



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON
EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFTALATO DE
POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO
PAVIMENTADA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autor:

Bach. Surco Bocanegra Yeleny Fiorella

Código Orcid: 0000-0002-3853-146X

Asesor:

Mg. Salinas Vásquez Néstor Raúl

Código Orcid: 0000-0001-5431-2737

Línea de Investigación:

Infraestructura, tecnología y medio ambiente

Pimentel – Perú

2022

APROBACIÓN DEL JURADO

**ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN
ASFÁLTICA Y TEREFTALATO DE POLIETILENO CON
FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA**

Bach. Surco Bocanegra Yeleny Fiorella

Autor

Mg. Salinas Vásquez Néstor Raúl

Asesor

Mg. Villegas Granados Luis Mariano

Presidente de Jurado

Mg. Salinas Vásquez Néstor Raúl

Secretario de Jurado

Mg. Idrogo Pérez César Antonio

Vocal de Jurado

DEDICATORIA

Dedico la presente investigación a mis padres Rosa y David, mi hermano Bryan, quienes estuvieron apoyándome en mi formación profesional, con sus consejos y amor incondicional. Siempre me he sentido completa con la familia que tengo, se han preocupado por mí, desde el momento en que llegué a este mundo, me han formado con valores, para saber cómo luchar y salir victoriosa ante las diversas adversidades de la vida. Muchos años después, sus enseñanzas no cesan, y aquí estoy, con un nuevo logro exitosamente conseguido, mi proyecto de tesis.

Yeleny Fiorella Surco Bocanegra

AGRADECIMIENTO

A Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda. Este proyecto de tesis ha sido una bendición en todo sentido, gracias a ti que esta meta, está cumplida.

A mis padres, quiero agradecerles por todo, no me alcanzan las palabras para expresar el orgullo y admiración que tengo de ser su hija, los amo infinitamente.

A mi hermano Bryan, Maritere P., Rosario B., José P., gracias por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor y buscando lo mejor para mi persona.

Yeleny Fiorella Surco Bocanegra

Resumen

La baja capacidad de soporte que presentan los suelos agrícolas es adversa para ser utilizado como subrasante por lo que este trabajo de investigación experimental tuvo como objetivo evaluar la influencia que tiene la emulsión asfáltica y tereftalato de polietileno (PET) en el mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo para fines de carretera no pavimentada. El estudio empezó tomando muestras de suelo de 05 calicatas, a las que se les efectuó ensayos de: humedad, granulometría, límites de Atterberg, proctor estándar y capacidad de soporte (CBR) a cada muestra de suelo en estado natural. Para la estabilización de suelos, se mezcló emulsión asfáltica y PET (3%+2%, 3%+4%, 3%+6%, 3%+8%; 6%+2%, 6%+4%, 6%+6%, 6%+8%; 9%+2%, 9%+4%, 9%+6%, 9%+8%; 12%+2%, 12%+4%, 12%+6%, 12%+8%), realizando así 16 combinaciones. Los resultados mostraron que la mejor mezcla de emulsión asfáltica y PET para la muestra de suelo analizada fue entre 6% y 2%, llegando a la conclusión que el uso de estos productos si mejoran la capacidad portante de los suelos de tipo SM, para ser utilizado como una subrasante mejorada.

Palabras clave: Estabilización de suelos, subrasante, emulsión asfáltica, tereftalato de polietileno, capacidad de soporte.

Abstract

The low support capacity of agricultural soils is adverse to be used as a substrate, so this experimental research work aims to evaluate the influence of asphalt emulsion and polyethylene terephthalate (PET) in improving mechanical properties. off the ground for unpaved road fines. The study began by taking soil samples from 05 test pits, which were tested for: moisture, granulometry, Atterberg limits, standard proctor and bearing capacity (CBR) on each soil sample in its natural state. For soil determination, asphalt emulsion and PET were mixed (3%+2%, 3%+4%, 3%+6%, 3%+8%; 6%+2%, 6%+4%, 6 %+6%, 6%+8%, 9%+2%, 9%+4%, 9%+6%, 9%+8%, 12%+2%, 12%+4%, 12%+ 6%, 12%+8%), thus making 16 combinations. The results showed that the best mixture of asphalt emulsion and PET for the analyzed soil sample was between 6% and 2%, reaching the conclusion that the use of these products does improve the bearing capacity of SM-type soils, for be used as an improved substrate.

Keywords: Soil stabilization, subgrade, asphalt emulsion, polyethylene terephthalate, bearing capacity.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1. Realidad Problemática	17
1.1.1. Nivel Internacional	17
1.1.2. Nivel Nacional.....	18
1.1.3. Nivel Local	19
1.2. Antecedentes de estudio.....	19
1.2.1. Nivel Internacional	19
1.2.2. Nivel Nacional.....	21
1.2.3. Nivel Local	23
1.3. Teorías relacionadas al tema	23
1.3.1. Estabilización de suelos	23
1.3.1.1. Factores indispensables para una estabilización de suelos	24
1.3.2. Estabilización de carreteras no pavimentadas	25
1.3.2.1. Clasificación.....	25
1.3.3. Subrasante	26
1.3.3.1. Caracterización de la subrasante	27
1.3.3.2. Subrasante modificada con adición de fibras sintéticas	27
1.3.4. Emulsión Asfáltica	27
1.3.4.1. Composición de las Emulsiones Asfálticas.....	28
1.3.4.2. Tipos de emulsiones asfálticas	29
1.3.4.3. Aplicación de las emulsiones asfálticas.....	30
1.3.4.4. Factores que influyen en una rotura asfáltica	31
1.3.4.5. Ventajas de una emulsión asfáltica	31
1.3.5. Tereftalato de polietileno	32
1.3.5.1. Tereftalato de polietileno (PET)	33
1.3.5.2. Características del reforzamiento con fibras de tereftalato de polietileno (PET)	33
1.3.5.3. Ventajas del tereftalato de polietileno (PET).....	33
1.3.6. Clasificación de suelos	34
1.3.6.1. Sistema de Clasificación AASHTO	34
1.3.6.2. Sistema unificado de clasificación del suelo (SUCS).....	34
1.3.7. Análisis granulométrico, NTP 339.128.....	34
1.3.8. Contenido de humedad, NTP 339.127	35
1.3.9. Límites de Atterberg, NTP 339.129	36
1.3.9.1. Límite Líquido	36
1.3.9.2. Límite Plástico	36
1.3.10. Proctor Modificado, NTP 339.141	37
1.3.11. California Bearing Ratio (CBR) NTP 339.145	37
1.4. Formulación del problema.....	37
1.5. Justificación e importancia del estudio	38
1.5.1. Justificación técnica.....	38
1.5.2. Justificación social	38
1.5.3. Justificación ambiental.....	38

1.5.4.	Justificación económica.....	38
1.6.	Hipótesis	38
1.7.	Objetivos	38
1.7.1.	Objetivo principal	38
1.7.2.	Objetivos específicos.....	39
I.	Material y Método	39
2.1.	Tipo y Diseño de Investigación	39
2.1.1.	Tipo de Investigación:.....	39
2.1.2.	Diseño de Investigación:.....	39
2.2.	Población y muestra.....	39
2.2.1.	Población.....	39
2.2.2.	Muestra.....	39
2.3.	Variables, operacionalización.....	41
2.3.1.	Variable dependiente.....	41
2.3.2.	Variable independiente	41
2.3.3.	Operacionalización	41
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	43
2.4.1.	Instrumentos de recolección	43
2.5.	Procedimientos de análisis de datos.....	43
2.5.1.	Diagrama de flujo de procesos	43
2.5.2.	Descripción de procesos.	45
2.5.2.1.	Obtención de los materiales.	45
2.5.2.2.	Ensayo de Mecánica de Suelos.....	46
2.5.3.	Procesamiento de la información.....	50
2.5.4.	Procedimiento de la investigación	50
2.6.	Criterios éticos	51
2.7.	Criterios de rigor científico.....	51
II.	RESULTADOS	51
3.1.	Resultados en Tablas y Figuras.....	51
3.1.1.	Propiedades y Características Físicas del Suelo.....	51
3.1.1.1.	Calicata 1.....	51
3.1.1.2.	Calicata 2 (C-02).....	53
3.1.1.3.	Calicata 3 (C-03).....	55
3.1.1.4.	Calicata 4 (C-04).....	57
3.1.1.4.	Calicata 5 (C-05).....	59
3.1.2.	Comportamiento y Características Mecánicas del Suelo.....	61
3.1.2.1.	Calicata 1 (C-01).....	61
3.2.	Discusión de resultados	111
3.2.1.	Discusión 1	111
3.2.2.	Discusión 2	112

3.2.3. Discusión 3	115
III. Conclusiones y Recomendaciones.....	115
4.1. Conclusiones.....	115
4.2. Recomendaciones	116
REFERENCIAS.....	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de selección del Tipo de Estabilización.....	25
--	----

Figura 2. Diagrama de una Emulsión Asfáltica.....	28
Figura 3. Tipos de emulsiones aniónicas y catiónicas.....	30
Figura 4. Límites de Atterberg.	36
Figura 5. Cuchara de Casagrande.	37
Figura 6. Diagrama de flujos de procesos.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 7. Muestras de suelo.....	45
Figura 8. Emulsión asfáltica.	45
Figura 9. PET.	46
Figura 10. Muestras llevadas al horno.	47
Figura 11. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+3% de emulsión asfáltica).....	63
Figura 12. Diagrama de penetración para C-01 (6% de emulsión asfáltica). ...	64
Figura 13. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+6% de emulsión asfáltica).....	65
Figura 14. Diagrama de penetración para C-01 (9% de emulsión asfáltica). ...	66
Figura 15. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+9% de emulsión asfáltica).....	67
Figura 16. Diagrama de penetración para C-01 (12% de emulsión asfáltica). .	68
Figura 17. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+12% de emulsión asfáltica).....	69
Figura 18. Diagrama de penetración para C-01 (2% de PET).....	70
Figura 19. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+2% de PET)...	71
Figura 20. Diagrama de penetración para C-01 (4% de PET).....	72
Figura 21. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+4% de PET)...	73
Figura 22. Diagrama de penetración para C-01 (6% de PET).....	74
Figura 23. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+6% de PET)...	75
Figura 24. Diagrama de penetración para C-01 (8% de PET).....	76
Figura 25. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+8% de PET)...	77
Figura 26: Diagrama de penetración para Muestra Natural + 2% de PET + 3% de Emulsión asfáltica	78
Figura 27. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+2% de PET + 3% de emulsión asfáltica).....	79
Figura 28. Diagrama de penetración para C-01 (2% de PET + 6% de emulsión asfáltica).....	80
Figura 29. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+2% de PET + 6% de emulsión asfáltica).....	81
Figura 30. Diagrama de penetración para C-01 (2% de PET + 9% de emulsión asfáltica).....	82
Figura 31. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+2% de PET + 9% de emulsión asfáltica).....	83
Figura 32. Diagrama de penetración para C-01 (2% de PET + 12% de emulsión asfáltica).....	84
Figura 33. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+2% de PET + 12% de emulsión asfáltica).....	85
Figura 34. Diagrama de penetración para C-01 (4% de PET + 3% de emulsión asfáltica).....	86

Figura 35. Diagrama de penetración para C-01 (4% de PET + 3% de emulsión asfáltica).....	87
Figura 36. Diagrama de penetración para C-01 (4% de PET + 6% de emulsión asfáltica).....	88
Figura 37. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+4% de PET + 6% de emulsión asfáltica).....	89
Figura 38. Diagrama de penetración para C-01 (4% de PET + 9% de emulsión asfáltica).....	90
Figura 39. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+4% de PET + 9% de emulsión asfáltica).....	91
Figura 40. Diagrama de penetración para C-01 (4% de PET + 12% de emulsión asfáltica).....	92
Figura 41. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+4% de PET + 12% de emulsión asfáltica).....	93
Figura 42. Diagrama de penetración para C-01 (6% de PET + 3% de emulsión asfáltica).....	94
Figura 43. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+6% de PET + 3% de emulsión asfáltica).....	95
Figura 44. Diagrama de penetración para C-01 (6% de PET + 6% de emulsión asfáltica).....	96
Figura 45. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+6% de PET + 6% de emulsión asfáltica).....	97
Figura 46. Diagrama de penetración para C-01 (6% de PET + 9% de emulsión asfáltica).....	98
Figura 47. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+6% de PET + 9% de emulsión asfáltica).....	99
Figura 48. Diagrama de penetración para C-01 (6% de PET + 12% de emulsión asfáltica).....	100
Figura 49. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+6% de PET + 12% de emulsión asfáltica).....	101
Figura 50. Diagrama de penetración para C-01 (8% de PET + 3% de emulsión asfáltica).....	102
Figura 51. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+8% de PET + 3% de emulsión asfáltica).....	103
Figura 52. Diagrama de penetración para C-01 (8% de PET + 6% de emulsión asfáltica).....	104
Figura 53. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+8% de PET + 6% de emulsión asfáltica).....	105
Figura 54. Diagrama de penetración para C-01 (8% de PET + 9% de emulsión asfáltica).....	106
Figura 55. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+8% de PET + 9% de emulsión asfáltica).....	107
Figura 56. Diagrama de penetración para C-01 (8% de PET + 12% de emulsión asfáltica).....	108
Figura 57. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+8% de PET + 12% de emulsión asfáltica).....	109

Figura 58: Resultados del ensayo de MDS según porcentajes de emulsión asfáltica y tereftalato de polietileno adicionados a las muestras de SN.	113
Figura 59: Resultados del ensayo de CBR al 95% y 100% según porcentajes de tereftalato de polietileno adicionados a las muestras de suelo.....	114
Figura 60: Resultados del ensayo de CBR al 95% y 100% según porcentajes de emulsión asfáltica adicionados a las muestras de suelo	114
Figura 61. Análisis granulométrico de calicata C-01.	126
Figura 62. Análisis granulométrico de calicata C-02.	127
Figura 63. Análisis granulométrico de calicata C-03.	128
Figura 64. Análisis granulométrico de calicata C-04.	129
Figura 65. Análisis granulométrico de calicata C-05.	130
Figura 66. Ensayo de CBR para calicata C-01 (Muestra natural), Parte 1.	131
Figura 67. Ensayo de CBR para calicata C-01 (Muestra natural), Parte 2.	132
Figura 68. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+3% de emulsión asfáltica), Parte 1.....	133
Figura 69. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+3% de emulsión asfáltica), Parte 2.....	134
Figura 70. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de emulsión asfáltica), Parte 1.....	135
Figura 71. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de emulsión asfáltica), Parte 2.....	136
Figura 72. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+9% de emulsión asfáltica), Parte 1.....	137
Figura 73. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+9% de emulsión asfáltica), Parte 2.....	138
Figura 74. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+12% de emulsión asfáltica), Parte 1.....	139
Figura 75. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+12% de emulsión asfáltica), Parte 2.....	140
Figura 76. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+2% de PET), Parte 1.....	141
Figura 77. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+2% de PET), Parte 2.....	142
Figura 78. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+4% de PET), Parte 1.....	143
Figura 79. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+4% de PET), Parte 2.....	144
Figura 80. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de PET), Parte 1.....	145
Figura 81. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de PET), Parte 2.....	146
Figura 82. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+8% de PET), Parte 1.....	147
Figura 83. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+8% de PET), Parte 2.....	148
Figura 84. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+2% de PET +3% de emulsión asfáltica), Parte 1.	149
Figura 85. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+2% de PET +3% de emulsión asfáltica), Parte 2.	150
Figura 86. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+2% de PET +6% de emulsión asfáltica), Parte 1.	151
Figura 87. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+2% de PET +6% de emulsión asfáltica), Parte 2.	152
Figura 88. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+2% de PET +9% de emulsión asfáltica), Parte 1.	153

Figura 89. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+2% de PET +9% de emulsión asfáltica), Parte 2.	154
Figura 90. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+2% de PET +12% de emulsión asfáltica), Parte 1.	155
Figura 91. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+2% de PET +12% de emulsión asfáltica), Parte 2.	156
Figura 92. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+4% de PET +3% de emulsión asfáltica), Parte 1.	157
Figura 93. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+4% de PET +3% de emulsión asfáltica), Parte 2.	158
Figura 94. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+4% de PET +6% de emulsión asfáltica), Parte 1.	159
Figura 95. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+4% de PET +6% de emulsión asfáltica), Parte 2.	160
Figura 96. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+4% de PET +9% de emulsión asfáltica), Parte 1.	161
Figura 97. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+4% de PET +9% de emulsión asfáltica), Parte 2.	162
Figura 98. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+4% de PET +12% de emulsión asfáltica), Parte 1.	163
Figura 99. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+4% de PET +12% de emulsión asfáltica), Parte 2.	164
Figura 100. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de PET +3% de emulsión asfáltica), Parte 1.	165
Figura 101. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de PET +3% de emulsión asfáltica), Parte 2.	166
Figura 102. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de PET +6% de emulsión asfáltica), Parte 1.	167
Figura 103. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de PET +6% de emulsión asfáltica), Parte 2.	168
Figura 104. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de PET +9% de emulsión asfáltica), Parte 1.	169
Figura 105. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de PET +9% de emulsión asfáltica), Parte 2.	170
Figura 106. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de PET +12% de emulsión asfáltica), Parte 1.	171
Figura 107. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de PET +12% de emulsión asfáltica), Parte 2.	172
Figura 108. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+8% de PET +3% de emulsión asfáltica), Parte 1.	173
Figura 109. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+8% de PET +3% de emulsión asfáltica), Parte 2.	174
Figura 110. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+8% de PET +6% de emulsión asfáltica), Parte 1.	175
Figura 111. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+8% de PET +6% de emulsión asfáltica), Parte 2.	176

Figura 112. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+8% de PET +9% de emulsión asfáltica), Parte 1.	177
Figura 113. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+8% de PET +9% de emulsión asfáltica), Parte 2.	178
Figura 114. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+8% de PET +12% de emulsión asfáltica), Parte 1.	179
Figura 115. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+8% de PET +12% de emulsión asfáltica), Parte 2.	180
Figura 116. Calicata C-01.....	181
Figura 117. Calicata C-02.....	181
Figura 118. Calicata C-03.....	182
Figura 119. Calicata C-04.....	182
Figura 120. Calicata C-05.....	183
Figura 121. Material PET.	183
Figura 122. Emulsión asfáltica.	184
Figura 123. Separación de las muestras de suelo.	184
Figura 124. Tamizado de muestras de suelos.....	185
Figura 125. Muestras llevadas al horno para determinar su contenido de humedad.	185
Figura 126. Mezcla de suelo y emulsión asfáltica.	186
Figura 127. Mezcla de suelo, PET y emulsión asfáltica.	186
Figura 128. Moldes sumergidos en agua con sobrecarga colocada.	187
Figura 129. Registro de lecturas con deformímetro.	187
Figura 130. Ensayo de CBR para una combinación de 4% de PET + 12% de emulsión asfáltica.....	188

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de subrasante.....	27
Tabla 2: Cuadro Comparativo de los Materiales Asfálticos	32
Tabla 3: Clasificación de suelos según tamaños de partículas	35
Tabla 4: Cantidad de ensayos para determinar la muestra patrón.....	40
Tabla 5: Cantidad de muestras a ensayar con porcentajes de emulsión asfáltica y tereftalato de polietileno	40
Tabla 6: Variable dependiente.....	41
Tabla 7: Variable independiente	42
Tabla 8: Análisis granulométrico por tamizado para calicata C-01	52
Tabla 9: Distribución granulométrica para calicata C-01	52
Tabla 10	53
Tabla 11: Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO para calicata C-01.....	53
Tabla 12: Análisis granulométrico por tamizado para calicata C-02.....	54
Tabla 13: Distribución granulométrica para calicata C-02	54
Tabla 14: Límites de Atterberg para calicata C-02	55
Tabla 15: Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO para calicata C-02.....	55
Tabla 16: Análisis granulométrico por tamizado para calicata C-03.....	56
Tabla 17: Distribución granulométrica para calicata C-03	56
Tabla 18: Límites de Atterberg para calicata C-03	57
Tabla 19: Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO para calicata C-03.....	57
Tabla 20: Análisis granulométrico por tamizado para calicata C-04.....	58
Tabla 21: Distribución granulométrica para calicata C-04	58
Tabla 22: Límites de Atterberg para calicata C-04	59
Tabla 23: Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO para calicata C-04.....	59
Tabla 24: Análisis granulométrico por tamizado para calicata C-05.....	60
Tabla 25: Distribución granulométrica para calicata C-05	60
Tabla 26	61
Tabla 27: Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO para calicata C-05.....	61
Tabla 28: Relación densidad-humedad para calicata C-01	61
Tabla 29: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (muestra natural) ...	62
Tabla 30: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+3% de Emulsión asfáltica).....	62
Tabla 31: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+6% de Emulsión asfáltica).....	64
Tabla 32: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+9% de Emulsión asfáltica).....	66
Tabla 33: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+12% de Emulsión asfáltica).....	68
Tabla 34: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+2% de PET)	70
Tabla 35: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+4% de PET)	72
Tabla 36: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+6% de PET)	74
Tabla 37: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+8% de PET)	76
Tabla 38: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+2% de PET + 3% de Emulsión asfáltica)	78

Tabla 39: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+2% de PET + 6% de Emulsión asfáltica)	80
Tabla 40: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+2% de PET + 9% de Emulsión asfáltica)	82
Tabla 41: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+2% de PET + 12% de Emulsión asfáltica)	84
Tabla 42: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+4% de PET + 3% de Emulsión asfáltica)	86
Tabla 43: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+4% de PET + 6% de Emulsión asfáltica)	88
Tabla 44: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+4% de PET + 9% de Emulsión asfáltica)	90
Tabla 45: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+4% de PET + 12% de Emulsión asfáltica)	92
Tabla 46: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+6% de PET + 3% de Emulsión asfáltica)	94
Tabla 47: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+6% de PET + 6% de Emulsión asfáltica)	96
Tabla 48: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+6% de PET + 9% de Emulsión asfáltica)	98
Tabla 49: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+6% de PET + 12% de Emulsión asfáltica)	100
Tabla 50: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+8% de PET + 3% de Emulsión asfáltica)	102
Tabla 51: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+8% de PET + 6% de Emulsión asfáltica)	104
Tabla 52: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+8% de PET + 9% de Emulsión asfáltica)	106
Tabla 53: Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+8% de PET + 12% de Emulsión asfáltica)	108
Tabla 54: Resumen de ensayos de proctor modificado	110
Tabla 55: Resumen de ensayos de proctor modificado para las combinaciones	110
Tabla 56: Resumen de ensayos de CBR	111
Tabla 57: Resumen de ensayos de CBR para las combinaciones.....	111
Tabla 58: Resumen de propiedades físicas	112
Tabla 59: Resumen de propiedades mecánicas del suelo	113
Tabla 60: Resumen de ensayos de CBR para las combinaciones.....	115

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

1.1.1. Nivel Internacional

Las carreteras no pavimentadas soportan una alta demanda de tráfico, el cual reduce su capacidad de servicio y el rendimiento de la carretera, reduciendo así su capacidad portante y generando costos considerables de mantenimiento **(Cabezas & Cataldo, 2019)**.

En países europeos extraen grandes cantidades de residuos de carbón para ser usados como material de subrasante para carreteras. Debido a los impactos negativos que causa el uso de estabilizadores químicos, como el cloruro de sodio, la cal. Generando contaminación ambiental y costos para las reconstrucciones de las carreteras **(Jiménez et al., 2019)**.

En Pakistán debido al aumento considerable de la población, construyen carreteras con suelos expansivos, los cuales por naturaleza debido a sus características geotécnicas siempre presentan un asentamiento excesivo y fallas en la subrasante. Teniendo un aumento considerable de costos debido al uso de estabilizadores químicos **(Vijayan & Parthiban, 2020)**.

El mal estado de la superficie de la carretera naturalmente es causado por el suelo de subrasante variable, presentando baches y otros defectos en el terreno de la vía, generando malestar con los usuarios **(Juliana, y otros, 2020)**.

En la India, las carreteras sin pavimentar con bajo volumen de tráfico, debido a las condiciones ambientales y el uso constante sin realizar mantenimiento, se deterioran presentando deformaciones del suelo, generando así el uso de cenizas volantes con geomallas de bambú para reforzar la subrasante y reducir las deformaciones cíclicas **(Ravindran, y otros, 2019)**.

Los elevados costos de construcciones viales se deben a la carencia de material de buena calidad. Debido a eso se incrementó la necesidad de indagar métodos para corregir la calidad de los suelos mediante la estabilización de suelos usados en proyectos de construcción **(Abdullah & Al-Abdul Wahhab, 2019)**.

Desde hace mucho tiempo el suelo ha sido empleado como material de subbase, subrasante y base en las construcciones viales. Presentando áreas del suelo de subrasante débil, en tales casos presenta la necesidad de mejorar el

suelo mediante el uso de estabilizadores con material de desechos **(Vijayakumar et al., 2019)**.

En el norte de Texas los suelos de subrasante suelen ser expansivos, los cuales presentan una alta contracción de hinchamiento, debido a eso buscan alternativas para estabilizar gradualmente la subrasante. Presentando alternativas como el uso de cal, líquido iónico para mejorar la rigidez, resistencia del suelo y evitar la contaminación ambiental **(Kaneza et al., 2020)**.

En la India el 79% de su red vial consiste en carreteras no pavimentadas, siendo cubiertas por un tipo de suelo de baja resistencia al corte y valores de carga (CBR). Presentando así deterioros significativos bajo cargas pesadas. Generando altos costos en mantenimiento y reconstrucciones **(Mittal & Shukla, 2019)**.

1.1.2. Nivel Nacional

Los investigadores dijeron que en Abancay los suelos de subrasante tienen presencia de limo arcilloso de alta plasticidad. Asimismo, se tiene en cuenta que en las construcciones de obras viales lo que menos se requiere es realizar un movimiento de tierras innecesario, debido a las actividades ambientales, técnicas y económicas que este genera **(Quispe & Sañac, 2019)**.

En la Sierra, las construcciones y rehabilitaciones de las vías con material de subrasante, presentan desgaste prematuro, originado por diversos factores: aumento considerable del IMDA, la composición física – mecánica de los suelos de cantera que son usados para estabilizar la subrasante, cambios climáticos por las altas precipitaciones, desamparo y descuido de las entidades responsables, por ende, se manifiesta presentando huecos, baches, etc. Por consiguiente, estos factores incrementan los altos costos de mantenimiento **(Villanueva, 2017)**.

Las carreteras no pavimentadas representan un 86.6% de la red vial regional. Asimismo, la carretera Chachapoyas – Huancas promueve el comercio, turismo, industria, pero se encuentra en un mal estado debido a que el suelo de subrasante es limo arcilloso, por consiguiente, este presenta inestabilidad provocando una baja capacidad portante, generando la deficiencia al transporte **(Cuipal, 2018)**.

Los suelos inestables de la carretera Bagua Grande - Buena Vista, se detallan por presencia de baches, huecos y hundimiento en el suelo de subrasante. Esta carretera está dedicada exclusivamente a la ganadería, agricultura e intercambio comercial con distintas ciudades, por el cual se busca mejorar el suelo de la subrasante, mediante un estabilizador químico para evitar los altos costos de mantenimiento **(Suxe, 2018)**.

En el distrito Laredo existen varios tramos de carretera sin pavimentar debido a las bajas características geotécnicas del suelo arcilloso, demandando así baches por acumulación de humedad debido a las carencias de economía (Aquino, 2018).

1.1.3. Nivel Local

Los investigadores Mencionan que, en Piura, existe una gran variedad de suelos. Por ende, siempre se buscan alternativas para estabilizar el suelo de forma adecuada, debido a que el 80% de sus carreteras no son pavimentadas presentando condiciones desfavorables de transitabilidad debido a un alto volumen de tráfico, siendo vías que conectan con sectores agrícolas, generando así un aumento de precios de estos **(Montejo et al., 2020)**.

Expresan que en la región Lambayeque se presentan problemas como la inestabilidad del suelo en carreteras sin pavimentar, debido a que el material que usan no es llevado a laboratorio para determinar las características geotécnicas que posee, presentando así un daño acelerado, que lamentablemente afecta de manera considerable el tránsito y el bienestar de los usuarios, asimismo generando costos innecesarios en su mantenimiento **(Becerra & Herrera, 2019)**.

Los investigadores, Mencionan que la presencia de suelos arcillosos, con características de CBR bajo y deficiente calidad, no es recomendable usarlo en proyectos de pavimentación ya que no cumple con los requerimientos necesarios. Sin embargo, el suelo arcilloso puede mejorar sus características utilizando estabilizadores químicos o naturales **(Cubas & Falen, 2016)**.

1.2. Antecedentes de estudio

1.2.1. Nivel Internacional

(Mishra & Kumar, 2018) en su estudio evaluaron, fibras de PET con 0,4%, 0,8%,1,2%, 1,6% y 5%,10%,15% Y 20% de cenizas volantes, a medida

que aumenta el contenido de PET, la máxima densidad seca (MDS) y el óptimo contenido de humedad (OCH) disminuyen. La MDS disminuye de 1,74gm/cc a 1,72gm/cc, 1,68gm/cc a 1,64gm/cc, de tal manera, el OCH disminuye de 16,18% a 14,8%, 13,21% a 12,14%.

(Abukhattala & Fall, 2020) en su investigación, informaron el efecto que causa agregar PET en porcentajes de 1%, 2%, 3%, 4%, 5% y 10%, a mayor proporción de PET, el OCH disminuye de 21% a 17%, similarmente, la MDS disminuye de 1,610g/cm³ a 1,430g/cm³, de manera simultánea los valores CBR variaron de 25.5% a 32.1% para las muestras de suelo con PET; asimismo, (Aguilar & Linares, 2020) adicionaron proporciones de PET 4%, 8% y 12% al suelo natural (SN), logrando una reducción del IP de 13,55% SN hasta 8,98% con (4% PET), la MDS aumenta de 1.730gr/cm³ SN a 1.807gr/cm³ con (12% PET) y la capacidad de soporte aumenta de 5.6% SN a 9.9% (12% PET).

(Gana & Chinyere, 2019) en su estudio evaluaron, emulsión asfáltica con 3%, 6%, 9%, 12% y 2%, 4%, 6%, 8% de ceniza bagazo, determinando que el CBR con un contenido de emulsión asfáltica de 9% y 6% de ceniza de bagazo da un valor de 25,77%, pero al aumentar el contenido de 12% de ceniza de bagazo junto con 8% de emulsión asfáltica, el valor de CBR aumento a 41,9%

(Thenoux & Carrillo, 2016) , en su investigación “ Study for the use of ash and polyethylene terephthalate in soil stabilization” su objetivo determinar de qué manera influye el uso de cenizas de bagazo, en estructuras construidas sobre ellos, debido a su tendencia a hincharse al mojarse y encogerse al secarse, para superar este problema se añadió SBCA de 5%, 10%, 15% y 3%, 6%, 9% de tereftalato de polietileno, destacando un cambio significativo en las propiedades de la arcilla, reduciendo el índice de IP y porcentaje de hinchamiento obtenida al 10%.

(Pershekov et al., 2019), en su investigación “Polymer reinforced interlayers application in road construction” tienen por objetivo aumentar la vida útil de la carretera, analizando las recientes construcciones de tecnologías de capas geosintéticas para identificar sus ventajas y desventajas. Se obtiene como resultado que en definitiva el geotextil mejora las propiedades, teniendo un efecto de refuerzo en el proceso de capa de subrasante. Concluyendo que el agente

polímero bituminoso mejora las propiedades físico-mecánicas permitiendo ahorrar considerablemente.

1.2.2. Nivel Nacional

(Nesterenko, 2018) en su investigación “Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú” tiene por objetivo indagar el procedimiento y características geotécnicas que genera el uso del polímero poliacrilamida y los cambios que provoca al usarlo como agente estabilizador de suelo. Se hicieron ensayos con 5 clases de áridos con diferentes propiedades mecánicas., agregando un valor 0.0026% de polímero poliacrilamida (PAM). En conclusión, el uso de polímero poliacrilamida incrementa considerablemente el CBR en un 20% más que en su estado natural del suelo, considerándose así apto para brindar solución a las carreteras con baja capacidad portante.

(Capia, 2020) en su investigación “Estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la subrasante de la carretera Juliaca – Caminaca, 2019” tuvo por objetivo determinar el porcentaje adecuado de polímero triturado PET para ser usado en el suelo de subrasante de la carretera antes mencionada, mediante ensayos de laboratorio con las muestras obtenidas insitu. Por consiguiente, se trabaja con SN y suelo estabilizado con el polímero reciclado con valores de 1%, 3% y 5%. Se concluye que, una vez realizado los ensayos, se obtiene una dosificación óptima adicionando un valor de 3% de polímero reciclado PET como agente estabilizador en el suelo de subrasante, provocando que su capacidad portante CBR aumente de un 0.58% a 0.87%.

(Silvestre, 2017) en su investigación “Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de lima-2017” cuyo objetivo es establecer la desigualdad de densidades y diferencias económicas de las mezclas asfálticas modificadas con plástico y mezclas asfálticas tradicionales. Se realizaron ensayos de granulometría, durabilidad, abrasión de los ángeles, etc. Se concluye que hay un porcentaje de 1.7% de reducción de densidad en la muestra. Mejorando las características físico-mecánicas de la mezcla existe un porcentaje de ahorro del 2.63% ya que para adherir ya no es necesario el uso del filler, porque el PET cumple esa función de mejorar la adherencia.

(Galarreta & Llenque, 2019) en su investigación “Influencia de la adición de emulsión asfáltica en la estabilidad de los suelos del centro poblado de Villa Hermosa en el distrito La Esperanza” tuvo por objetivo evaluar la capacidad de soporte (CBR), la compactación y resistencia a la compresión mediante probetas estabilizadas con emulsión asfáltica. Se concluyó que el suelo sin adición de emulsión asfáltica tiene un valor de CBR de 3.57% con una resistencia de 3.747 kgf/cm² mientras que la mejor proporción suelo-emulsión es del 6% aumentando el índice de CBR hasta un valor de 29.30% con una resistencia de 30.771 kgf/cm².

(Palomino, 2014) en su investigación “Costos y presupuestos en carreteras de bajo volumen de tránsito con contratos de conservación vial por niveles de servicio”, tuvo por objetivo evaluar los contratos de acuerdo con nuestra realidad estimando las partidas de transporte, sus rendimientos y usos que se deben dar para el rendimiento de los materiales granulares. En conclusión, la metodología planteada brinda una aproximación en la valoración de costos y esto se evidencia mediante las comparaciones que se realizan en el tramo de aplicación.

(Mendoza, 2016) en su investigación “Propuesta de utilización de emulsión asfáltica modificada en el mantenimiento de la carretera: Lucma-09 de octubre, para mejorar la transitabilidad vehicular en el distrito de Lucma, provincia Gran Chimú-La Libertad, 2016”, cuyo objetivo es disminuir los costos del mejoramiento y mantenimiento de la infraestructura vial, determinando la manera de cómo influye el uso de emulsión asfáltica. Asimismo, la carretera en estudio se encuentra deteriorada por el aumento del flujo vehicular y presencia de lluvias. En conclusión, se determinó que el uso de emulsiones asfálticas a nivel de mejoramiento y mantenimiento son económicas, reduciendo los costos de inversión hasta en un 16.12%, además de sencilla forma de aplicar y preparar en insitu.

(Ortega, 2017) en su investigación “Reducción de costos y operación en la estabilización de carreteras no pavimentadas con enzimas terrazyme en el distrito de Amarilis - 2016”, tuvo por objetivo reducir los costos, perfeccionando el uso de la aplicación de agentes estabilizantes de suelo en la carretera no pavimentada del Distrito de Amarilis. Siendo una investigación experimental se

realizaron calicatas de 1.00m de profundidad por debajo del suelo de la subrasante proyectada, de manera que se obtuvo una mezcla de suelo para los ensayos que se llevaran a cabo en un laboratorio. Teniendo como conclusión, que al contrastar los costos utilizando emulsión asfáltica y terrazyme existe un ahorro de S/164.12 por m³, agregando que también incrementa su CBR.

