexo N° 42. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1 a 26 golpes C-03



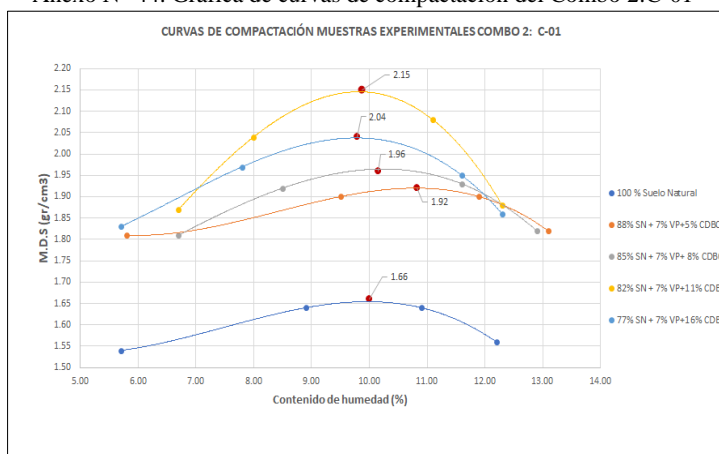
Fuente: Propia

Anexo N° 43. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1 a 12 golpes C-03



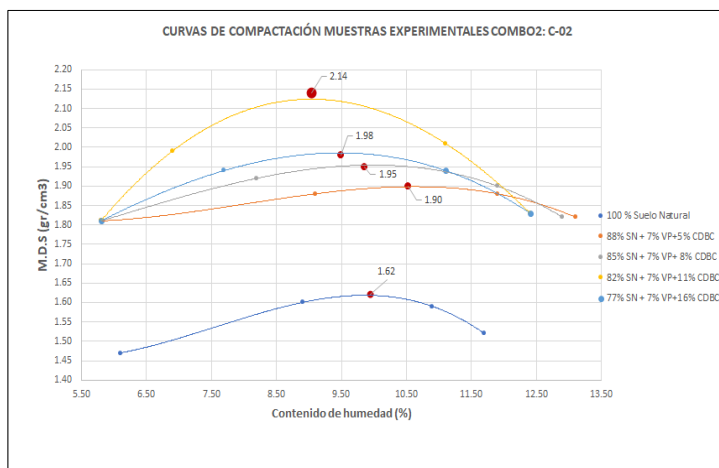
Fuente: Propia

Anexo N° 44. Gráfica de curvas de compactación del Combo 2:C-01



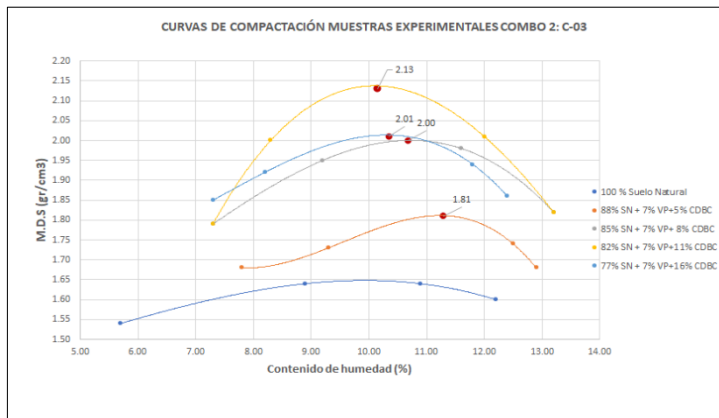
Fuente: Propia

Anexo N° 45. Gráfica de curvas de compactación del Combo 2:C-02



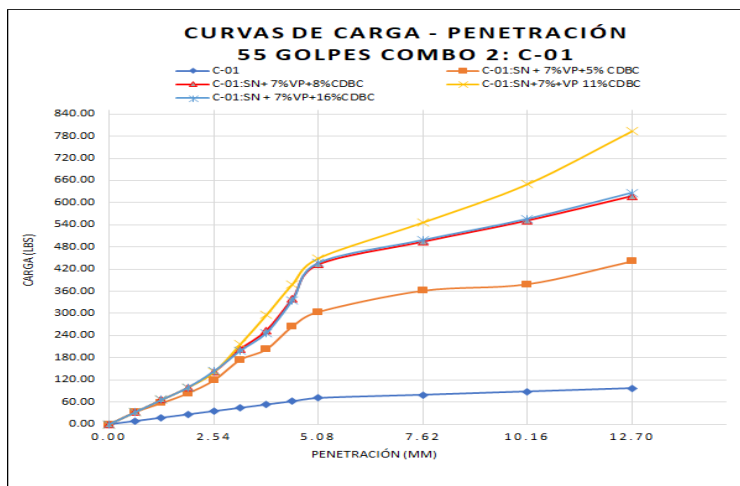
Fuente: Propia

Anexo N° 46. Gráfica de curvas de compactación del Combo 2:C-03



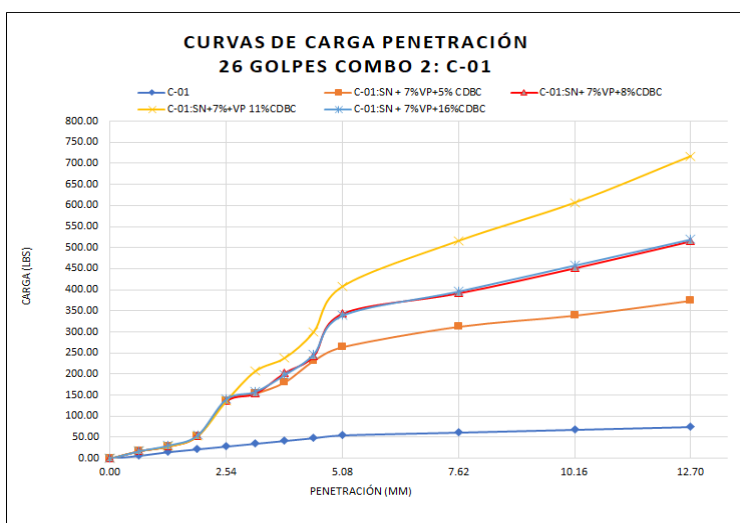
Fuente: Propia

Anexo N° 47. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2 a 55 golpes C-01

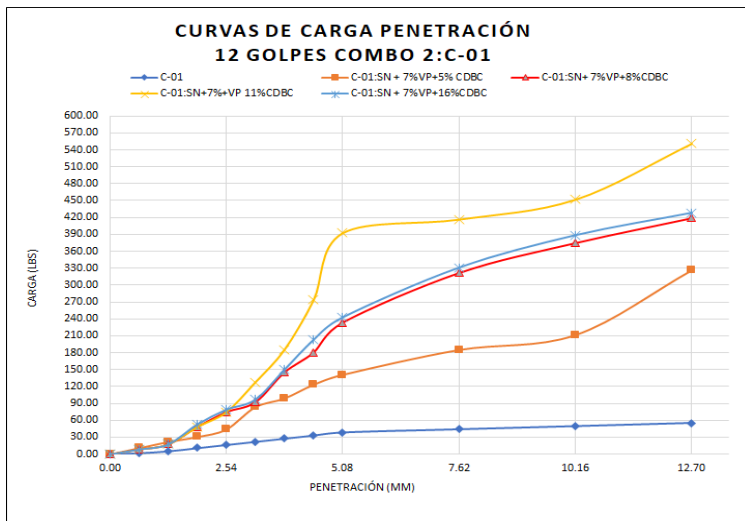


Fuente: Propia

Anexo N° 48. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2 a 26 golpes C-01

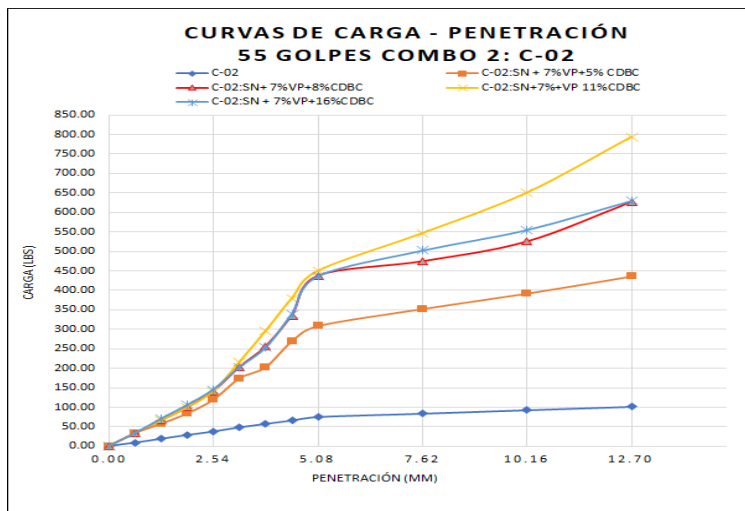


Anexo N° 49. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2 a 12 golpes C-01



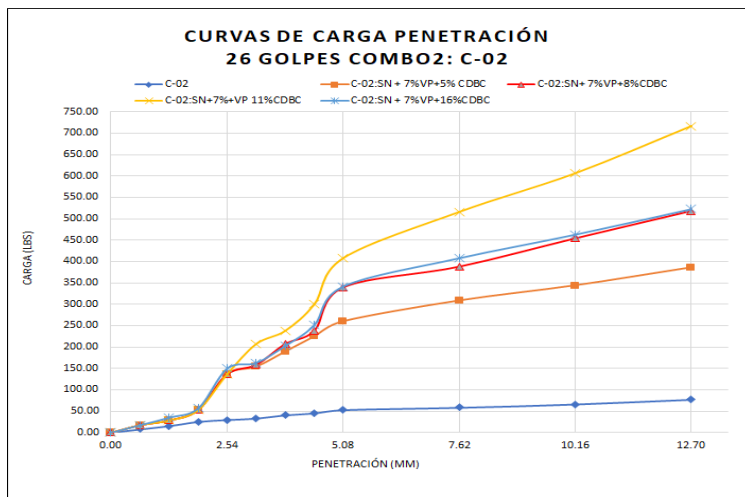
Fuente: Propia

Anexo N° 50. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2 a 55 golpes C-02



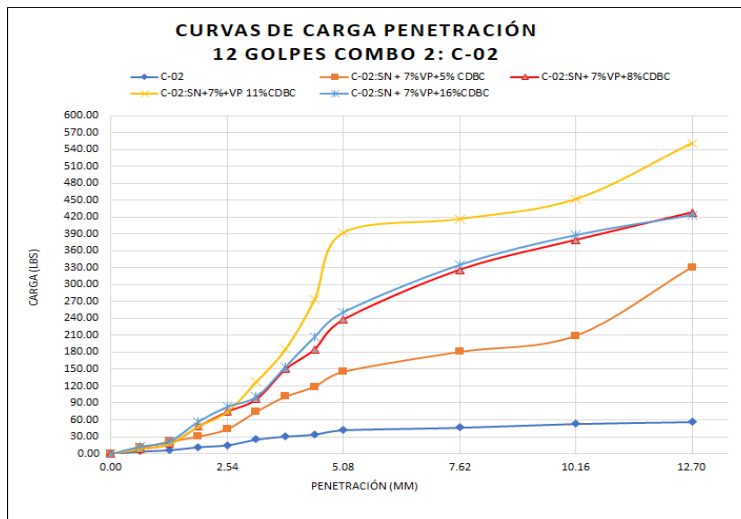
Fuente: Propia

Anexo N° 51. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2 a 26 golpes C-02



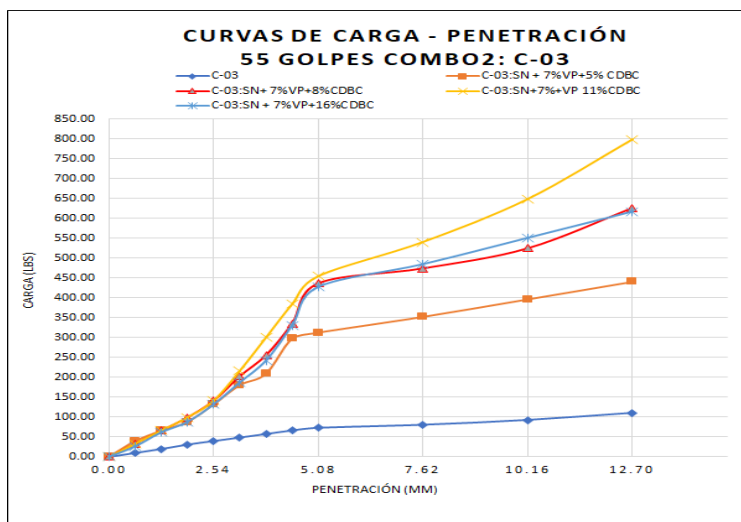
Fuente: Propia

Anexo N° 52. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2 a 12 golpes C-02



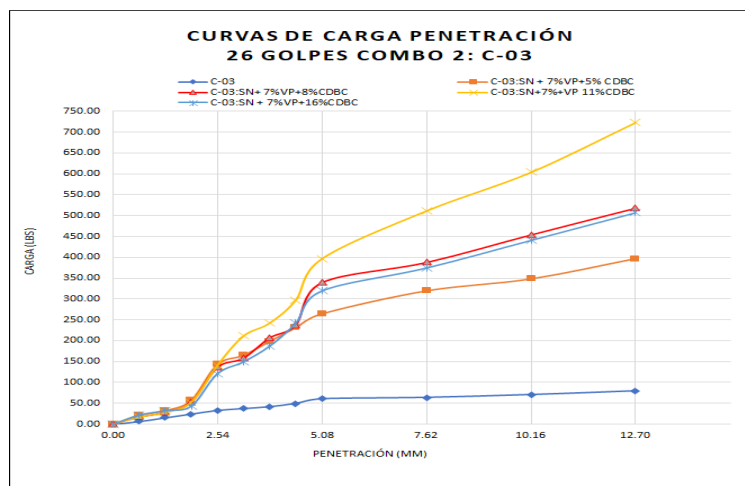
Fuente: Propia

Anexo N° 53. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2 a 55 golpes C-03