1.2.3. Nivel Local

En su investigación “Estabilización de suelos granulares no cohesivos de Lambayeque aplicando bacterias calcificantes” tuvo por objetivo aplicar bacterias calcificantes estabilizando el suelo tipo granular no cohesivo (SP) con el fin de reducir la permeabilidad y aumentar su capacidad de soporte. Se realizaron 14 extracciones de suelo de diferente zona para ser llevados a laboratorio y ser mezclados con las bacterias calcificantes y así conocer sus propiedades. Concluyendo que el valor de peso específico aumenta de 9.5% a 13.5% indicando reducción de vacíos **(Coronado, 2020)**.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Estabilización de suelos

Según el, (MTC, 2013) este método consiste en perfeccionar la resistencia mecánica de un suelo. Asimismo, viene a ser un mejoramiento para los suelos pobres, por medio de la integración de agentes estabilizantes químicos, sintéticos y naturales a través de diferentes métodos mecánicos.

Según el MTC (2013) Para la estabilización de suelos se recomienda los siguientes criterios:

- Para considerar un tipo de suelo como material apto para el uso de las capas de la subrasante estos deben presentar una Relación de Soporte de California del 6%.
- Caso contrario, si no cumple con el requisito, se tendrá que evaluar mediante estudios, para dar a conocer si será materia para las estabilizaciones, mejoramientos o reemplazos.
- Si las capas del suelo de subrasante presentan material de arcilla o limo, que, siendo humedecidas, pueden ingresar pequeñas partículas en las capas inferiores del pavimento y así contaminarlas, para ello tendrá que

planificarse contar con una capa de material que reduzca la contaminación de 10cm. de espesor o un geotextil.

- Para determinar los tipos de estabilizaciones de suelo se considera indispensable precisar cada clase de suelo existente. De manera que, cada tipo de suelo, que preeminente coincide en este ambiente son: SM o SC.

Según, (Rivera et al., 2020) para considerar un suelo estable este tiene que poseer características como una resistencia apta para que no sufra alteraciones ni desmedido desgaste en servicio por acción de las situaciones climáticas variables que se puedan presentar en un lapso.

1.3.1.1. Factores indispensables para una estabilización de suelos

Según, MTC 2013 – Suelos y pavimentos:

- a) Tipos de suelos
- b) Usos propuestos de un suelo estabilizado
- c) Elección de un tipo de aditivo estabilizador de suelos
- d) Práctica con cada patrón de estabilización que se empleará
- e) Contar con la disposición de un patrón de agente estabilizador

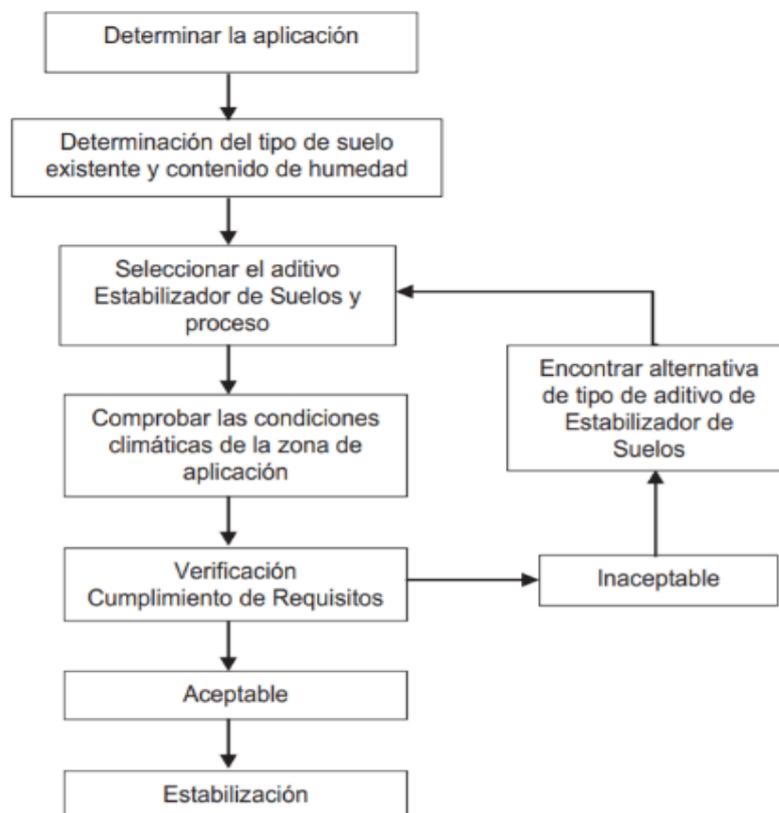


Figura 1. Proceso de selección del Tipo de Estabilización.

Fuente: MTC 2013 – Suelos y pavimentos

1.3.2. Estabilización de carreteras no pavimentadas

(MTC, 2013), menciona que existen métodos para estabilizar los suelos, utilizando diferentes estabilizadores, como: Cloruro de sodio, cemento, la cal, emulsiones asfálticas.

(Gutiérrez, 2010) La resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y la evaluación de los materiales del suelo para formar capas de base, subbase y subrasante, debe presentar concordancia con los valores de diseño.

Asimismo, se debe tener presente que, si los materiales elegidos para emplearse en la vía no son los adecuados ya que no cumplen con las características, se llevará a cabo realizar una estabilización respectiva del suelo.

Aplicar emulsión asfáltica y polímero para estabilizar un suelo, tienen grandes ventajas, incrementar las partículas de este para aumentar su capacidad de soporte sin deformación, menor costo de inversión. Las Aplicaciones principales de Técnica de Estabilización son en Subrasantes estabilizadas para pavimentos, Mantenimiento y Construcción de Vías, entre otras.

1.3.2.1. Clasificación

(Coronado, 2002) se clasifican en categorías:

- Vías de tierra: Conformadas por SN y gravas tratadas con zarandeo.
- Vías gravosas: Están conformadas por una capa de recubrimiento con suelo natural granular, no se necesita procesarlas, ya que este es seleccionado de forma manual o zarandeo. Se debe tener en cuenta su tamaño máximo ya que es de 75mm.
- Vías afirmadas: Estas soportan un gran índice medio diario anual, su capa de rodadura se conforma por suelo granular natural, ya que provienen de las canteras, como también de excedentes de zanjas que se adaptan a ciertas especificaciones técnicas teniendo en cuenta su magnitud, sus composiciones granulométricas, dureza y su característica de finos.
- Carreteras estabilizadas con material de origen industrial.

1.3.3. Subrasante

Según el, (MTC, 2013) menciona que viene a ser una superficie finalizada de una vía a nivel de corte y relleno, está constituida por suelos con propiedades admisibles y compactados por capas para conformar un cuerpo firme en excelente estado, en consecuencia, que no afecte las cargas de diseño que proviene del índice medio diario anual.

Mediante las capacidades de soporte en calidad de servicio y propiedades de cada material utilizados para las construcciones viales de la subrasante, se debe tener una compactación de 95% de MDS del ensayo Proctor Estándar.

Se consideran apropiados el material para una subrasante con un CBR igual o superior al 6%, de no ser así, se tomarán medidas correctivas convenientes para las estabilizaciones de suelos requeridas ya sea de manera mecánica, química o con geosintéticos y de no llegar a los valores deseados, se puede realizar el reemplazo de los suelos.

Para, (Sandoval & Rivera, 2019) puede estar conformada por diferentes tipos de suelos en estado natural como también por suelos mejorados mediante la incorporación de geosintéticos, procesos químicos y mecánicos. Para subrasante de suelos finos, el CBR debe realizarse in situ o mediante pruebas de laboratorio en las muestras inalteradas.

Para, (Montejo, 2002) existen diferentes tipos de suelos, los cuales siempre se debe tener en cuenta, para que tipo de obra determinada van a ser usados.

- Tomar el material tal en estado natural, pero, para el diseño se debe tener en consideración una que otra restricción respecto a su calidad.
- Separar el material que no sirve, asimismo, se debe sustituir por otro que cumpla con todas las características.
- Cambiar las características de cada material existente, para hacerlo cumplir con los requisitos deseados, para ello también se busca obtener un material de calidad.

Tabla 1: Clasificación de subrasante

CBR	CATEGORÍA DE SUBRASANTE
CBR <3%	Subrasante Inadecuada
$3\% \leq \text{CBR} < 6\%$	Subrasante Pobre
$6\% \leq \text{CBR} < 10\%$	Subrasante Regular
$10\% \leq \text{CBR} < 20\%$	Subrasante Buena
$20\% \leq \text{CBR} < 30\%$	Subrasante Muy Buena
$30\% \leq \text{CBR}$	Subrasante Muy Buena

Fuente: Categorías de la subrasante (MTC, 2013)

1.3.3.1. Caracterización de la subrasante

(MTC, 2013) Con la intención de establecer las propiedades físico-mecánicas del suelo de subrasante, se tienen que llevar a cabo una investigación, para ello es necesario la realización de excavaciones exploratorias (calicatas), con una mínima profundidad de 1.50 m

1.3.3.2. Subrasante modificada con adición de fibras sintéticas

Para, (Serrano & Padilla, 2019) esta técnica como los polímeros es muy utilizada debido a que ayuda a mejorar el comportamiento, esfuerzo y deformación del suelo.

1.3.4. Emulsión Asfáltica

(MTC, 2013) Considerada como una separación de asfalto en agua, presentando así una forma de diminutas partículas con un diámetro de entre 3 y 9 micras.

(Serment, 2013) Menciona que emplearlo genera ventajas como su uso no permite que el asfalto envejezca al calentarlo para luego ser mezclado, tendido y compactado en las mezclas asfálticas calientes. Asimismo, genera una mayor seguridad para los trabajadores en la construcción, mayor facilidad en el transporte y un buen uso del material.

(Manual de carreteras, 2013) Las emulsiones asfálticas catiónicas se utilizan para estabilizar una vía. Está compuesta por elementos como: asfalto,

agua y un agente emulsificante (tensoactivo). Asimismo, las emulsiones asfálticas pueden ser rectificadas mediante el uso de polímeros, aditivos.

El uso de emulsiones asfálticas reduce el consumo energético, de igual manera contribuye en la reducción de GEI en la construcción y mantenimiento de pavimentos.

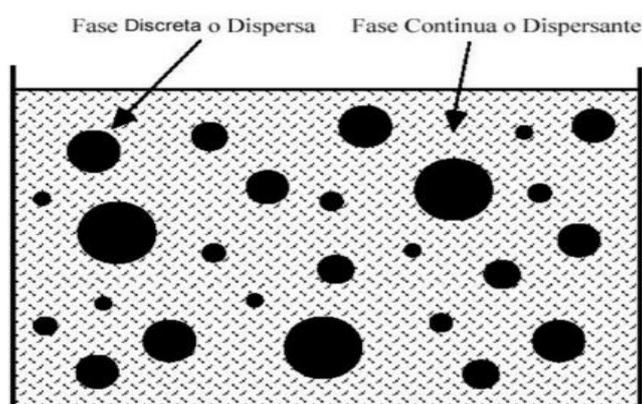


Figura 2. Diagrama de una Emulsión Asfáltica.

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte (2005)

1.3.4.1. Composición de las Emulsiones Asfálticas

(Rodríguez et al., 2001) se constituye por estos tres elementos esenciales: asfalto, agua y agente emulsivo. Básicamente en algunos casos trabaja con ciertos aditivos que son usados como agentes estabilizantes mejorados de revestimiento, para mejorar la adherencia o agentes de control de rotura.

a) Asfalto

Se le puede identificar por ser un ligante antiguo utilizado por el hombre, también por sus características de transigencia, impermeabilidad, durabilidad y de adhesión, así como también su alta resistencia en los ácidos, sales y álcalis (Rodríguez et al., 2001).

b) Agua

Está compuesta por minerales u otros elementos, se tiene que tener muy en cuenta ya que estos pueden dañar la producción de tener emulsiones asfálticas.

Por ende, se debe evaluar el agua y si esta no se ejecuta con los requisitos adecuados para ser usada en la elaboración de emulsiones asfálticas, no se utiliza (Rodríguez et al., 2001).

c) Agentes Emulsivos

Son sustancias que suelen ser incorporadas para proporcionar la formación de una dispersión estable. También, se emplea el agente emulsivo, mediante mezcla con un asfalto aceptable, agua que cumpla con los requisitos de calidad y un apropiado procedimiento mecánico (Rodríguez et al., 2001).

1.3.4.2. Tipos de emulsiones asfálticas

a) Emulsiones aniónicas

Tipo ($Ph > 7$) contiene carga negativa, sus glóbulos de betún asfáltico presentan simpatía por las superficies iónicamente positivas, como también por los áridos calizos.

La rotura de una emulsión aniónica se da por dos razones: la fuerza de acercamiento provocada al tener contacto con superficies de cargas opuestas o también por la evaporación del agua.

Asimismo, inmediatamente realizada la rotura, la carga eléctrica de las partículas de asfalto hace que la adherencia a los áridos sea excelente (Rodríguez et al., 2001).

b) Emulsiones catiónicas

Estas tienden a romperse rápidamente por reacción química en presencia de cualquier árido, aun cuando estos, presenten humedad (Rodríguez et al., 2001).

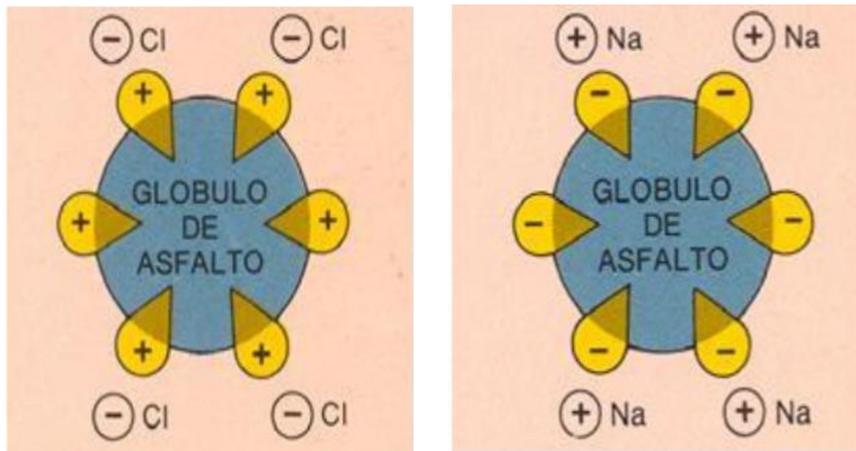


Figura 3. Tipos de emulsiones aniónicas y catiónicas.

Fuente: (Rodríguez et al., 2001).

1.3.4.3. Aplicación de las emulsiones asfálticas

(Rodríguez et al., 2001) menciona que viene a ser un proceso que ayuda a la conservación de un pavimento. Teniendo en cuenta las principales utilidades:

a) Tratamientos a la superficie

- Métodos superficiales
- Sellos de niebla
- Slurry seal

b) Asfaltos reciclados

- Reciclado en frío
- Mejoramiento de base

c) Otras utilidades

- Estabilizaciones de suelo y bases
- Bacheos
- Riegos de imprimación
- Riegos de liga Sellado de grietas

1.3.4.4. Factores que influyen en una rotura asfáltica

- La absorción del agua ocasionada por texturas ásperas en el árido, provocan la reducción del tiempo de una rotura.
- El porcentaje de humedad en la piedra perfecciona el revestimiento, sin embargo, el tiempo de rotura es largo.
- Condiciones atmosféricas, la separación ocurre de manera rápida en climas con temperatura elevada.
- Las fuerzas mecánicas provocadas por la presión del rodillo de compactación.

1.3.4.5. Ventajas de una emulsión asfáltica

(Rodríguez et al., 2001) menciona que, al ser usadas en las capas de un pavimento, estas son las ventajas que presentan las emulsiones en el asfalto y mezclas asfálticas en caliente, en revestimientos asfálticos por construir, como agentes estabilizadores e incluso en trabajos de parcheo.

- Es un ligante asfáltico, que no presenta contaminación, ni peligro, debido a que su composición es del 35 al 40% de agua como solvente.
- Su manejabilidad es de forma sencilla y segura, debido a la baja densidad a temperatura ambiente.
- Presenta un acopio limitado, pero espacioso, se puede almacenar por meses, por las características de sus componentes.
- Una de sus características es la adhesión que presenta con cualquier agregado pétreo.
- Se puede aplicar en tiempo corto, y esto hace que se dé un acelerado funcionamiento de la obra.
- Contiene un rebajado costo de la fase dispersante, que es el agua.

La Tabla 2 nos presenta las características de materiales asfálticos siendo rotundamente las emulsiones asfálticas una buena opción.

Tabla 2: Cuadro Comparativo de los Materiales Asfálticos

Material Asfáltico	Ventajas	Desventajas	Proceso de Curado
Mezclas en caliente	Aplicación directa	Humos y costos de combustibles	Por enfriamiento
Asfaltos rebajados	Trabajabilidad	Contaminación atmosférica	Evaporación del solvente
Emulsiones asfálticas	Menor polución, menor costo de combustible	Cuidado en el manejo de la emulsión	Rotura, coalescencia, evaporación del agua

Fuente: Instituto del Asfalto, 2005

1.3.5. Tereftalato de polietileno

Según la MTC (2013) considera al tereftalato de polietileno como un aditivo modificador del asfalto.

Guardia (2018) considera que están conformados por miles de moléculas denominadas monómeros entre las cuales forman diversas cadenas. Asimismo, en las estabilizaciones de suelos, usar materiales siempre ha tenido un principal objetivo, el cual es conformar una estructura impermeable al agua, una de sus características son las resinas sintéticas que, por su naturaleza orgánica, presentan un aumento a la resistencia mecánica del suelo, por ello también su adherencia.

Asimismo, mejorando la compactación hace que la resistencia al esfuerzo cortante se reduzca de manera considerable; por ello, a este tipo de material se le conoce más como un agente que ayuda a mejorar la compactación, que como agentes estabilizantes.

Para, Coreño & Méndez (2010) mencionan que son materiales que tienen variedad de usos, debido a que presentan propiedades mecánicas, químicas y térmicas. En la actualidad, debido a que los polímeros están constituidos por sustancias químicas estas forman los materiales plásticos de tan amplia aplicación.

Es un plástico que puede deformarse después de aplicarle un esfuerzo mecánico y posteriormente no recupera su forma original. Asimismo, se puede

afirmar que todos los plásticos vienen a ser polímeros; pero no todos los polímeros son plásticos (Labeaga, 2018).

1.3.5.1. Tereftalato de polietileno (PET)

(Alesmar et al., 2008) El PET viene a ser un material que se caracteriza por su agilidad y su gran resistencia mecánica a la compresión, empleado para la fabricación de envases, láminas, películas, fibras y plásticos de ingeniería.

La reutilización de los envases PET postconsumo viene a ser una realidad viable, ya que reduce la contaminación ambiental gracias al reciclado, generando así un importante valor en disminuir la generación de residuos.

1.3.5.2. Características del reforzamiento con fibras de tereftalato de polietileno (PET)

(Alesmar et al., 2008) determina que se debería optar por usar las fibras de acuerdo con la función que estas cumplirían.

- Las fibras pueden ser usadas como cualquier combinación de suelo-cemento, es decir son adheridas y mezcladas con el suelo.
- Estas pueden ser repartidas aleatoriamente limitando así los planos potenciales de debilitamiento.
- Incluir fibras de polímero triturado, provoca una alteración en las características físico-mecánicas del suelo, no genera efectos nocivos en el medio ambiente.

1.3.5.3. Ventajas del tereftalato de polietileno (PET)

- Alta resistencia al desgaste.
- Excelente coeficiente de deslizamiento.
- Excelente resistencia química y térmica.
- Compatibilidad con otros materiales barrera que perfeccionan en su conjunto la calidad barrera de los envases de modo que permiten su uso en mercados específicos.
- Reciclable, aun cuando, aunque tiende a reducir su viscosidad con la historia térmica.
- Bajo costo.

1.3.6. Clasificación de suelos

1.3.6.1. Sistema de Clasificación AASHTO

Para Rodríguez et al. (2016) es un diseño empírico con mayor extensión y el más utilizado a nivel internacional. Son algoritmos, la variabilidad de sus factores está basada en el método de probabilidad. El procedimiento consiste en proporcionar un número aproximado de ejes estandarizados, de manera que el pavimento sea capaz de resistir conforme alcance un valor de serviciabilidad determinado.

García (2015), menciona que, en el diseño de estructuras de un pavimento, el método AASHTO presenta una ecuación para obtener el parámetro llamado número estructural (SN), el cual es un importante valor para establecer los espesores finales de las diferentes capas de un pavimento.

1.3.6.2. Sistema unificado de clasificación del suelo (SUCS)

(Camilo & Cruz, 2018) menciona que es una metodología de importante aplicación ya que utilizada para la caracterización de suelos, como la granulometría y límites de Atterberg.

(Guerrero & Cruz, 2018) es un sistema de clasificación que se puede aplicar usualmente en diferentes tipos de materiales sin necesidad de consolidar y puede clasificarse con tamaños menores de 3 pulgadas.

El Unified Soil Classification System (S.U.C.S) está dividido en suelos de:

- Granos gruesos
- Granos finos

1.3.7. Análisis granulométrico, NTP 339.128

MTC (2013), menciona que se debe tener un método para la preparación de las muestras en seco obtenidas en campo, para determinar las constantes del suelo.

Para Toirac (2012) otorga la dimensión de los granos de los sedimentos. Por ello es necesario analizar todo tipo de información obtenida, como por ejemplo el origen de los materiales, sus características mecánicas, así como también mediante el cálculo evaluar cada uno de los granos según su tamaño.

(Palacio et al., 2017) menciona que es la distribución, en porcentaje, de los diversos tamaños del agregado en una muestra. Se realiza mediante el uso de mallas de diferente tamaño. Caso contrario, para realizar el ensayo de granos gruesos se propone el método del Tamiz, de lo contrario para los granos finos ya que no es preciso, por ende, se recomienda usar el método del Hidrómetro.

Para, (Bonifacio et al., 2011) considera que se hace el uso de diversas técnicas y equipos, entre los cuales el que más destaca es el método de la pipeta y el densímetro. Mediante varias técnicas realizadas en el laboratorio, se puede clasificar el material según los criterios establecidos por los diferentes órganos.

Tabla 3: Clasificación de suelos según tamaños de partículas

Tipo de Material		Tamaño de Partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm Arena media: 2.00 mm – 0.425 mm Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: (MTC, 2013)

1.3.8. Contenido de humedad, NTP 339.127

(MTC, 2016) Es un procedimiento el cual es aplicado en la mezcla de muestras de suelo con la humedad que fue obtenida in situ, estos se secan y genera que sus propiedades cambien rotundamente. El contenido de humedad de cada suelo se expresa en porcentaje, asimismo, el peso del agua eliminada se determina absorbiendo la humedad del suelo hasta un peso persistente en un horno sometido a 110 ± 5 °C.

(Gómez & Vidal, 2007) Es un procedimiento calmoso, que no tiene ninguna vinculación con la dificultad de su determinación, sino por el mismo hecho de que este requiere tiempo para poder conseguir el resultado. Asimismo, el ensayo de contenido de humedad va relacionado a otros ensayos que son importantes, como el ensayo de la MDS o la densidad compactada de terreno.

(Quichimbo et al., 2016) es un parámetro utilizado indudablemente en la ciencia del suelo. Sirve para establecer el peso de agua eliminada, para ello se opta secar el suelo húmedo

1.3.9. Límites de Atterberg, NTP 339.129

(Bañón & Beviá, 2000) Mencionan que es el grado de plasticidad de un suelo con porcentaje de humedad se relacionan en base del peso seco de una muestra obtenida.

(Montejo, 2002) El uso de límite líquido y plástico, es fundamental, ya que aporta para saber la deformación de un suelo y capacidad portante.

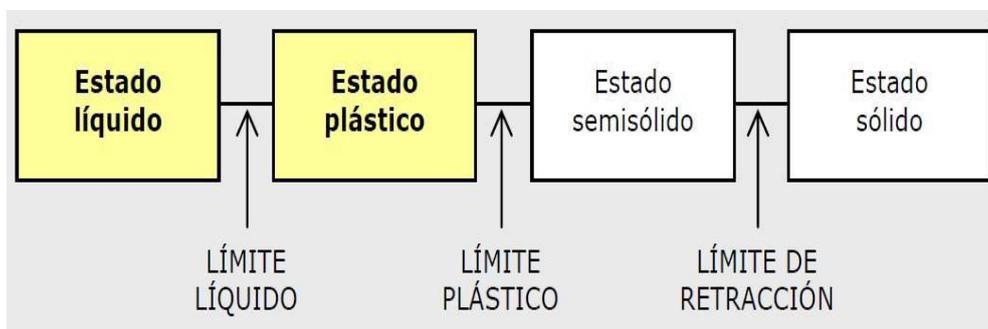


Figura 4. Límites de Atterberg.

Fuente: Manual de carreteras (Bañón & Beviá, 2000)

1.3.9.1. Límite Líquido

(MTC, 2016) Menciona que se expresa en porcentaje. Se utiliza para evaluar las fracciones de los suelos finos. Puede contener grandes porciones de sustancia orgánica, la cual se reduce mediante es llevado al horno.

(Hossne & Salazar, 2004) Menciona que es un contenido de agua, que se expresa en porcentajes en consideración al peso del suelo seco, limitando la transformación entre los estados líquidos y plásticos de un suelo amasado. Puede determinarse mediante el penetrómetro de cono o el aparato de Casagrande.

1.3.9.2. Límite Plástico

(MTC, 2016) Es un método de ensayo, que puede ser utilizado con el ensayo de contenido de humedad para determinar la humedad del suelo en su estado natural.

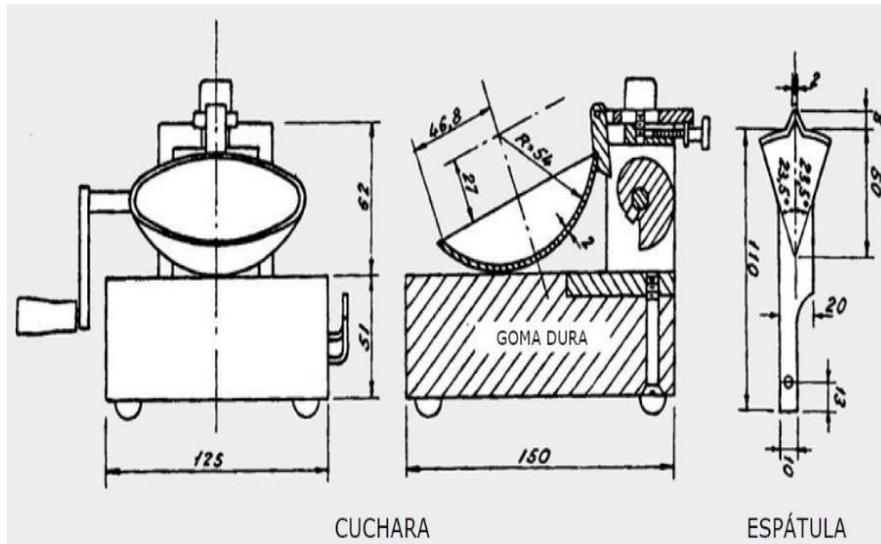


Figura 5. Cuchara de Casagrande.

Fuente: Manual de carreteras (Bañón & Beviá, 2000)

1.3.10. Proctor Modificado, NTP 339.141

(MTC, 2016) Determina la relación densidad seca – humedad, abarcando el procedimiento de compactación. Este ensayo solo es aplicado a los suelos que tienen menos o igual a un 30% de peso en sus partículas retenidas en el tamiz de 19,00 ($\frac{3}{4}$ " pulg).

(Camacho et al., 2007) Menciona que este ensayo es utilizado para analizar la relación entre el PUS y el CH, así determinar la clase de suelo.

1.3.11. California Bearing Ratio (CBR) NTP 339.145

(MTC, 2016) Se usa para establecer la resistencia del material de base, subbase, y subrasante. Este ensayo es necesario para fijar un índice de resistencia de los suelos, para ello se desempeña sobre un suelo dispuesto en el laboratorio con condiciones de humedad y densidad.

(Rivera & Sandoval, 2019) menciona que calcula el esfuerzo cortante de un suelo, así como también permite conocer la calidad del suelo de base, sub base y subrasante.

1.4. Formulación del problema

¿De qué manera influye la incorporación de emulsión asfáltica y polímero triturado PET en la estabilización de suelos de la carretera no pavimentada?

1.5. Justificación e importancia del estudio

1.5.1. Justificación técnica

La presente investigación se basará en la comparación de los aspectos técnicos usando emulsión asfáltica y polímero triturado PET y así poder visualizar de qué manera coopera con el perfeccionamiento de las propiedades del suelo.

1.5.2. Justificación social

La investigación actual, pretende determinar el grado de impacto que tendrá en la población el uso de emulsión asfáltica y polímero triturado PET, como estabilizadores de suelo; justificándose al cubrir una necesidad, así como también incrementar el uso del producto y reducir el tiempo en las construcciones de carreteras para el crecimiento de la localidad.

1.5.3. Justificación ambiental

El estabilizar suelos con emulsión asfáltica y PET, presenta un beneficio ambiental, debido a que se recicla las botellas plásticas que son residuos inorgánicos que tienden a generar impactos negativos. La investigación actual se justifica ambientalmente, puesto que busca limitar el impacto ambiental negativo en proyectos futuros de estabilizaciones de suelos.

1.5.4. Justificación económica

La investigación busca dar una mejor optimización al suelo de subrasante, contribuyendo la reducción en los costos de su producción y mantenimiento de la carretera sin pavimentar.

1.6. Hipótesis

El uso de emulsión asfáltica y tereftalato de polietileno como agente estabilizador influye significativamente mejorando las propiedades mecánicas del suelo.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo principal

Evaluar las propiedades mecánicas del suelo empleando emulsión asfáltica y tereftalato de polietileno como agente estabilizador.

1.7.2. Objetivos específicos

- a) Realizar la caracterización física y mecánica del suelo en estudio
- b) Ejecutar la caracterización mecánica del suelo en estudio adicionando la emulsión asfáltica y tereftalato de polietileno (PET).
- c) Determinar el mejor porcentaje de emulsión asfáltica y de PET en la estabilización de suelos a estudiar.

I. Material y Método

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

2.1.1. Tipo de Investigación:

La tesis presentada es descriptiva, debido a que plantea una manera confiable para comprender la realidad es mediante la recolección y análisis de datos, con lo que se podrá probar la hipótesis. Este tipo de estudio especifica el uso de los estabilizadores, que se van a aplicar en la subrasante para llevar a cabo ensayos de laboratorio y más adelante interpretar los resultados para su comparación.

2.1.2. Diseño de Investigación:

Es experimental, porque se esta agregando al material proveniente de la carretera no pavimentada de la localidad de Huanabal, diferentes porcentajes de los dos estabilizadores de suelos a estudiar, para analizar el impacto que tendrían en el comportamiento físico-mecánico del material. Esta investigación determinara la relación causa – efecto de un fenómeno físico.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La ubicación del estudio se encuentra en el dpto. de Lambayeque, localidad de Huanabal, a una altitud sobre los 62 m.s.n.m. Para la investigación se analiza un sector de carretera de longitud 05 km para realizar calicatas.

2.2.2. Muestra

El material para subrasante, emulsión asfáltica y tereftalato de polietileno (PET).

En el tramo donde se evaluó las características de suelo de la carretera no pavimentada para determinar sus características físico-mecánicas para la utilización como material de subrasante.

La muestra estará comprendida por un total de 25 ensayos de Proctor y CBR a las cuales se les incorpora 3%, 6%, 9% y 12% de emulsión asfáltica y 2%, 4%, 6% y 8% de tereftalato de polietileno.

Tabla 4: Cantidad de ensayos realizados para decretar la muestra patrón

Ensayos de clasificación/ Proctor/ CBR – Suelo natural					
Descripción	C1	C2	C3	C4	C5
Granulometría	1	1	1	1	1
Contenido de humedad	1	1	1	1	1
Límites de Atterberg	1	1	1	1	1
Proctor modificado	1	1	1	1	1
CBR	1	1	1	1	1
TOTAL	5	5	5	5	5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Muestras con porcentajes de emulsión asfáltica y tereftalato de polietileno

Ensayos de Proctor/ CBR – Suelo estabilizado					
Descripción					TOTAL
Emulsión asfáltica	3%	6%	9%	12%	
Proctor modificado	1	1	1	1	4
CBR	1	1	1	1	4
PET	2%	4%	6%	8%	
Proctor modificado	1	1	1	1	4
CBR	1	1	1	1	4

Fuente: Elaboración propia

Teniéndose 4 porcentajes de emulsión asfáltica y 4 porcentajes de PET combinándose, con un total de 16 ensayos de Proctor y 16 ensayos de CBR.

2.3. Variables, operacionalización

2.3.1. Variable dependiente

Estabilización de suelos

2.3.2. Variable independiente

Emulsión asfáltica y tereftalato de polietileno (PET)

2.3.3. Operacionalización

Tabla 6: Variable dependiente

Variable dependiente	Dimensión	Indicador	Ítem	Instrumentos de recolección de información	Instrumento de medición
Estabilización de suelos	Propiedades físicas	NTP 339.127	%	Observación y análisis documentaria	Fichas técnicas (ensayos de laboratorio) Documentos Normativos
		NTP 339.128	%		
		NTP 339.129	%		
		NTP 339.134	-		
	ASTM D-3282	-			
	Propiedades mecánicas	NTP 339.141	%		
	NTP 339.145	%			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Variable independiente

Variable independiente	Dimensión	Indicadores	Índice	Instrumentos de recolección de información	Instrumentos de medición	
Emulsión asfáltica	Propiedades mecánicas	NTP 339.141	%	Observación y análisis documentaria	Fichas técnicas (ensayos de laboratorio) Documentos Normativos	
	Incorporación de emulsión asfáltica		NTP 339.145			%
			3			%
			6			%
			9			%
		12	%			
Propiedades mecánicas	NTP 339.141	%				
Polímero (PET)	Incorporación de polímero triturado (PET)		NTP 339.145	%		
			2	%		
			4	%		
			6	%		
		8	%			

Fuente: Elaboración propia

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

2.4.1. Instrumentos de recolección

Se usará información bibliográfica, virtual y ensayos realizados en laboratorio para tener más alcance sobre nuestra investigación.

El análisis de procesos involucra: revisar, observar e inspeccionar las partes del proceso en laboratorio y cuál es el impacto en una estabilización de suelos, empleando información útil, teniendo relación y coherencia con los objetivos, variables, indicadores y dimensiones.

- a) Ensayos para EMS:** Son técnicas estandarizadas bajo las Normas Técnicas Peruanas, con la finalidad de obtener datos reales de las características y propiedades de un suelo.
- b) Ficha de observación:** Es un instrumento para realizar apuntes o datos relevantes durante reconocimiento de terreno hecho inicialmente por el investigador.
- c) Formato de cada ensayo normado del suelo:** Es un instrumento, usado en los ensayos de suelos, con el fin de conocer sus propiedades físico-mecánicas.

2.5. Procedimientos de análisis de datos

2.5.1. Diagrama de flujo de procesos

Fase del análisis de datos, permitiéndonos demostrar los trabajos realizados obteniendo resultados y demostrando la hipótesis planteada.