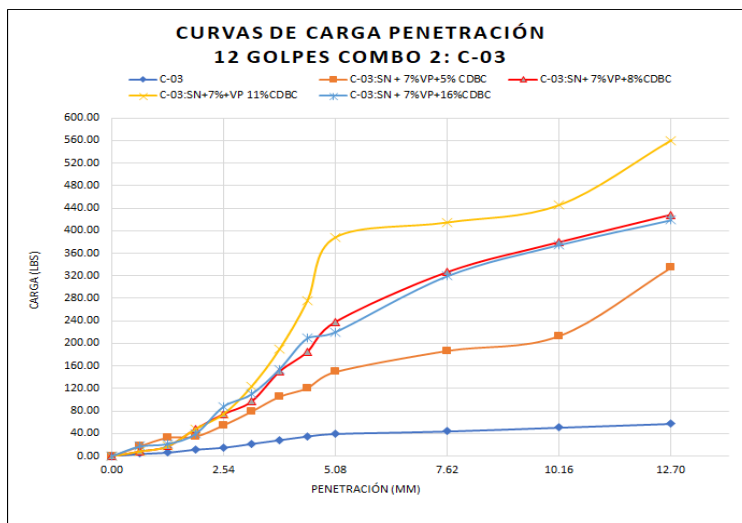
Fuente: Propia

Anexo N° 54. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2 a 26 golpes C-03



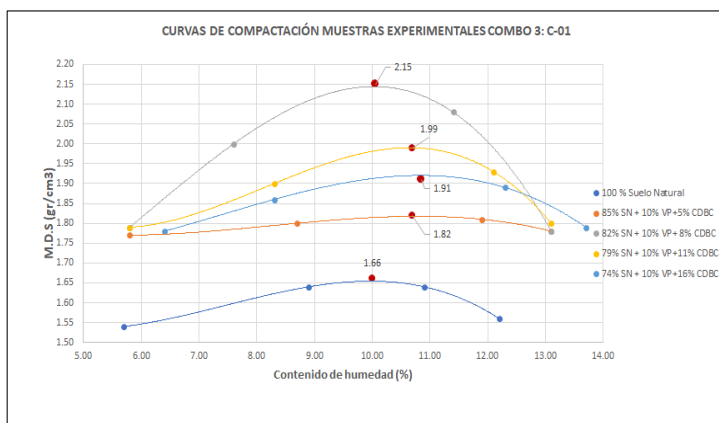
Fuente: Propia

Anexo N° 55. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2 a 12 golpes C-03



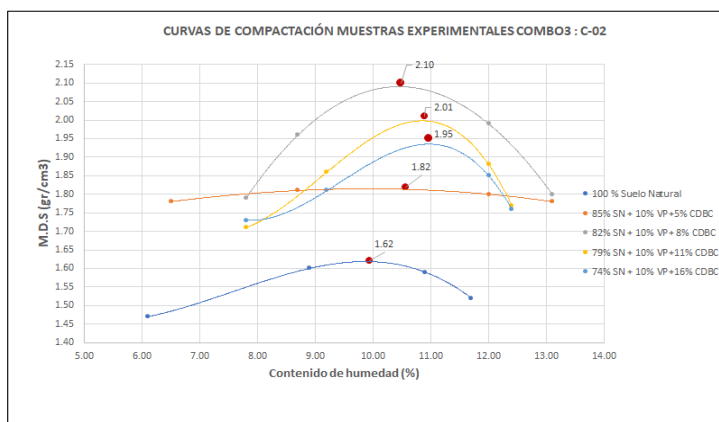
Fuente: Propia

Anexo N° 56. Gráfica de curvas de compactación del Combo 3:C-01



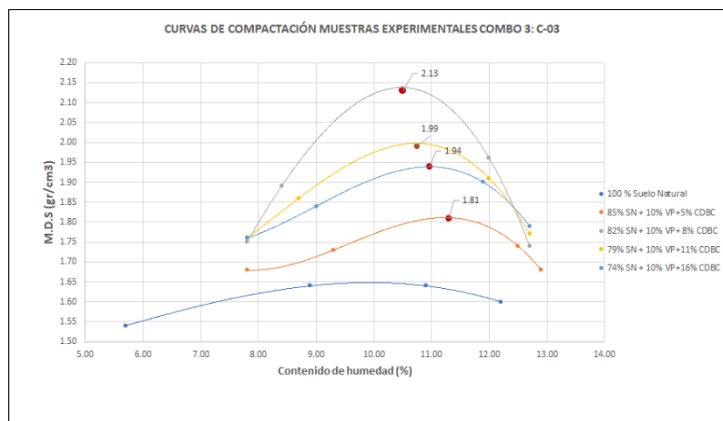
Fuente: Propia

Anexo N° 57. Gráfica de curvas de compactación del Combo 3:C-02



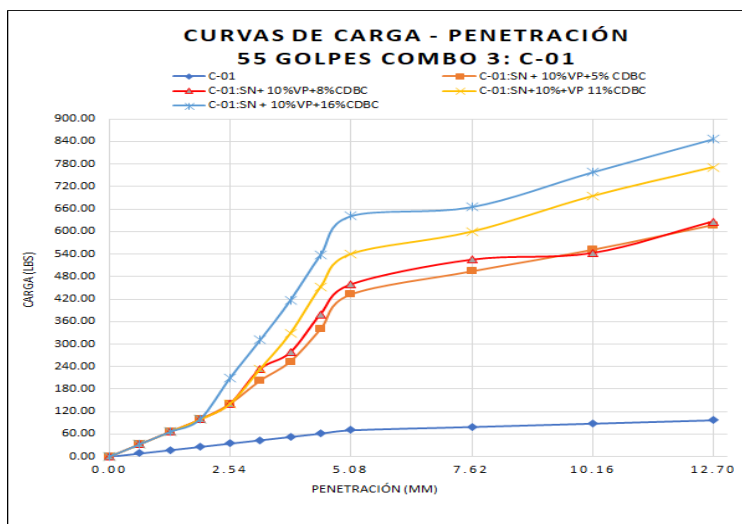
Fuente: Propia

Anexo N° 58. Gráfica de curvas de compactación del Combo 3:C-03



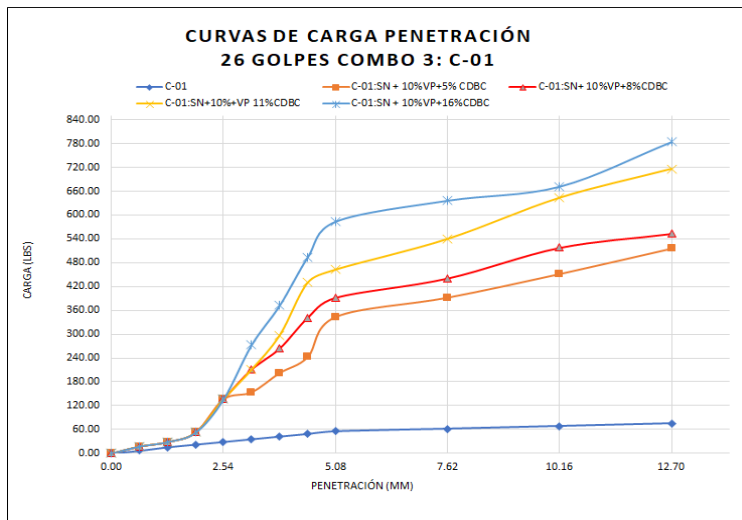
Fuente: Propia

Anexo N° 59. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3 a 55 golpes C-01



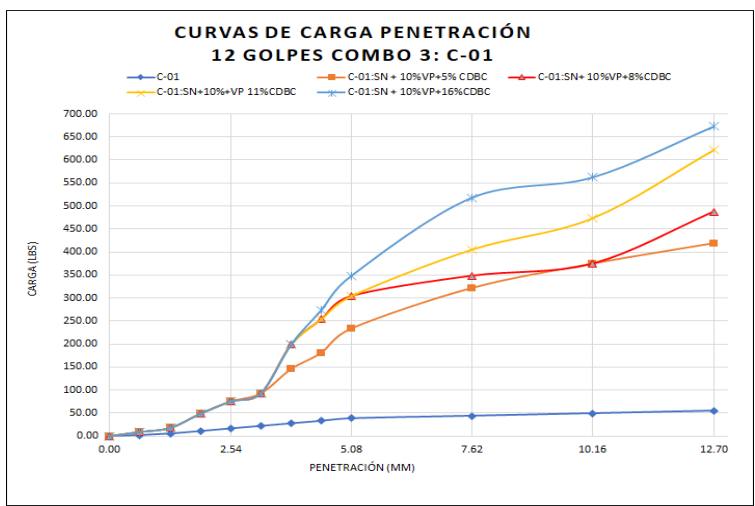
Fuente: Propia

Anexo N° 60. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3 a 26 golpes C-01



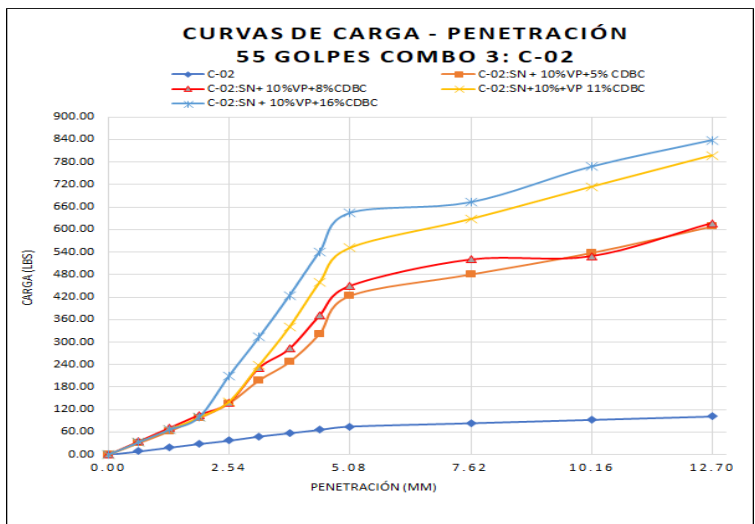
Fuente: Propia

Anexo N° 61. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3 a 12 golpes C-01



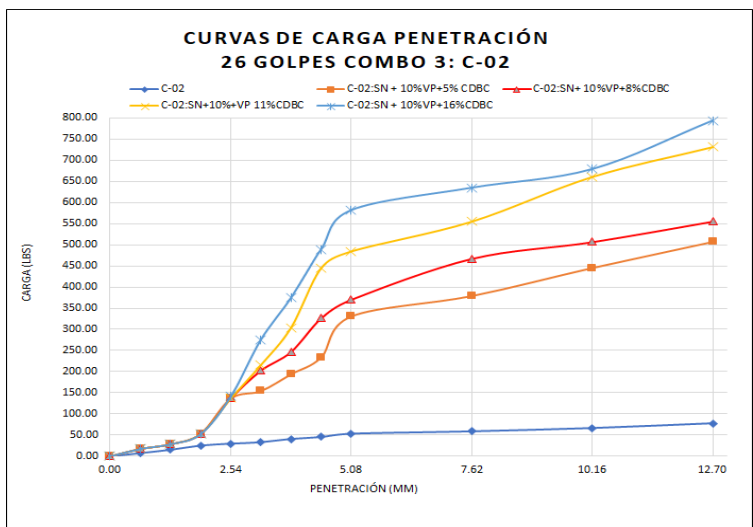
Fuente: Propia

Anexo N° 62. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3 a 55 golpes C-02



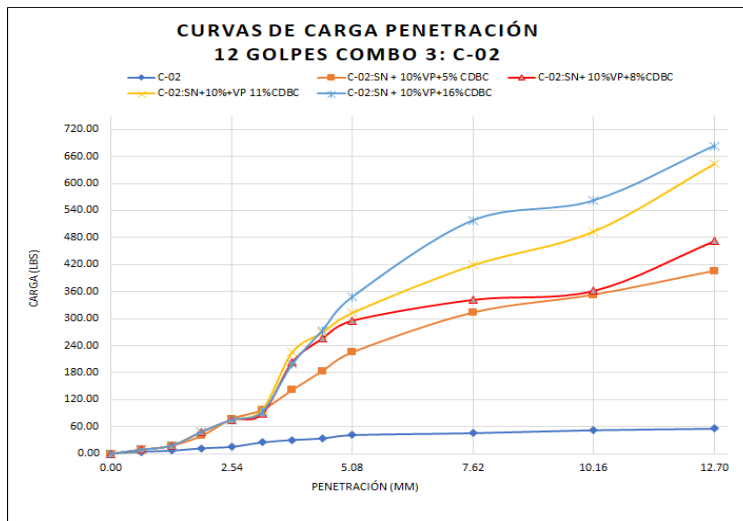
Fuente: Propia

Anexo N° 63. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3 a 26 golpes C-02



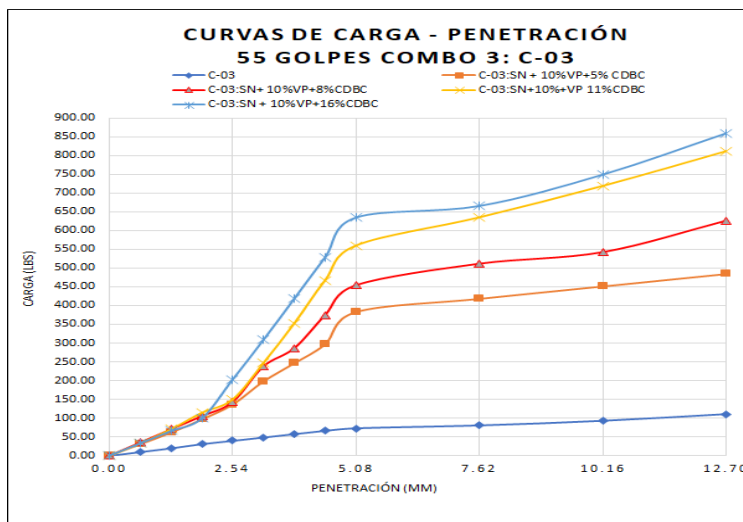
Fuente: Propia

Anexo N° 64. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3 a 12 golpes C-02



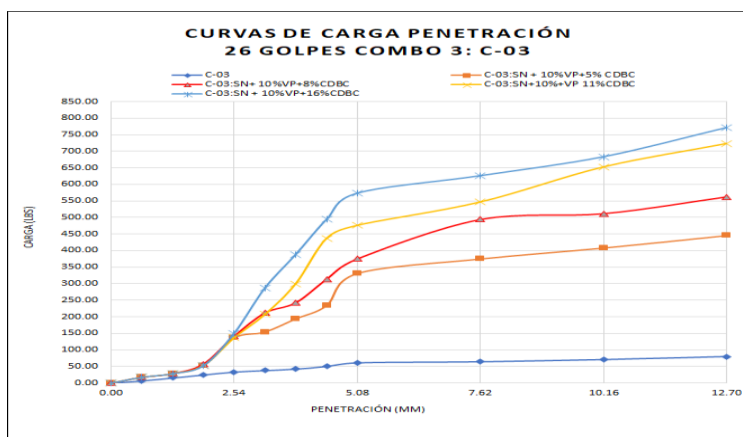
Fuente: Propia

Anexo N° 65. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3 a 55 golpes C-03



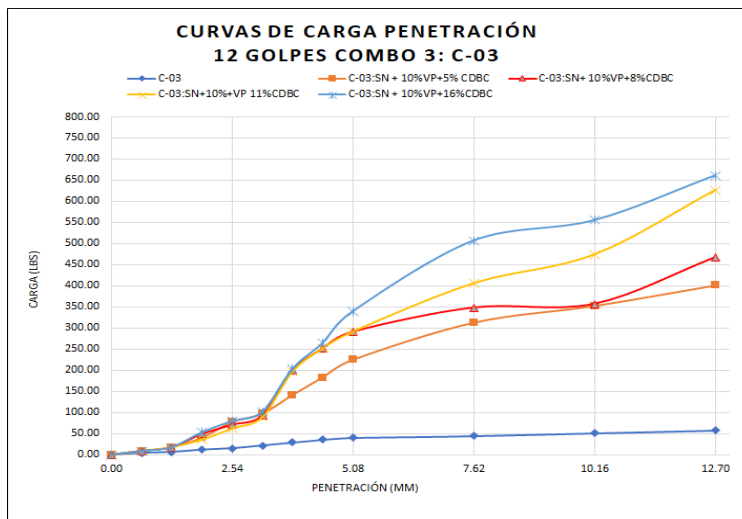
Fuente: Propia

Anexo N° 66. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3 a 26 golpes C-03



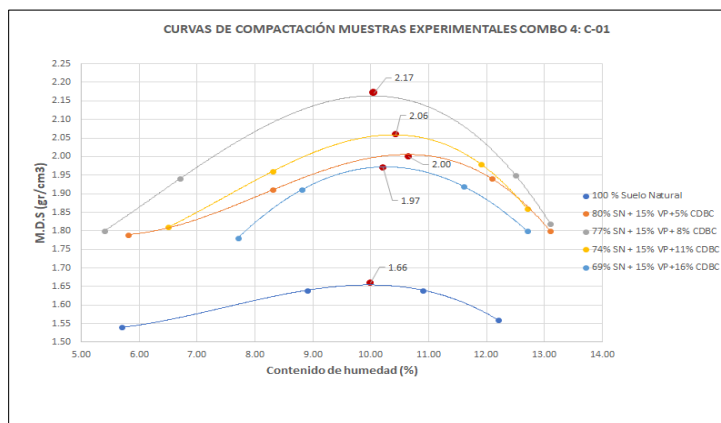
Fuente: Propia

Anexo N° 67. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3 a 12 golpes C-03



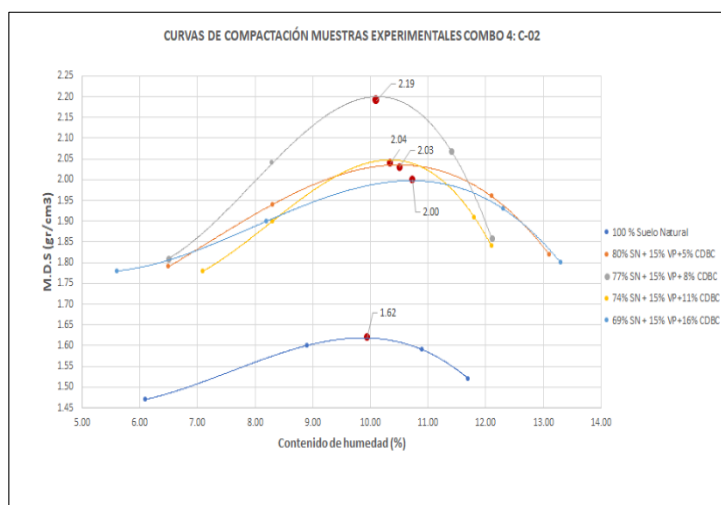
Fuente: Propia

Anexo N° 68. Gráfica de curvas de compactación del Combo 4:C-01



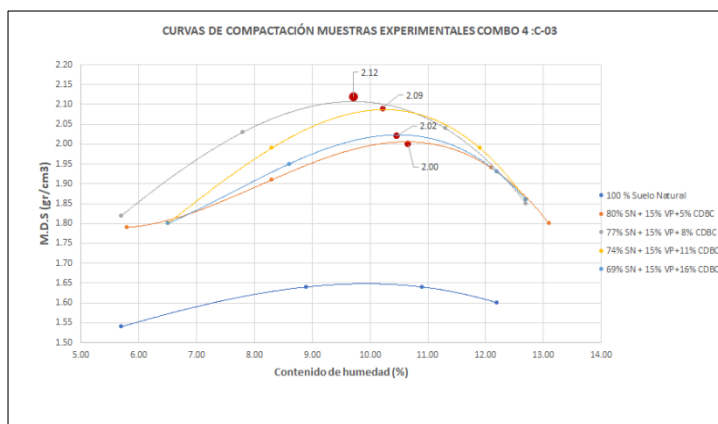
Fuente: Propia

Anexo N° 69. Gráfica de curvas de compactación del Combo 4:C-02



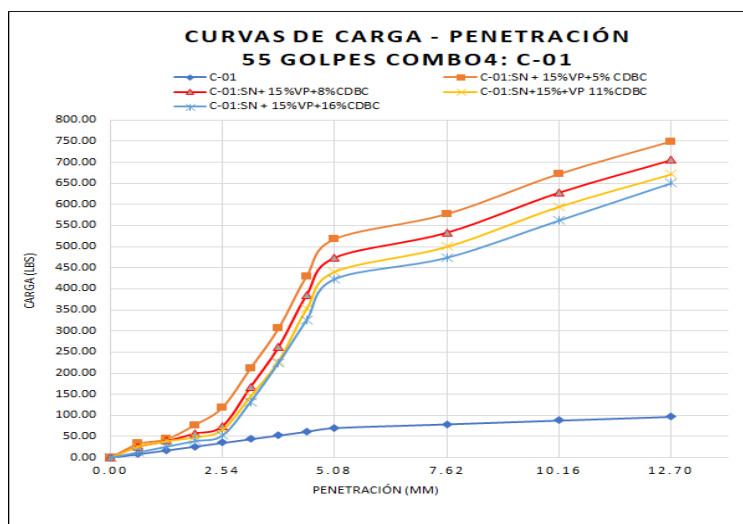
Fuente: Propia

Anexo N° 70. Gráfica de curvas de compactación del Combo 4:C-03



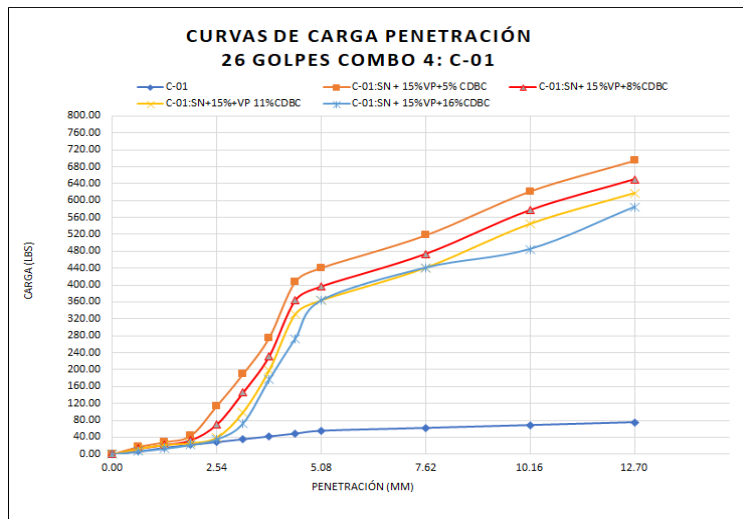
Fuente: Propia

Anexo N° 71. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4 a 55 golpes C-01



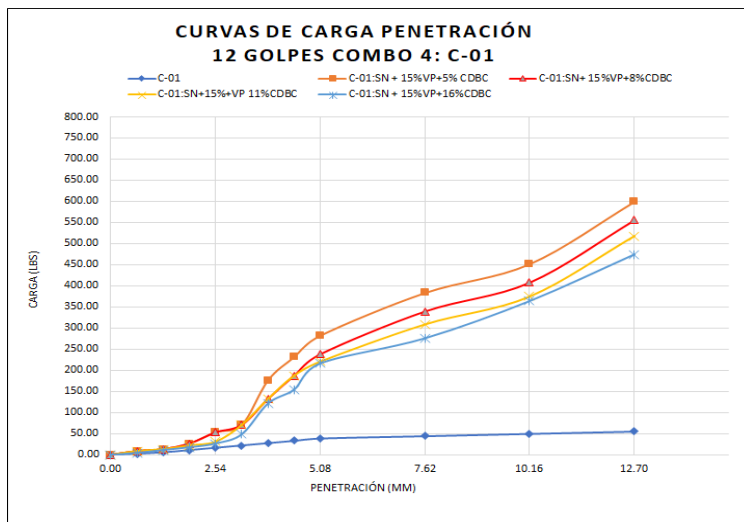
Fuente: Propia

Anexo N° 72. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4 a 26 golpes C-01



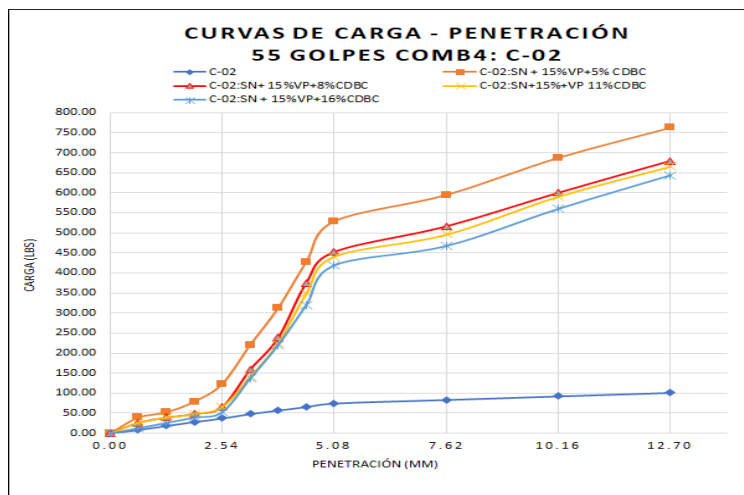
Fuente: Propia

Anexo N° 73. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4 a 12 golpes C-01



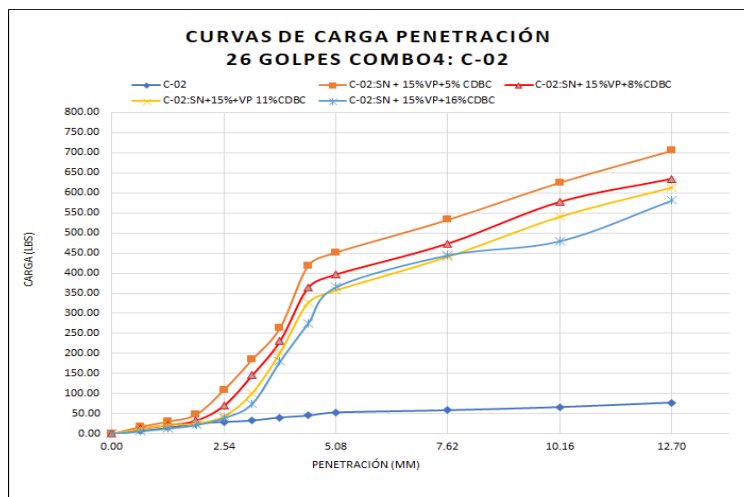
Fuente: Propia

Anexo N° 74. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4 a 55 golpes C-02



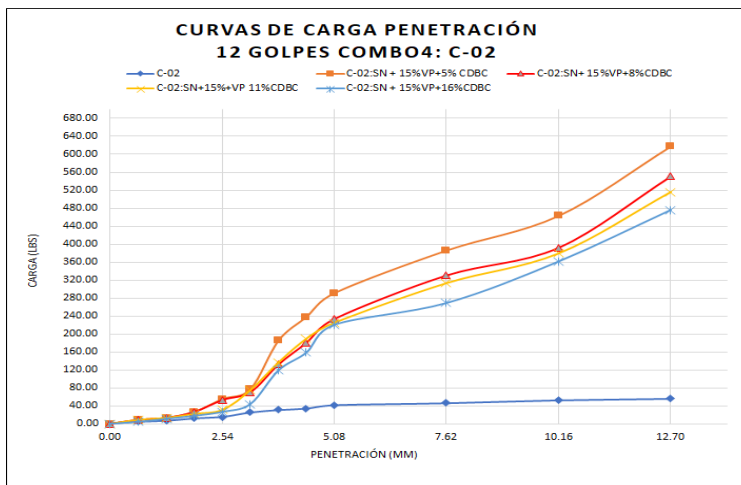
Fuente: Propia

Anexo N° 75. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4 a 26 golpes C-02



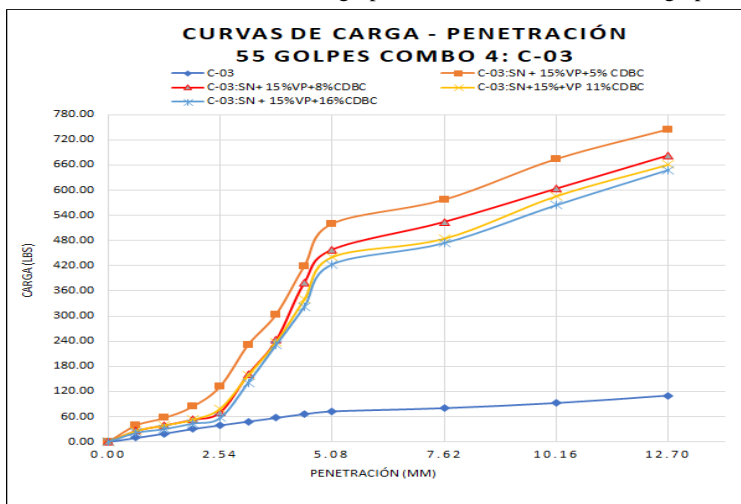
Fuente: Propia

Anexo N° 76. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4 a 12 golpes C-02