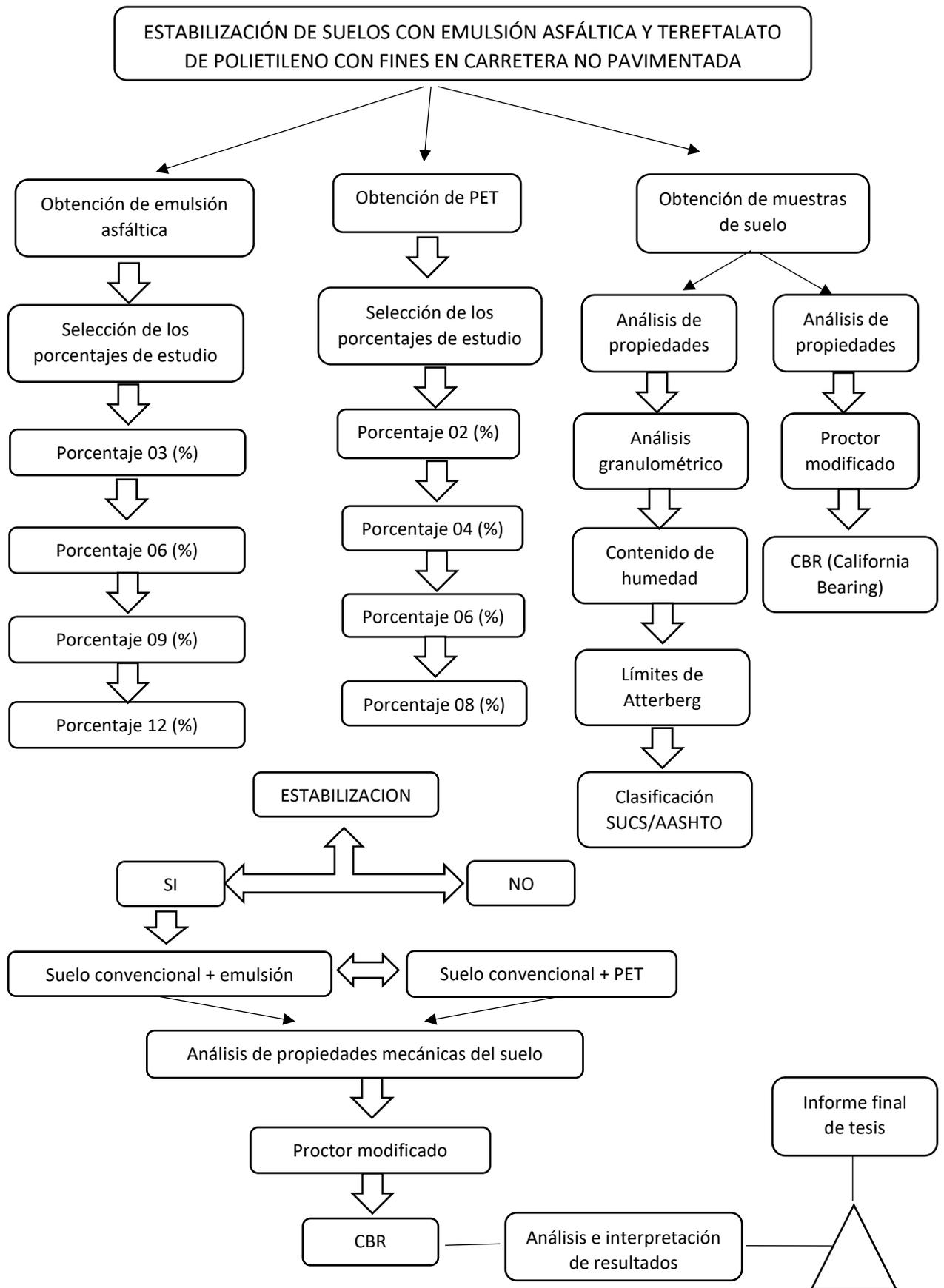


Figura 6. Diagrama de flujos de procesos.

Fuente: Manual de carreteras (Bañón & Beviá, 2000)

2.5.1. Descripción de procesos.

2.5.1.1. Obtención de los materiales.

Las muestras de suelo fueron extraídas de la Localidad de Huanabal, Provincia de Ferreñafe, Dpto. de Lambayeque.

Obtención de los materiales: emulsión asfáltica y PET.



Figura 7. Muestras de suelo.

Fuente: Elaboración propia

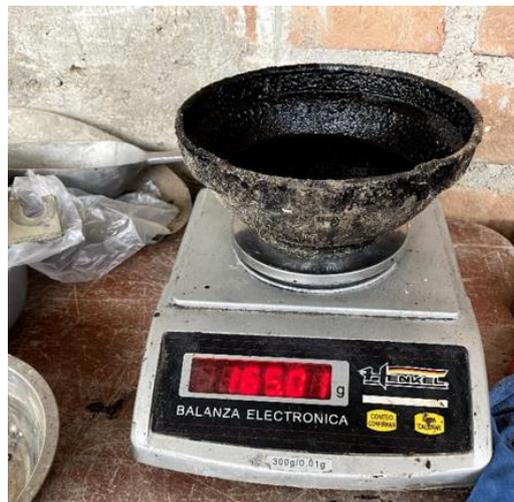


Figura 8. Emulsion asfáltica.

Fuente: Elaboración propia



Figura 9. PET.

Fuente: Elaboración propia

2.2.5.1. Ensayo de Mecánica de Suelos.

Propiedades físicas de los suelos.

a) Granulometría

Objetivo

Realizar el análisis granulométrico por tamizado.

Equipos y herramientas

- Balanza.
- Tamices.
- Horno o estufa.
- Envases.

Normatividad del ensayo.

Este ensayo está basado en la norma N.T.P. 339.128.

- **Límite líquido y plástico**

Objetivo

Determinar el I.L, L.P y el I.P. de un suelo.

Equipos y herramientas

- Copa de bronce.
- Base de caucho
- Soporte.
- Acanalador
- Balanza
- Calibre.
- Tamiz N° 40
- Placa de vidrio pulido.
- Espátula.
- Horno o estufa.
- Recipientes para lavado.

Límite líquido

La muestra del suelo en estudio fue colocada en la copa y esparcida de forma horizontal.

Se contabilizaron los golpes para su posterior registro y se colocaron las muestras en el horno para determinar el CH.



Figura 10. Muestras llevadas al horno.

Fuente: Elaboración propia

El suelo fue ensayado de 20 a 30 golpes para determinar la humedad, luego se llenó el molde en 3 capas para que tengan suficientes golpes en cada capa y de esta manera extraer el aire atrapado.

Se pesaron los moldes anotando los datos obtenidos (peso del molde + suelo húmedo) y por último se dejó enfriar las muestras del horno y fueron pesadas para el registro (peso de la tara + suelo seco) (NTP 339.129, 2014).

Límite plástico

Se eligieron las muestras a ensayar realizando una pequeña esfera y, a continuación, se rodaron con la yema de los dedos sobre una superficie placa de vidrio, buscando formar un cilindro alargado con diámetro de 3.2 mm en un tiempo no mayor de 2 min (NTP 339.129, 2014).

Normatividad

Este ensayo está basado en las normas, N.T.P. 339.129

b) Contenido de humedad

Equipos y herramientas

- Charola.
- Cápsula de aluminio.
- Espátula.
- Balanza
- Horno.
- Recipiente.

Procedimiento

Se pesaron las taras metálicas, luego las muestras fueron colocadas en ellas y se volvieron a pesar hasta llenar cada una $\frac{3}{4}$ de su volumen con muestra del suelo en estudio.

Se registro el peso de la tara más la muestra húmeda y se colocó las taras con las muestras en el horno durante un lapso de 24 horas en 110 °C.

Se retiraron las muestras del horno, se dejaron secar para luego pesarlas y por último se procedió a realizar su cálculo (NTP 339.127, 2014).

Normatividad

Este ensayo está basado en las normas, N.T.P. 339.127.

a) Ensayo de compactación de MDS

Objetivo

El objetivo del ensayo es determinar la MDS que alcanza el suelo en estudio.

Equipos y herramientas

- Molde con diámetro de 4 pulg.
- Balanza.
- Horno.
- Tamices.
- Pisón de 4.55 kg.

Procedimiento

Se agrega un porcentaje de agua a la muestra colocando la quinta parte en un molde de manera uniforme. Luego el suelo fue compactado en 5 capas sucesivas recibiendo 25 o 56 golpes. Determinando el peso unitario seco y se repitió el proceso. Finalmente se procedió a efectuar su cálculo (NTP 339.141, 2014).

Normatividad

Este ensayo está basado en las normas, N.T.P. 339.141.

b) CBR

Objetivo

Este ensayo se usa para evaluar la capacidad portante del suelo compactado.

Equipos y herramientas

- Máquina de carga.
- Molde
- Balanza.
- Martillo de compactación.

Procedimiento

Se preparó la muestra y se tomaron los datos del molde (peso y dimensiones).

Se colocó el disco espaciador en la base perforada y sobre el papel filtro, luego durante la compactación se retiró la camisa superior del molde y se engrasó la muestra.

Se procedió a retirar el agua y a que el espécimen drenara durante 15 minutos, para finalmente registrar los datos de la masa obtenida (NTP 339.145, 2014).

Normatividad

Este ensayo está basado en las normas, N.T.P. 339.141.

2.2.6. Procesamiento de la información

Se llevó a cabo muestreos en base del MTC (2000) y ASTM. En campo se efectuó un análisis de la carretera, de manera visual y teniendo en cuenta los ensayos de laboratorio, se llevó a cabo el procesamiento de información de resultados mediante tablas y gráficos.

2.2.7. Procedimiento de la investigación

Mediante recolección de datos, se sigue la metodología a base de normas NTP Y ASTM.

2.2.8. Obtención de muestras

- La obtención de muestras se dio mediante la extracción de calicatas en el caserío Huanabal dentro del departamento de Lambayeque a la profundidad de 1.50m. Se tomaron muestra del material, previa identificación visual de los suelos de acuerdo con la Norma Técnica ASTM D2488, paralelamente se colocaron las muestras en bolsas térmicas manteniendo así su estado natural. Luego se extrajo 250 kg de material de cada punto a estudiar, para someterlos a los diferentes ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos.
- El material de PET fue obtenido reciclado triturado y emulsión asfáltica obtenida

2.3. Criterios éticos

Honestidad

Se empleará formatos para evaluar las características físico-mecánicas del suelo a estabilizar según la norma técnica peruana.

Respeto por las personas

Obteniendo resultados de forma experimental producto de mi investigación, teniendo en cuenta la NTP, se dará por culminada mi investigación, con el único fin de que esta sirva para futuros estudios.

2.4. Criterios de rigor científico

Replicabilidad

Esta investigación tiene factores dependientes la cual contribuirá con la obtención de resultados. Estos fueron obtenidos de la presente investigación están supeditados a diversos factores como: factores climáticos y tecnológicos. La presente investigación está supeditada en la región Lambayeque.

Fiabilidad

Se realizaron estudios en base de manera confiable, con datos de reales obtenidos en campo, teniendo en cuenta la NTP y la norma CE 0.20 Estabilización de suelos.

II. RESULTADOS

3.1. Resultados en Tablas y Figuras

Para llevar a cabo el estudio de suelo de la zona, se analizarán (05) calicatas para los siguientes ensayos: análisis granulométrico según norma N.T.P. 399.128, ensayo límites de Atterberg según norma N.T.P. 399.131, ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo según norma N.T.P. 339.127 y ensayo de CBR de suelos compactados en laboratorio según norma N.T.P. 339.145.

3.1.1. Propiedades y Características Físicas del Suelo

3.1.1.1. Calicata 1.

A) Análisis Granulométrico y Contenido de Humedad.

Tabla 8: *Análisis granulométrico C-01*

Análisis granulométrico por tamizado			
N° Tamiz (Pul)	Abertura (mm)	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2 1/2"	63.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
N°4	4.750	1.5	98.5
N°10	2.000	3.7	96.3
N°20	0.850	7.7	92.3
N40	0.425	29.2	70.8
N°60	0.250	49.8	50.2
N°140	0.106	81.8	18.2
N°200	0.075	84.0	16.0
< N° 200	FONDO	84.6	15.4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: *Distribución granulométrica C-01*

Distribución granulométrica			
% Grava	% G. gruesa	0.0	
	% G. fina	1.5	1.5
% Arena	% A. gruesa	2.2	
	% A. media	25.5	
	% A. fina	54.8	82.5
% Arcilla y limo		16.0	16.0
Total			100.0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se observa un porcentaje de grava igual a 1.5%, un porcentaje de arena de 82.5% y 16.0% de arcilla y limo. El ensayo de contenido de humedad se obtuvo un valor de 8.32%. Anexo 01

B) Límites de Consistencia y Clasificación de Suelos.

Tabla 10: Límites de Atterberg para C-01

Análisis granulométrico por tamizado	
Límite líquido (LL)	23.59 %
Límite plástico (LP)	21.11 %
Índice plástico (IP)	2.48 %

Fuente: Elaboración propia

El Límite líquido (LL) es igual a 23.59%, el Límite plástico (LP) es igual a 21.11% y el Índice plástico (IP) es igual a 2.48%.

Tabla 11: Clasificación de suelos SUCS y AASHTO C-01

Clasificación de suelos	
Clasificación (S.U.C.S.)	SM
Descripción del suelo	Arena limosa
Clasificación (AASHTO)	A-2-4 (0)
Descripción del suelo	BUENO

Fuente: Elaboración propia

El SUCS indica que, según la gradación del suelo de la calicata C-01, este se clasifica como SM (arena limosa). Asimismo, según la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO), este suelo se considera A-2-4 (0).

3.1.1.2. Calicata 2 (C-02).

A) Análisis Granulométrico y Contenido de Humedad.

Tabla 12: Análisis granulométrico C-02

Análisis granulométrico por tamizado			
Nº Tamiz (Pul)	Abertura (mm)	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2 1/2"	63.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
Nº4	4.750	2.0	98.0
Nº10	2.000	4.6	95.4
Nº20	0.850	9.2	90.8
N40	0.425	17.8	82.2
Nº60	0.250	35.7	64.3
Nº140	0.106	78.1	21.9
Nº200	0.075	81.7	18.3
< Nº 200	FONDO	82.9	17.1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Distribución granulométrica C-02

Distribución granulométrica			
% Grava	% G. gruesa	0.0	
	% G. fina	2.0	2.0
% Arena	% A. gruesa	2.6	
	% A. media	13.2	
	% A. fina	63.9	79.7
% Arcilla y limo		18.3	18.3
Total			100.0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se observa un porcentaje de grava igual a 2%, un porcentaje de arena de 79.7% y 18.3% de arcilla y limo. El ensayo de contenido de humedad se obtuvo un valor de 7.04%. Anexo 02

B) Límites de Consistencia y Clasificación de Suelos.

Tabla 14: *Límites de Atterberg para C-02*

Análisis granulométrico por tamizado	
Limite liquido (LL)	25.25 %
Limite plástico (LP)	23.28 %
Índice plástico (IP)	1.97 %

Fuente: Elaboración propia

Limite liquido (LL) es igual a 25.25%, el Limite plástico (LP) es igual a 23.28% y el Índice plástico (IP) es igual a 1.97%.

Tabla 15: *Clasificación SUCS y AASHTO para C-02*

Clasificación de suelos	
Clasificación (S.U.C.S.)	SM
Descripción del suelo	Arena limosa
Clasificación (AASHTO)	A-2-4 (0)
Descripción del suelo	BUENO

Fuente: Elaboración propia

El SUCS indica clasificación SM. Asimismo, según AASHTO, este suelo se considera A-2-4 (0).

3.1.1.3. Calicata 3 (C-03)

A) *Análisis Granulométrico y Contenido de Humedad.*

Tabla 16: Análisis granulométrico C-03

Análisis granulométrico por tamizado			
N° Tamiz (Pul)	Abertura (mm)	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2 1/2"	63.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
N°4	4.750	1.1	98.9
N°10	2.000	2.7	97.3
N°20	0.850	4.8	95.2
N40	0.425	9.1	90.9
N°60	0.250	24.3	75.7
N°140	0.106	77.1	22.9
N°200	0.075	82.4	17.6
< N° 200	FONDO	84.1	15.9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Distribución granulométrica C-03

Distribución granulométrica			
% Grava	% G. gruesa	0.0	
	% G. fina	1.1	1.1
% Arena	% A. gruesa	1.6	
	% A. media	6.4	
	% A. fina	73.3	81.3
% Arcilla y limo		17.6	17.6
Total			100.0

Fuente: Elaboración propia

Se observa un porcentaje de grava igual a 1.1%, un porcentaje de arena de 81.3% y 17.6% de arcilla y limo. El ensayo de contenido de humedad se obtuvo un valor de 8.63%. Anexo 03

B) Límites de Consistencia y Clasificación de Suelos.

Tabla 18: Límites de Atterberg para C-03

Análisis granulométrico por tamizado	
Limite liquido (LL)	26.31%
Limite plástico (LP)	24.65%
Índice plástico (IP)	1.66%

Fuente: Elaboración propia

Según, el ensayo de límites de Atterberg, para la muestra perteneciente a la calicata C-03, se determinó que el Limite liquido (LL) es igual a 26.31%, el Limite plástico (LP) es igual a 24.65% y el Índice plástico (IP) es igual a 1.66%.

Tabla 19: Clasificación SUCS y AASHTO para C-03

Clasificación de suelos	
Clasificación (S.U.C.S.)	SM
Descripción del suelo	Arena limosa
Clasificación (AASHTO)	A-2-4 (0)
Descripción del suelo	BUENO

Fuente: Elaboración propia

El SUCS indica que, según la gradación del suelo de la calicata C-03, este se clasifica como SM (arena limosa). Asimismo, según AASHTO, este suelo se considera A-2-4 (0).

3.1.1.4. Calicata 4 (C-04)

A) Análisis Granulométrico y Contenido de Humedad.

Tabla 20: *Análisis granulométrico C-04*

Análisis granulométrico por tamizado			
Nº Tamiz (Pul)	Abertura (mm)	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2 1/2"	63.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
Nº4	4.750	2.4	97.6
Nº10	2.000	5.2	94.8
Nº20	0.850	10.3	89.7
N40	0.425	21.8	78.2
Nº60	0.250	39.6	60.4
Nº140	0.106	81.5	18.5
Nº200	0.075	84.2	15.8
< Nº 200	FONDO	86.1	13.9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: *Distribución granulométrica C-04*

Distribución granulométrica			
% Grava	% G. gruesa	0.0	
	% G. fina	2.4	2.4
% Arena	% A. gruesa	2.8	
	% A. media	16.6	
	% A. fina	62.4	81.8
% Arcilla y limo		15.8	15.8
Total			100.0

Fuente: Elaboración propia

Se observa un porcentaje de grava igual a 2.4%, un porcentaje de arena de 81.8% y 15.8% de arcilla y limo. El ensayo de contenido de humedad se obtuvo un valor de 8.11%. Anexo 04

B) Límites de Consistencia y Clasificación de Suelos

Tabla 22: Límites de Atterberg para C-04

Análisis granulométrico por tamizado	
Limite liquido (LL)	23.47%
Limite plástico (LP)	20.37%
Índice plástico (IP)	3.11%

Fuente: Elaboración propia

Limite liquido (LL) es igual a 23.47%, el Limite plástico (LP) es igual a 20.37% y el Índice plástico (IP) es igual a 3.11%.

Tabla 23: Clasificación SUCS y AASHTO para C-04

Clasificación de suelos	
Clasificación (S.U.C.S.)	SM
Descripción del suelo	Arena limosa
Clasificación (AASHTO)	A-2-4 (0)
Descripción del suelo	BUENO

Fuente: Elaboración propia

El SUCS indica clasificación SM. Asimismo, según AASHTO, este suelo se considera A-2-4 (0).

3.1.1.4. Calicata 5 (C-05)

A) Análisis Granulométrico y Contenido de Humedad.

Tabla 24: Análisis granulométrico C-05

Análisis granulométrico por tamizado			
Nº Tamiz (Pul)	Abertura (mm)	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2 1/2"	63.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
Nº4	4.750	0.6	99.4
Nº10	2.000	3.4	96.6
Nº20	0.850	7.6	92.4
N40	0.425	26.5	73.5
Nº60	0.250	47.9	52.1
Nº140	0.106	81.1	18.9
Nº200	0.075	86.5	13.5
< Nº 200	FONDO	87.9	12.1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Distribución granulométrica C-05

Distribución granulométrica			
% Grava	% G. gruesa	0.0	
	% G. fina	0.6	0.6
% Arena	% A. gruesa	2.8	
	% A. media	23.1	
	% A. fina	60.0	85.9
% Arcilla y limo		13.5	13.5
Total			100.0

Fuente: Elaboración propia

Se observa un porcentaje de grava igual a 0.6%, un porcentaje de arena de 85.9% y 13.5% de arcilla y limo. El ensayo de contenido de humedad se obtuvo un valor de 8.05%. Anexo 05

B) Límites de Consistencia y Clasificación de Suelos.

Tabla 26: Límites de Atterberg para C-05

Análisis granulométrico por tamizado	
Límite líquido (LL)	23.59%
Límite plástico (LP)	21.11%
Índice plástico (IP)	2.48%

Fuente: Elaboración propia

Se determinó que el (LL) es igual a 23.59%, el Límite plástico (LP) es igual a 21.11% y el Índice plástico (IP) es igual a 2.48%.

Tabla 27: Clasificación SUCS y AASHTO para C-05

Clasificación de suelos	
Clasificación (S.U.C.S.)	SM
Descripción del suelo	Arena limosa
Clasificación (AASHTO)	A-2-4 (0)
Descripción del suelo	BUENO

Fuente: Elaboración propia

El SUCS indica clasificación como SM (arena limosa). Asimismo, AASHTO, este suelo se considera A-2-4 (0).

3.1.2. Comportamiento y Características Mecánicas del Suelo

3.1.2.1. Calicata 1 (C-01).

A. Compactación del Suelo

Tabla 28: Relación densidad-humedad para C-01

Compactación de suelos (Proctor)		
Características del molde	Peso (kg)	6.166
	Volumen (cm ³)	2136.19
	Densidad máxima seca (g/cm ³)	1.926
	Contenido óptimo de humedad (%)	12.34

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo una MDS de 1.926 gr/cm³ a la cual le corresponde una humedad óptima de 12.34%. Anexo 06

Tabla 29: Resultados de ensayo CBR para C-01 (muestra natural)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.926	15.5
	95%	1.830	11.6
0.2 pulg	100%	1.734	19.2
	95%	-	14.4

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene un índice de CBR igual a 15.5% para el 100% de la densidad máxima seca (MDS) y 11.6% para el 95%, considerando una penetración de 0.1". Para la penetración de 0.2", el valor del índice de CBR fue de 19.2% para el 100% de MDS y 14.4%, correspondiente al 95%.

Tabla 30: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+3% de Emulsión asfáltica)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.906	17.4
	95%	1.829	11.9
0.2 pulg	100%	1.715	21.6
	95%	-	14.7

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene un índice de CBR igual a 17.4 % para el 100% de la MDS y 11.9 % para el 95%, considerando una penetración de 0.1". Para la penetración de 0.2", el valor del índice de CBR fue 21.6 % para el 100% de MDS y 14.7 %, correspondiente al 95%.

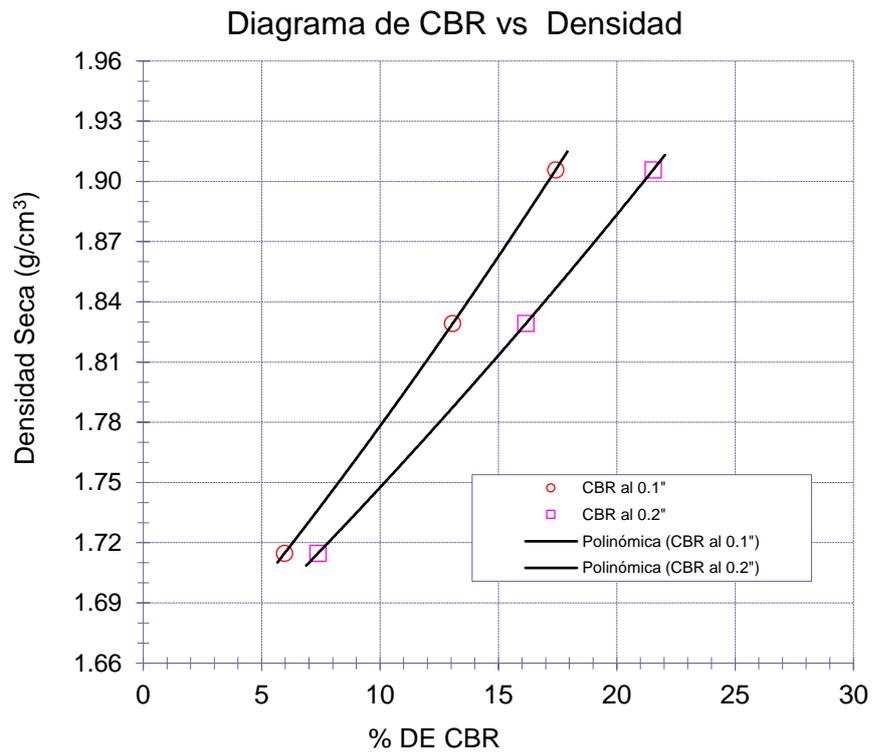


Figura 11. Diagrama de densidad-índice de CBR para C-01 (+3% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 6% de Emulsión asfáltica

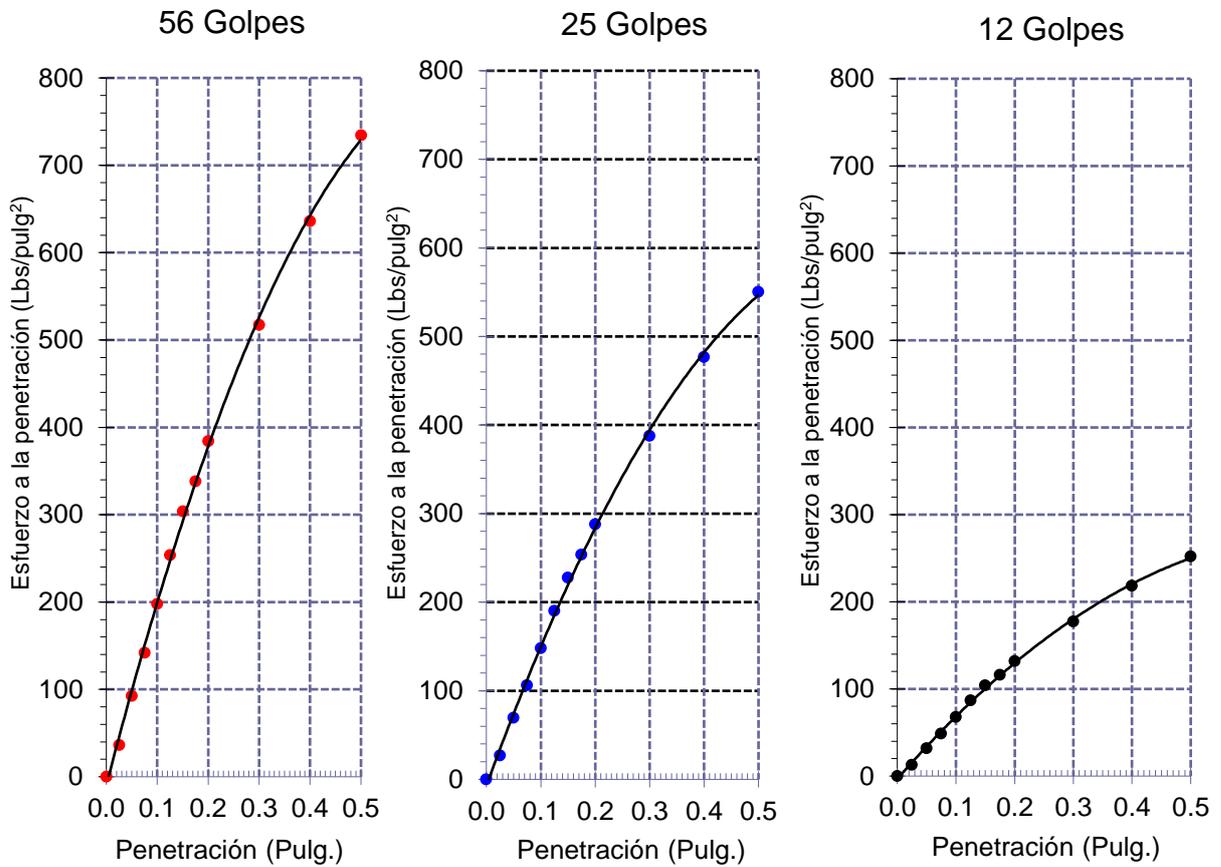


Figura 12. Diagrama de penetración para C-01 (6% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+6% de Emulsión asfáltica)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.920	20.8
	95%	1.824	15.6
0.2 pulg	100%	1.728	25.7
	95%	-	19.3

Fuente: Elaboración propia

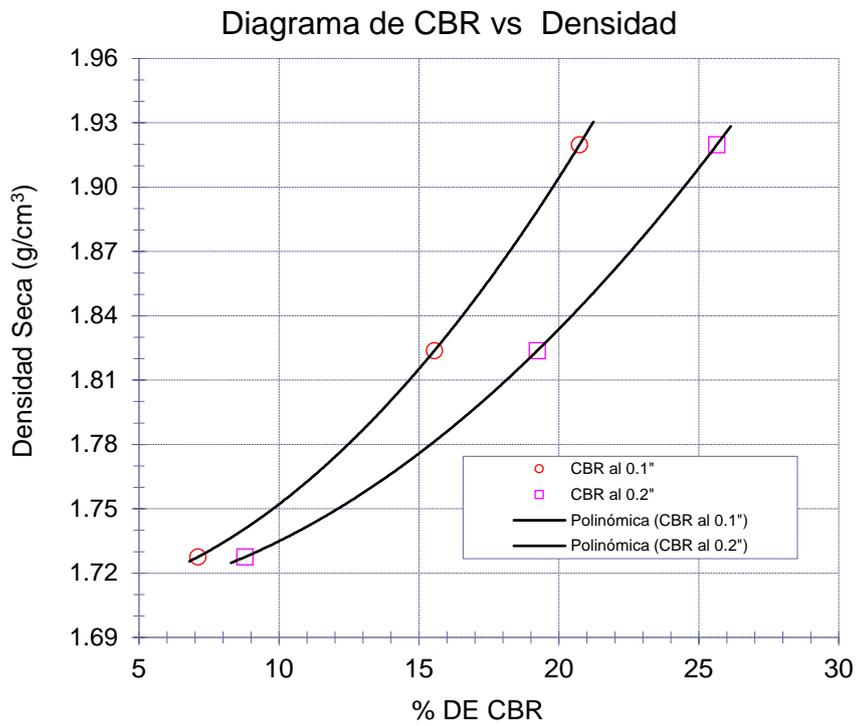


Figura 13. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+6% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 9% de Emulsión asfáltica

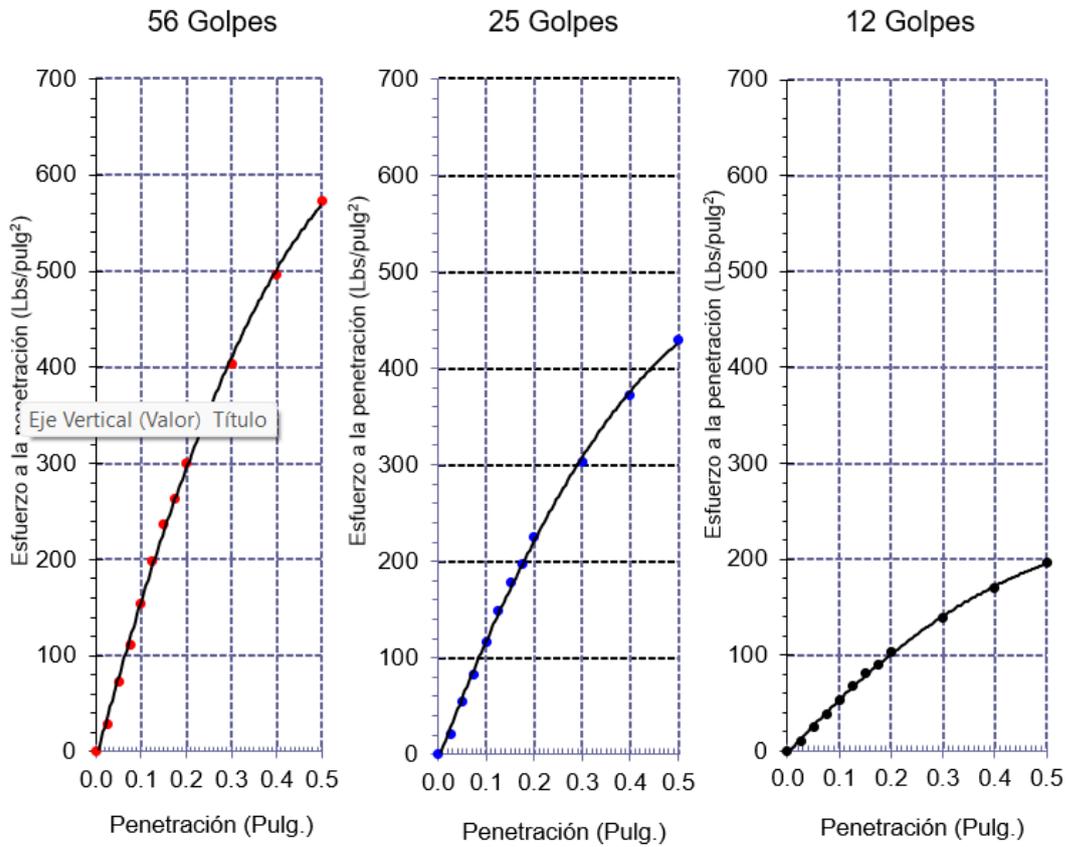


Figura 14. Diagrama de penetración para C-01 (9% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+9% de Emulsión asfáltica)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.835	16.4
	95%	1.746	12.2
0.2 pulg	100%	1.654	20.2
	95%	-	15.1

Fuente: Elaboración propia

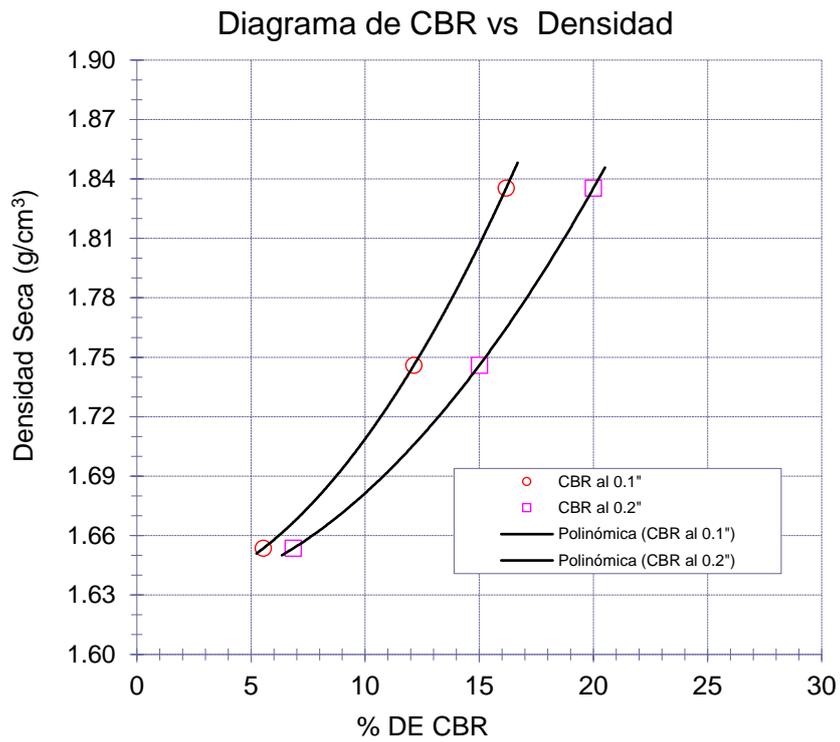


Figura 15. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+9% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 12% de Emulsión asfáltica

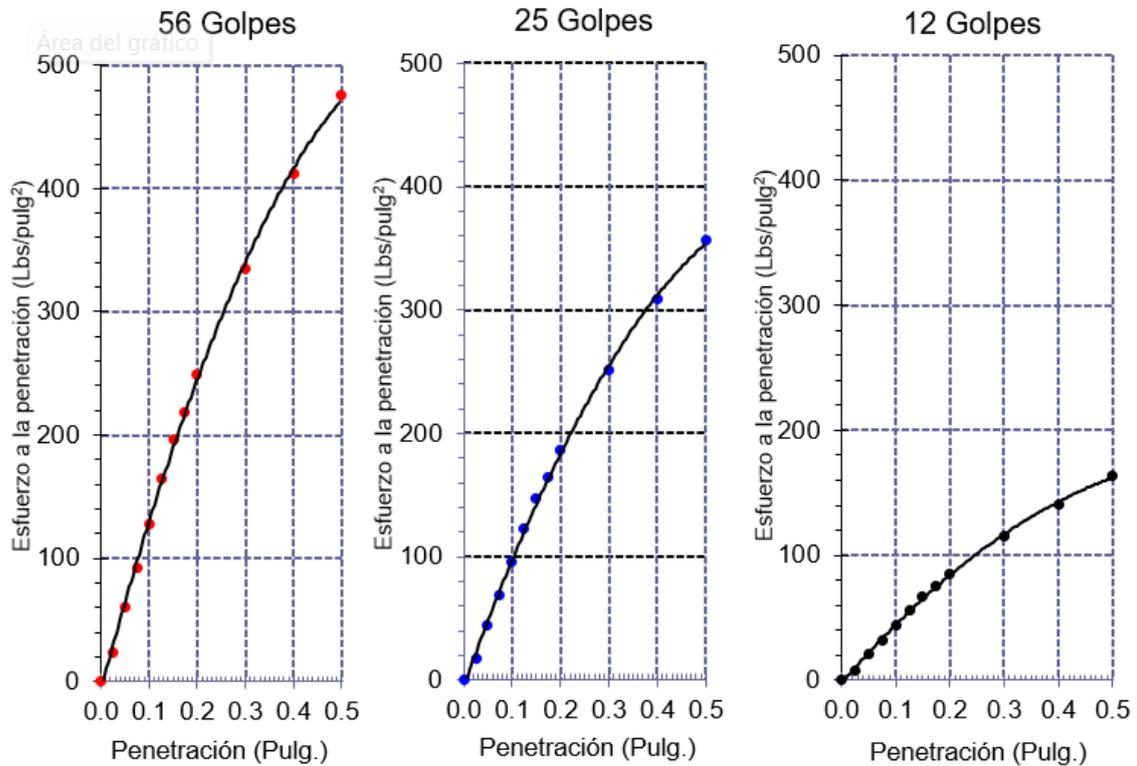


Figura 16. Diagrama de penetración para C-01 (12% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+12% de Emulsión asfáltica)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.820	13.5
	95%	1.729	10.1
0.2 pulg	100%	1.638	16.6
	95%	-	12.5

Fuente: Elaboración propia

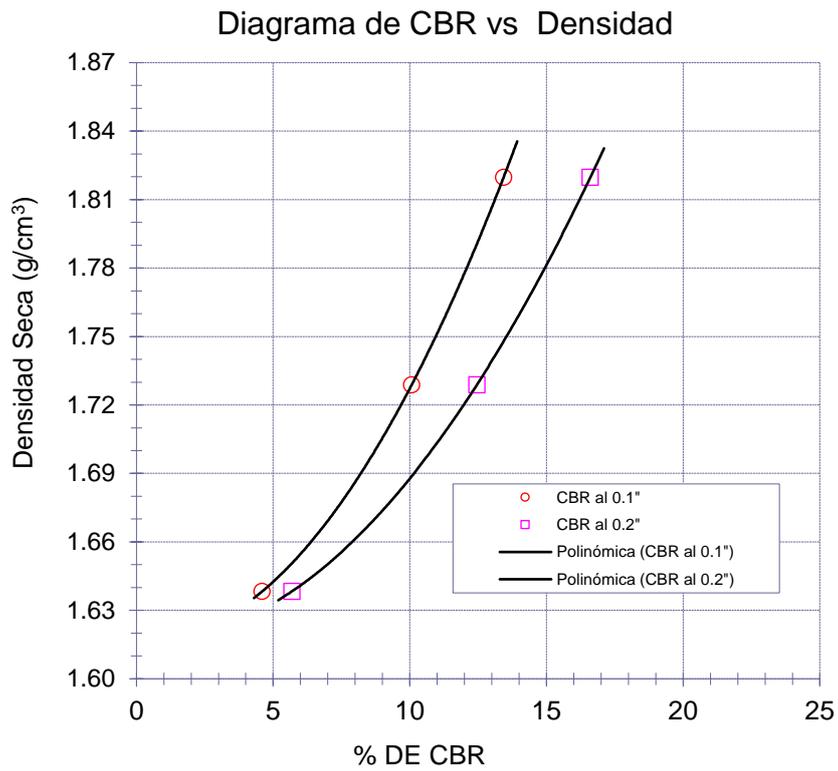


Figura 17. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+12% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 2% de PET

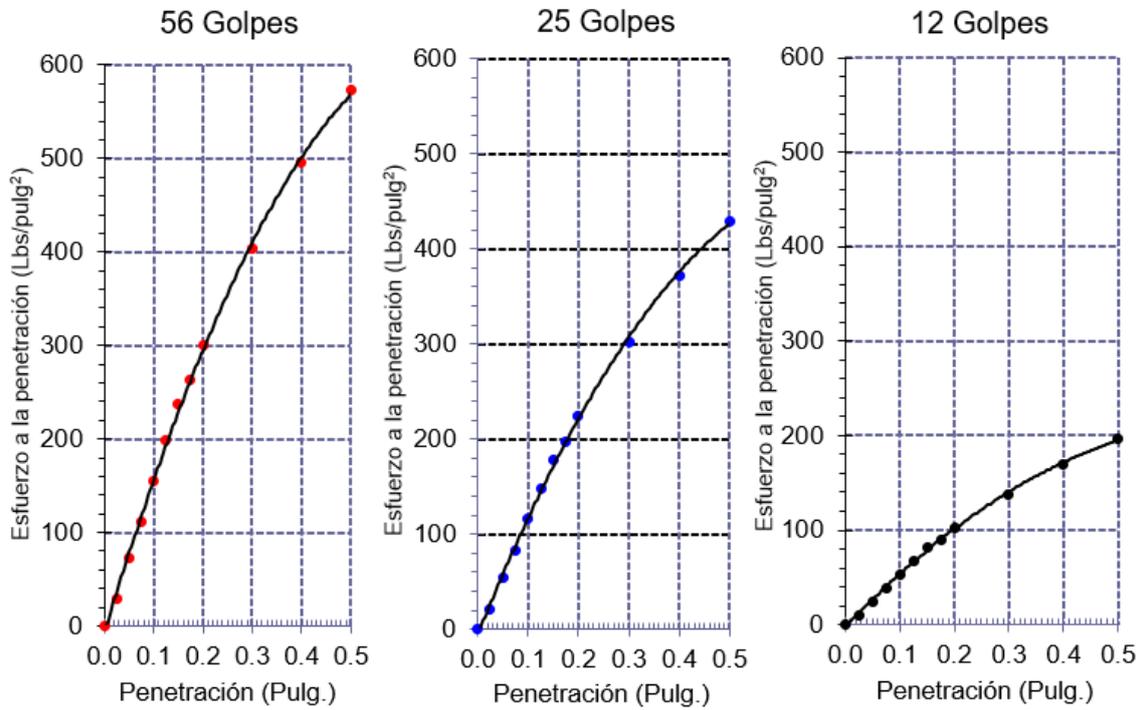


Figura 18. Diagrama de penetración para C-01 (2% de PET).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+2% de PET)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.888	16.1
	95%	1.792	12.2
0.2 pulg	100%	1.697	19.9
	95%	-	15.0

Fuente: Elaboración propia

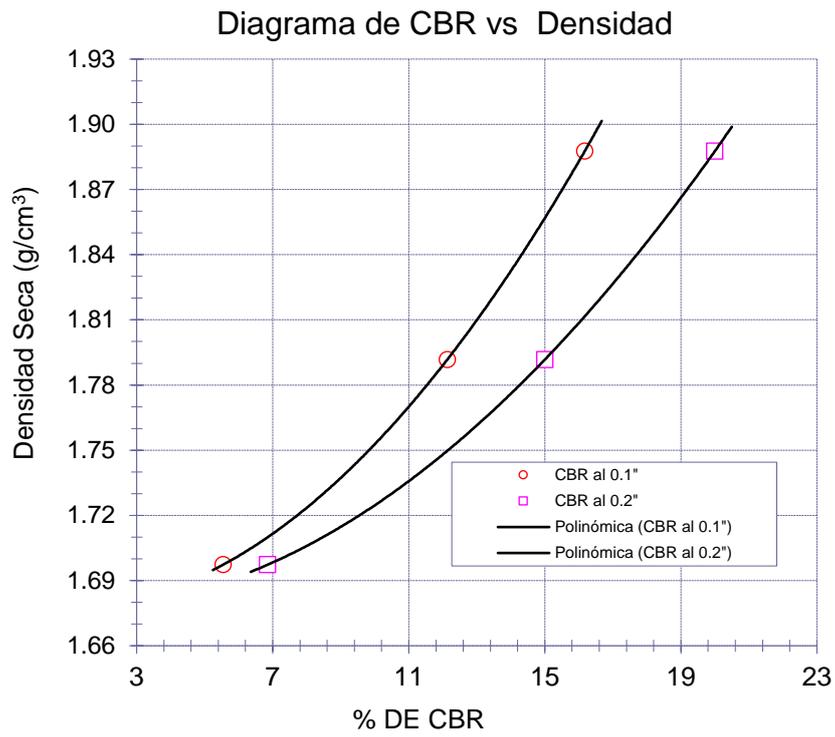


Figura 19. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+2% de PET).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 4% de PET

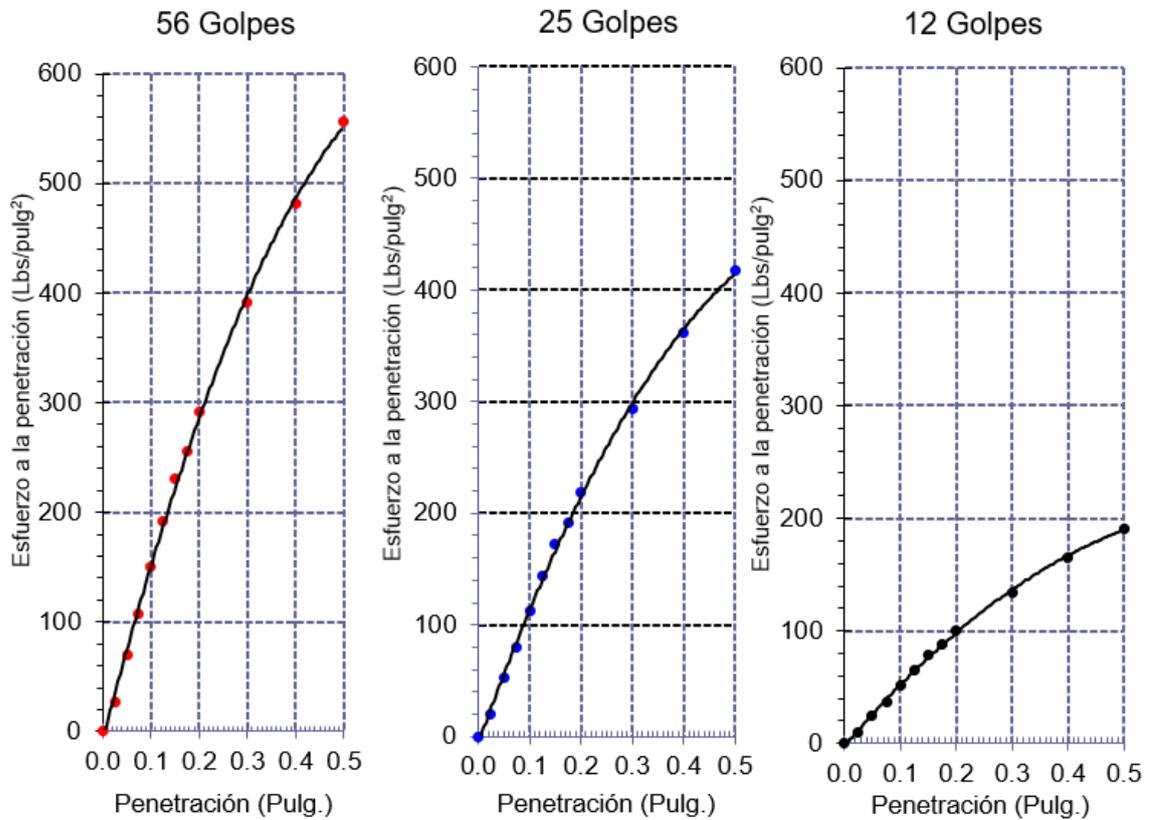


Figura 20. Diagrama de penetración para C-01 (4% de PET).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+4% de PET)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.861	15.8
	95%	1.768	11.8
0.2 pulg	100%	1.675	19.5
	95%	-	14.6

Fuente: Elaboración propia

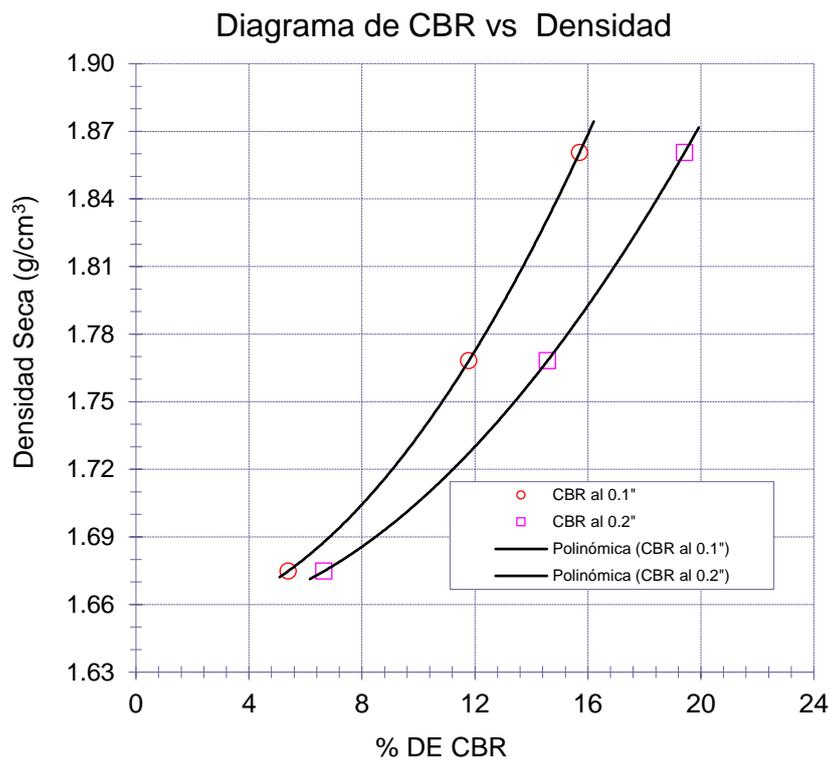


Figura 21. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+4% de PET).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 6% de PET

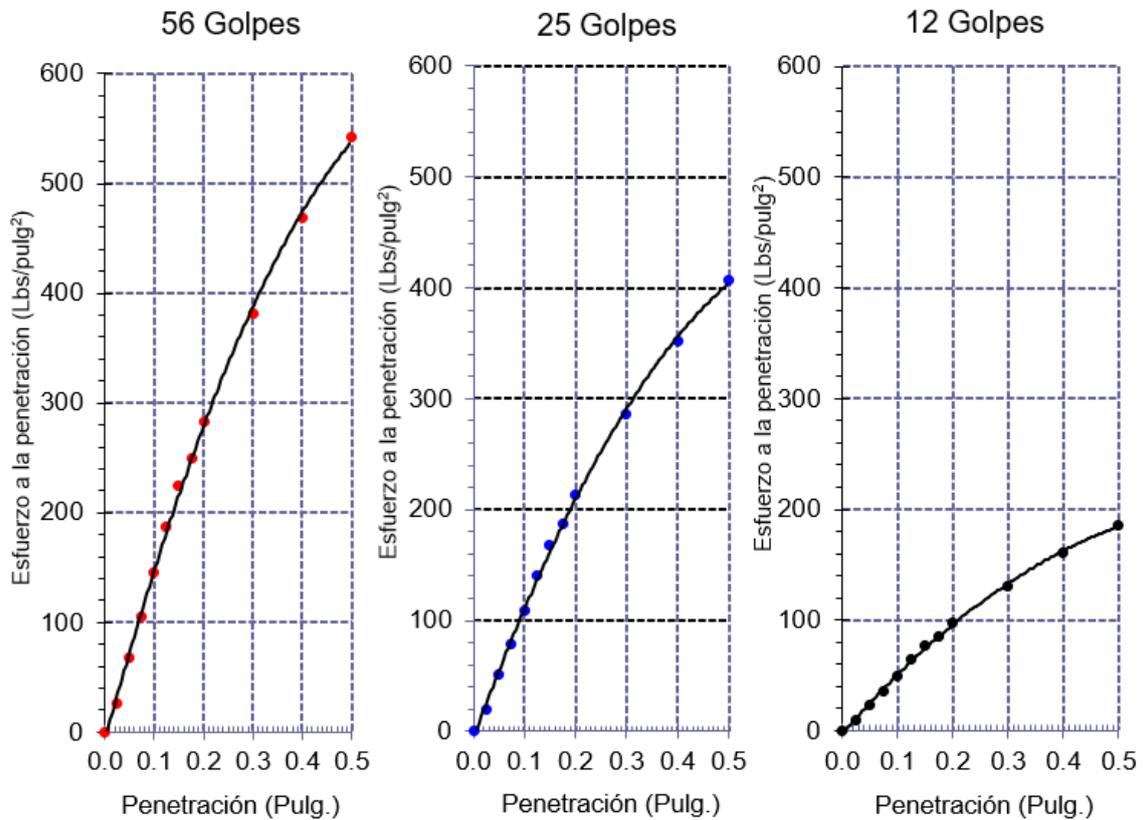


Figura 22. Diagrama de penetración para C-01 (6% de PET).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+6% de PET)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.842	15.3
	95%	1.750	11.5
0.2 pulg	100%	1.658	19.0
	95%	-	14.2

Fuente: Elaboración propia

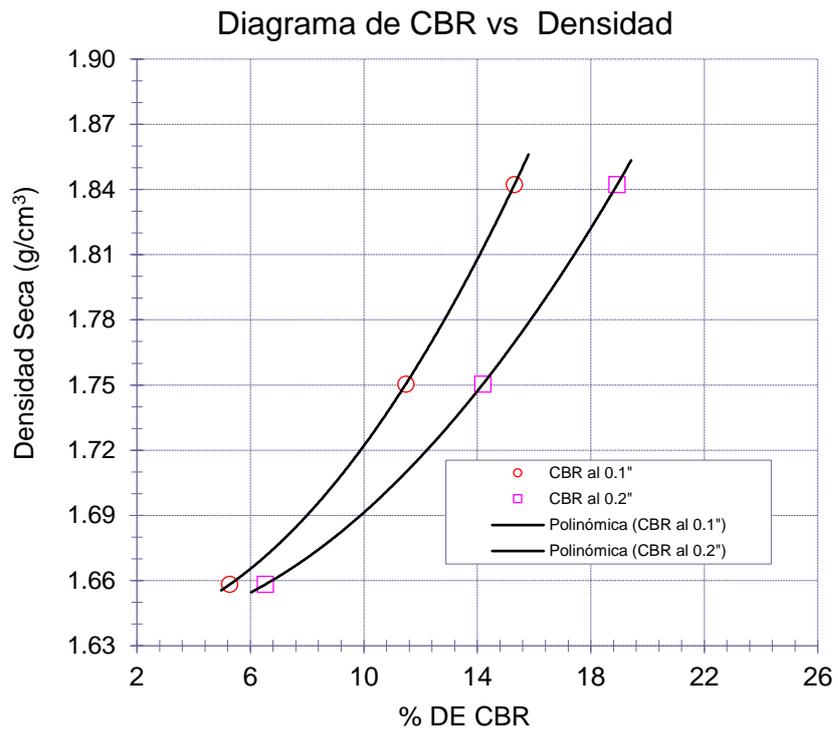


Figura 23. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+6% de PET).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 8% de PET

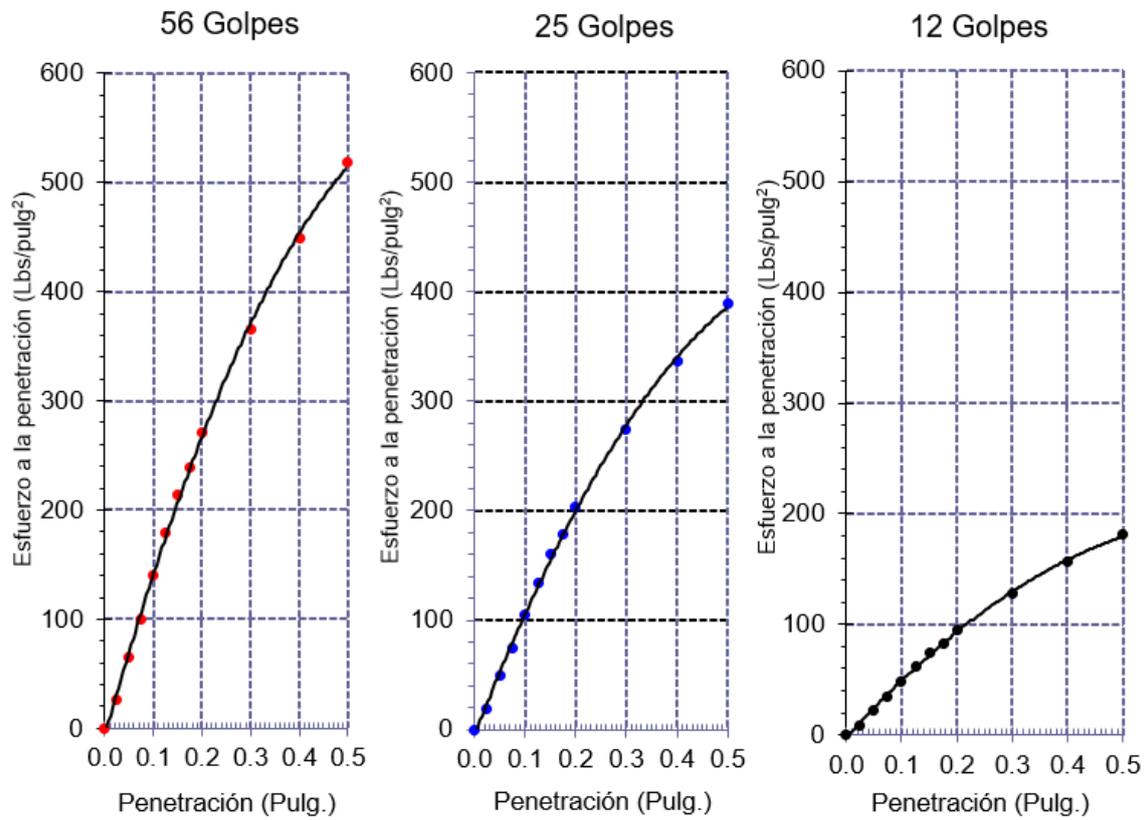


Figura 24. Diagrama de penetración para C-01 (8% de PET).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+8% de PET)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.826	14.7
	95%	1.736	11.0
0.2 pulg	100%	1.644	18.2
	95%	-	13.6

Fuente: Elaboración propia

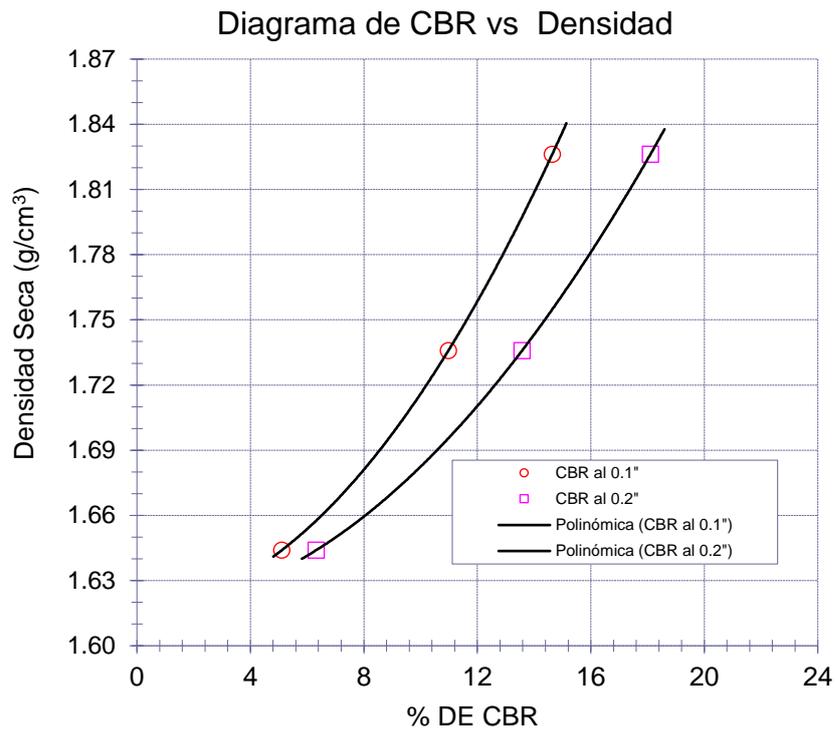


Figura 25. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+8% de PET).
 Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 2% de PET + 3% de Emulsión asfáltica

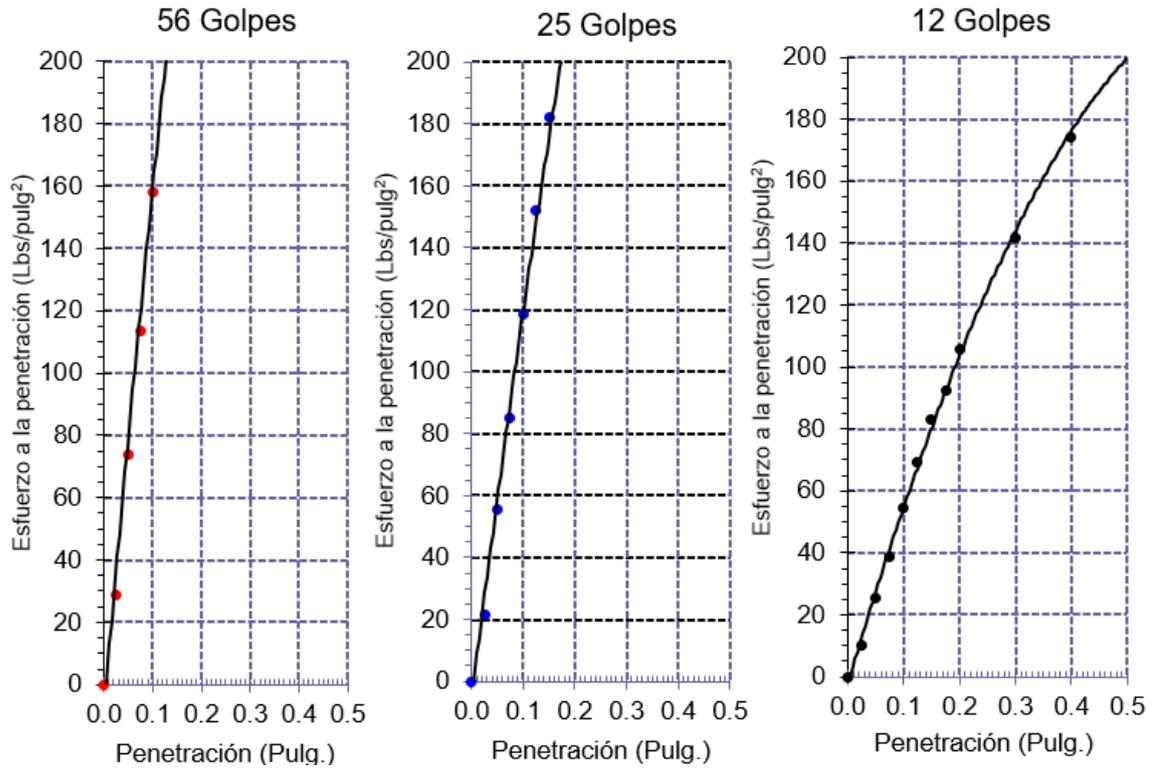


Figura 26: Diagrama de penetración para Muestra Natural + 2% de PET + 3% de Emulsión asfáltica

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+2% de PET + 3% de Emulsión asfáltica)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.879	16.6
	95%	1.785	12.5
0.2 pulg	100%	1.691	20.5
	95%	-	15.4

Fuente: Elaboración propia

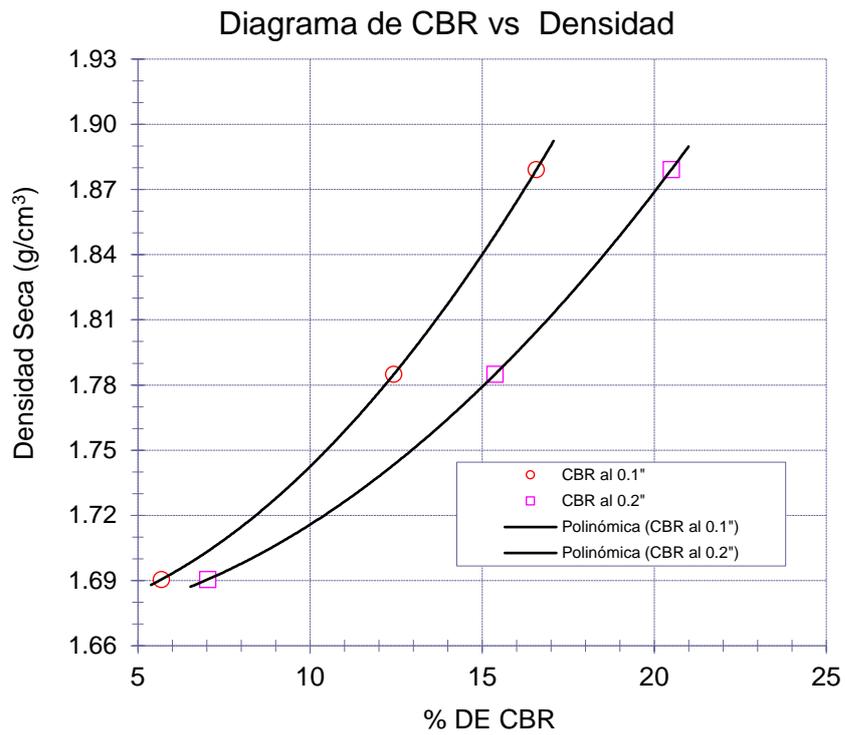


Figura 27. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+2% de PET + 3% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 2% de PET+6% de Emulsión asfáltica

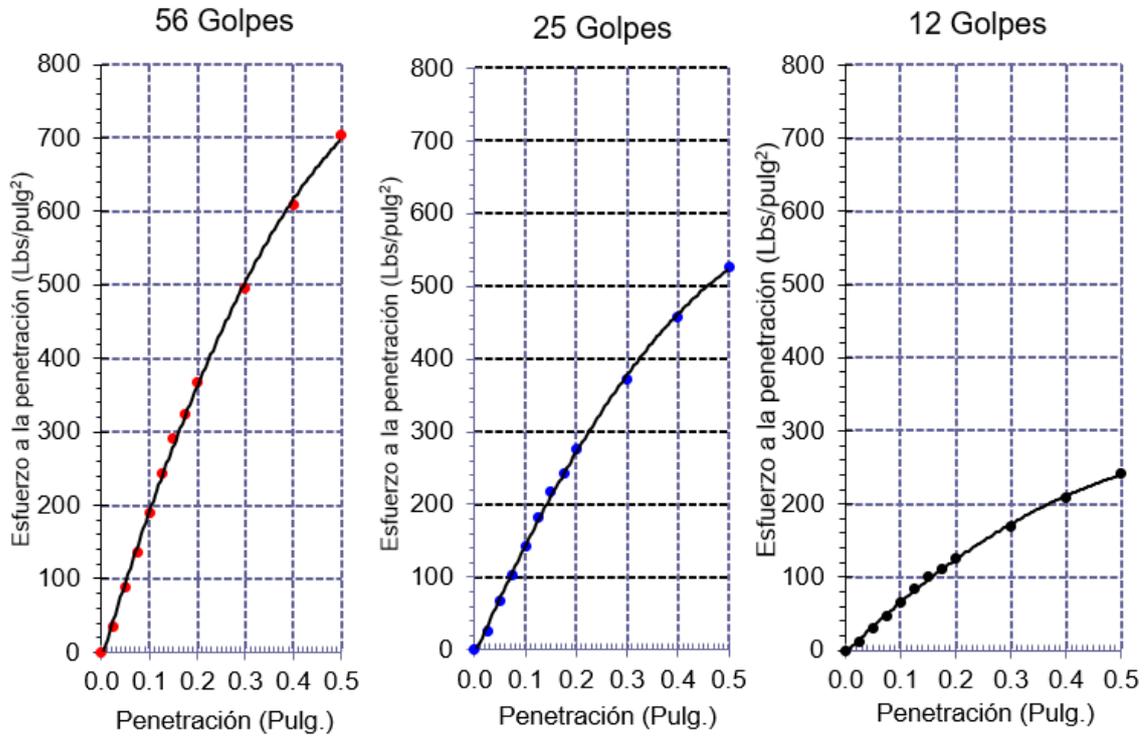


Figura 28. Diagrama de penetración para C-01 (2% de PET + 6% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+2% de PET + 6% de Emulsión asfáltica)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.867	19.9
	95%	1.772	15.0
0.2 pulg	100%	1.680	24.6
	95%	-	18.6

Fuente: Elaboración propia

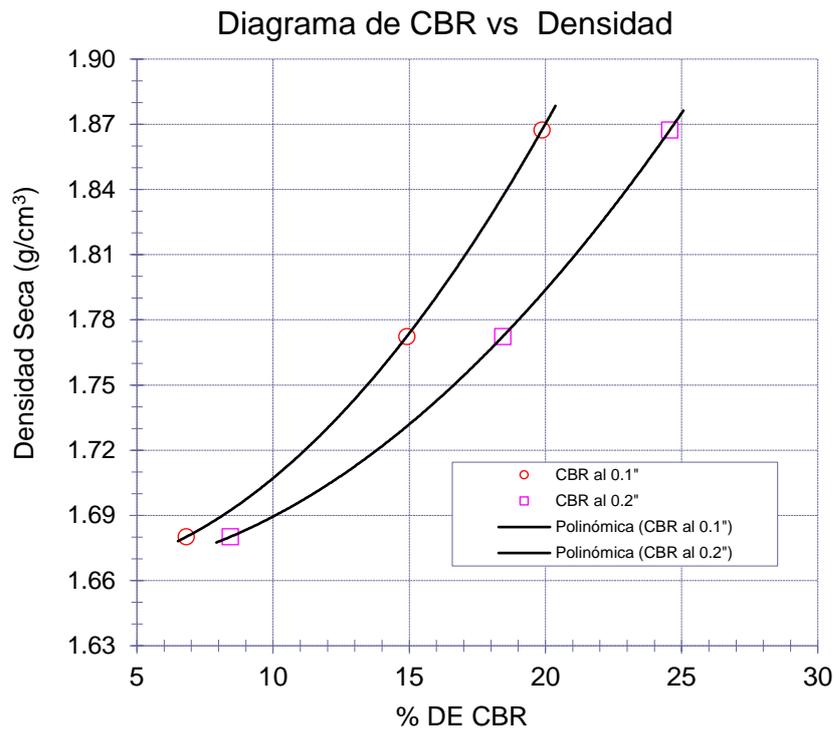


Figura 29. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+2% de PET + 6% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 2% de PET+ 9% de Emulsión asfáltica