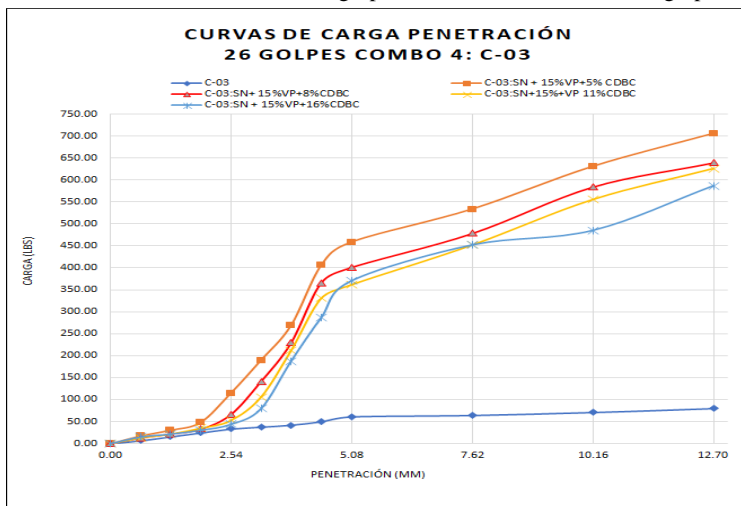
Fuente: Propia

Anexo N° 77. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4 a 55 golpes C-03



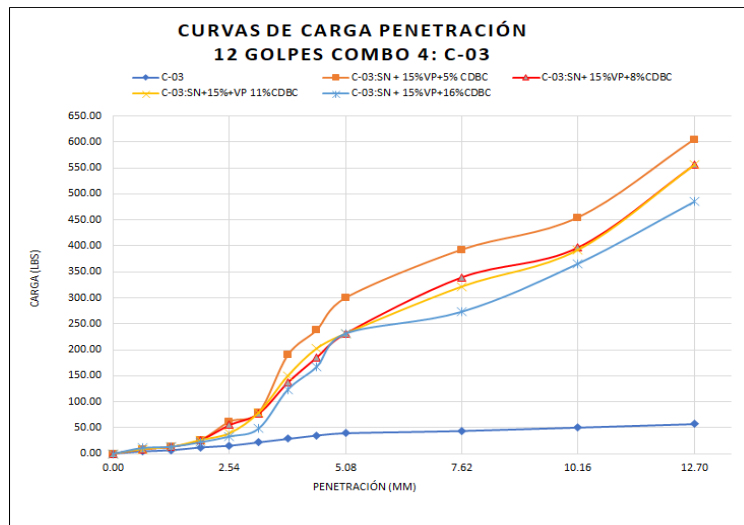
Fuente: Propia

Anexo N° 78. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4 a 26 golpes C-03



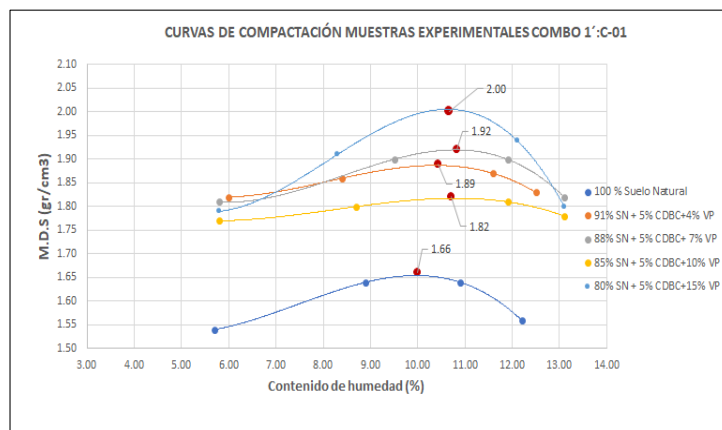
Fuente: Propia

Anexo N° 79. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4 a 12 golpes C-03



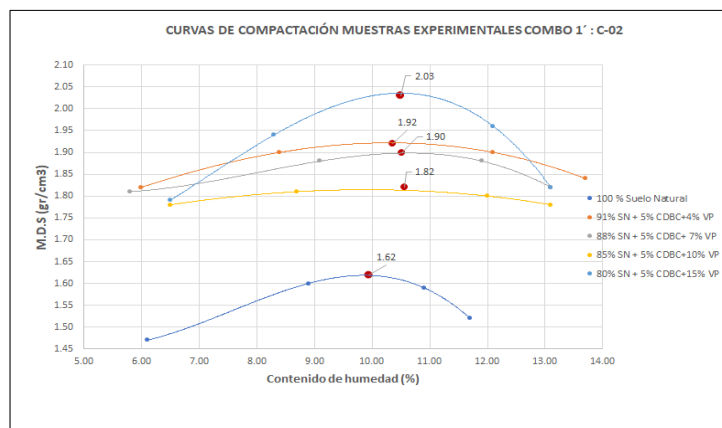
Fuente: Propia

Anexo N° 80. Gráfica de curvas de compactación del Combo 1':C-01



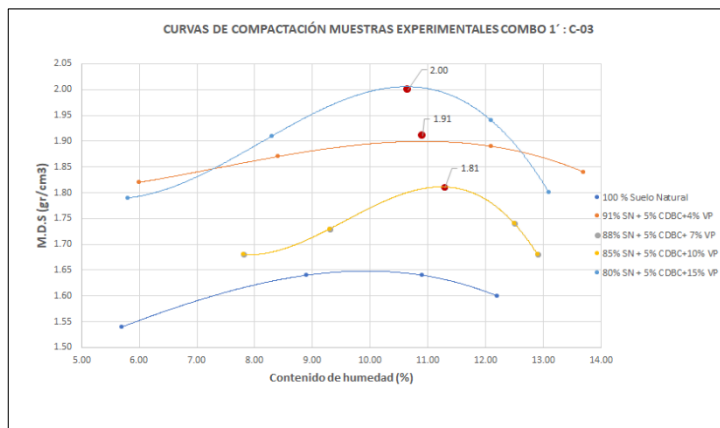
Fuente: Propia

Anexo N° 81. Gráfica de curvas de compactación del Combo 1':C-02



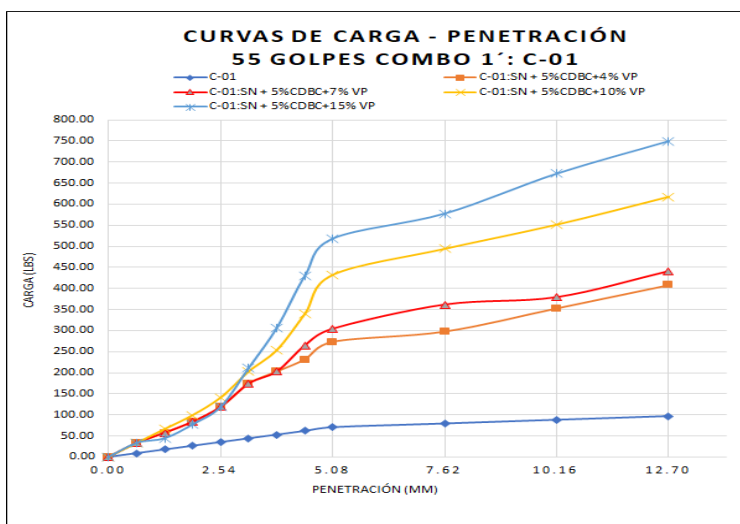
Fuente: Propia

Anexo N° 82. Gráfica de curvas de compactación del Combo 1':C-03



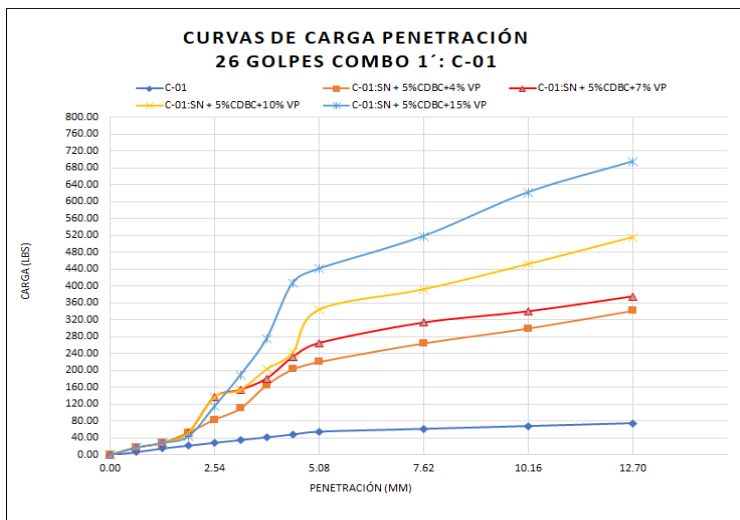
Fuente: Propia

Anexo N° 83. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1' a 55 golpes C-01



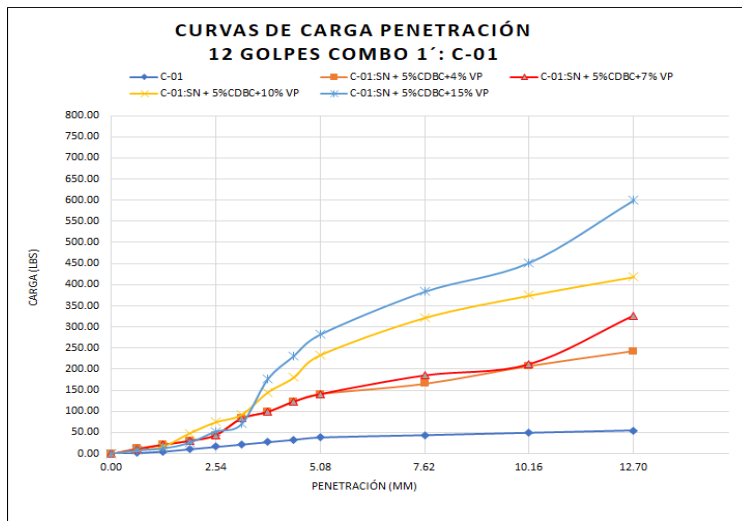
Fuente: Propia

Anexo N° 84. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1' a 26 golpes C-01



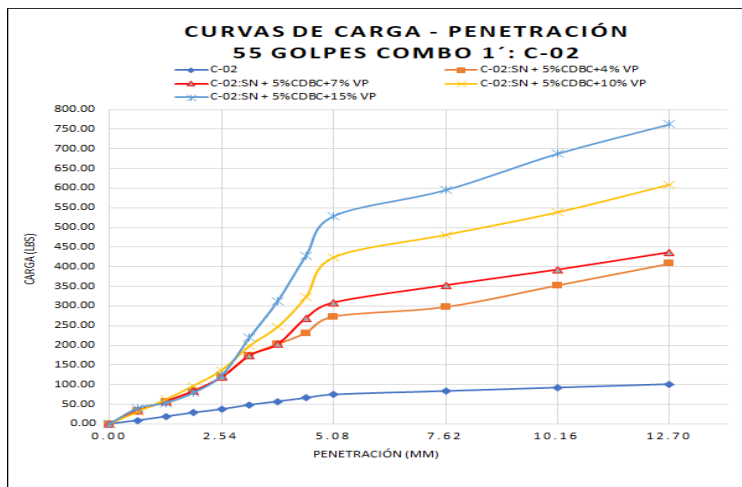
Fuente: Propia

Anexo N° 85. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1' a 12 golpes C-01



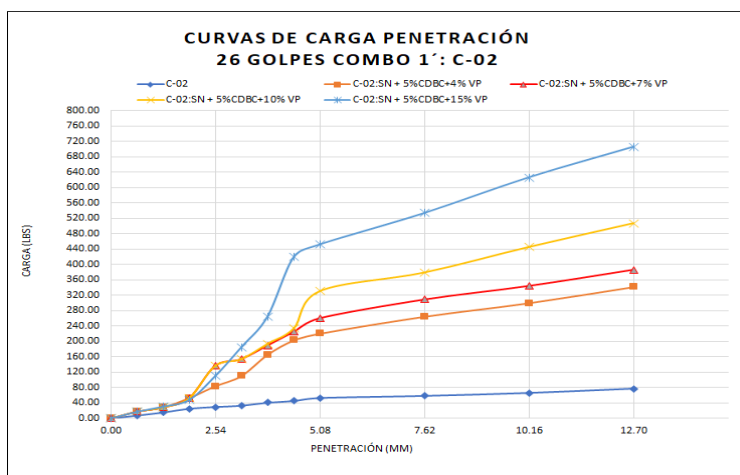
Fuente: Propia

Anexo N° 86. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1' a 55 golpes C-02



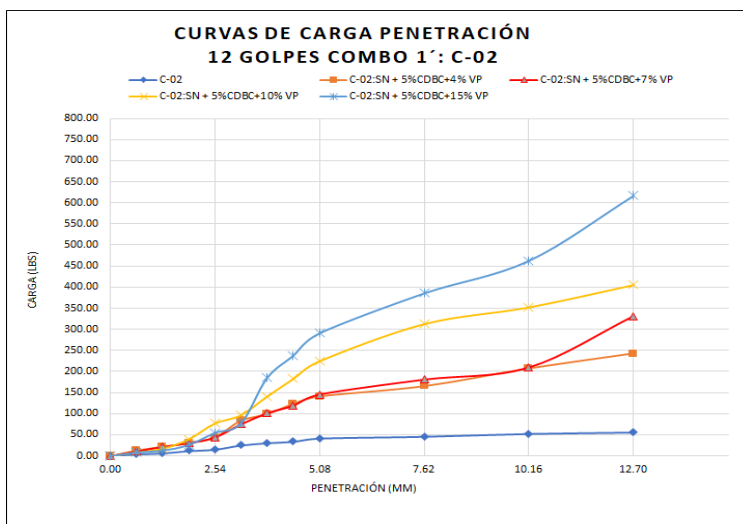
Fuente: Propia

Anexo N° 87. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1' a 26 golpes C-02



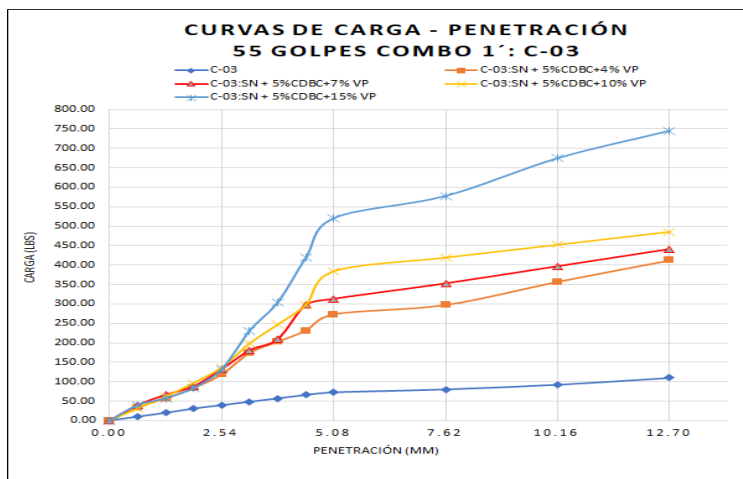
Fuente: Propia

Anexo N° 88. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1´ a 12 golpes C-02