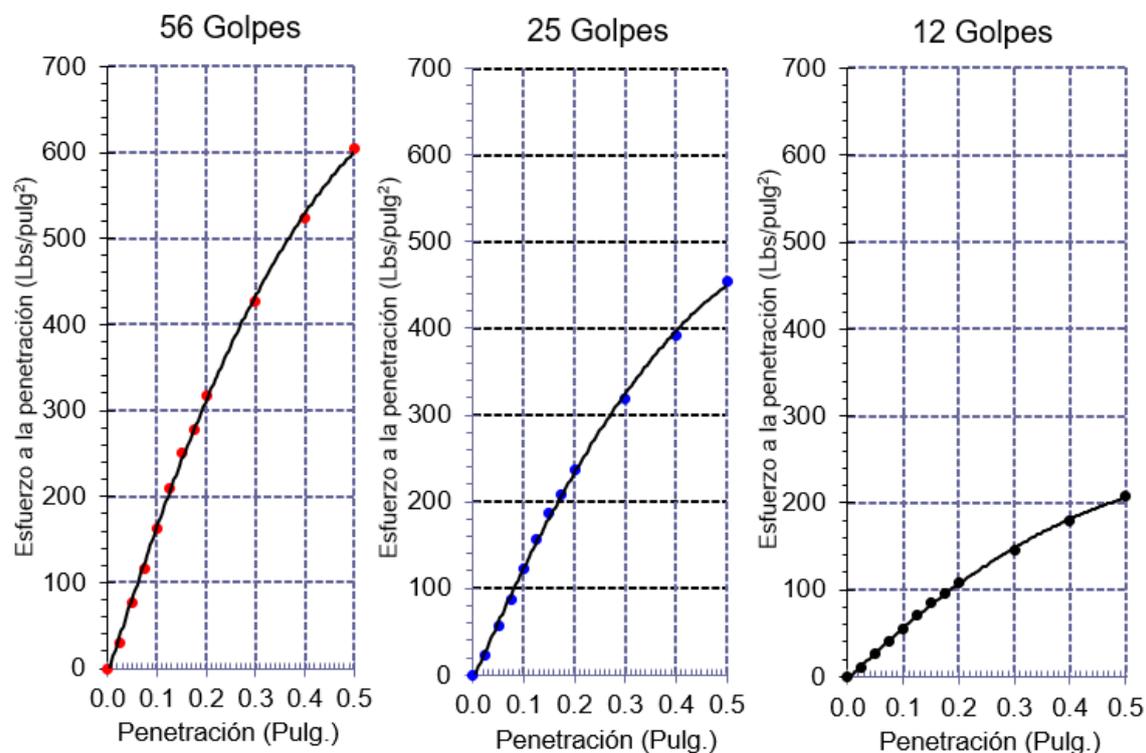


Figura 30. Diagrama de penetración para C-01 (2% de PET + 9% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+2% de PET + 9% de Emulsión asfáltica)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.834	17.1
	95%	1.742	12.9
0.2 pulg	100%	1.651	21.1
	95%	-	15.9

Fuente: Elaboración propia

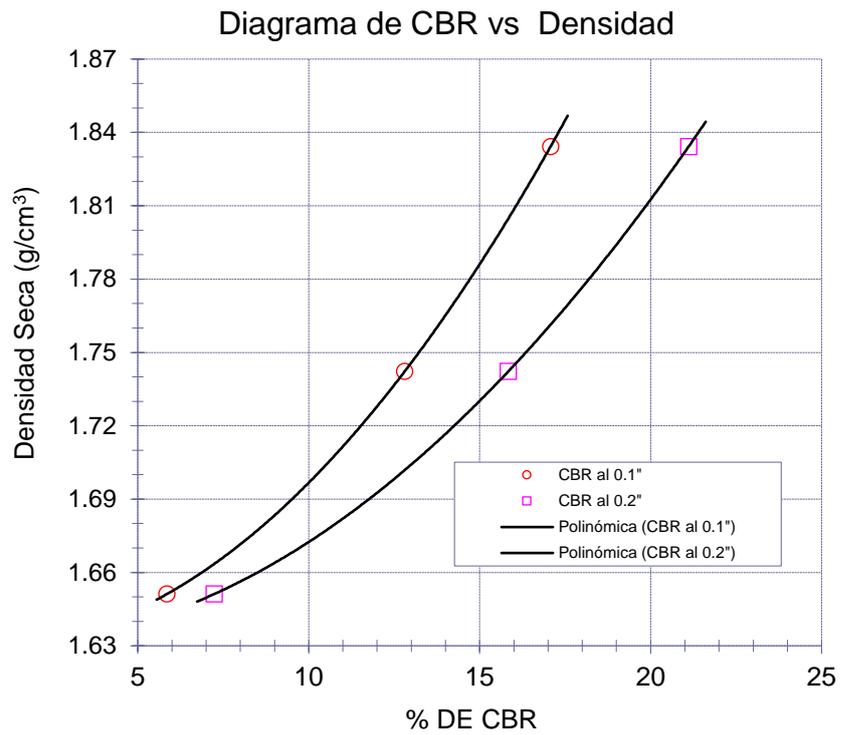


Figura 31. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+2% de PET + 9% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 2% de PET + 12% de Emulsión asfáltica

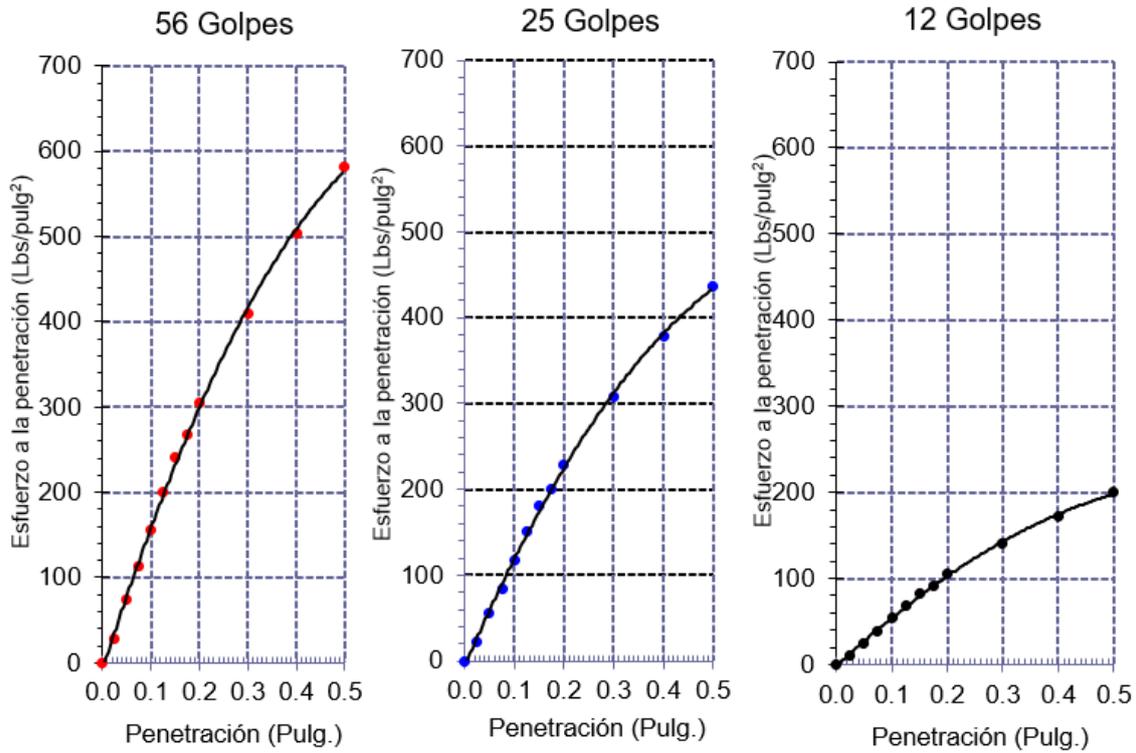


Figura 32. Diagrama de penetración para C-01 (2% de PET + 12% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+2% de PET + 12% de Emulsión asfáltica)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.785	16.5
	95%	1.696	12.3
0.2 pulg	100%	1.607	20.3
	95%	-	15.2

Fuente: Elaboración propia

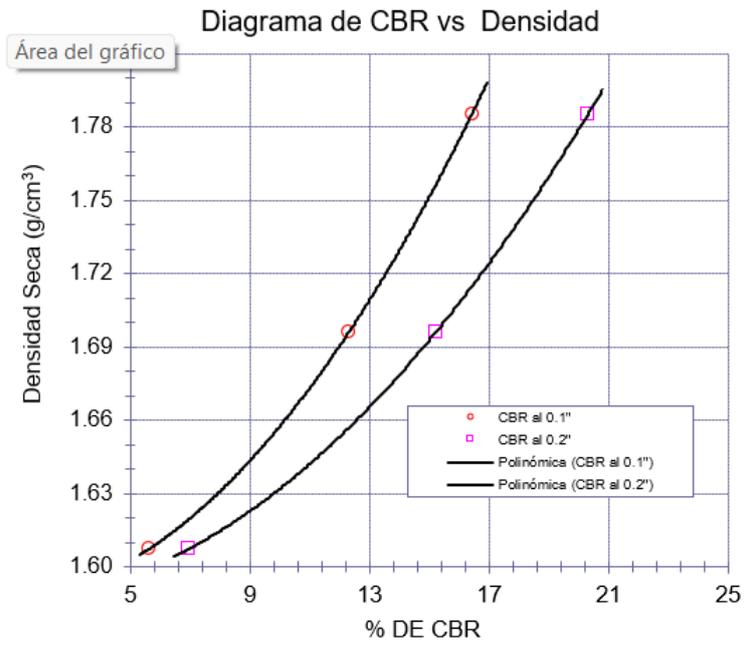


Figura 33. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+2% de PET + 12% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 4% de PET + 3% de Emulsión asfáltica

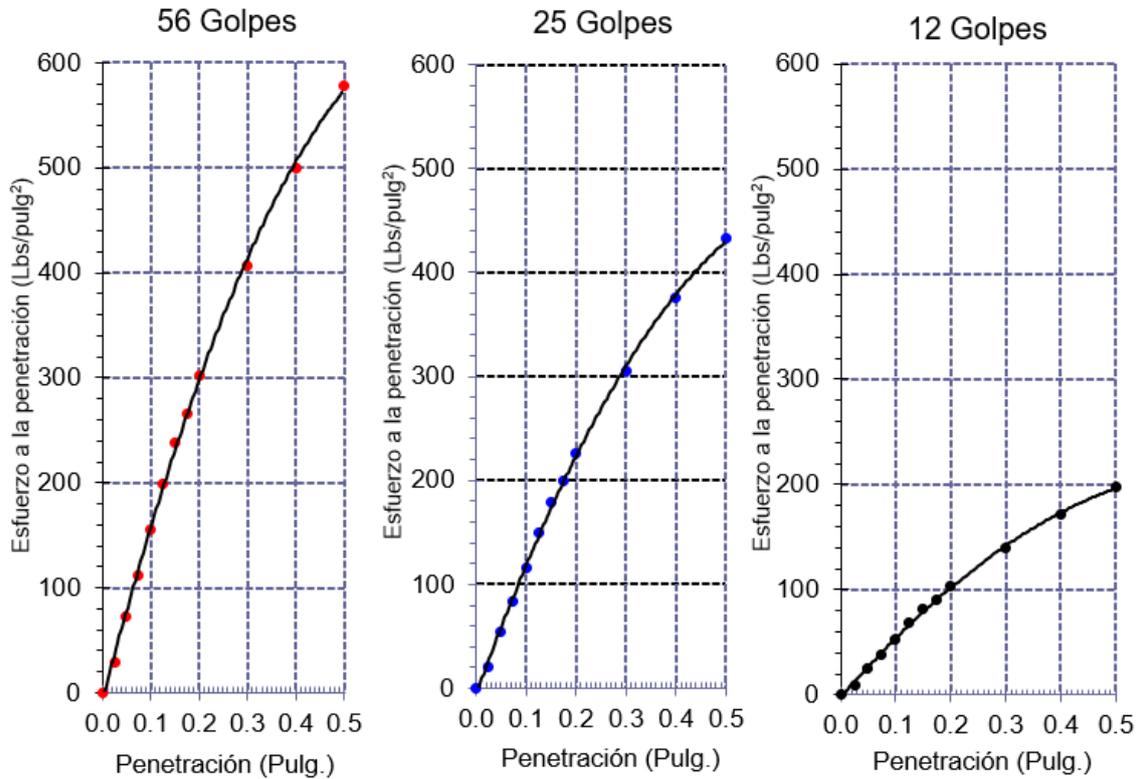


Figura 34. Diagrama de penetración para C-01 (4% de PET + 3% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+4% de PET + 3% de Emulsión asfáltica)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.871	16.3
	95%	1.777	12.3
0.2 pulg	100%	1.683	20.2
	95%	-	15.2

Fuente: Elaboración propia

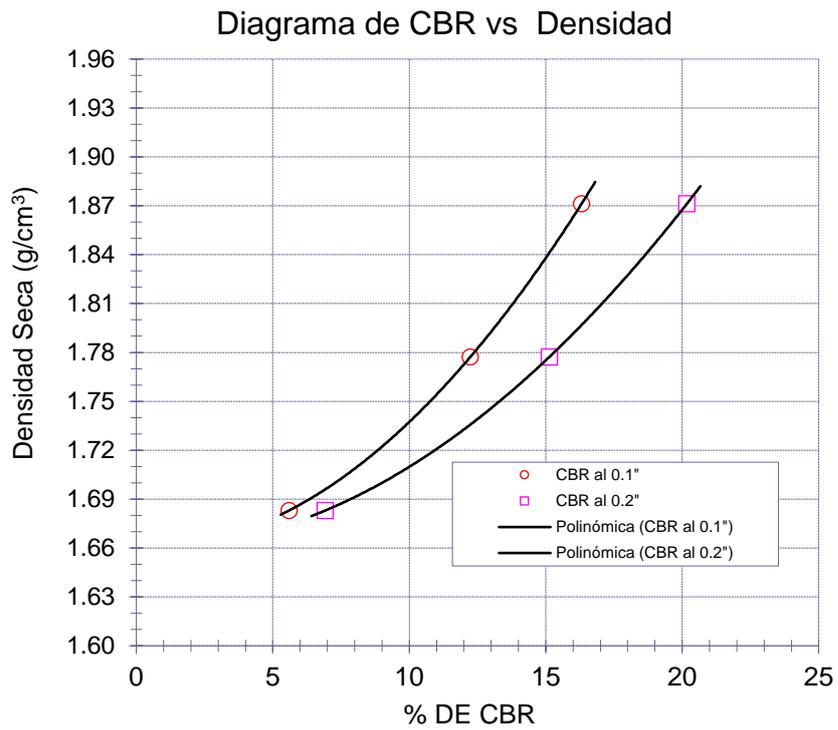


Figura 35. Diagrama de penetración para C-01 (4% de PET + 3% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 4% de PET + 6% de Emulsión asfáltica

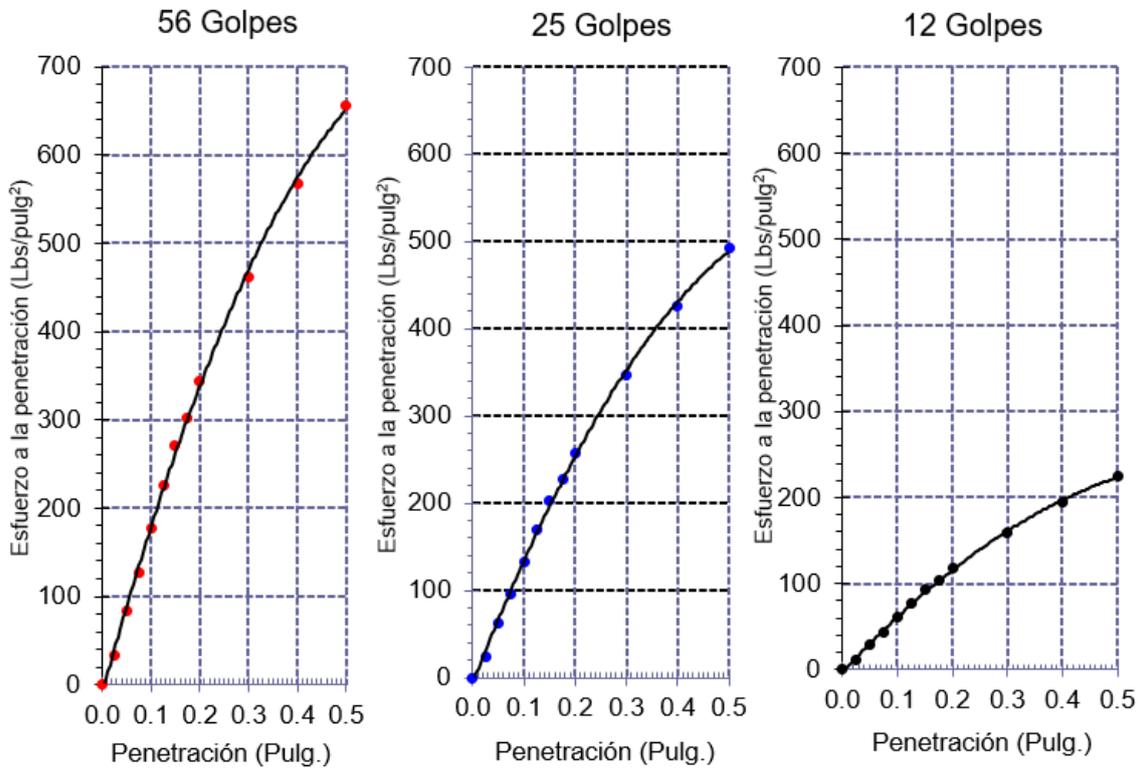


Figura 36. Diagrama de penetración para C-01 (4% de PET + 6% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+4% de PET + 6% de Emulsión asfáltica)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.806	18.6
	95%	1.716	14.0
0.2 pulg	100%	1.626	23.0
	95%	-	17.3

Fuente: Elaboración propia

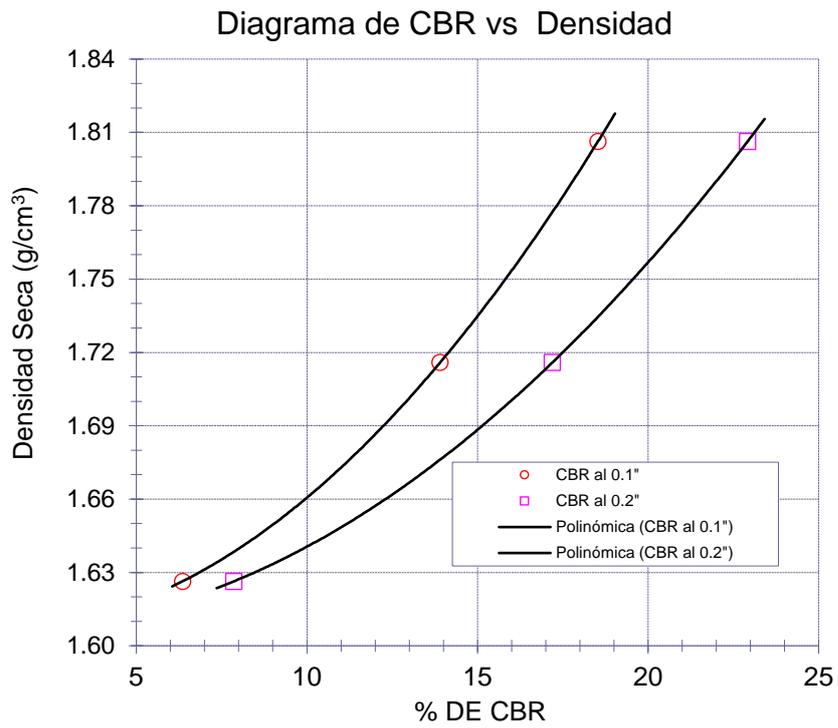


Figura 37. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+4% de PET + 6% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 4% de PET + 9% de Emulsión asfáltica

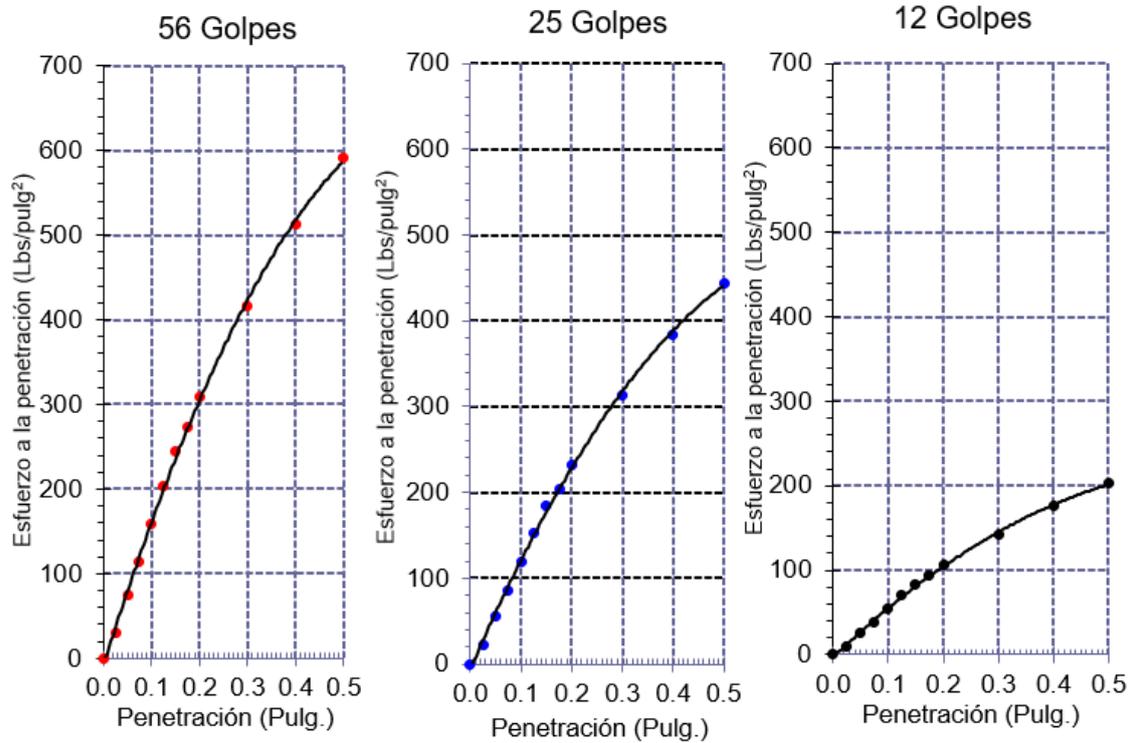


Figura 38. Diagrama de penetración para C-01 (4% de PET + 9% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+4% de PET + 9% de Emulsión asfáltica)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.800	16.7
	95%	1.710	12.5
0.2 pulg	100%	1.620	20.7
	95%	-	15.5

Fuente: Elaboración propia

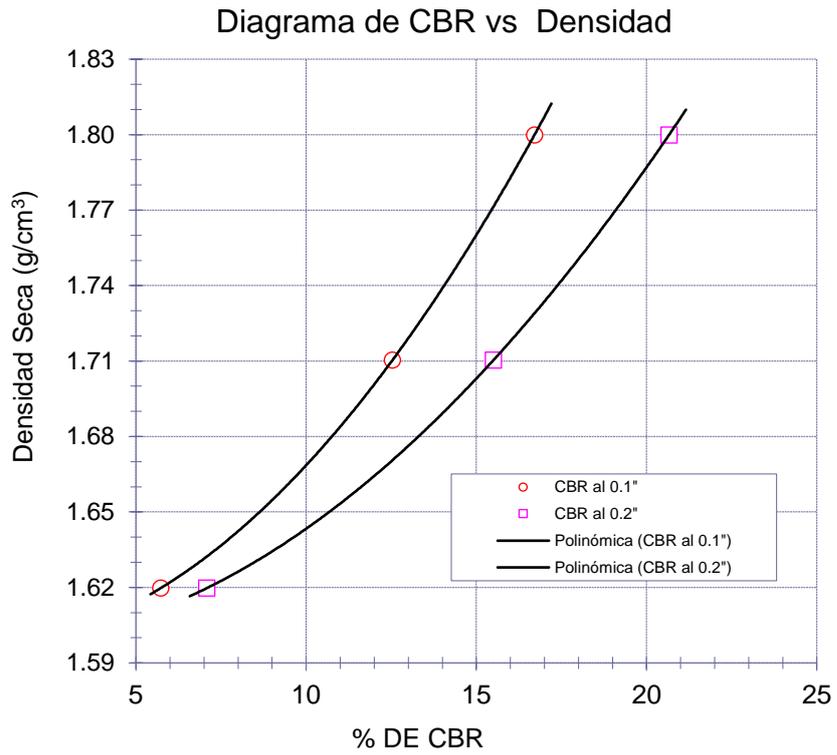


Figura 39. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+4% de PET + 9% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 4% de PET + 12% de Emulsión asfáltica

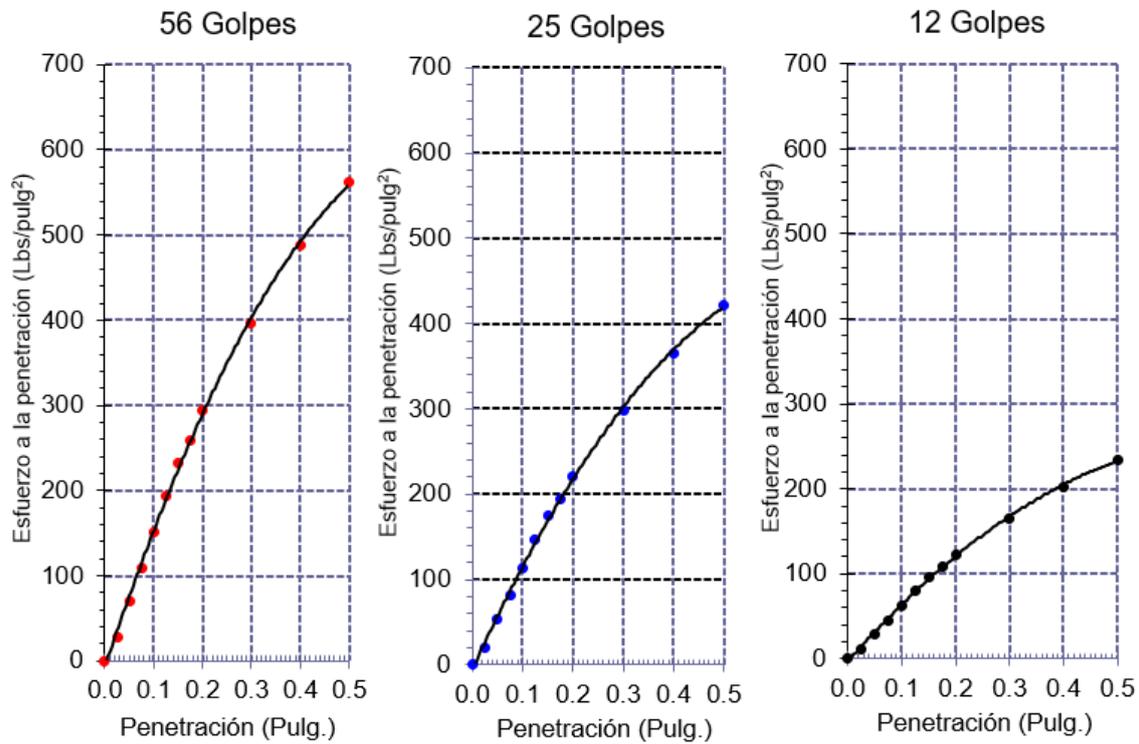


Figura 40. Diagrama de penetración para C-01 (4% de PET + 12% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+4% de PET + 12% de Emulsión asfáltica)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.805	16.0
	95%	1.715	11.9
0.2 pulg	100%	1.625	19.7
	95%	-	14.8

Fuente: Elaboración propia

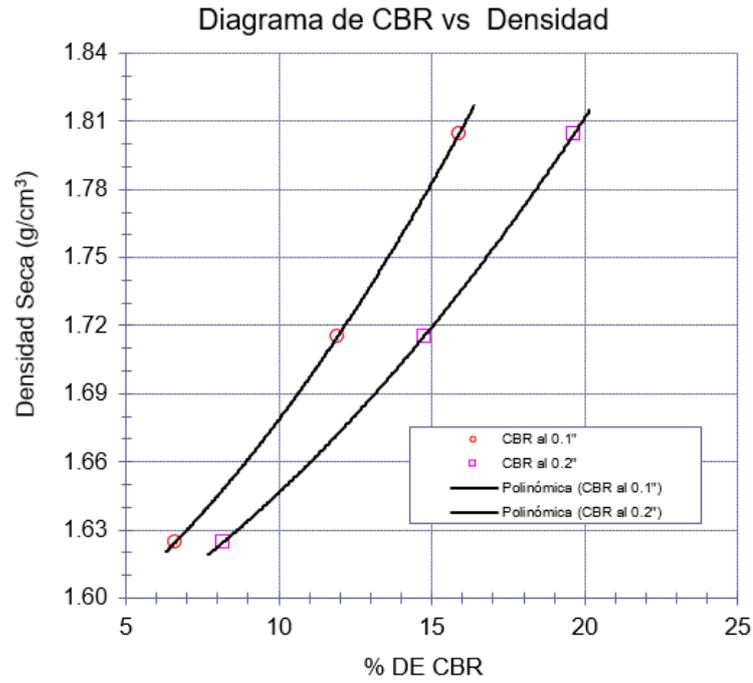


Figura 41. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+4% de PET + 12% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 6% de PET + 3% de Emulsión asfáltica

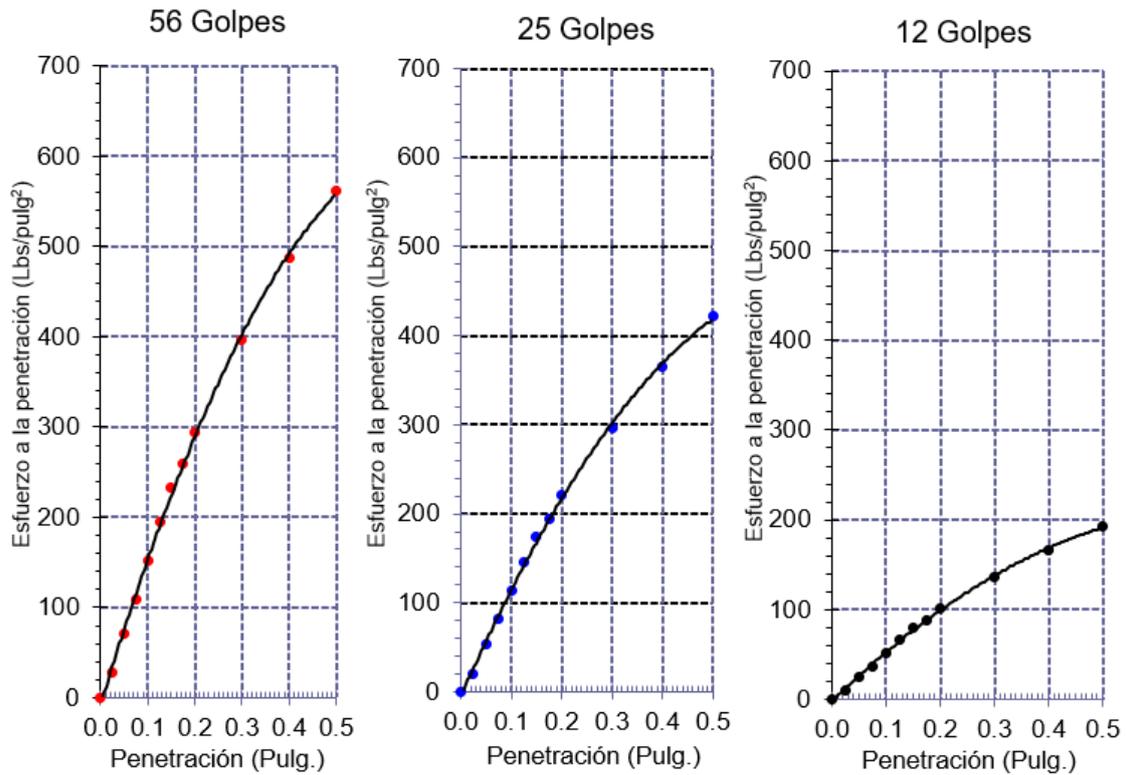


Figura 42. Diagrama de penetración para C-01 (6% de PET + 3% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+6% de PET + 3% de Emulsión asfáltica)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.805	16.0
	95%	1.715	11.9
0.2 pulg	100%	1.625	19.7
	95%	-	14.8

Fuente: Elaboración propia

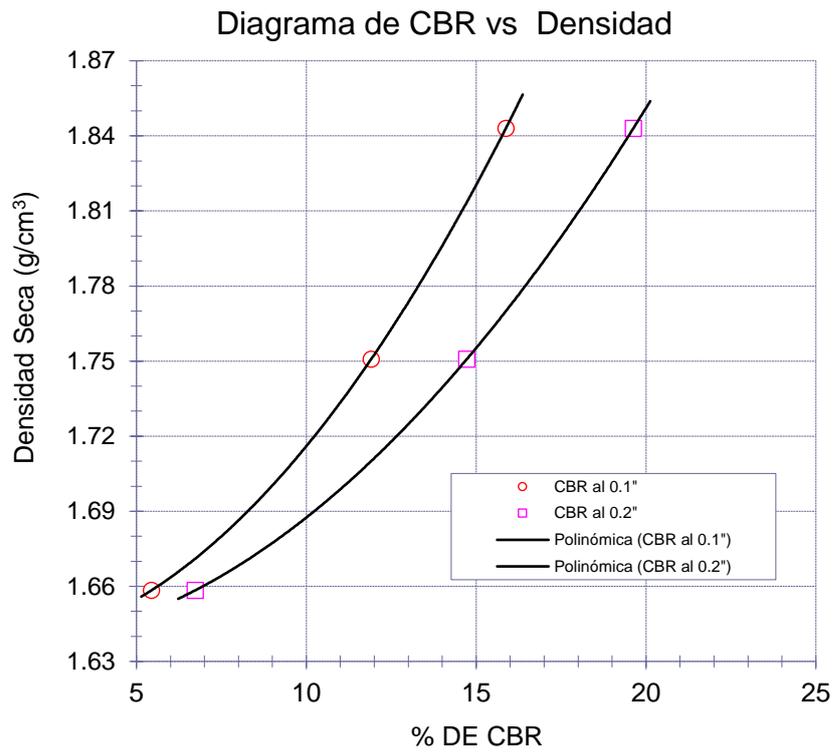


Figura 43. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+6% de PET + 3% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 6% de PET + 6% de Emulsión asfáltica

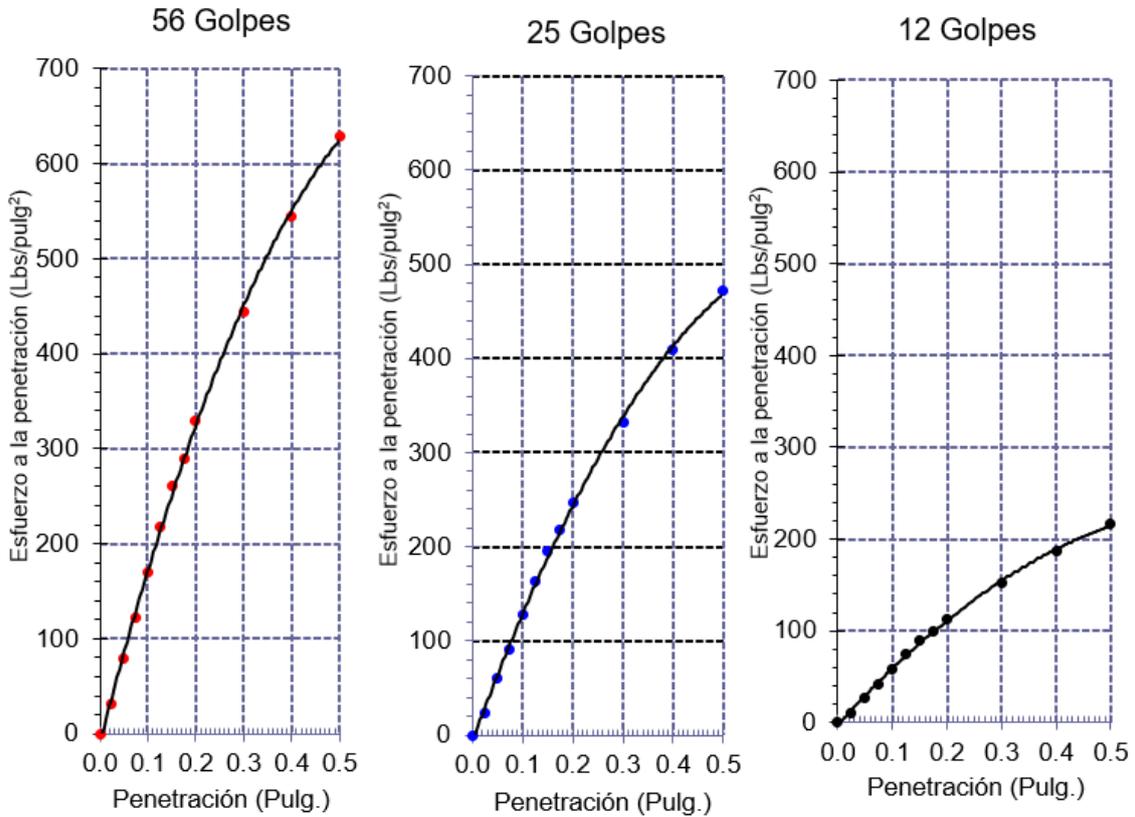


Figura 44. Diagrama de penetración para C-01 (6% de PET + 6% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+6% de PET + 6% de Emulsión asfáltica)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.787	17.8
	95%	1.698	13.4
0.2 pulg	100%	1.609	22.0
	95%	-	16.5