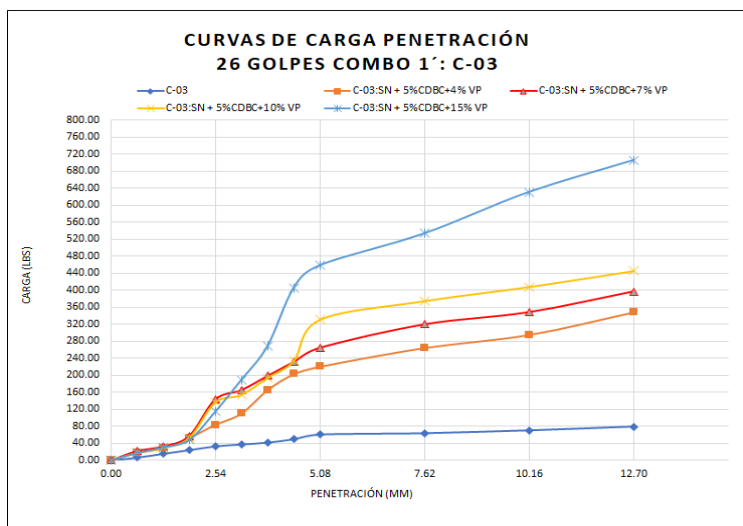
Fuente: Propia

Anexo N° 89. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1´ a 55 golpes C-03



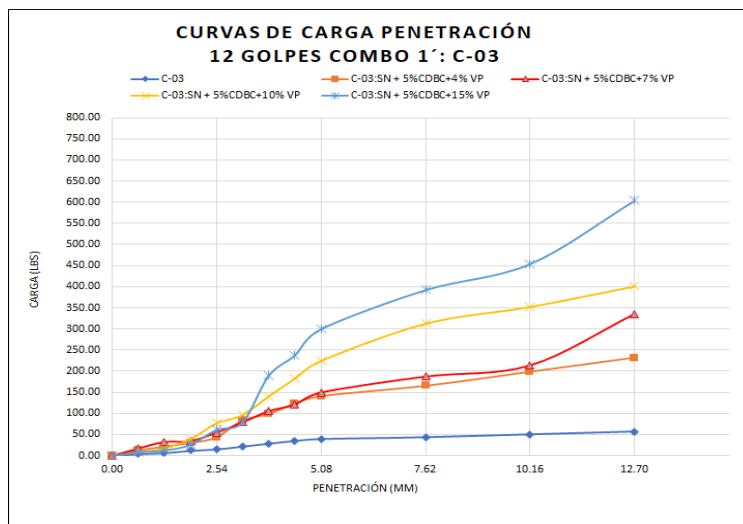
Fuente: Propia

Anexo N° 90. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1´ a 26 golpes C-03



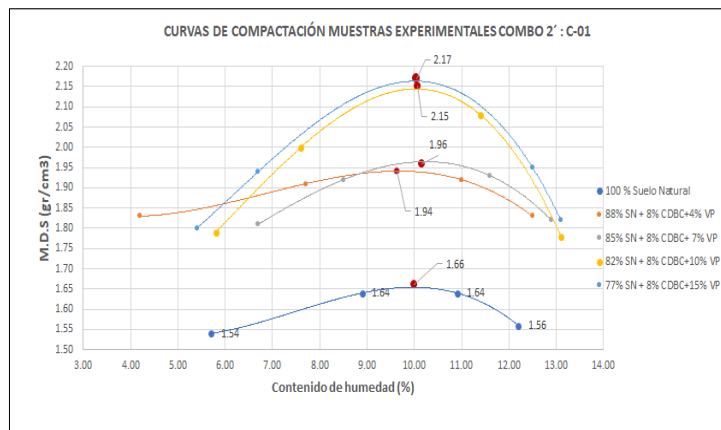
Fuente: Propia

Anexo N° 91. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 1' a 12 golpes C-03



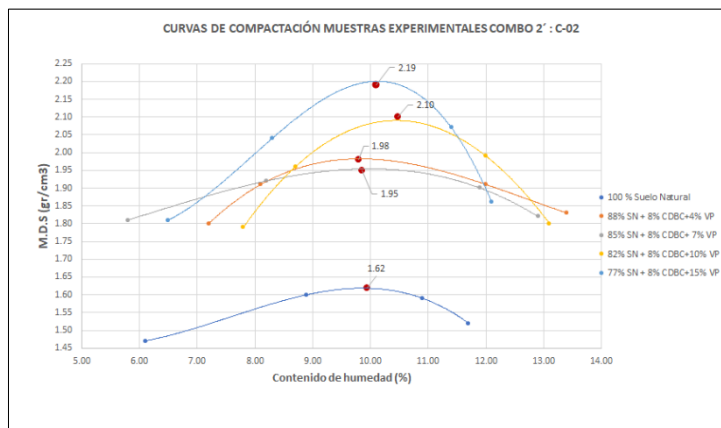
Fuente: Propia

Anexo N° 92. Gráfica de curvas de compactación del Combo 2':C-01



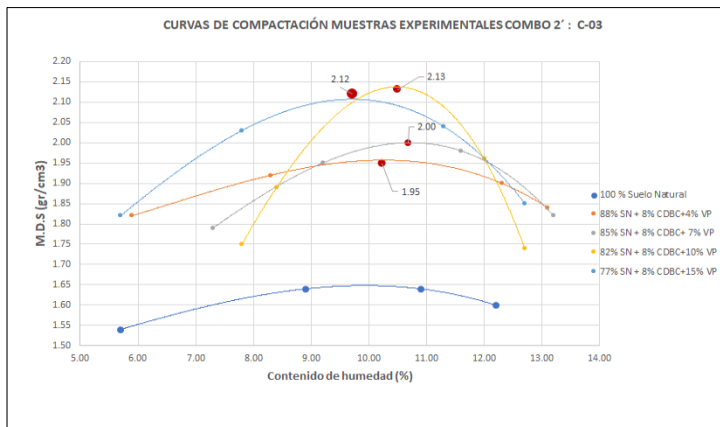
Fuente: Propia

Anexo N° 93. Gráfica de curvas de compactación del Combo 2':C-02



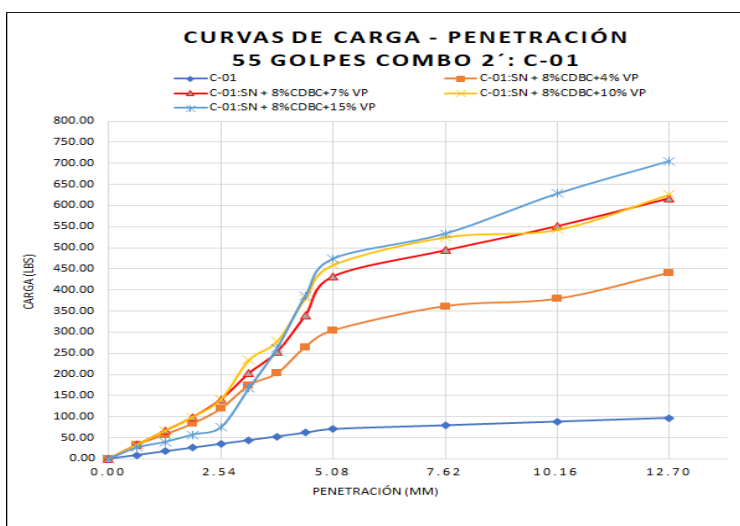
Fuente: Propia

Anexo N° 94. Gráfica de curvas de compactación del Combo 2':C-03



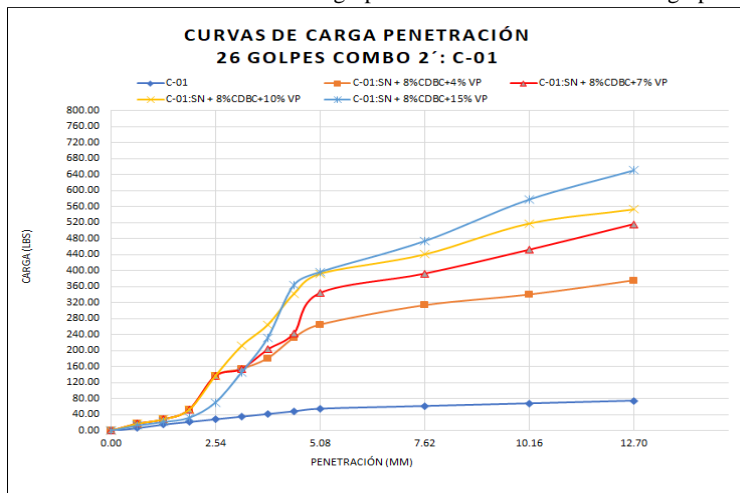
Fuente: Propia

Anexo N° 95. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2' a 55 golpes C-01



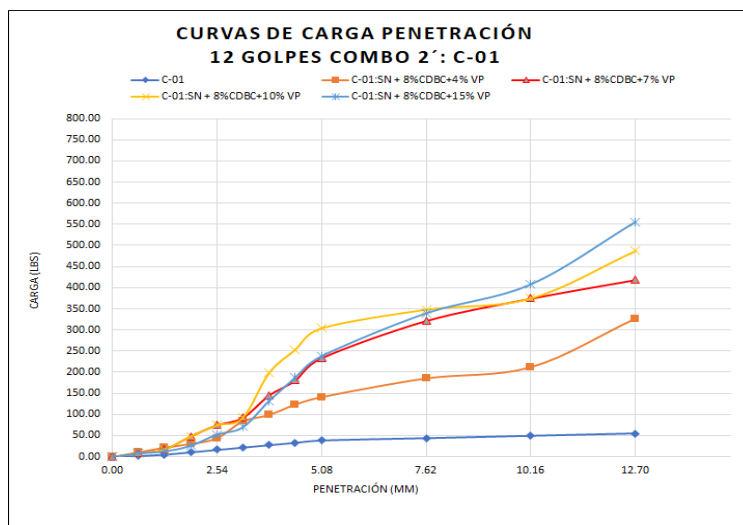
Fuente: Propia

Anexo N° 96. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2' a 26 golpes C-01



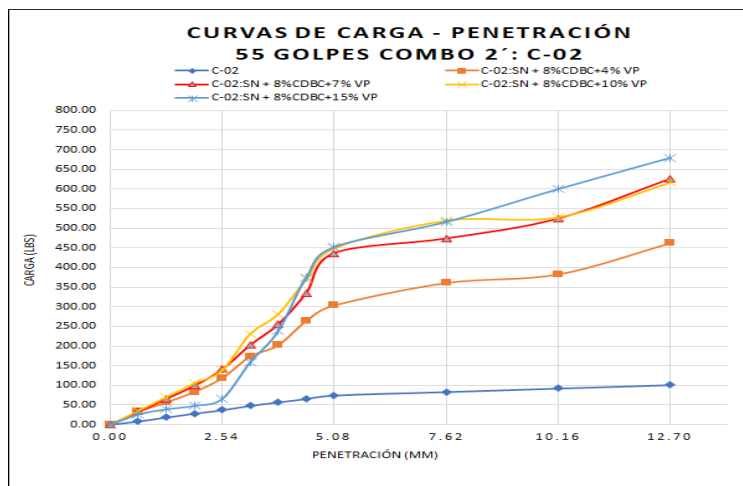
Fuente: Propia

Anexo N° 97. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2' a 12 golpes C-01



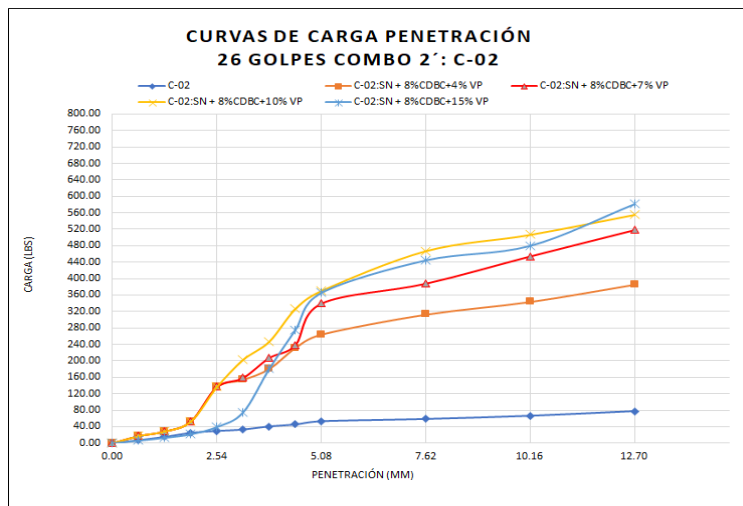
Fuente: Propia

Anexo N° 98. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2' a 55 golpes C-02



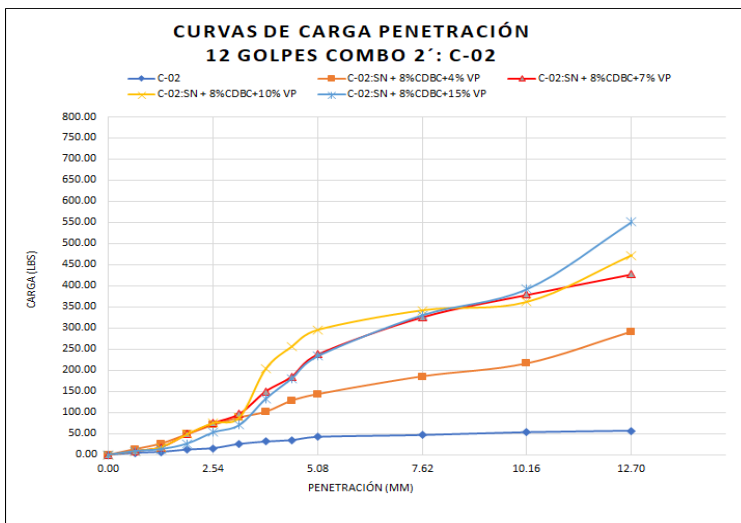
Fuente: Propia

Anexo N° 99. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2' a 26 golpes C-02



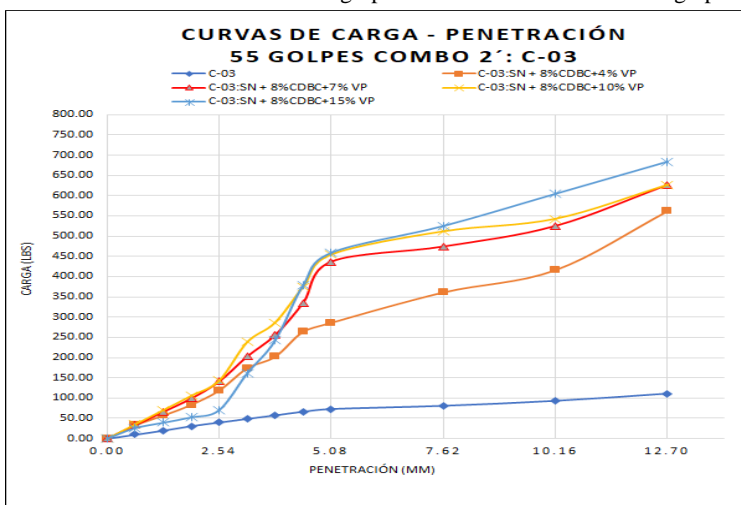
Fuente: Propia

Anexo N° 100. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2' a 12 golpes C-02



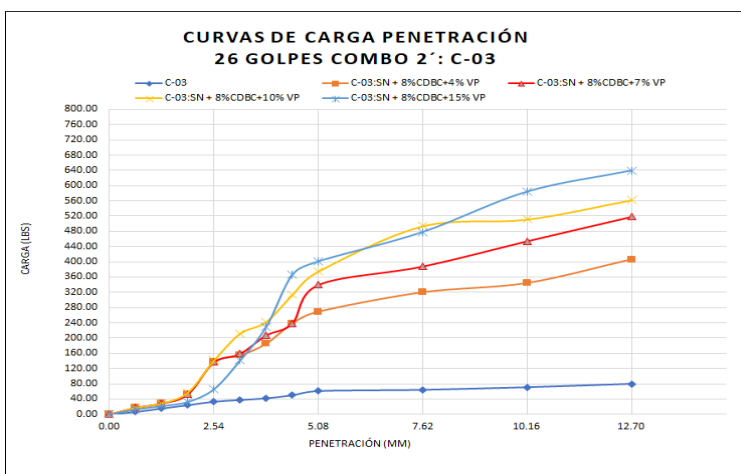
Fuente: Propia

Anexo N° 101. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2' a 55 golpes C-03



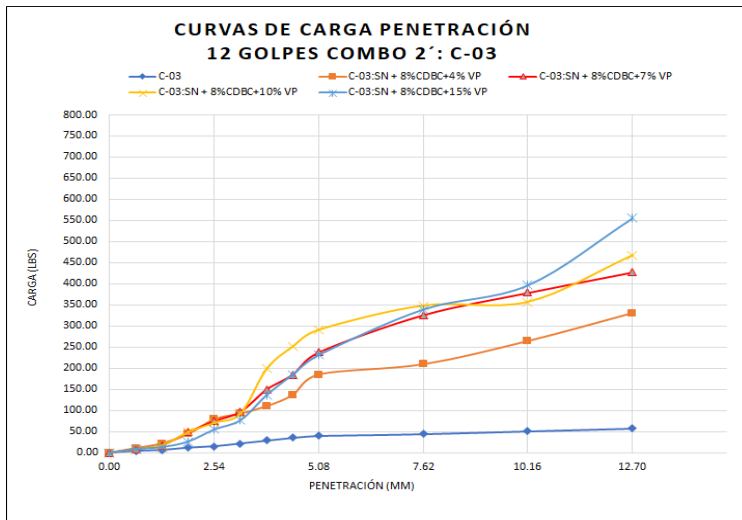
Fuente: Propia

Anexo N° 102. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2' a 26 golpes C-03



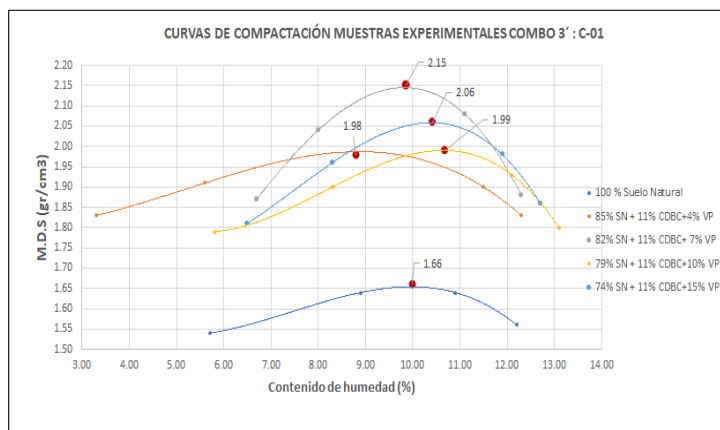
Fuente: Propia

Anexo N° 103. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 2' a 12 golpes C-03



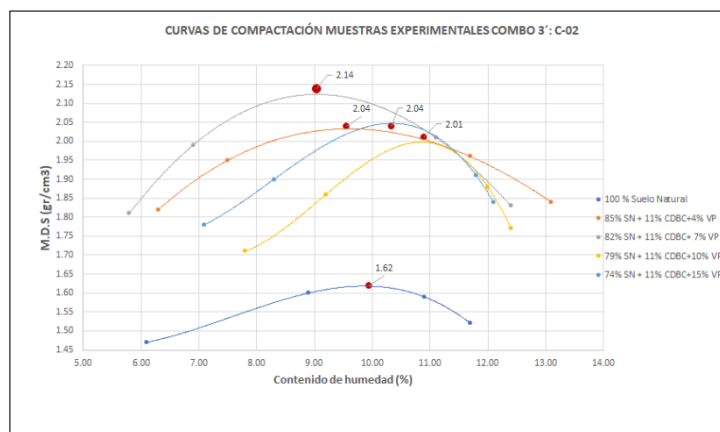
Fuente: Propia

Anexo N° 104. Gráfica de curvas de compactación del Combo 3':C-01



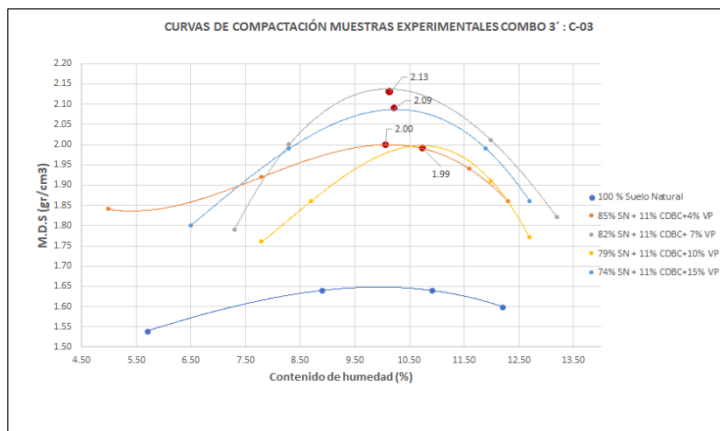
Fuente: Propia

Anexo N° 105. Gráfica de curvas de compactación del Combo 3':C-02



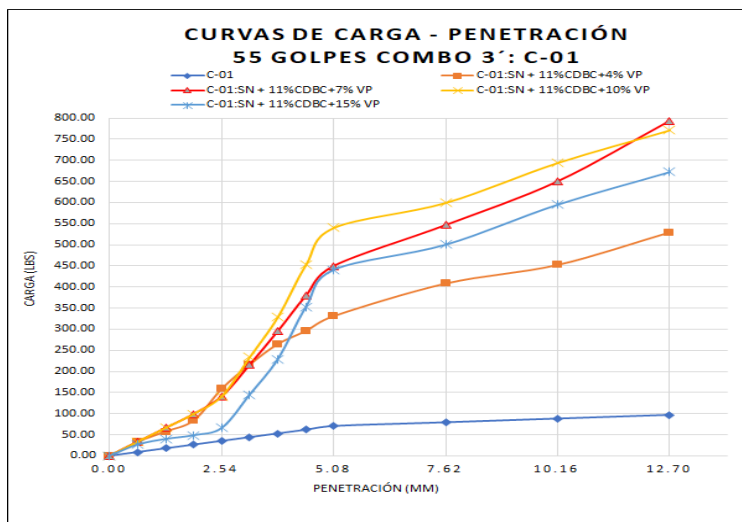
Fuente: Propia

Anexo N° 106. Gráfica de curvas de compactación del Combo 3':C-03



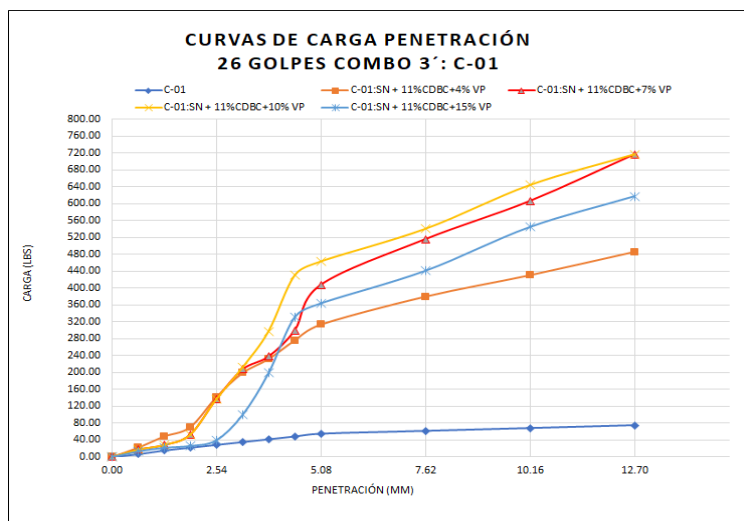
Fuente: Propia

Anexo N° 107. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3' a 55 golpes C-01



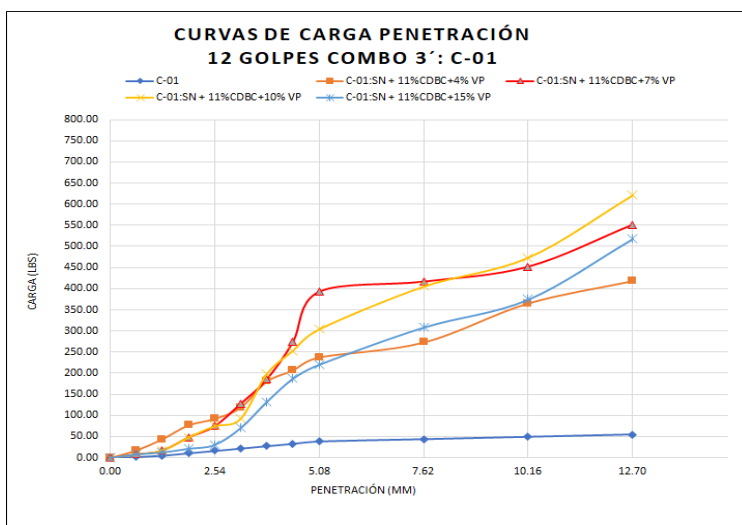
Fuente: Propia

Anexo N° 108. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3' a 26 golpes C-01



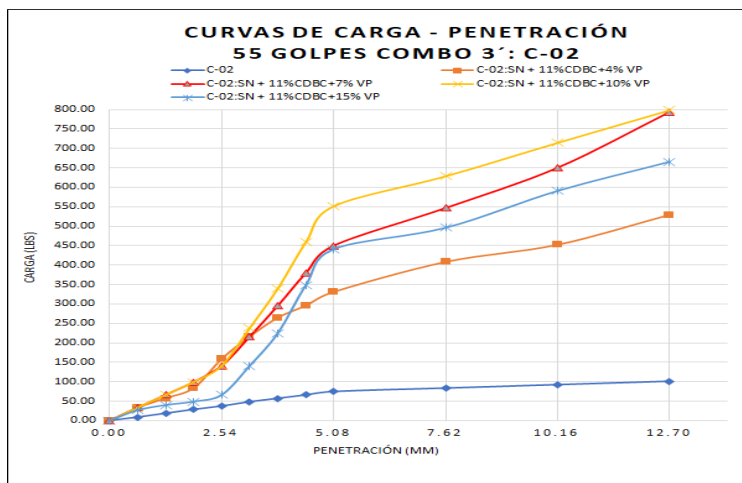
Fuente: Propia

Anexo N° 109. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3' a 12 golpes C-01



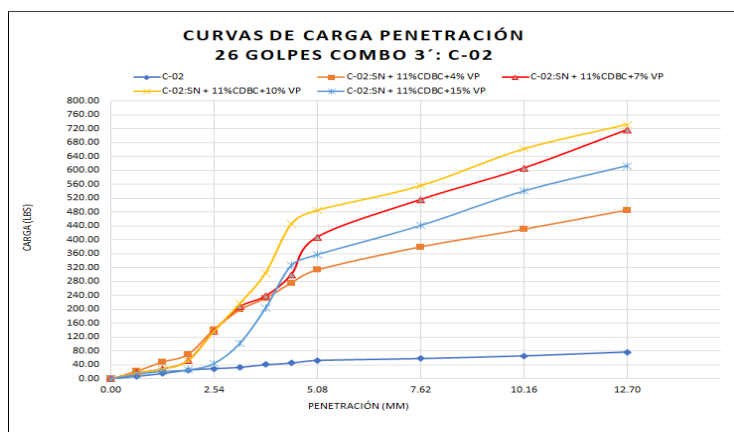
Fuente: Propia

Anexo N° 110. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3' a 55 golpes C-02



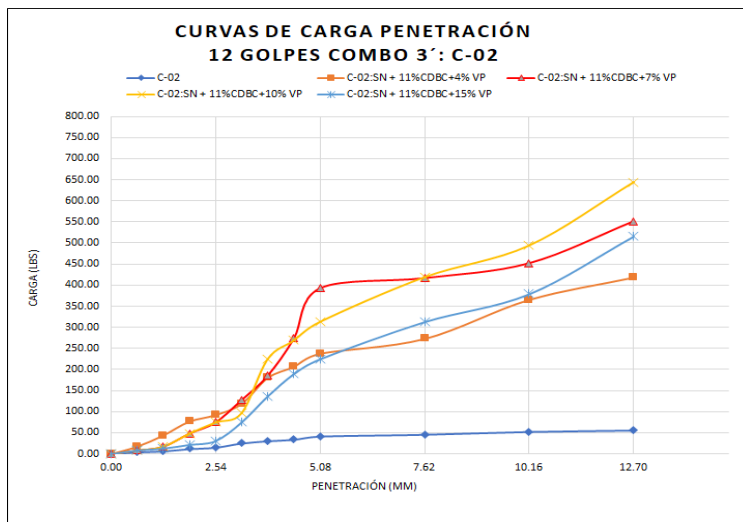
Fuente: Propia

Anexo N° 111. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3' a 26 golpes C-02