Fuente: Elaboración propia

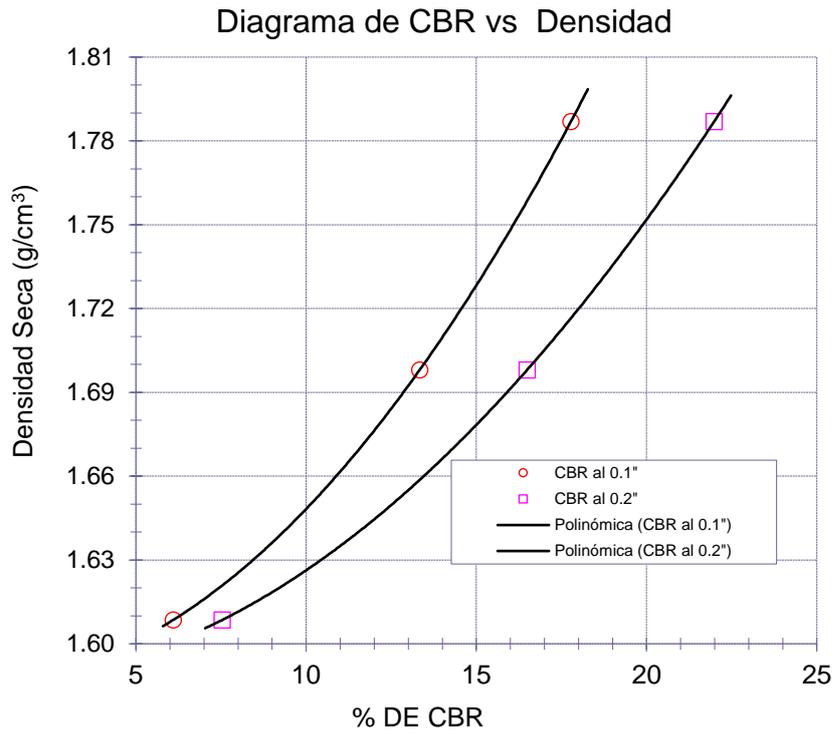


Figura 45. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+6% de PET + 6% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 6% de PET + 9% de Emulsión asfáltica

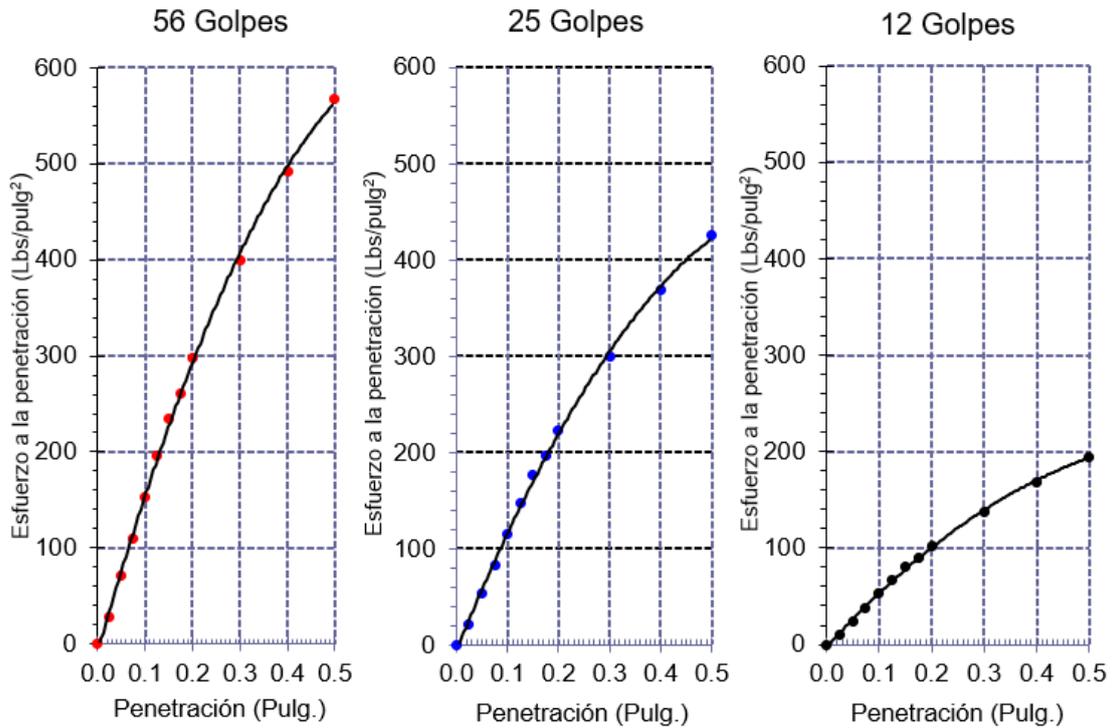


Figura 46. Diagrama de penetración para C-01 (6% de PET + 9% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+6% de PET + 9% de Emulsión asfáltica)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.831	16.1
	95%	1.740	12.0
0.2 pulg	100%	1.648	19.9
	95%	-	14.9

Fuente: Elaboración propia

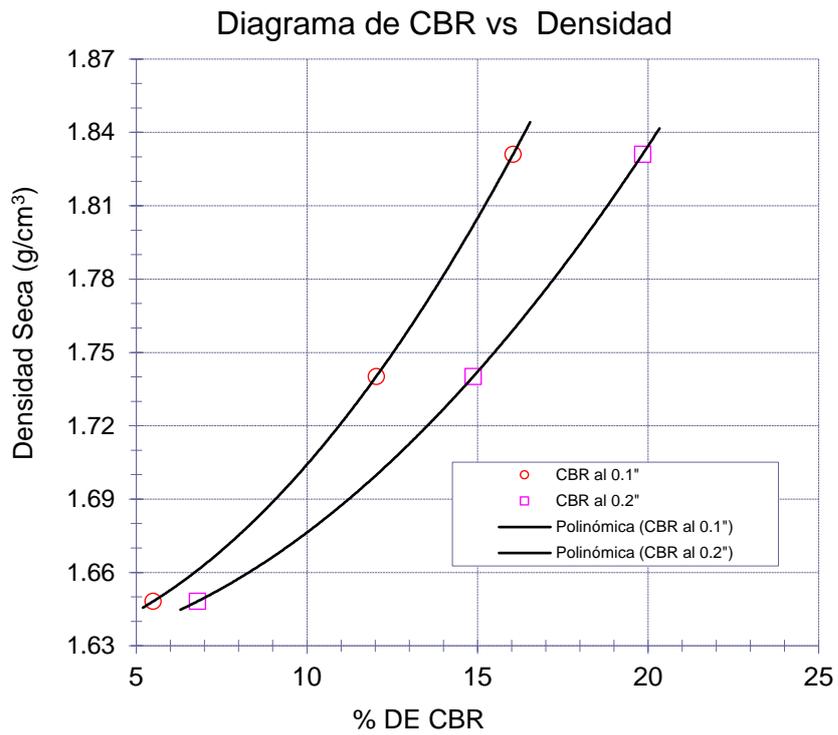


Figura 47. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+6% de PET + 9% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 6% de PET + 12% de Emulsión asfáltica

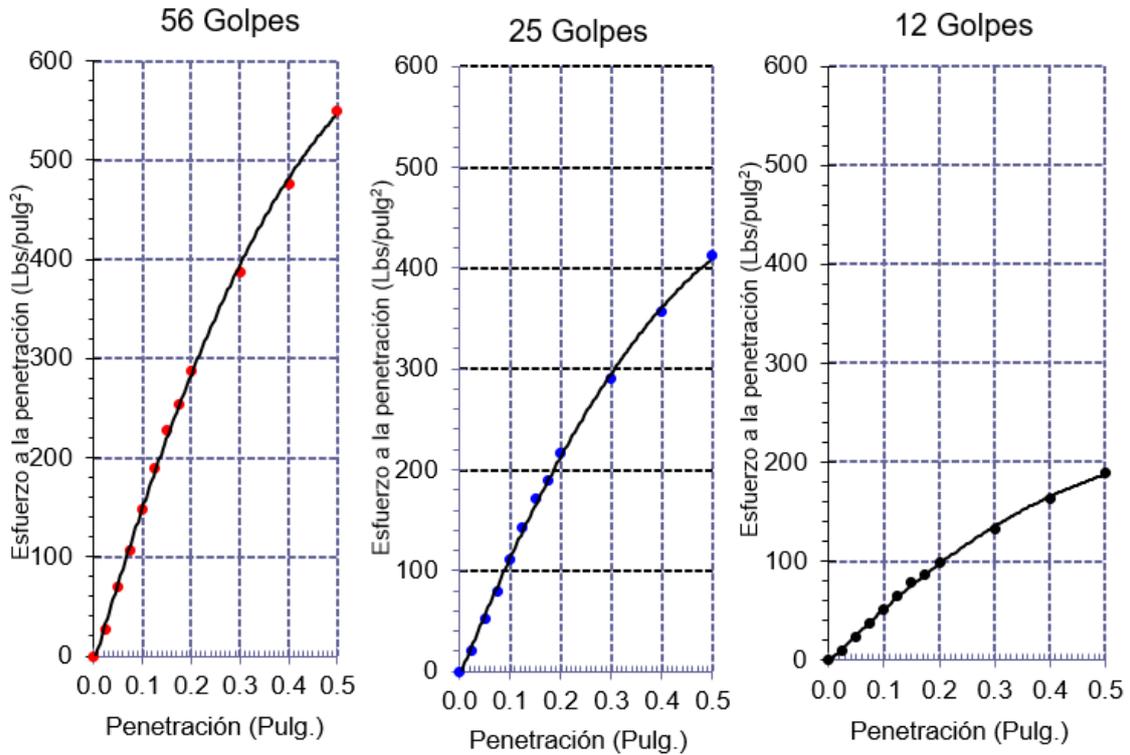


Figura 48. Diagrama de penetración para C-01 (6% de PET + 12% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+6% de PET + 12% de Emulsión asfáltica)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.794	15.6
	95%	1.705	11.6
0.2 pulg	100%	1.615	19.3
	95%	-	14.4

Fuente: Elaboración propia

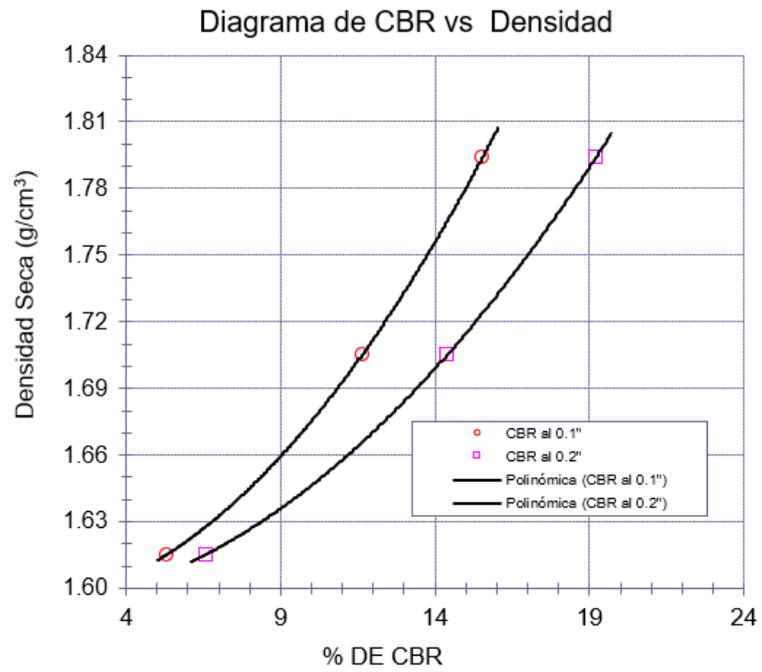


Figura 49. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+6% de PET + 12% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 8% de PET + 3% de Emulsión asfáltica

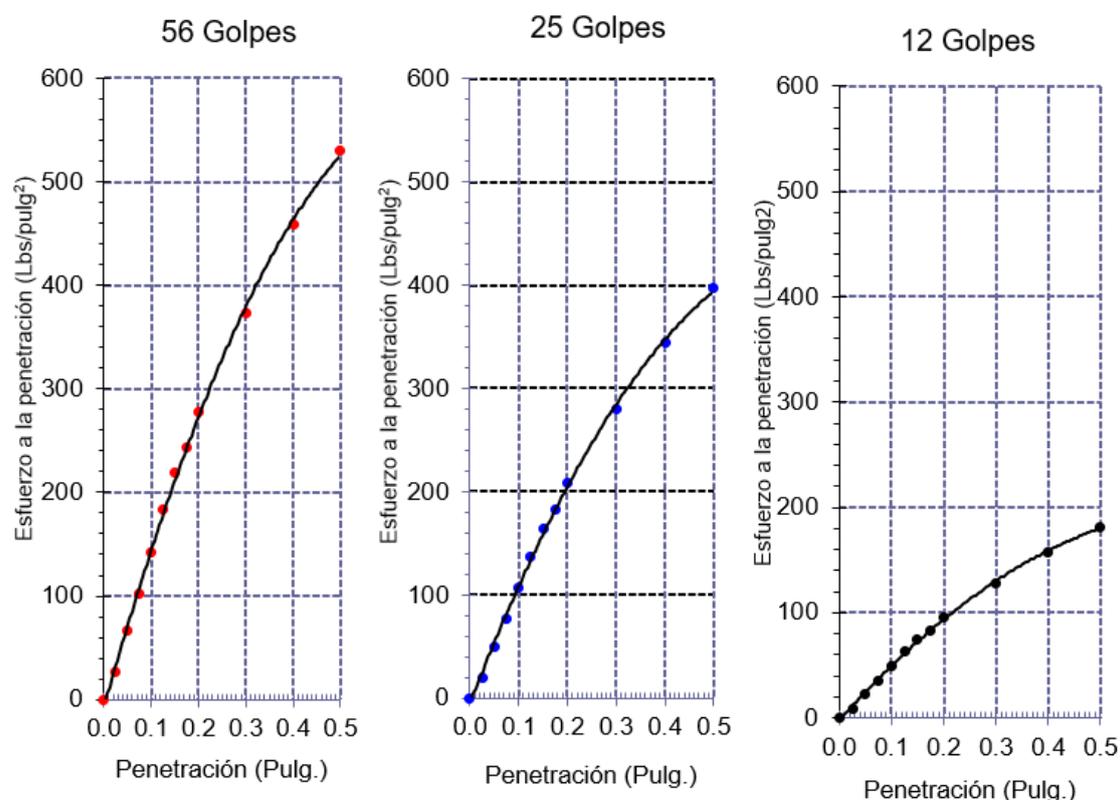


Figura 50. Diagrama de penetración para C-01 (8% de PET + 3% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+8% de PET + 3% de Emulsión asfáltica)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.824	15.0
	95%	1.733	11.2
0.2 pulg	100%	1.642	18.5
	95%	-	13.9

Fuente: Elaboración propia

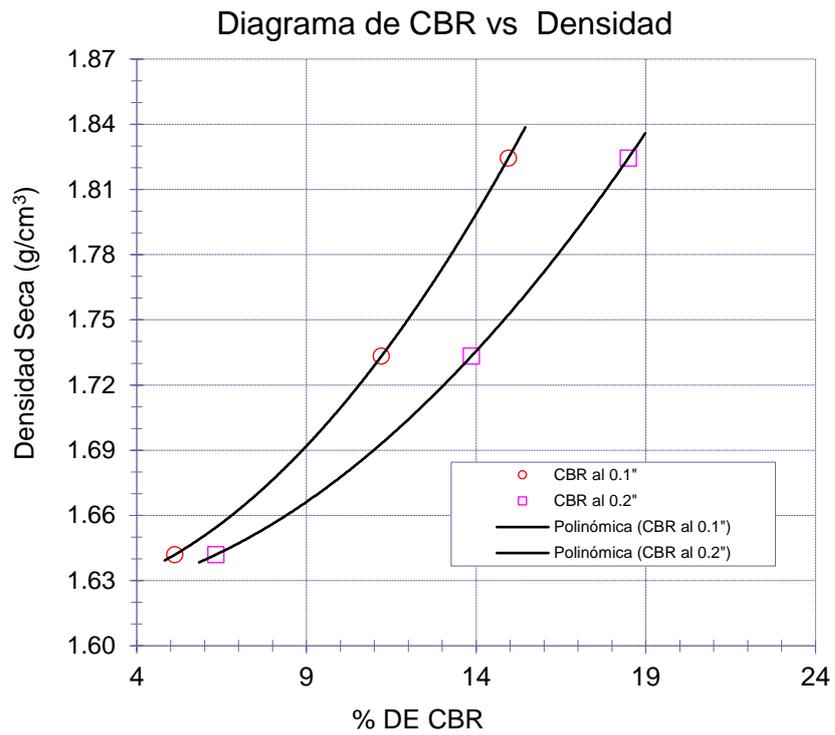


Figura 51. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+8% de PET + 3% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 8% de PET + 6% de Emulsión asfáltica

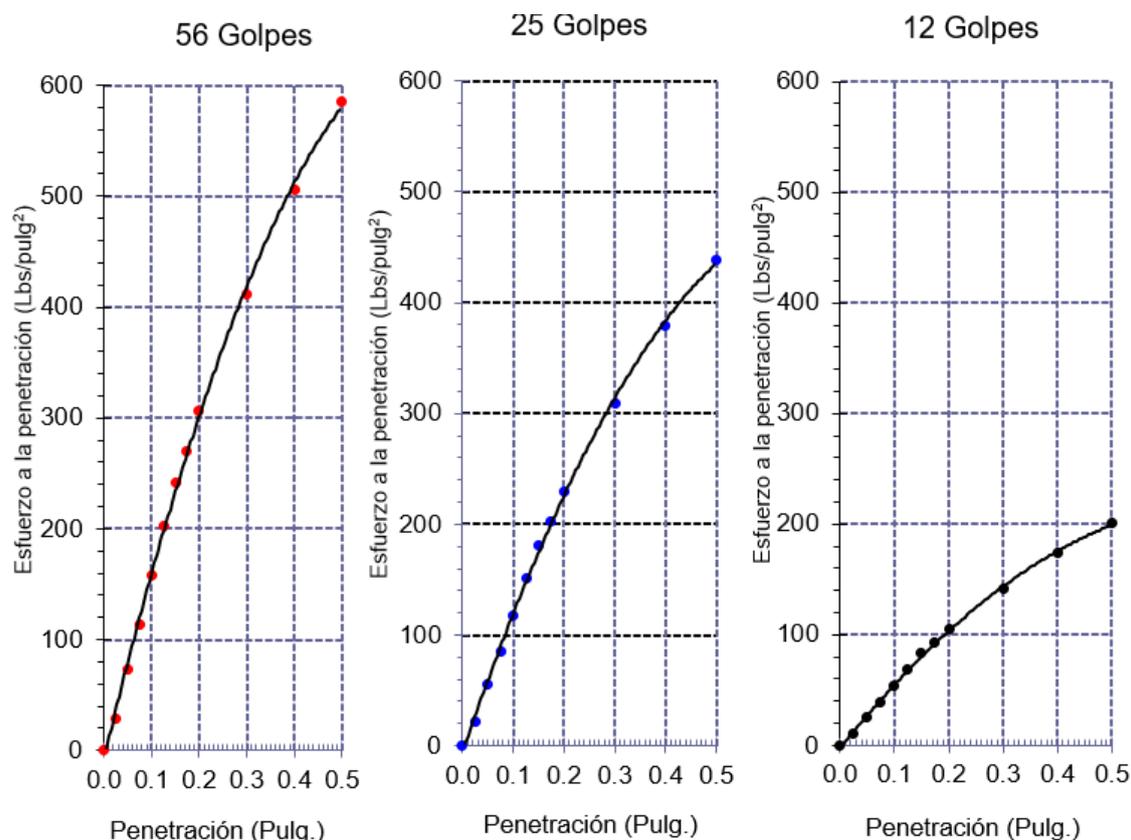


Figura 52. Diagrama de penetración para C-01 (8% de PET + 6% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+8% de PET + 6% de Emulsión asfáltica)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.817	16.6
	95%	1.726	12.5
0.2 pulg	100%	1.635	20.5
	95%	-	15.4

Fuente: Elaboración propia

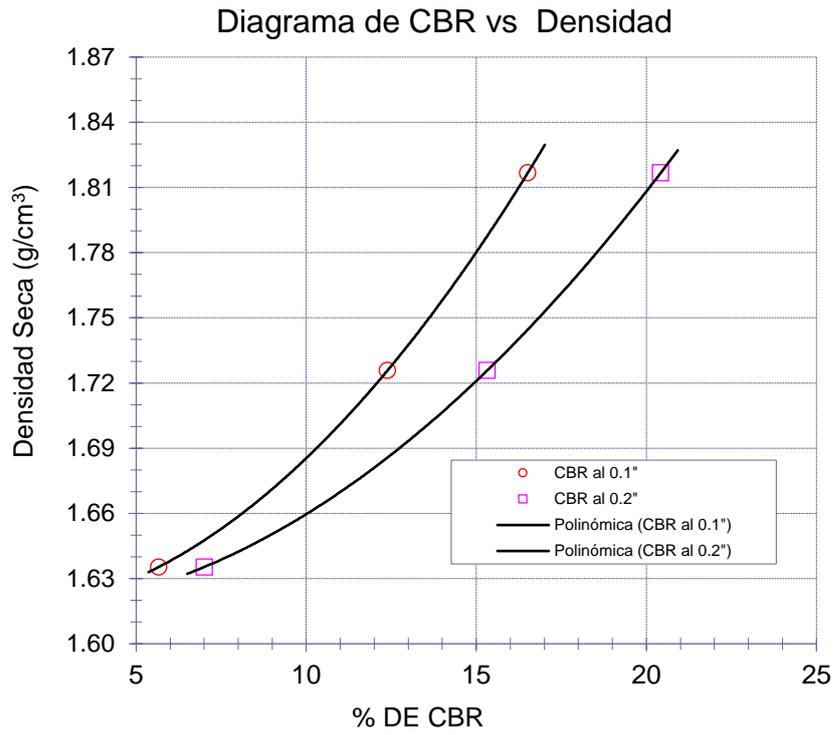


Figura 53. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+8% de PET + 6% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 8% de PET + 9% de Emulsión asfáltica

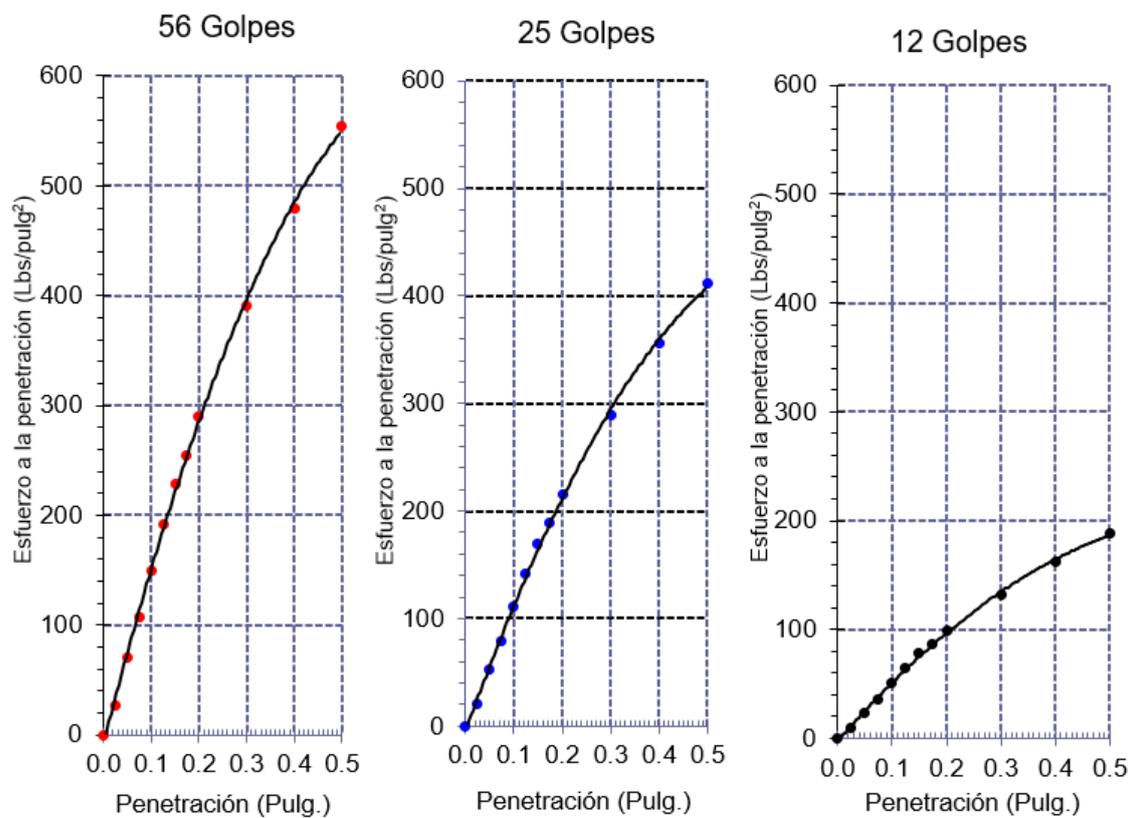


Figura 54. Diagrama de penetración para C-01 (8% de PET + 9% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+8% de PET + 9% de Emulsión asfáltica)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.854	15.7
	95%	1.761	11.7
0.2 pulg	100%	1.669	19.4
	95%	-	14.4

Fuente: Elaboración propia

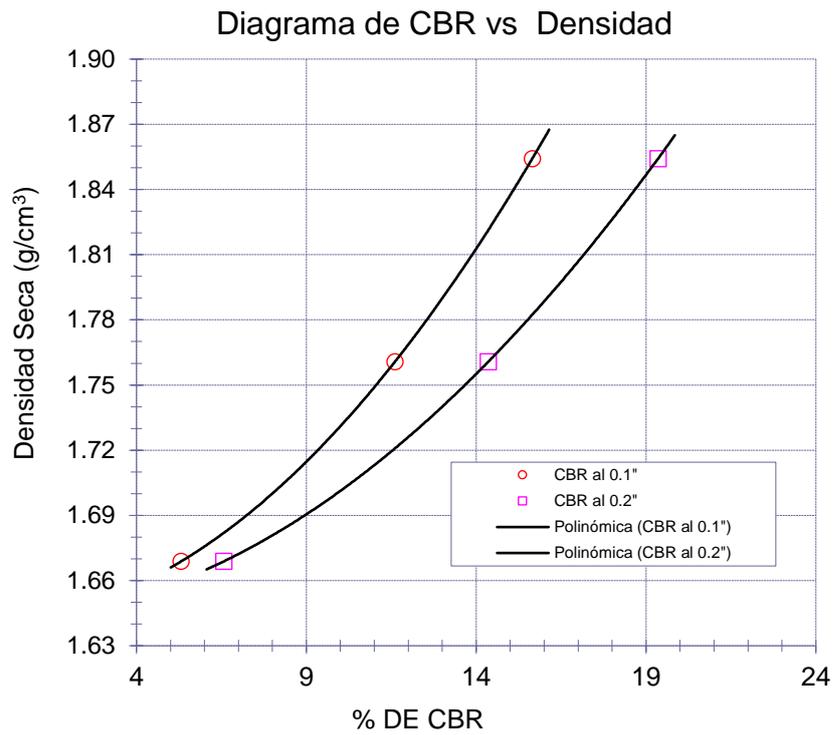


Figura 55. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+8% de PET + 9% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Muestra Natural + 8% de PET + 12% de Emulsión asfáltica

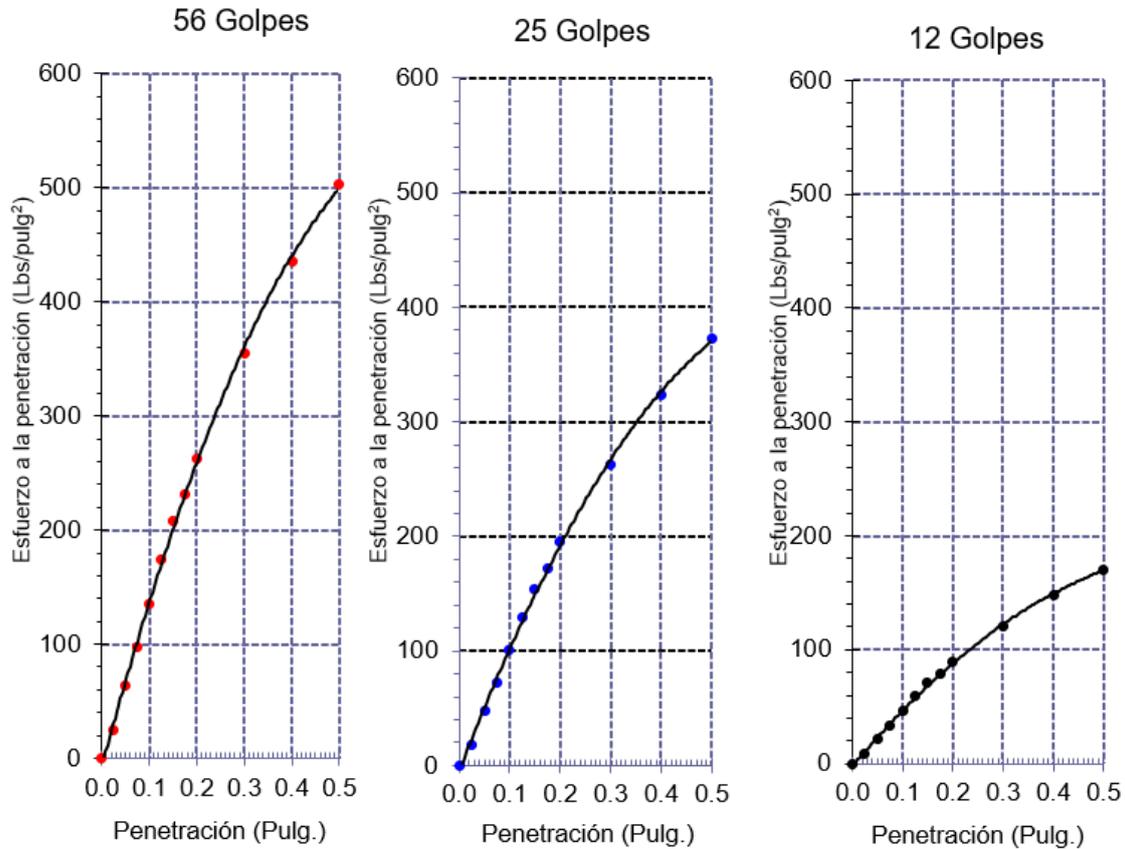


Figura 56. Diagrama de penetración para C-01 (8% de PET + 12% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53: Resultados de ensayo CBR para C-01 (+8% de PET + 12% de Emulsión asfáltica)

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.819	14.2
	95%	1.728	10.5
0.2 pulg	100%	1.637	17.6
	95%	-	13.0

Fuente: Elaboración propia

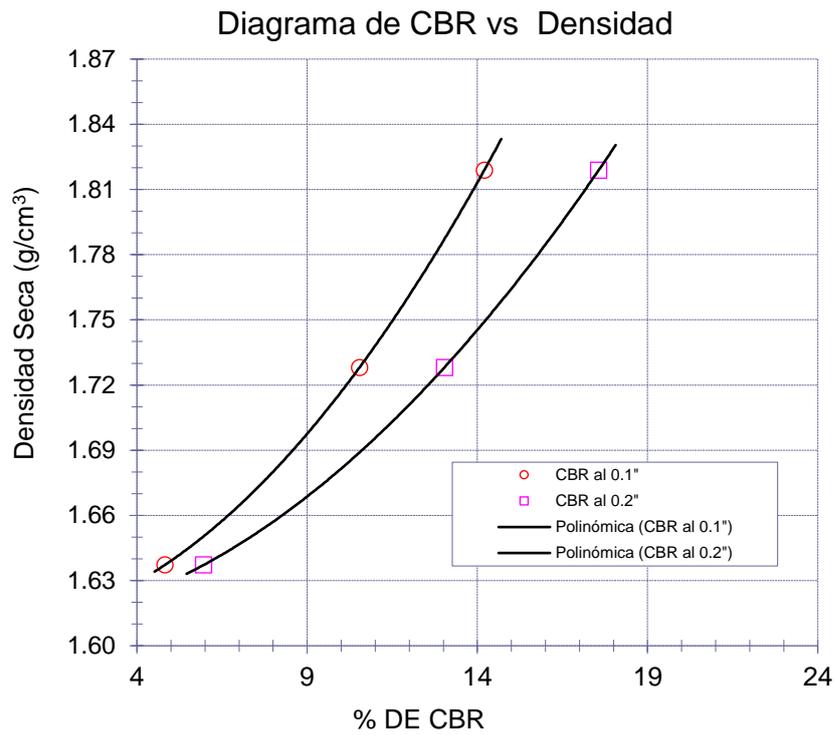


Figura 57. Diagrama de densidad–índice de CBR para C-01 (+8% de PET + 12% de emulsión asfáltica).

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 54 se detallan los resultados de MDS realizados con diversos porcentajes de adición para emulsión asfáltica y material PET.

Tabla 54: *Resumen de ensayos de proctor modificado*

Resumen de ensayos proctor modificado					
Calicata N°01					
Muestra Natural	Emulsión asfáltica	3%	6%	9%	12%
		1.715	1.728	1.654	1.638
1.734	PET	2%	4%	6%	8%
		1.697	1.675	1.658	1.644

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 55 se muestran los resultados de los ensayos de MDS realizados con diversos porcentajes de adición para las combinaciones de emulsión asfáltica y material PET

Tabla 55: *Resumen de ensayos de MDS para las combinaciones*

Resumen de ensayos proctor modificado					
Calicata N°01					
Emulsión asfáltica PET	2%	3%	6%	9%	12%
		1.691	1.680	1.651	1.607
	4%	1.683	1.626	1.620	1.625
	6%	1.658	1.609	1.648	1.615
	8%	1.642	1.635	1.669	1.637

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 56 se muestra un resumen de los resultados de los ensayos de CBR aplicado a las muestras de suelo en estudio realizados con diversos porcentajes de adición para emulsión asfáltica y material PET.

Tabla 56: *Resumen de ensayos de CBR*

Resumen de ensayos CBR					
Calicata N°01					
Muestra Natural		3%	6%	9%	12%
	Emulsión asfáltica	17.4%	20.8%	16.4%	13.5%
15.5%		2%	4%	6%	8%
	PET	16.1%	15.8%	15.3%	14.7%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 57 se muestra un resumen de los resultados de los ensayos de CBR aplicado a las muestras de suelo en estudio con diversos porcentajes de adición para las combinaciones de emulsión asfáltica y material

Tabla 57: *Resumen de ensayos de CBR para las combinaciones*

Resumen de ensayos CBR					
Calicata N°01					
	Emulsión asfáltica	3%	6%	9%	12%
	PET				
	2%	16.6	19.9	17.1	16.6
	4%	16.3	18.6	16.7	16.0
	6%	15.9	17.8	16.1	15.6
	8%	15.0	16.6	15.7	14.2

Fuente: Elaboración propia

3.2. Discusión de resultados

Se ejecutaron los ensayos respectivos, con el fin de utilizar emulsión asfáltica y tereftalato de polietileno como agente estabilizador para evaluar las propiedades mecánicas del suelo, teniéndose que:

3.2.1. *Discusión 1*

Las muestras fueron obtenidas mediante ejecución de calicatas en el caserío Huanabal dentro del dpto. de Lambayeque a la profundidad de 1.50m

En la tabla 58 se resumen las propiedades físicas resultantes del suelo en estudio correspondiente a una arena limosa.