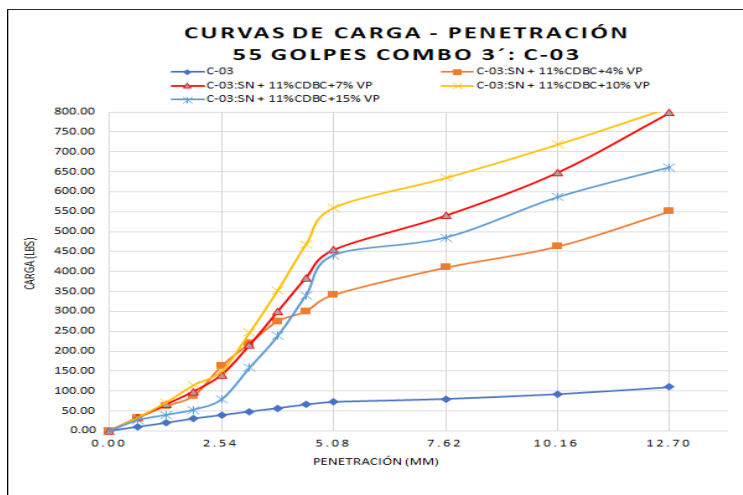
Fuente: Propia

Anexo N° 112. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3' a 12 golpes C-02



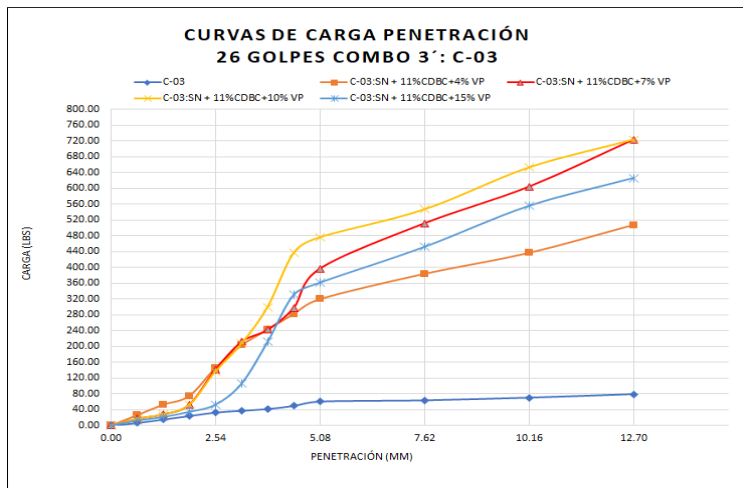
Fuente: Propia

Anexo N° 113. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3' a 55 golpes C-03



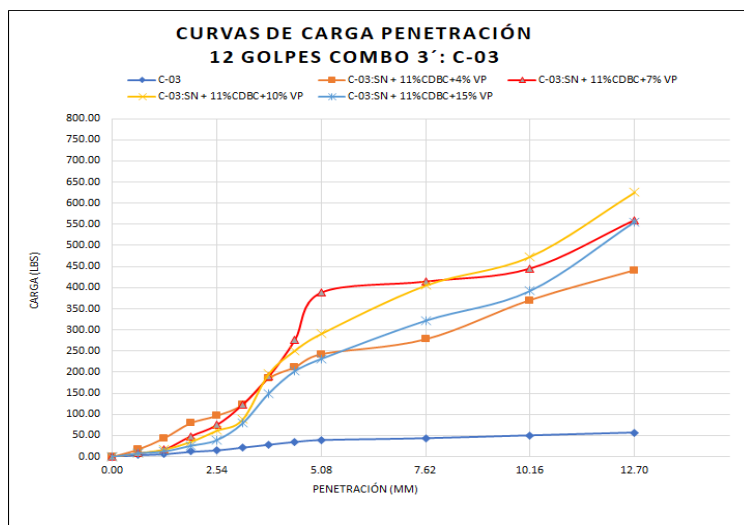
Fuente: Propia

Anexo N° 114. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3' a 26 golpes C-03



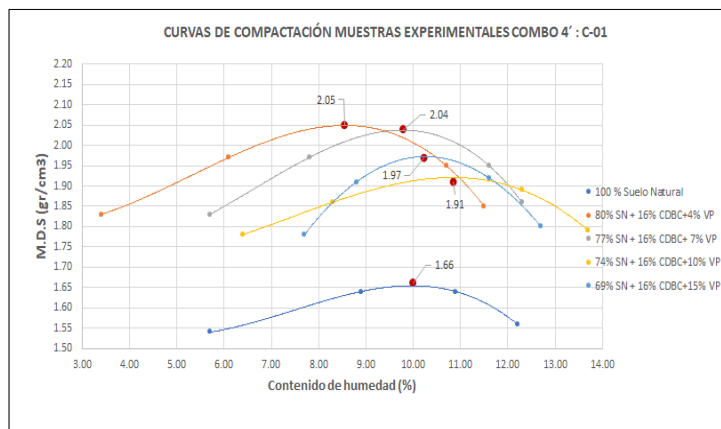
Fuente: Propia

Anexo N° 115. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 3' a 12 golpes C-03



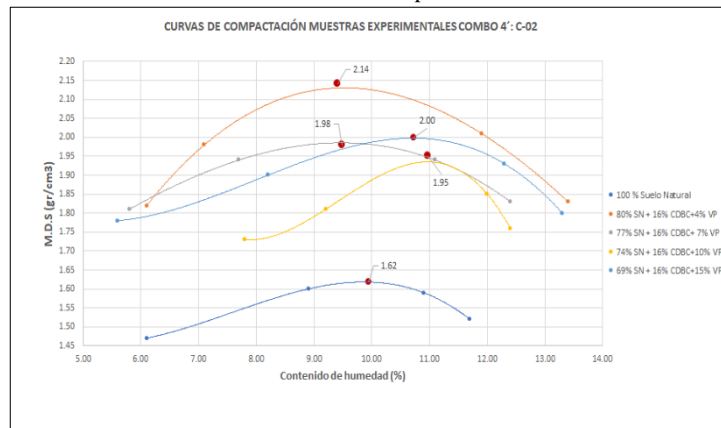
Fuente: Propia

Anexo N° 116. Gráfica de curvas de compactación del Combo 4':C-01



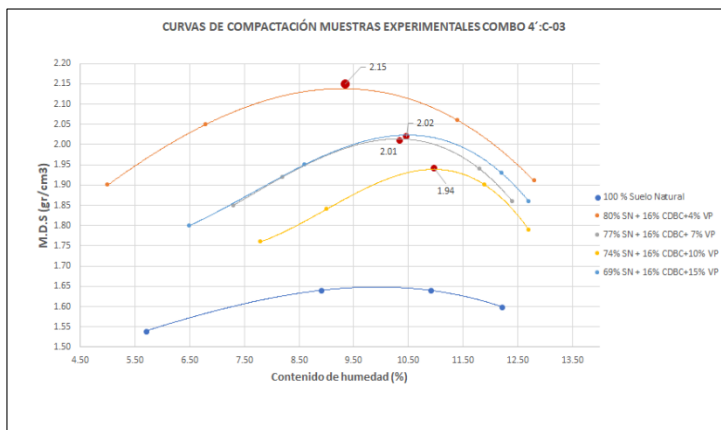
Fuente: Propia

Anexo N° 117. Gráfica de curvas de compactación del Combo 4':C-02



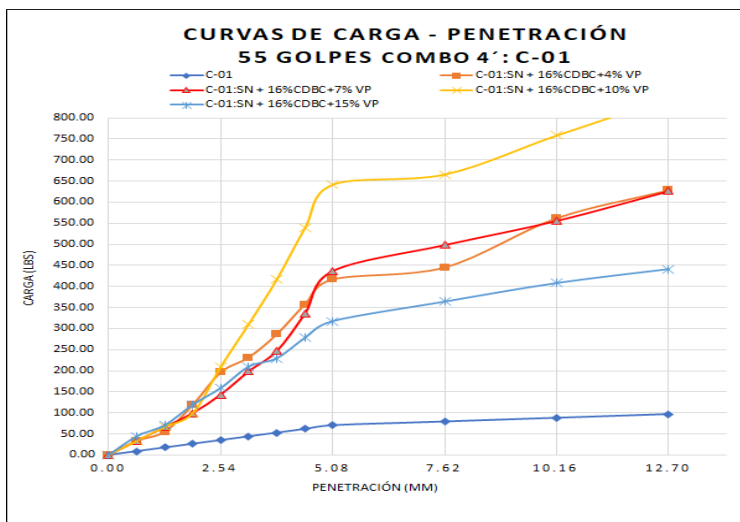
Fuente: Propia

Anexo N° 118. Gráfica de curvas de compactación del Combo 4':C-03



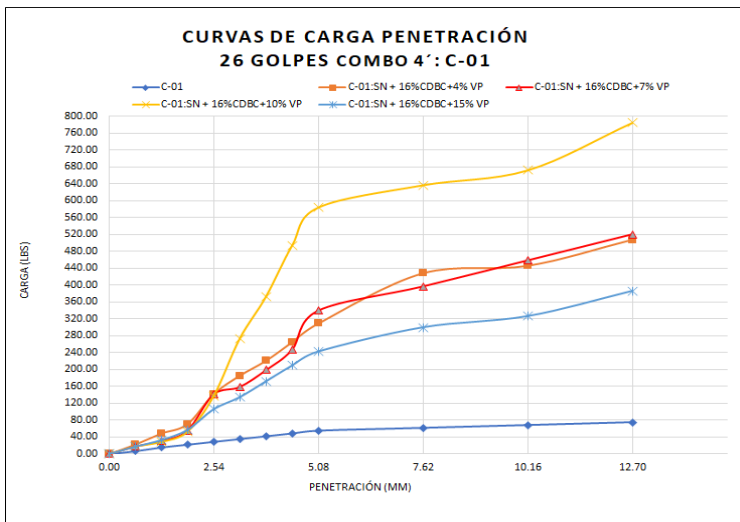
Fuente: Propia

Anexo N° 119. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4' a 55 golpes C-01



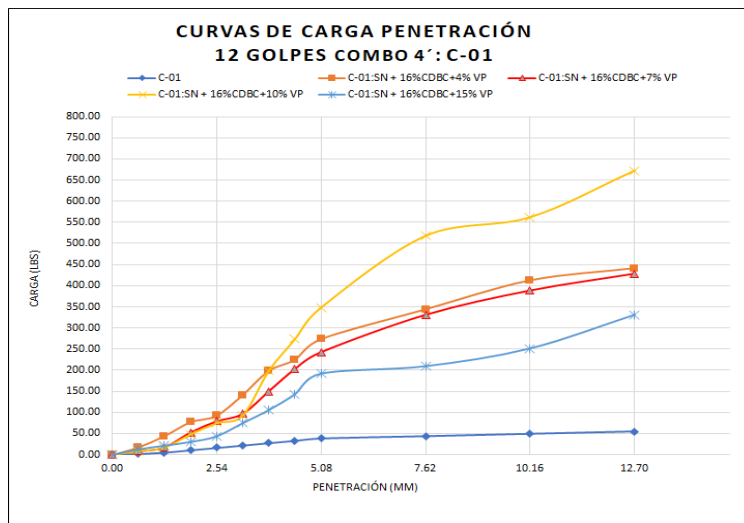
Fuente: Propia

Anexo N° 120. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4' a 26 golpes C-01



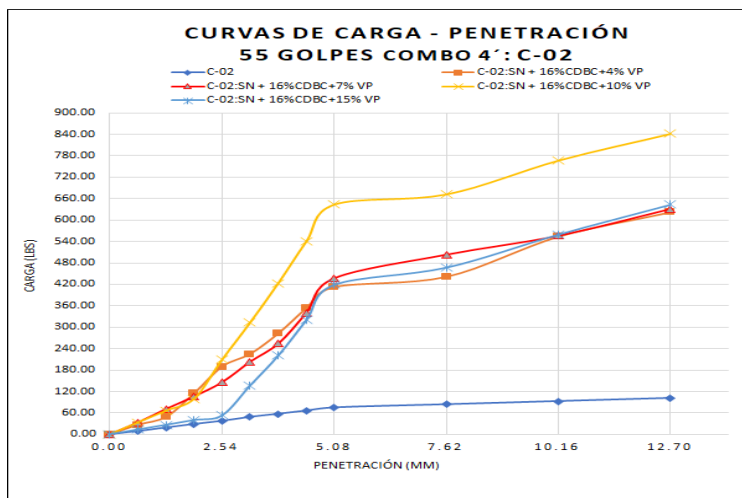
Fuente: Propia

Anexo N° 121. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4' a 12 golpes C-01



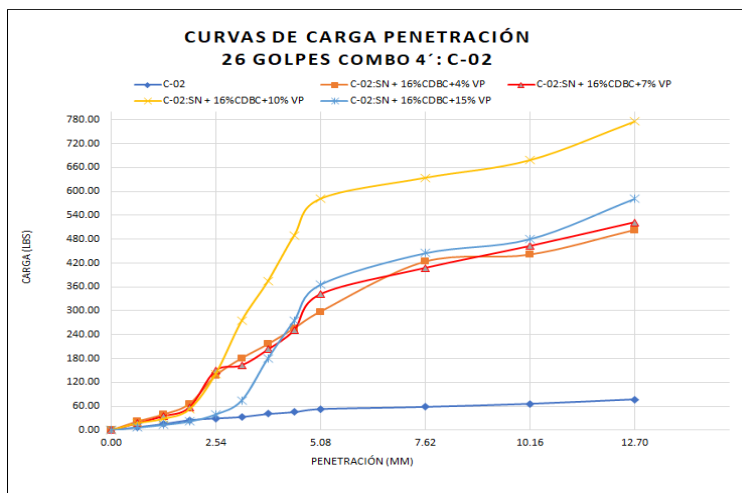
Fuente: Propia

Anexo N° 122. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4' a 55 golpes C-02