Tabla 58: *Resumen de propiedades físicas*

Resumen de propiedades físicas			
Clasificación de suelo (SUCS)	Clasificación de suelo (AASHTO)	Contenido de humedad	Índice de plasticidad
SM	A-2-4 (0)	8.32%	2.48%

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Discusión 2

Ante la problemática de carreteras en condiciones deplorables, se optó por la utilización de agentes estabilizadores como emulsión asfáltica y tereftalato de polietileno, para reducir el impacto ambiental, mejorando así la calidad de vida de las personas.

Tabla 59: *Aplicación de porcentajes de Emulsión asfáltica y tereftalato de polietileno*

C1	Peso de muestra	Peso de emulsión asfáltica		Peso de Tereftalato de polietileno	
	550,00 g	3%	165g	2%	110g
6%		330g	4%	220g	
9%		495g	6%	330g	
12%		660g	8%	440g	

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 58 se detallan los resultados de Proctor modificado mediante la incorporación de los diferentes porcentajes de emulsión asfáltica fueron de (2%, 4%, 6% y 8%) y de tereftalato de polietileno (3%, 6%, 9% y 12%)

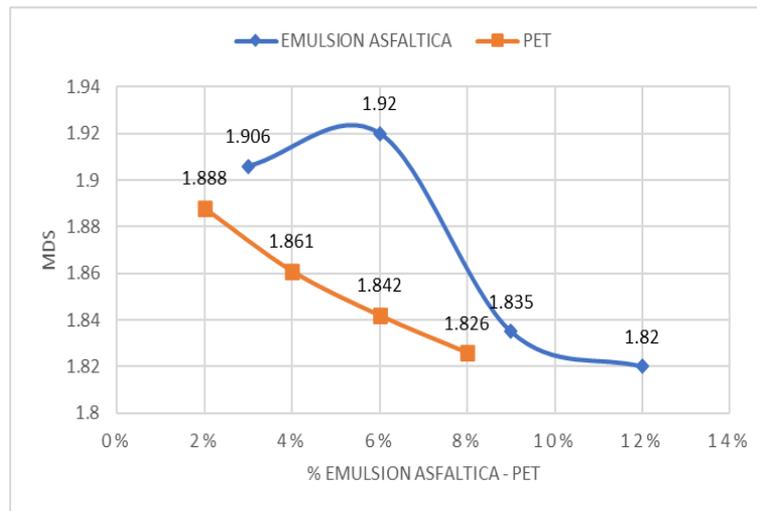


Figura 58: Resultados del ensayo de MDS según porcentajes de emulsión asfáltica y tereftalato de polietileno adicionados a las muestras de SN.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60: Resumen de propiedades mecánicas del suelo

Resumen de ensayos proctor modificado					
Calicata N°01					
Muestra Natural	Emulsión asfáltica	3%	6%	9%	12%
		1.906	1.920	1.835	1.820
1.734	PET	2%	4%	6%	8%
		1.888	1.861	1.842	1.826

Fuente: Elaboración propia

De la figura 59, se observa los resultados de CBR con penetración al 0,1" al 95% y 100% para la calicata C-01 incorporando los porcentajes de PET, al 95% se obtuvieron los valores de CBR, para el 2% se obtuvo 12,2%, para el 4% se obtuvo 11,8%, para el 6% se obtuvo 11,5% y para el 8% se obtuvo 11,0%, también al 100% se obtuvo los siguientes valores de CBR, para el 2% se obtuvo 16,1%, para el 4% se obtuvo 15,8%, para el 6% se obtuvo 15,3% y para el 8% se obtuvo 14,7%.

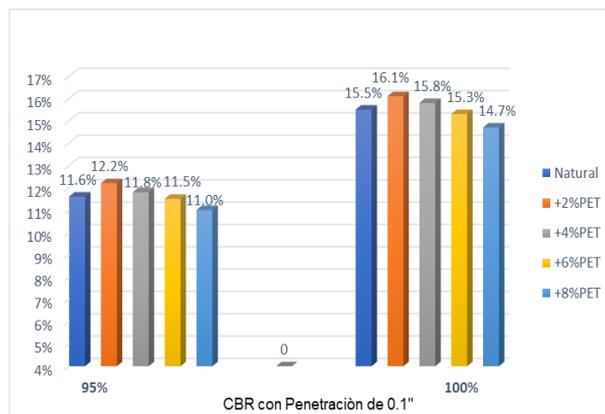


Figura 59: Resultados del ensayo de CBR al 95% y 100% según porcentajes de tereftalato de polietileno adicionados a las muestras de suelo.

Fuente: Elaboración propia

De la figura 69, se observa los resultados de CBR con penetración al 0,1” al 95% y 100% para la calicata C-01 incorporando los porcentajes de emulsión asfáltica, al 95% se obtuvo los siguientes valores de CBR, para el 3% se obtuvo 11,9%, para el 6% se obtuvo 15,6%, para el 9% se obtuvo 12,2% y para el 12% se obtuvo 10,1%, también al 100% se obtuvo los siguientes valores de CBR, para el 3% se obtuvo 17,4%, para el 6% se obtuvo 20,8%, para el 9% se obtuvo 16,4% y para el 12% se obtuvo 13,5%.

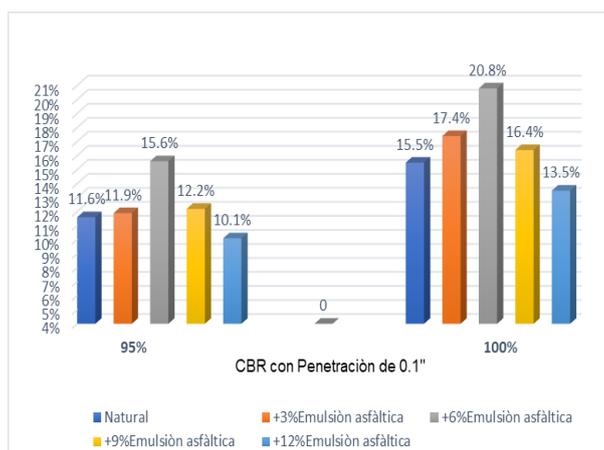


Figura 60: Resultados del ensayo de CBR al 95% y 100% según porcentajes de emulsión asfáltica adicionados a las muestras de suelo

Tabla 61: Resumen de combinación emulsión asfáltica y PET – CBR

Resumen de ensayos CBR					
Calicata N°01					
Muestra Natural		3%	6%	9%	12%
	Emulsión asfáltica	17.4%	20.8%	16.4%	13.5%
19.2%		2%	4%	6%	8%
	PET	16.1%	15.8%	15.3%	14.7%

Fuente: Elaboración propia

3.2.3. Discusión 3

Según el MTC (2014), el valor del índice de CBR determinado para el presente caso de estudio es de 24.60%, el cual se encuentra entre los parámetros correspondientes a una subrasante tipo S4 (subrasante muy buena) cumpliendo de esta manera el parámetro mínimo de CBR igual a 6% para uso en carreteras.

Tabla 62: Resumen de ensayos de CBR para las combinaciones

Valores de CBR y MDS				
Combinaciones de PET + emulsión asfáltica	2% + 3%	2% + 6%	2% + 9%	2% + 12%
CBR	16.6	19.9	17.1	16.5
MDS	1.879	1.867	1.834	1.785

Fuente: Elaboración propia

III. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

Las muestras de suelo la Localidad de Huanabal, lograron obtener como propiedades físicas un contenido de humedad de 8.32%, un IP de 2.48% y su clasificación del suelo fue según SUCS, un suelo de arena limosa (SM) y según AASHTO, un suelo A-2-4 (0). Asimismo, las propiedades mecánicas del suelo de arena limosa en estado natural de la localidad de Huanabal, fueron determinadas mediante el ensayo de Proctor Modificado y CBR, obteniendo así una máxima densidad seca (MDS) de 1.926 g/cm³ y un CBR de 15.5%.

Las muestras de suelo en un 3%, 6%, 9% y 12% de adición de emulsión asfáltica, determinaron en sus propiedades mecánicas que, su máxima densidad seca fue de 1.906 g/cm³, 1.920 g/cm³, 1.835 g/cm³ y 1.820 g/cm³ respectivamente para cada muestra de estudio. Mientras que, en su CBR, se logró obtener fue de 17.4%, 20.8%, 16.4% y 13.5% respectivamente. Asimismo, las muestras de suelo en un 2%, 4%, 6% y 8% de adición de PET, determinaron en sus propiedades mecánicas, su máxima densidad seca de 1.888 g/cm³, 1.861 g/cm³, 1.842 g/cm³ y 1.826 g/cm³ respectivamente para cada muestra de estudio. Mientras que, en su CBR, se logró obtener fue de 16.1%, 15.8%, 15.3% y 14.7% respectivamente.

Las muestras de suelo con una combinación (emulsión asfáltica + PET) en 2% + 3%, 2% + 6%, 2% + 9% y 2% + 12% de adición, determinaron en sus propiedades mecánicas, su MSD de 1.879 g/cm³, 1.867 g/cm³, 1.834 g/cm³ y 1.785 g/cm³ respectivamente para cada muestra de estudio. Mientras que, en su CBR, se logró obtener fue de 16.6%, 19.9%, 17.1% y 16.5% respectivamente. Siendo, la combinación de 2% de PET + 6% de emulsión asfáltica se considera el porcentaje óptimo de incorporación en el tipo de suelo en estudio, ya que mejoró las propiedades mecánicas de la muestra de suelo en estado natural en 28.38%.

4.2. Recomendaciones

Recomendaría realizar ensayos donde determine el tipo de suelo a estabilizar, para tener en cuenta que agentes estabilizantes se deberá utilizar.

El uso de diferentes porcentajes de emulsión asfáltica y tereftalato de polietileno en suelos areno-limosos, para obtener una base de datos que sirvan como influencia en la mejora de sus propiedades mecánicas de este tipo de suelo.

Para próximas investigaciones, se debería tener en cuenta la innovación de aditivos para una estabilización de suelos, podría ser el uso de agentes estabilizantes naturales, como es la ceniza de cascarilla de café, arroz, los cuales podrían mejorar las propiedades de un suelo.

REFERENCIAS

- Abdullah, G., & Al-Abdul Wahhab, H. (4 de Julio de 2019). Stabilisation of soils with emulsified sulphur asphalt for road applications. *Road Materials and Pavement Design*, 20(5), 2. doi:10.1080 / 14680629.2018.1436465
- Abolhassan Naeini, S., Naderinia, B., & Izadi, E. (septiembre de 2012). Resistencia a la comprensión ilimitada de suelos arcillos estabilizados con polímero a base de agua. *Revista KSCE de Ingeniería Civil*, 16(6), 1. doi:10.1007 / s12205-012-1388-9
- Alesmar, L., Rendón, N., & Korody, E. (marzo de 2008). Diseños de mezcla de tereftalato de polietileno (pet) – cemento. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 23(1), 3.
- Apriyanti, Y., Fahriani, F., & Fauzan, H. (octubre de 2019). Use of gypsum waste and tin tailings as stabilization materials for clay to Improve quality of subgrade. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 353(1), 2. doi:10.1088 / 1755-1315 / 353/1/012042
- Aquino Mendoza, M. (2018). *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*. Universidad Privada de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Bañón Blázquez, L., & Beviá García, J. (2000). Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento. *Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento*.
- Becerra Santillán, A., & Herrera Gonzáles, A. (2019). *Estabilización de arcillas, arenas y afirmados, empleando los cementos Pacasmayo vía fuerte, Mochica y Qhuna; Lambayeque 2018*. Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Perú.
- Bonifácio, C., De Nóbrega, M., & Silveira, H. (2011). Análisis granulométrico de un sistema pedológico en el municipio de Tamboara - PR, Brasil: Comparación de dos técnicas para la determinación. *Revista Geográfica de América Central*, 2, 3.
- Bormashenko, E. (26 de mayo de 2020). Emulsions and methods of making emulsions. *Universidad de Ariel*, 10 - 11. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/341787290_Emulsions_and_methods_of_making_emulsions
- Braz de Carvalho, C., Karla da Silva, T., Oliveira Marques, G., Levi Sant'Anna, G., Oliveira da Silva, T., & Cardoso Machado, C. (febrero de 2016). Dosificación de la mezcla bituminosa fría y su estudio sobre los efectos de cargas estáticas y repetidas. *Revista Árbol*, 40(1), 2. doi: <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000100011>

- Cabezas, R., & Cataldo, C. (enero de 2019). Influence of chemical stabilization method and its effective additive concentration (EAC) in non-pavement roads. A study in andesite-based soils. *Ingeniería Cogent*, 6(1), 2. doi:10.1080 / 23311916.2019.1592658
- Camacho Tauta, J., Reyes Ortiz, O., & Méndez Gonzáles, D. (2007). Ensayo de compactación giratoria en suelos como alternativa al ensayo de Compactación Proctor. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 17(2), 7.
- Camilo Guerrero, C., & Cruz Velasco, L. (marzo de 2018). Experimental study of Colombian volcanic ash soil classification in the Colombian southwest with SUCS, AASHTO method and a new classification method. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(2), 3. doi:10.14482/inde.36.2.10377
- Camilo Guerrero, C., & Cruz Velasco, L. (diciembre de 2018). Experimental study of Colombian volcanic ash soil classification in the Colombian southwest with SUCS, AASHTO method and a new classification method. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(2), 4. doi: <http://dx.doi.org/10.14482/inde.36.2.10377>
- Capia Mamani, C. (2020). Estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros Estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros - Caminaca, 2019. *Estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros - Caminaca, 2019*. Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú.
- Carrazana Gómez, R., & Rubio Casanovas, M. (1978). *Técnicas básicas de construcción*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Coreño Alonso, J., & Méndez Bautista, T. (octubre de 2010). Relación estructura-propiedades de polímeros. *Educación Química*, 21(4), 1.
- Coronado Iturbide, J. (2002). Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. Guatemala.
- Coronado Zuloeta, O. (2020). Estabilización de suelos granulares no cohesivos de Lambayeque aplicando bacterias calcificantes. *Revista Científica Institucional TZHOECOEN*, 12(1), 1. doi: <https://orcid.org/0000-0002-7757-4649>
- Cuadros Surichaqui, C. (2017). *Mejoramiento de las propiedades físico - Mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio - 2016*. Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, Perú.
- Cubas Benavides, K., & Falen Chávez Arroyo, J. (2016). *Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas*. Universidad Señor de Sipan, Chiclayo, Perú.
- Cubas Guzman, V., & Quiroz Montenegro, Á. (2018). Influencia de la estabilización con 1.5%, 3.0%, 4.5% y 6.0% de emulsión asfáltica en las propiedades de

- un material afirmado para el diseño de la vía el Pallar - Shalar, la Libertad, 2018. *Influencia de la estabilización con 1.5%, 3.0%, 4.5% y 6.0% de emulsión asfáltica en las propiedades de un material afirmado para el diseño de la vía el Pallar - Shalar, la Libertad, 2018*. Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- Cuipal Chávez, B. (2018). Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con uso de polímero sintético en la carretera Chachapoyas – Huancas, Amazonas, 2018”.
- Dantas Neto, S., Farias Pereira, C., & Aragão Abreu, A. (17 de abril de 2020). Stabilization of sandy soil with high content of asphalt emulsion. *Revista internacional de ingeniería*, 73(2), 1. doi: <https://doi.org/10.1590/0370-44672019730118>
- Fernández Gálvez, H. (2017). *Efecto del aditivo terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes en la zona de expansión de la ciudad de cajamarca*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Galarreta Rodriguez, W., & Llenque Quispe, S. (2019). Influencia de la adición de emulsión asfáltica en la estabilidad de los suelos del Centro Poblado de Villa Hermosa en el distrito La Esperanza. *Influencia de la adición de emulsión asfáltica en la estabilidad de los suelos del Centro Poblado de Villa Hermosa en el distrito La Esperanza*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- García Morales, A. (2015). *Diseño de pavimento asfáltico por el método AASHTO-93 empleando el software DISAASHTO-93*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Gómez Lorenzini, S., & Vidal Arcos, S. (2007). Correlación de Determinación de Humedad de Suelos por Medio de Secado en Horno y en. *Revista de la Construcción*, 6(1), 3.
- Gondim de Sena Neto, P., Fernandes Amorim, E., & Durante Ingunza, M. (25 de noviembre de 2019). Análisis de dosificaciones de hormigón asfáltico del tipo pre mixto frío (PMF) mediante residuos de construcción y demolición de obra (RCD). *Materia*, 24(4), 1. doi: <https://doi.org/10.1590/s1517-707620190004.0854>
- Guardia Romani, J. (2018). *Estabilización de suelos con polímeros*. Universidad de Lima, Lima, Perú. Recuperado el 04 de noviembre de 2020, de http://www.ageecovias.net/files/PLANTILLA_EXPOSICIONES_ULIMA19.pdf
- Guedes Rodrigues, J., de Arimatéia Almeida e Silva, J., Wilma de Carvalho, M., Hilário Cavalcante, E., & Figueirêdo Lopes, L. (2018). Avaliação reológica de ligante modificado com Politereftalato de etileno (PET). *Materia*, 23(1), 2. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620170001.0287>

- Guerrero, C., & Cruz Velasco, L. (2018). Experimental study of Colombian volcanic ash soil classification in the Colombian southwest with SUCS, AASHTO method and a new classification method. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(2), 3. doi: <http://dx.doi.org/10.14482/inde.36.2.10377>
- Gutiérrez Montes, C. A. (2010). Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (BISCHOFITA) frente al cloruro de calcio. *Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (BISCHOFITA) frente al cloruro de calcio*. Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- H. Shubber , K., & Abedulridha Saad, A. (Marzo de 2020). Subgrade stabilization strategies effect on pavement thickness according to AASHTO pavement design method. *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, 737(1), 2. doi:10.1088 / 1757-899X / 737/1/012145
- Hossne, A., & Salazar, J. (2004). Límites de consistencia y sus implicaciones agrícolas en un suelo ultisol de sabana del estado. *Agronomía Costarricense*, 28(1), 4.
- Jiménez Ángulo, M., Gonzáles Escobar, W., & López Cornejo, R. (2007). *Guía básica para el uso de emulsiones asfálticas en la estabilización de bases en caminos de baja intensidad en El Salvador*. Universidad de El Salvador, San Salvador.
- Jiménez, Y., Bastidas, M., & José, C. (2019). Optimización de residuos mineros de carbón para el mejoramiento de suelos viales con algoritmos evolutivos multiobjetivo. *Información tecnológica*, 30(4), 2. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000400249>
- Juliana, I., Fatin, A., Rozaini, R., Masyitah, M., Khairul, A., & Nur Shafieza, A. (2020). Effectiveness of crumb rubber for subgrade soil stabilization. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 3. doi:10.1088/1757-899X/849/1/012029
- Kaneza, N., Yu, X., & Puppala, A. (28 de febrero de 2020). Resilient Modulus of Expansive Soils in North Texas Treated with Liquid Ionic Soil Stabilizer (LISS). *Geotechnical Special Publication*, 1. doi:10.1061 / 9780784482780.059
- Khan, K., Nasir, H., Alam , M., Khan, S., & Ahmad, I. (2020). Performance of subgrade soil blended with cement and ethylene vinyl acetate. *Advances in Civil Engineering*, 1. doi:10.1155/2020/9831615
- Kodicherla, S., & Nandyala, D. (1 de diciembre de 2019). Influence of randomly mixed coir fibres and fly ash on stabilization of clayey subgrade. *International Journal of Geo-Engineering*, 10(1), 1. doi:10.1186 / s40703-019-0099-1

- Labeaga Viteri, A. (2018). *Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones*. Recuperado el 04 de noviembre de 2020, de http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga/Labeaga_Viteri_Aitziber_TFM.pdf
- Lazzari, L., Domingos, E., Silva, L., Kuznetsov, A., Romão, W., & Araujo, J. (27 de Abril de 2020). Mezclas de lignina kraft y tereftalato de polietileno: efecto sobre las propiedades térmicas y mecánicas. *Polímeros*, 29(4), 1. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-1428.06618>
- Leonardi, G., Lo Bosco, D., Palamara, R., & Suraci, F. (1 de Marzo de 2020). Finite element analysis of geogrid-stabilized unpaved roads. *Sustainability*, 12(5), 1. doi:10.3390 / su12051929
- López, C., Thenoux, G., Sandoval, G., Armijos, V., Ramírez, A., Guisado, F., & Moreno, E. (Abril de 2017). Estudio de mezclas asfálticas templadas con emulsión super-estabilizada. *Revista Ingeniería de Construcción*, 32(1), 1. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732017000100006>
- Manual de carreteras - EG 2013. (2013). Lima, Perú. Recuperado el 03 de Noviembre de 2020, de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4955.pdf
- Melo Machado, L., Hilário Cavalcante, E., Silva Albuquerque, F., & Costa Ventas, A. (Agosto de 2017). Adição de uma associação polimérica a um solo argilo-arenoso com vistas à estabilização química de materiais para pavimentos. *Materia*, 22(3), 2. doi: <https://doi.org/10.1590/s1517-707620170003.0204>
- Mendoza Quispe, C. (2016). *Propuesta de utilización de emulsión asfáltica modificada en el mantenimiento de la carretera: Lucma-09 de octubre, para mejorar la transitabilidad vehicular en el distrito de Lucma, provincia Gran Chimu-La Libertad, 2016*. Universidad Privada de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de ensayo de materiales. Lima, Perú. Recuperado el 06 de noviembre de 2020, de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf
- Mittal, A., & Shukla, S. (28 de septiembre de 2019). Soil subgrade stabilization using non-woven polypropylene geotextile. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 77, 501. doi:10.1007 / 978-981-15-5195-6_39
- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras* (2 ed.). Bogotá, Colombia.
- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogotá, Colombia.
- Montejo Rodolfo, R., Raymundo Juárez, J., & Chávez Ancajima, J. (01 de enero de 2020). MATERIALES ALTERNATIVOS PARA ESTABILIZAR SUELOS: EL USO DE. *Revista Científica Inntitucional TZHOECOEN*, 12(1), 1. doi: <https://doi.org/10.26495/tzh.v12i1.1251>

- MTC. (2013). En M. d. comunicaciones, *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial* (pág. 7). Perú.
- MTC. (2013). Manual de Carreteras. 116. Lima, Perú. Recuperado el 03 de noviembre de 2020, de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf
- Nesterenko Cortes, D. (2018). “*Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú*”. Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Oliveira da Silva, T., Braz de Carvalho, C., Cardoso de Lima, D., Calijuri, M., Cardoso Machado, C., & Moreira de Oliveira, C. (agosto de 2011). Evaluación de la subrasante de carreteras locales con bajo volumen de tráfico mediante pruebas geotécnicas. *Revista Árbol*, 35(4), 2. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000500008>
- Ortega Porta, H. (2017). *Reducción de costos y operación en la estabilización de carreteras no pavimentadas con enzimas terrazyme en el distrito de Amarilis 2016*. Universidad de Huánuco, Huánuco, Perú.
- Palacio León, Ó., Chávez Porras, Á., & Velásquez Castiblanco, Y. (2017). Evaluación y comparación del análisis granulométrico obtenido de agregados naturales y reciclados. *Tecnura*, 21(53), 5. doi: [10.14483/udistrital.jour.tecnura.2017.3.a06](https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2017.3.a06)
- Palomino Soto, J. (2014). *Costos y presupuestos en carreteras de bajo volumen de tránsito con contratos de conservación vial por niveles de servicio*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Pershakov, V., Bieliatynskiy, A., & Akmaldinova, O. (2019). Geosynthetic reinforced interlayers application in road construction. *Avances en Computación y Sistemas Inteligentes*, 1, 110. doi:10.1007 / 978-3-030-57450-5_9
- Pierini, C., Bracho, C., & Gonzáles, G. (agosto de 2006). Formulación de emulsiones asfálticas con derivados de lignina y su comportamiento con mezclas de materiales pétreos. *Revista técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 29(2), 2.
- Pradena, M., Novoa, E., & Mery, J. (diciembre de 2010). Estabilización y mantenimiento de caminos no pavimentados sometidos a condiciones de hielo-nieve en zona de montaña. *Revista de la Construcción*, 9(2), 2. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2010000200010>
- Pradena, M., Mery, J., & Novoa, E. (diciembre de 2010). Unpaved roads stabilization and maintenance under ice-snow conditions in mountain areas. *Revista de la Construcción*, 9(2), 2. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2010000200010>
- Quichimbo, P., Guamán, J., Aguirre de Juana, Á., & Benito Cajamarca, M. (2016). Evaluación del contenido de humedad del suelo por gravimetría y

reflectometría. *Ecuador es Calidad: Revista Científica Ecuatoriana*, 4(1), 2. doi: <https://doi.org/10.36331/revista.v4i1.25>

- Quispe Serrano, E., & Sañac Vilca, M. (2019). Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de subrasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018. *Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de subrasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES, Abancay, Perú.
- Ravindran, S., Kumar, A., Dutta, S., Nadaf, M., Mandal, J., & Shin, E. (1 de noviembre de 2019). Unpaved road stabilization using bamboo grid and bitumen coated bamboo cells. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 56(5), 1. doi:10.1007 / s11204-019-09613-7
- Reyes Ortiz, O., Álvarez, A., & Valdés Vidal, G. (2014). Evaluación mecánica de mezclas asfálticas frías fabricadas con reemplazo de llenante mineral. *Revista Ingeniería y Ciencia*, 25(2), 2. doi:10.4067/S0718-07642014000200011
- Reyes Ortiz, O., E. Álvarez, A., & A. Valdés, V. (2014). Evaluación mecánica de mezclas asfálticas frías fabricadas con reemplazo de llenante mineral. *Información tecnológica*, 25(2), 2. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642014000200011>
- Rivera Mena, W., & Sandoval Vallejo, E. (2019). Correlación del CBR con la resistencia a la compresión confinada. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 29(1), 2. doi: <https://doi.org/10.18359/rcin.3478>
- Rivera, J., Aguirre Camacho, A., Mejía de Gutiérrez, R., & Orobio, A. (10 de junio de 2020). Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente. *Informador Técnico*, 84(2), 2. doi: <https://doi.org/10.23850/22565035.2530>
- Rivera, J., Orobio, A., Mejía De Gutiérrez, R., & Cristelo, N. (enero de 2020). Clayey soil stabilization using alkali-activated cementitious materials. *Materiales de Construcción*, 70(337), 2. doi:10.3989 / mc.2020.07519
- Rodríguez Talavera, R., Castaño Meneses, V., & Martínez Madrid, M. (2001). Emulsiones Asfálticas. México.
- Rodríguez Talavera, T., Castano Meneses, V., & Martínez Madrid, M. (2001). Documento técnico de emulsiones asfálticas. *Instituto Mexicano del Transporte*, 29.
- Rodríguez, M., Thenoux, G., & González, Á. (2016). Determinación probabilística del tiempo de servicio de estructuras de pavimentos. *Ingeniería de Construcción*, 31(2), 2.

- Sabrin, S., Siddiqua, S., & Muhammad, N. (diciembre de 2019). Understanding the effect of heat treatment on subgrade soil stabilized with bentonite and magnesium alkalization. *Scientific Reports*, 21, 1. doi: 10.1016/j.trgeo.2019.100287
- Sandoval Vallejo, E. A., & Rivera Mena, W. (2019). Correlación del CBR con la resistencia a la compresión confinada. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 29(1), 2. doi: <https://doi.org/10.18359/rcin.3478>
- Sérgio Pereira, R., Emmert, F., Pereira Miguel, E., & Gatto, A. (19 de febrero de 2018). Estabilización de suelos con cal para la construcción de caminos forestales. *Ciencia Forestal*, 25(2), 2. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.007715>
- Serment Moreno, S. (septiembre de 2013). Emulsiones asfálticas: Una alternativa verde para los sistemas de caminos. *ResearchGate*, 2. doi:10.13140/RG.2.1.4261.4802
- Serrano Rodríguez, E., & Padilla González, E. (2019). Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por por la adición de materiales poliméricos reciclados. *Ingeniería Solidaria*, 25(1), 10. doi: <https://doi.org/10.16925/2357-6014.2019.01>.
- Silvestre Velasquez , D. (2017). Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de lima-2017. *Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de lima-2017*. Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- Srilatha, N., & Praveen, B. (diciembre de 2018). Stabilization of soil using rice husk ash and fly ash. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 88, 517. doi:10.1007 / 978-981-15-6237-2_43
- Suxe Carrasco, R. (2018). Aplicación de emulsión asfáltica para estabilizar el afirmado de la carretera Bagua Grande - Buena Vista, región Amazonas 2017. *Aplicación de emulsión asfáltica para estabilizar el afirmado de la carretera Bagua Grande - Buena Vista, región Amazonas 2017*. Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú.
- Tiwari, N., Satyam, N., & Patva, J. (junio de 2020). Engineering Characteristics and Performance of Polypropylene Fibre and Silica Fume Treated Expansive Soil Subgrade. *Revista Internacional de Geosintéticos e Ingeniería de Suelos*, 6(2), 2. doi:10.1007 / s40891-020-00199-x
- Toirac Corral, J. (2012). Caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la República Dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón. *Ciencia y Sociedad*, 37(3), 2.
- Urcia García, F. (2017). *Estabilización del suelo con la aplicación de Cemento portland tipo I para la mejora de la carretera a nivel de afirmado en el tramo:*

Izcuchaca – Quichuas. Región Huancavelica, 2017. Universidad César Vallejo, Lima, Perú.

- Vijayakumar, A., Naveen Kumar, S., & Abhinayasai Tejareddy, P. (Julio de 2019). Utilization of Waste Materials for the Strengthening of Pavement Subgrade- A Research. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, 8(9), 1. doi: 10.35940/ijitee. I1041.0789S219
- Vijayan, D., & Parthiban, D. (2020). Effect of Solid waste based stabilizing material for strengthening of. *Environmental Technology & Innovation*, 2. doi: <https://sci-hub.scihubtw.tw/10.1016/j.eti.2020.101108>
- Villanueva Flores, S. (2017). *Propuesta de estabilización de carreteras de bajo volumen de tránsito en la sierra, sobre los 2000 m.s.n.m, utilizando poliacrilamida aniónica, organosilano y un sulfonato.* Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Yulevitch, G., Danon, M., Krasovitov, B., Fominykh, A., Swet, N., Tsesarsky, M., & tzhak , I. (Octubre de 2019). Evaluation of wind-induced dust-PM emission from unpaved roads varying in silt content by experimental results. *Journal Pre-proof*, 11(2), 2. doi:10.1016 / j.apr.2019.10.010

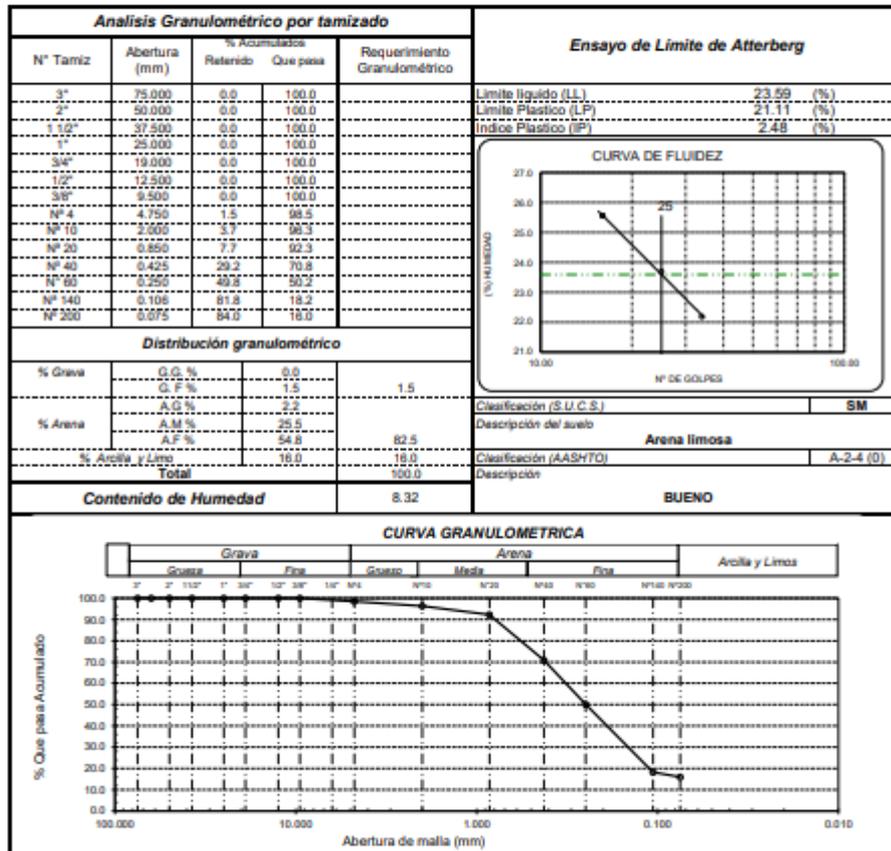
Anexos

Anexo 01: Informes de Laboratorio

Solicitante : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto / Obra : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabai; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C - 1 Muestra: M - 1 Profundidad: 0.30 - 1.10m



Observaciones:
- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el Solicitante.

Figura 61. Análisis granulométrico de calicata C-01.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

Solicitante : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto / Obra : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabai; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

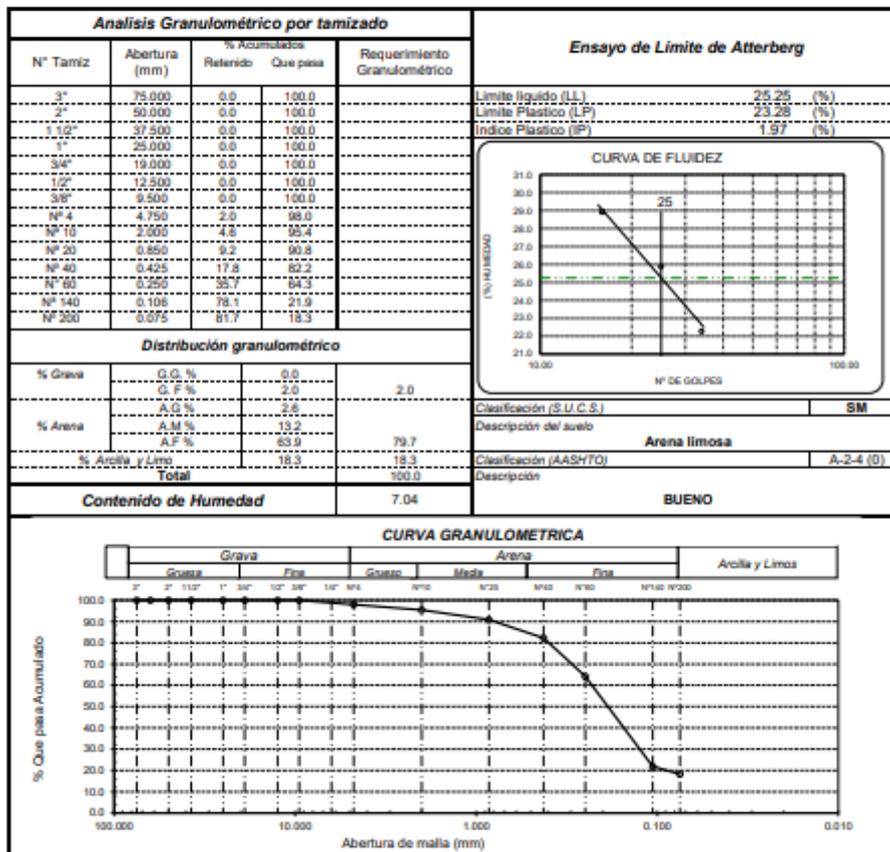
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C - 2

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.30 - 1.10m



Observaciones:

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 62. Análisis granulométrico de calicata C-02.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

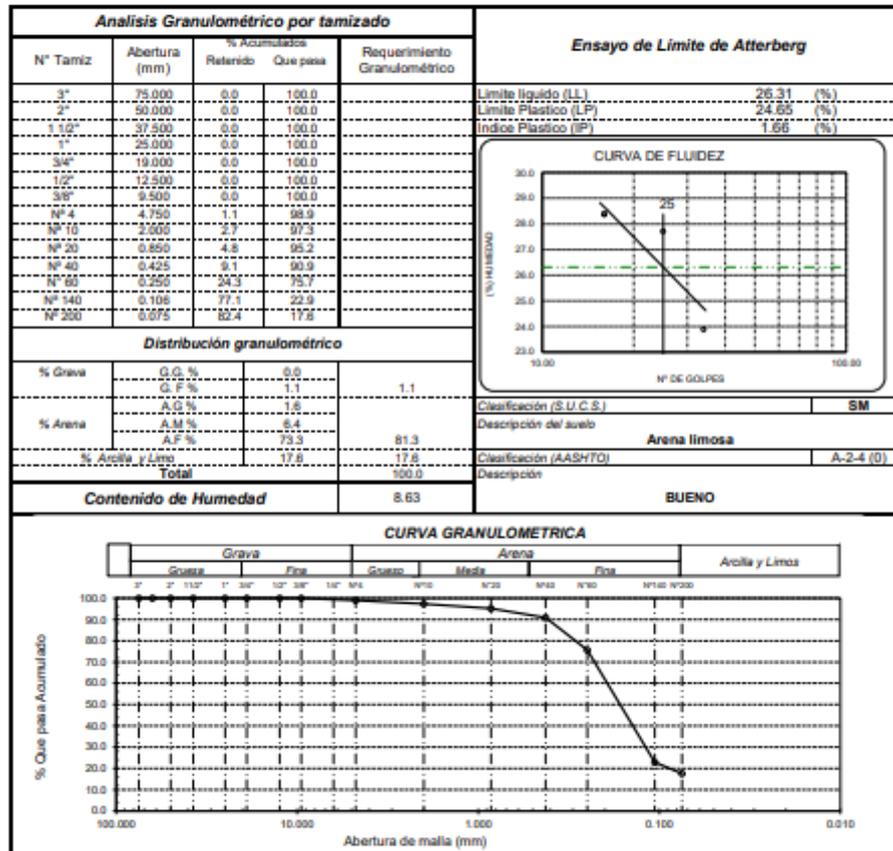
Solicitante : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto / Obra : Testis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabál; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1.a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 399.127: 1998

Calicata: C - 3

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.30 - 1.10m



Observaciones:
- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el Solicitante.