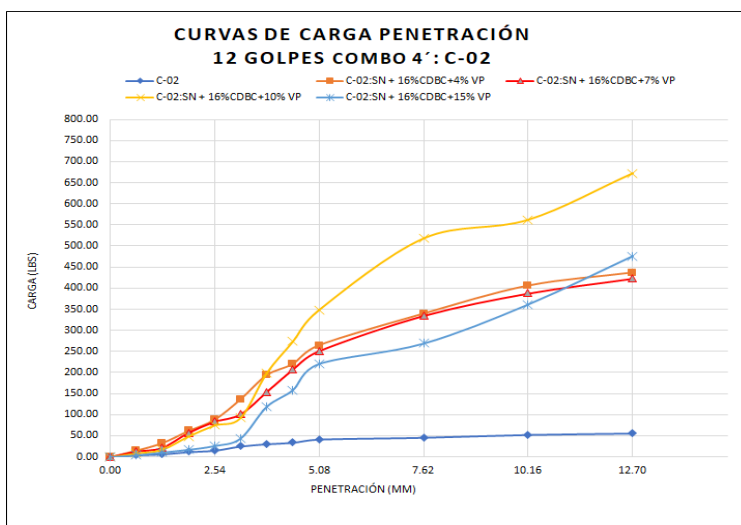
Fuente: Propia

Anexo N° 123. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4' a 26 golpes C-02



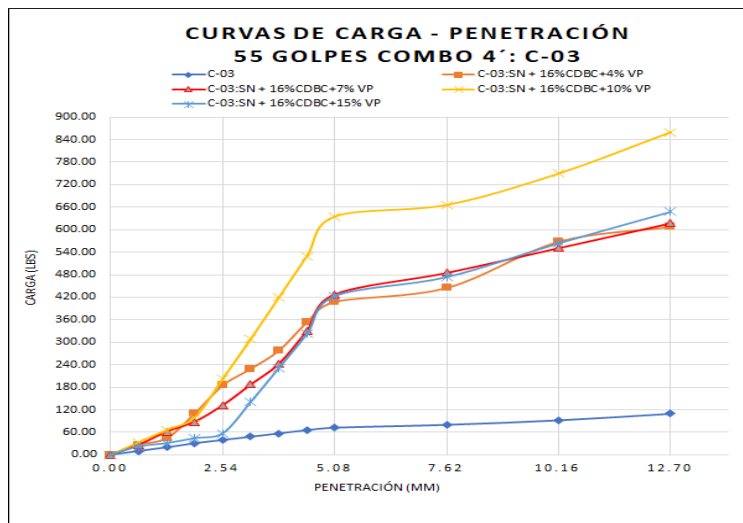
Fuente: Propia

Anexo N° 124. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4' a 12 golpes C-02



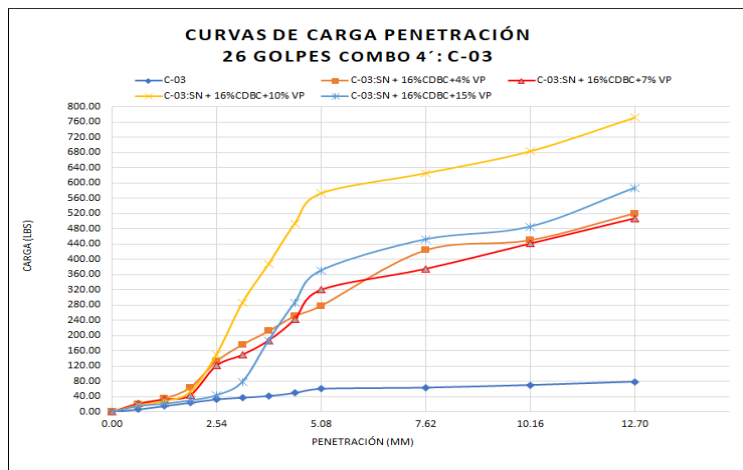
Fuente: Propia

Anexo N° 125. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4' a 55 golpes C-03



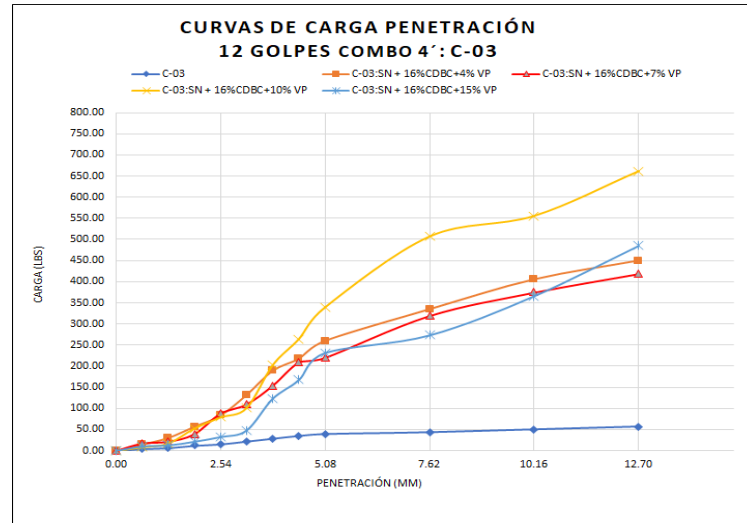
Fuente: Propia

Anexo N° 126. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4' a 26 golpes C-03



Fuente: Propia

Anexo N° 127. Gráfica de Curvas de carga-penetración del Combo 4' a 12 golpes C-03



Fuente: Propia

Anexo N° 128. Estado de las zonas agrícolas , rurales y vías de suelo arcillosos



## Anexo N° 129. Solicitud de permiso para la realización de las calicatas


**USAT**  
 Universidad Católica  
 Santa Toribio de Mogrovejo  
 Chiclayo, 28 de octubre de 2022


 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE FERREÑAFE  
 AREA FUNCIONAL TRÁMITE SECUNDARIO  
 28 OCT. 2022  
 EXP. N° 266244  
 REG. N° 1733 FOLIO 01  
 HORA 08:24 FIRMA

**CARTA N° 154-2022-USAT-EICA**

Señor(a)  
 Violeta Patricia Muro Mesones  
 Solicita: Permiso para realizar trabajo de investigación  
 Referencia: Proyecto de tesis denominado  
 "Estabilización de suelos arcillosos incorporando porcentajes de vidrio pulverizado y ceniza de bagazo de caña de azúcar"

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a usted para expresarle mis saludos cordiales a nombre de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo y desearle éxitos en su gestión al frente de su representada.

Asimismo, por este medio presentarle al estudiante **MARCELO JESÚS DE LA CRUZ SANTA MARIA** identificado con DNI N° 71781897 y código universitario 181D77587 de la **ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**, quien se encuentra desarrollando su proyecto de tesis aprobado denominado: "Estabilización de suelos arcillosos incorporando porcentajes de vidrio pulverizado y ceniza de bagazo de caña de azúcar"

Por este motivo, solicitamos a usted pueda otorgarle las facilidades, permisos y apoyo pertinentes en acceder a la información necesaria, para la continuidad de su trabajo de investigación; tomando en cuenta las medidas de seguridad y aislamiento social decretado por el gobierno, frente a la propagación del COVID 19.

Agradeciendo de antemano su atención a la presente, me despido expresando mi especial consideración y estima.


Atentamente,

  
 Dr. Ing. Maximiliano Arroyo Ulloa  
 Decano de la Facultad de Ingeniería  
 USAT

Av. San Isidoro Eterna 255, Chiclayo - Peru T: (074) 606500 www.usat.edu.pe www.facebook.com/usat



## Anexo N° 130. Solicitud de permiso para la obtención del bagazo



**USAT**  
Universidad Católica  
Santo Toribio de Mogrovejo

Chiclayo, 21 de diciembre de 2022.  
**CARTA N° 154-2022-USAT-EICA**

**Señor(a)**  
Walter Culqui

**Solicita:** Permiso para obtener unos 80 kilos del insumo de bagazo de caña de azúcar

**Referencia:** Proyecto de tesis denominado  
"Estabilización de suelos arcillosos incorporando porcentajes de vidrio pulverizado y ceniza de bagazo de caña de azúcar"

**E.I. POMALCA S.A.A.**  
**OFICINA TRAMITE**  
**DOCUMENTARIO**

21 DIC, 2022

**RÉCIBIDO**

11:40 am

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a usted para expresarle mis saludos cordiales a nombre de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo y desearle éxitos en su gestión al frente de su representada.


Asimismo, por este medio presentarle al estudiante **MARCELO JESÚS DE LA CRUZ SANTA MARIA** identificado con DNI N° 71781897 y código universitario 181TD77587 de la **ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**, quien se encuentra desarrollando su proyecto de tesis aprobado denominado: "Estabilización de suelos arcillosos incorporando porcentajes de vidrio pulverizado y ceniza de bagazo de caña de azúcar"

Por este motivo, solicitamos a usted pueda otorgarle las facilidades, permisos y apoyo pertinentes en acceder a la información necesaria y brindarle unos 80 kilos de bagazo de caña de azúcar para la continuidad de su trabajo de investigación; tomando en cuenta las medidas de seguridad y aislamiento social decretado por el gobierno, frente a la propagación del COVID 19.

Agradeciendo de antemano su atención a la presente, me despido expresando mi especial consideración y estima.

Número de celular : 964977373  
Correo:marcelodejesusd@gmail.com


Atentamente,



**Dr. Ing. Maximiliano Arroyo Ulloa**  
Decano de la Facultad de Ingeniería  
USAT

Av. San Josémaría Escrivá 355. Chiclayo - Perú. T. (074) 606200    www.usat.edu.pe    www.facebook.com/usat

Anexo N° 131. Solicitud de autorización para la entrega del bagazo


 **EMPRESA AGROINDUSTRIAL  
POMALCA S.A.A**


**SALIDA DE MATERIALES**

Sr. Vigilante:

Sírvase dar pase al: Sr. Marcelo de la Cruz Santo Martín

Con lo siguiente: 12 Bolsas (sacos) de bagazo  
como donación, según indicación de la  
Borrera General.

 **EMPRESA AGROINDUSTRIAL  
POMALCA S.A.A.**  
Ing. Fernando Sánchez Hinojosa  
ALTOFF DIV. ENERGIA  
C.R. 1351

 **EMPRESA AGROINDUSTRIAL  
POMALCA S.A.A.**  
Ing. Wilfredo Rodríguez Bernuy  
FABRICA DE FABRICA  
EIP: 277653

03 del 2023

## Anexo N° 132. Validación de Ensayos

  
USAT  
Universidad Católica  
Cusco - Instituto de Investigación

**UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y VIENTOS

INFORME N° LEM USAT 003-2023-II

FECHA: 25 de octubre de 2023

## Validación de Ensayos de Laboratorio

ESTUDIANTE: DE LA CRUZ SANTA MARÍA MARCELO JESÚS

TITULO DE LA TESIS: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS  
INCORPORANDO PORCENTAJES DE VIDRIO PULVERIZADO Y CENIZA DE  
BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

El que suscribe, responsable del laboratorio de ingeniería Civil ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizado por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

*Propiedades Físico-Químicas*

- Ensayo de Granulométrico por Tamizado
- Ensayo de contenido de Humedad
- Ensayo para determinar LL,LP,IP
- Ensayo de sales Solubles totales en suelos

*Propiedades mecánicas*


- Ensayo de Proctor Modificado
- Ensayo CBR

Ensayos realizados en otros laboratorios :


- Ensayo de Análisis Químico por Fluorescencia de Rayos X
- Ensayo Granulométrico por medio del Hidrómetro

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto



USAT  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y VIENTOS  
TECNICO DE LABORATORIO



Rivadeneys Oblitas Henry  
TECNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas  
Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental

## Anexo N° 133. Informe del Ensayo de Densidad de Campo



## INFORME DE ENSAYO N° 1218

Expediente N° : 1127 - 2024 L.E.M. AMAZING S.A.C  
 Solicitante : MARCELO JESÚS DE LA CRUZ SANTA MARÍA  
 Proyecto : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS INCORPORANDO PORCENTAJES DE VIDRIO PULVERIZADO Y CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR  
 Ubicación : DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE CHICLAYO, DPTO LAMBAYEQUE  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 11 de Marzo del 2024

ENSAYO : SUELOS, Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo In-Situ mediante el cono de arena.  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 339.143 ASTM D-1556

## I.- Ubicación y/o Descripción de Prueba

Nº de Prueba / Nº Base	D - 01	D - 02	D - 03	D - 04
Cono	2	2	2	2
Placa	B	B	B	B

## II.- Datos de Campo y de Laboratorio

1.-Peso de frasco + arena calibrada	g.	7045	6988	7002	7003
2.-Peso de frasco + arena que queda	g.	2431	3040	3222	3310
3.-Peso de la arena en el cono	g.	1628	1628	1628	1628
4.-Densidad de la arena	g/cm <sup>3</sup>	1.35	1.35	1.35	1.35
5.-Volumen del material extraído	cm <sup>3</sup>	2212	1719	1594	1530
6.-Peso del material + recipiente	g.	3545	2650	3338	3160
7.-Peso del recipiente	g.	9.0	9.0	9.0	9.0
8.-Peso del material retenido 3/4"	g.	0	0	0	0
9.-Peso específico de la grava	g/cm <sup>3</sup>	2.41	2.41	2.41	2.41
10.-Volumen de la grava	cm <sup>3</sup>	0	0	0	0
11.-Peso de finos	g.	3536	2641	3329	3151
12.-Volumen de finos	cm <sup>3</sup>	2212	1719	1594	1530
13.-Densidad natural húmeda	g/cm <sup>3</sup>	1.599	1.537	2.088	2.060

## III.- Contenido de Humedad

14.-Humedad (Speedy)	(%)	11.5	11.1	11.5	11.1
15.-Densidad natural seca	g/cm <sup>3</sup>	1.434	1.383	1.873	1.854

## IV.- Resultados de Laboratorio (Proctor Modificado)

16.-MÁXIMA DENSIDAD SECA	g/cm <sup>3</sup>	1.62	1.62	1.95	1.95
17.-ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	9.94	9.94	10.97	10.97

## V.- Resultados Final

18.-GRADO DE COMPACTACIÓN	(%)	89	85	96	95
---------------------------	-----	----	----	----	----

- D - 01 MUESTRA PATRON  
 D - 02 MUESTRA PATRON  
 D - 03 MUESTRA PATRON+ADICIÓN DE VIDRIO PULVERIZADO 10% Y CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR 16%  
 D - 04 MUESTRA PATRON+ADICIÓN DE VIDRIO PULVERIZADO 10% Y CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR 16%

## OBSERVACIONES:

- Ensayo realizado: Chiclayo, 11 de Marzo del 2024
- Identificación y ubicación de pruebas designadas por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Germau Oscar Gastelo Chigmas  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C.I.F. 123351

## Anexo N° 134. Ensayos De Laboratorio

[https://drive.google.com/drive/folders/1XoWved\\_X9AJNh2BOajTl9exfJxMyKj4Z?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1XoWved_X9AJNh2BOajTl9exfJxMyKj4Z?usp=sharing)