Figura 63. Análisis granulométrico de calicata C-03.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

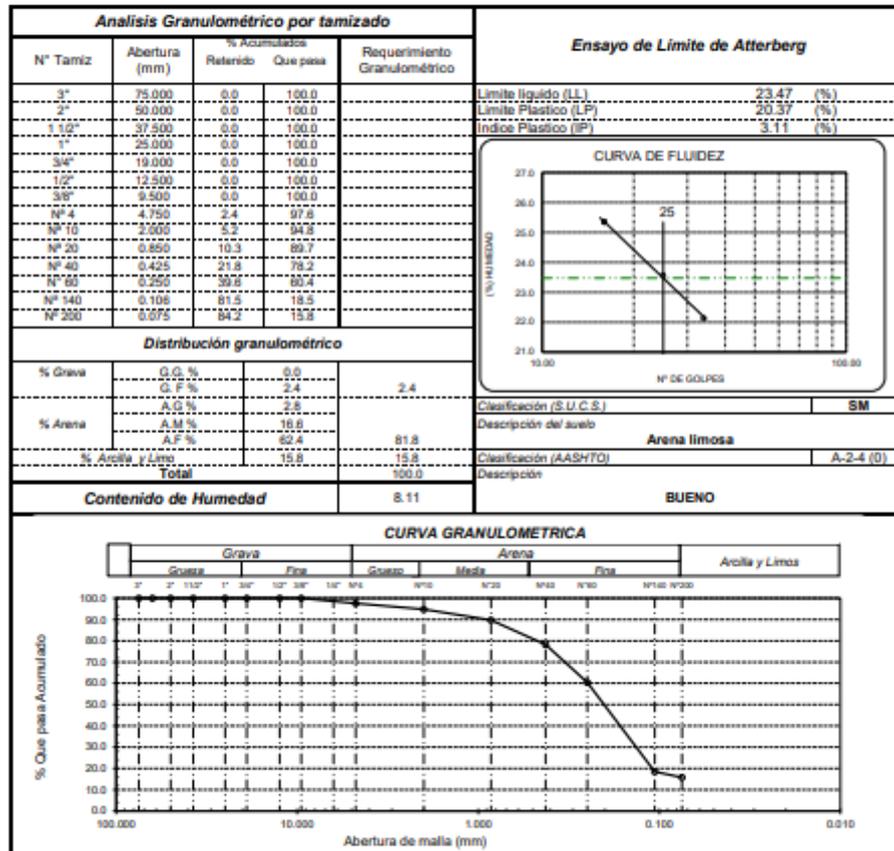
Solicitante : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto / Obra : Tests: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1.a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 399.127: 1998

Calicata: C - 4

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.30 - 1.10m



Observaciones:

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el Solicitante.

Figura 64. Análisis granulométrico de calicata C-04.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

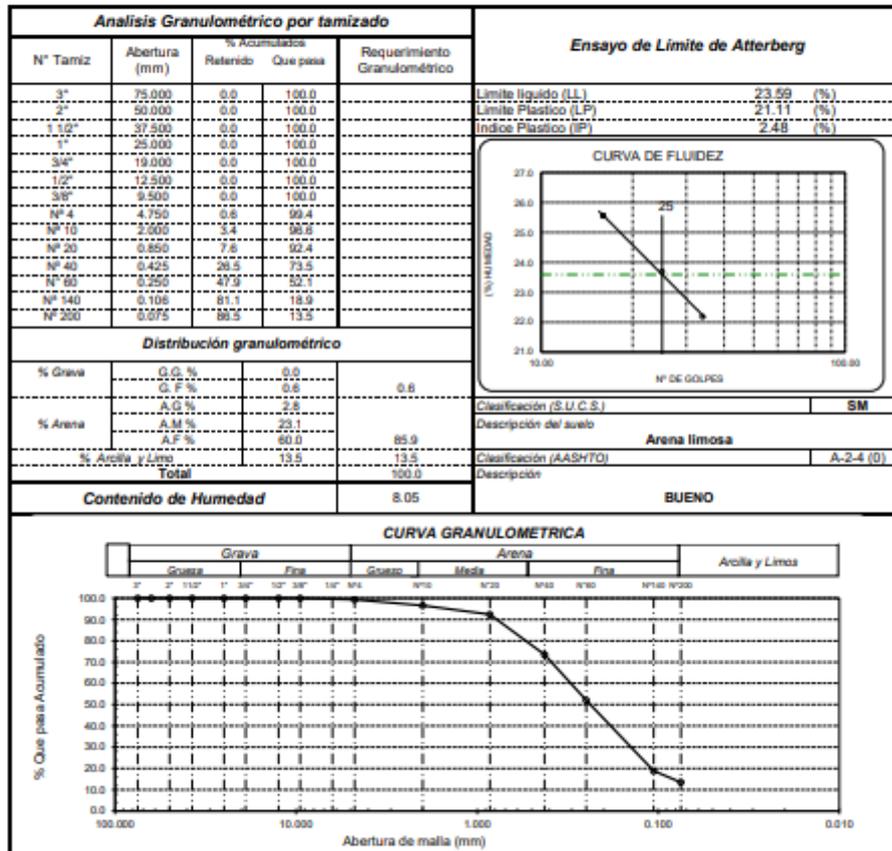
Solicitante : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto / Obra : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabai; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Calicata: C - 5

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.30 - 1.10m



Observaciones:
- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el Solicitante.


WILSON CLAYA AGUILAR
TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS


Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 65. Análisis granulométrico de calicata C-05.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

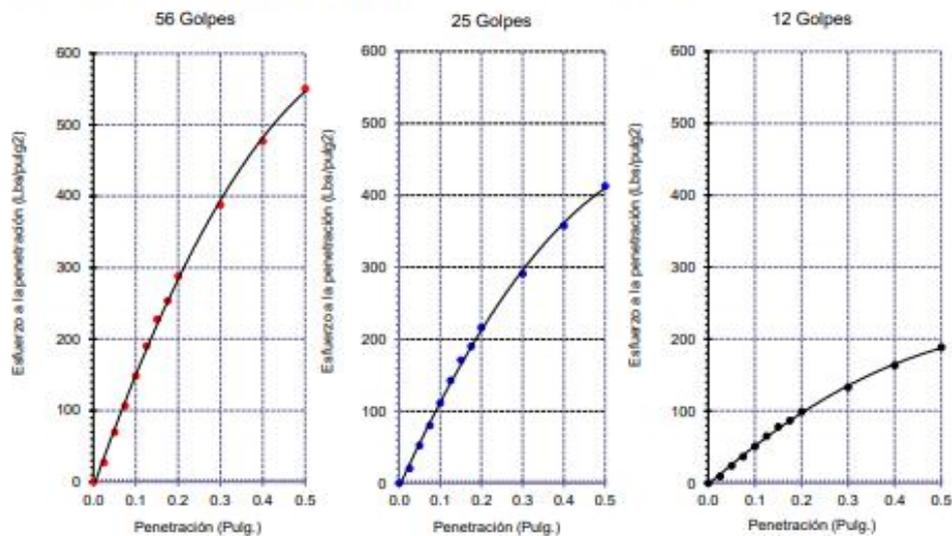
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENGENIERO DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Ángel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 246904

Figura 66. Ensayo de CBR para calicata C-01 (Muestra natural), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

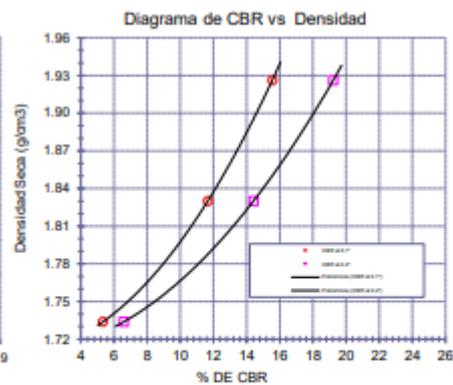
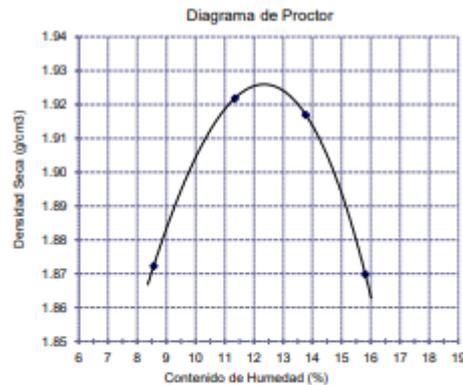
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.926 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	12.34 %

Explicimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	15.6	0.047	1.926	0.1"	100	15.5
02	25	11.7	0.051	1.830	0.1"	95	11.6
03	12	5.3	0.056	1.734	0.2"	100	19.2
					0.2"	95	14.4



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.


LEMS W&C EIRL
 WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


 Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Figura 67. Ensayo de CBR para calicata C-01 (Muestra natural), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

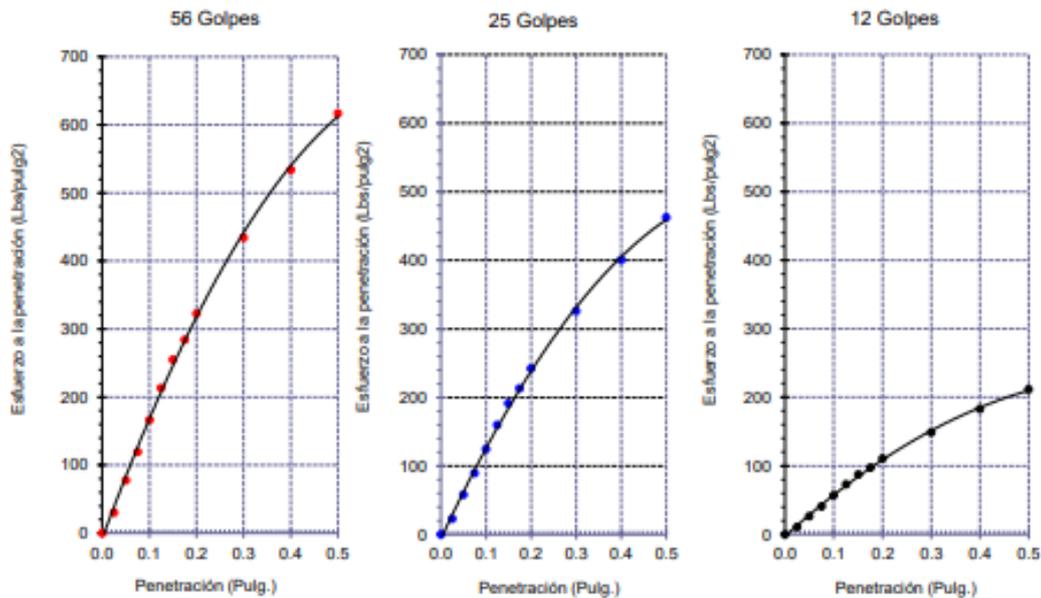
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.


LEMS W&C EIRL
 WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


 Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Figura 68. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+3% de emulsión asfáltica), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: *ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA*
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021
 Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

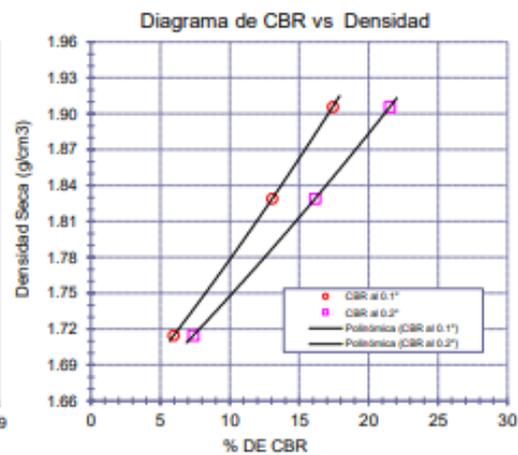
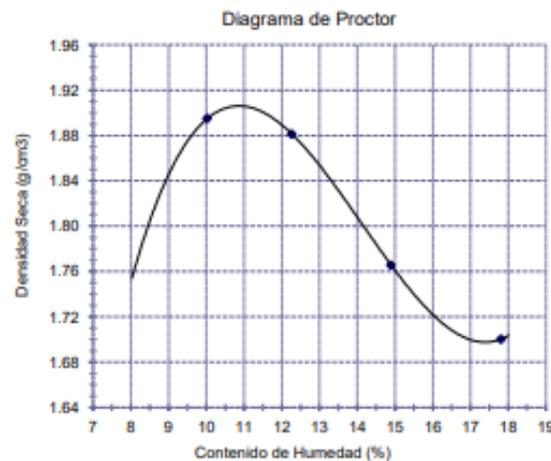
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.906 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	10.83 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	17.4	0.002	1.906	0.1"	100	17.4
02	25	13.1	0.003	1.829	0.1"	95	11.9
03	12	6.0	0.006	1.715	0.2"	100	21.6
					0.2"	95	14.7



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 69. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+3% de emulsión asfáltica), Parte 2.
Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

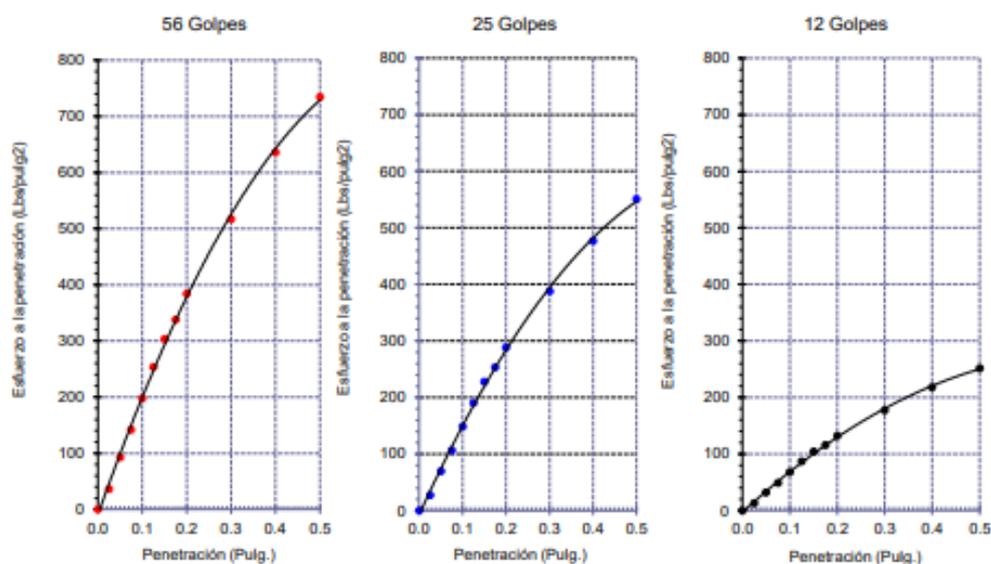
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 70. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de emulsión asfáltica), Parte 1.
Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021
 Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

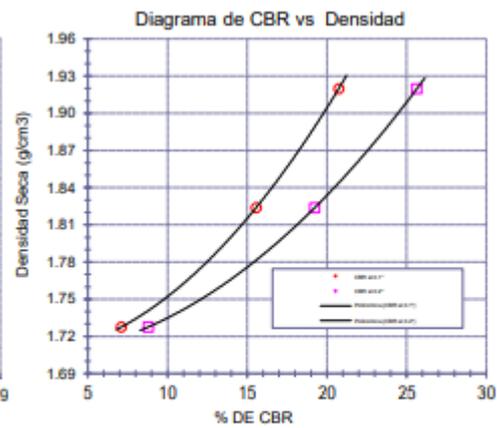
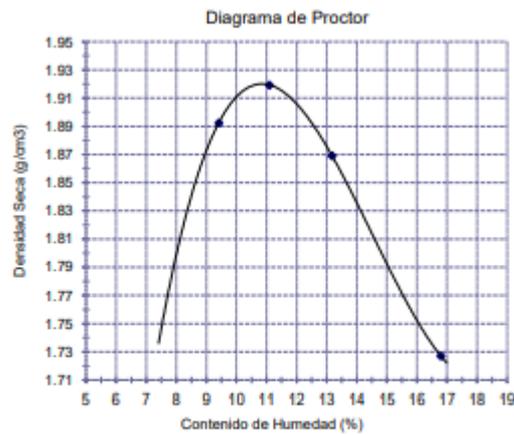
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.920 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	10.85 %

Espímen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	20.7	0.00	1.920	0.1"	100	20.8
02	25	15.6	0.00	1.824	0.1"	95	15.6
03	12	7.1	0.00	1.728	0.2"	100	25.7
					0.2"	95	19.3



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.


LEMS W&C EIRL
 WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS


 Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Figura 71. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de emulsión asfáltica), Parte 2.
 Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

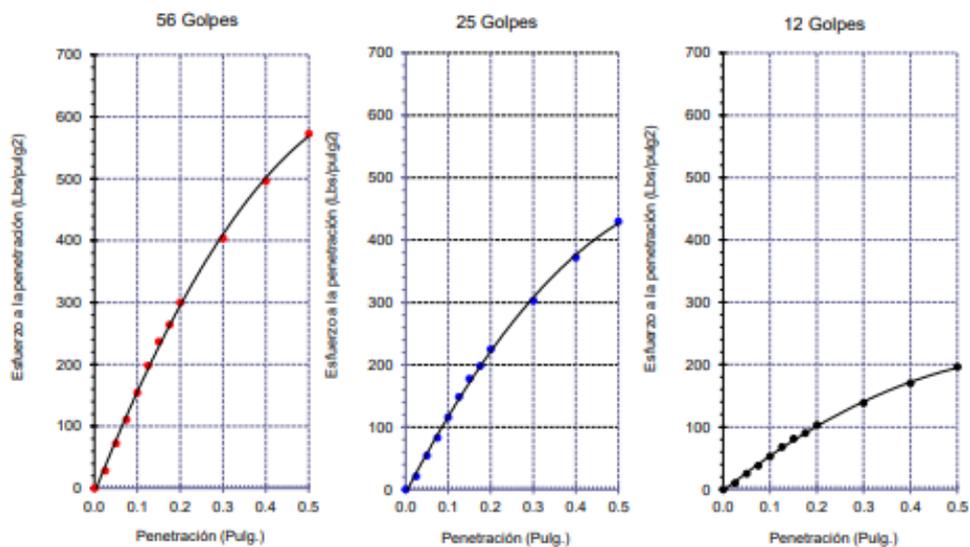
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.55m - 1.00m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.



LEMS W&C EIRL
 WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Figura 72. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+9% de emulsión asfáltica), Parte 1.
 Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFTALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021
 Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

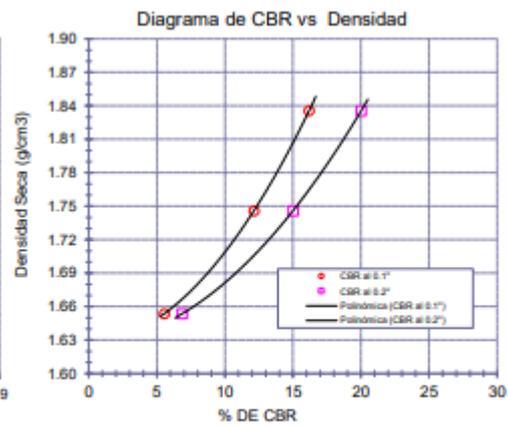
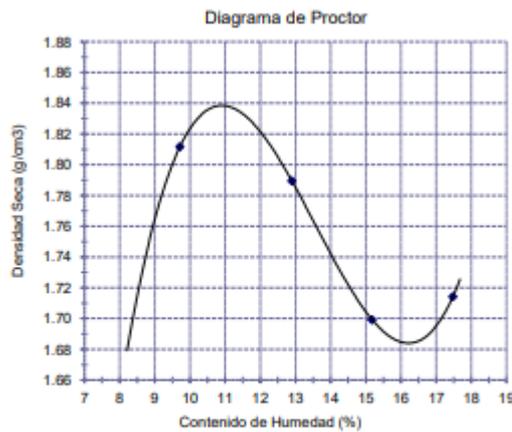
Muestra: M-1

Profundidad: 0.55m - 1.00m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.838 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	10.91 %

Esplícimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulga)	% de MDS	CBR (%)
01	56	16.2	0.00	1.835	0.1"	100	16.4
02	25	12.1	0.00	1.746	0.1"	95	12.2
03	12	5.5	0.00	1.654	0.2"	100	20.2
					0.2"	95	15.1



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante

 **LEMS W&C EIRL**
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

 Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 73. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+9% de emulsión asfáltica), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

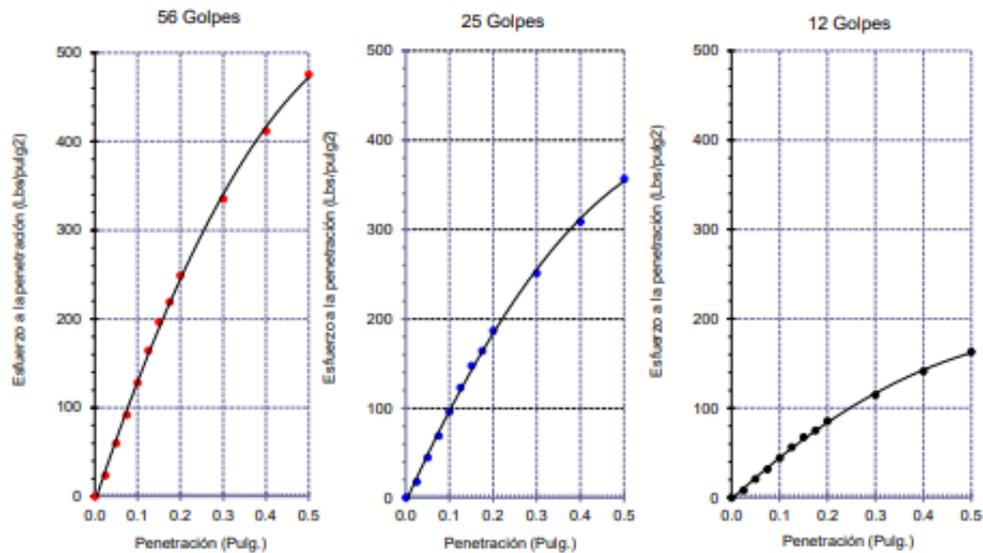
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

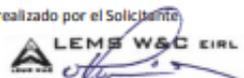
Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 74. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+12% de emulsión asfáltica), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabál; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

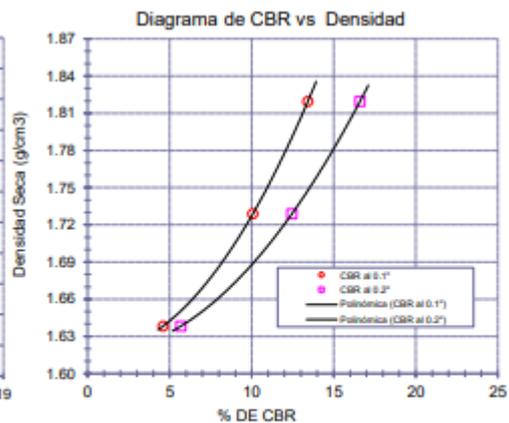
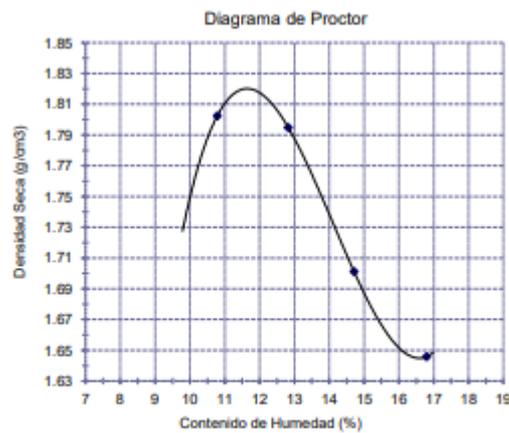
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.820 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	11.67 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (PUIg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	13.4	0.00	1.820	0.1"	100	13.5
02	25	10.1	0.00	1.729	0.1"	95	10.1
03	12	4.6	0.00	1.638	0.2"	100	16.6
					0.2"	95	12.5



OBSERVACIONES :
- Identificación realizado por el Solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 75. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+12% de emulsión asfáltica), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

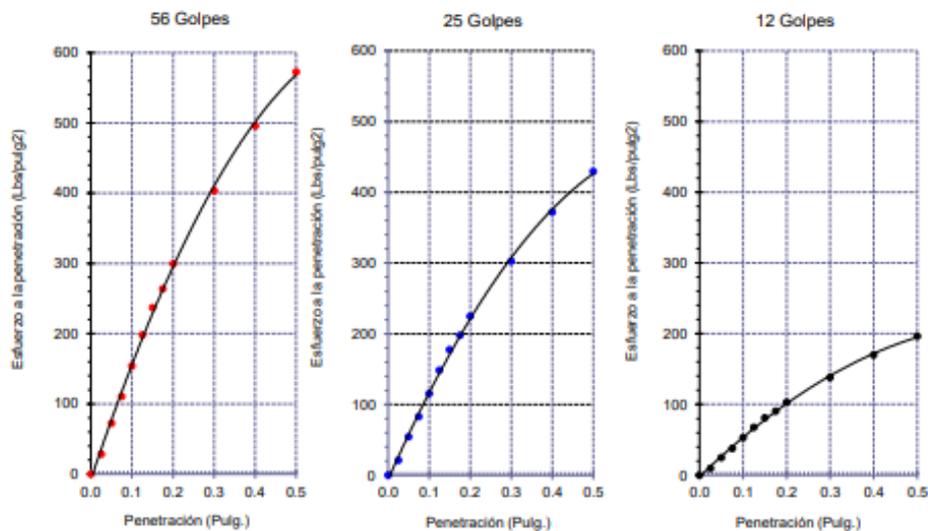
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

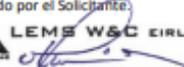
Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.



LEMS W&C EIRL
 WILSON CLAYA AGUILAR
 T.E.C. EN INGENIERÍA DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Figura 76. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+2% de PET), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

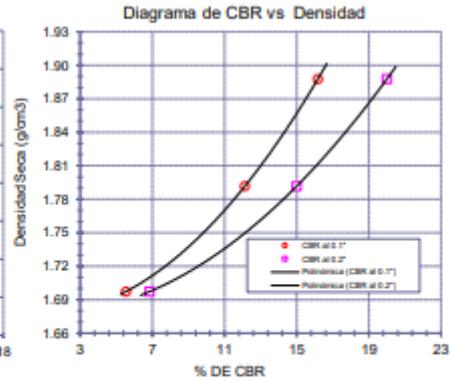
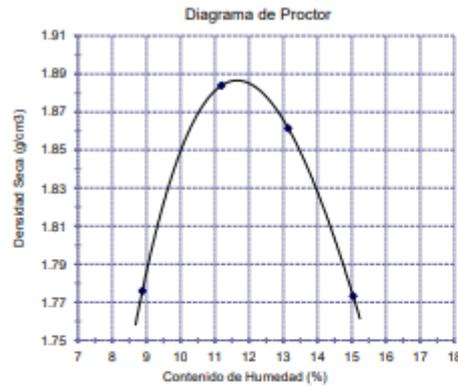
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1 Muestra: M-1 Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.887 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	11.68 %

Expcimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	16.2	0.050	1.888	0.1"	100	16.1
02	25	12.1	0.054	1.792	0.1"	95	12.2
03	12	5.5	0.061	1.697	0.2"	100	19.9
					0.2"	95	15.0



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.


WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS


Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Figura 77. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+2% de PET), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabai; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

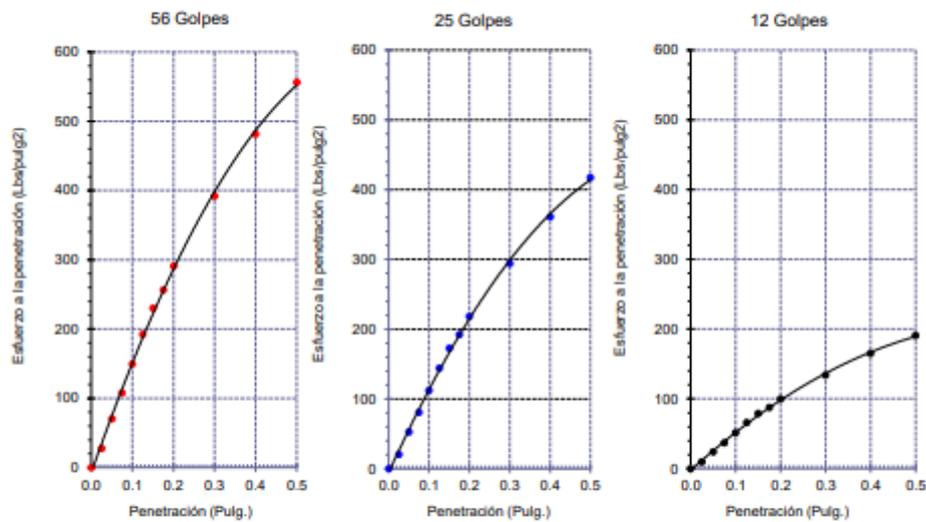
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. EN INGENIERÍA DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 78. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+4% de PET), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021
 Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

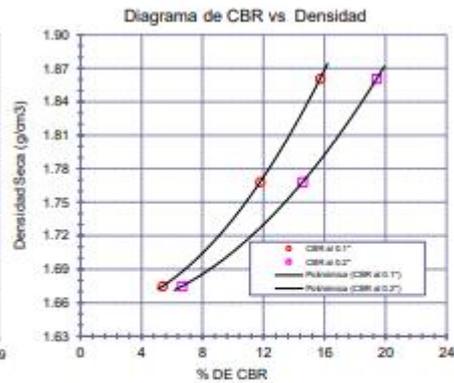
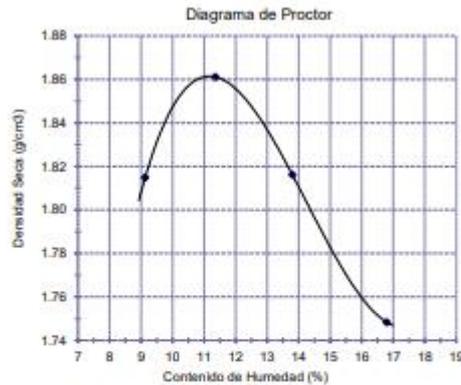
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.861 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	11.13 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pu/g)	% de MDS	CBR (%)
01	56	15.7	0.052	1.861	0.1"	100	15.8
02	25	11.8	0.056	1.768	0.1"	95	11.8
03	12	5.4	0.064	1.675	0.2"	100	19.5
					0.2"	95	14.6



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.


LEMS W&C EIRL
 WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. EN INGENIERÍA DE MATERIALES Y SUELOS


 Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Figura 79. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+4% de PET), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022



INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

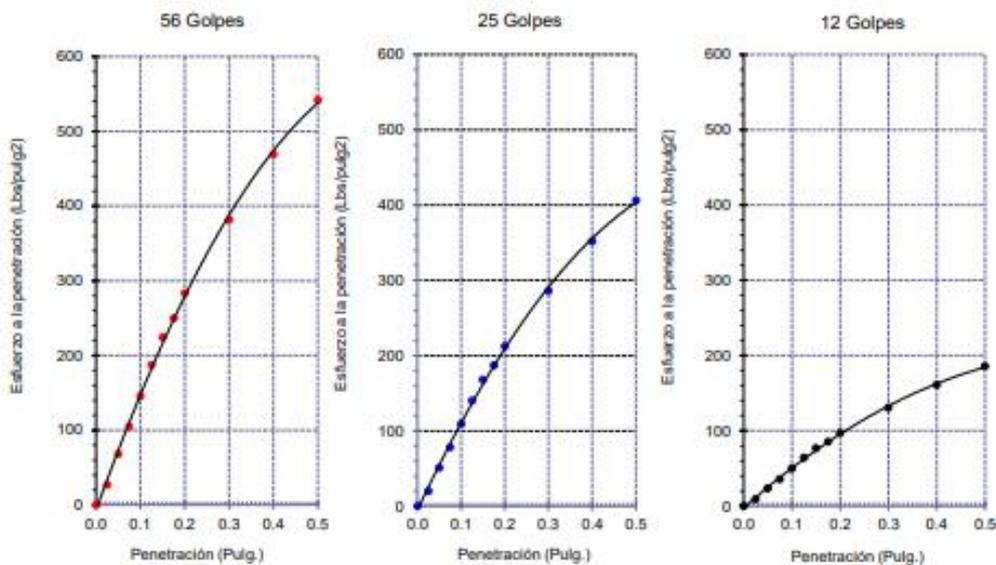
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



Figura 80. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de PET), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFTALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021
 Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

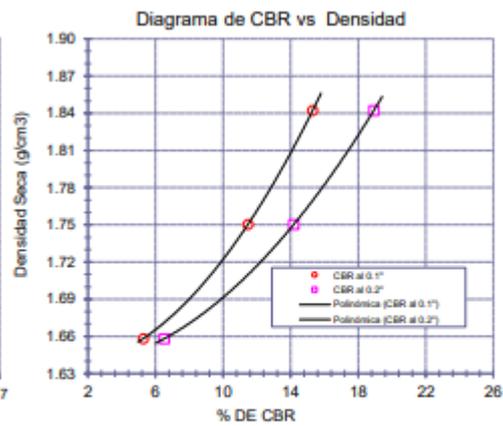
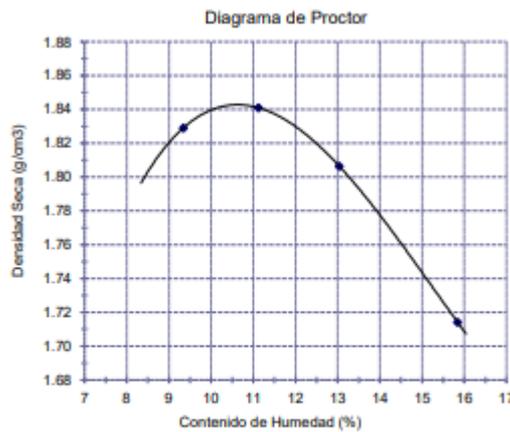
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.843 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	10.62 %

Esplícimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg.)	% de MDS	CBR (%)
01	56	15.3	0.055	1.842	0.1"	100	15.3
02	25	11.5	0.059	1.750	0.1"	95	11.5
03	12	5.3	0.068	1.658	0.2"	100	19.0
					0.2"	95	14.2



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 81. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de PET), Parte 2.
Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFTALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

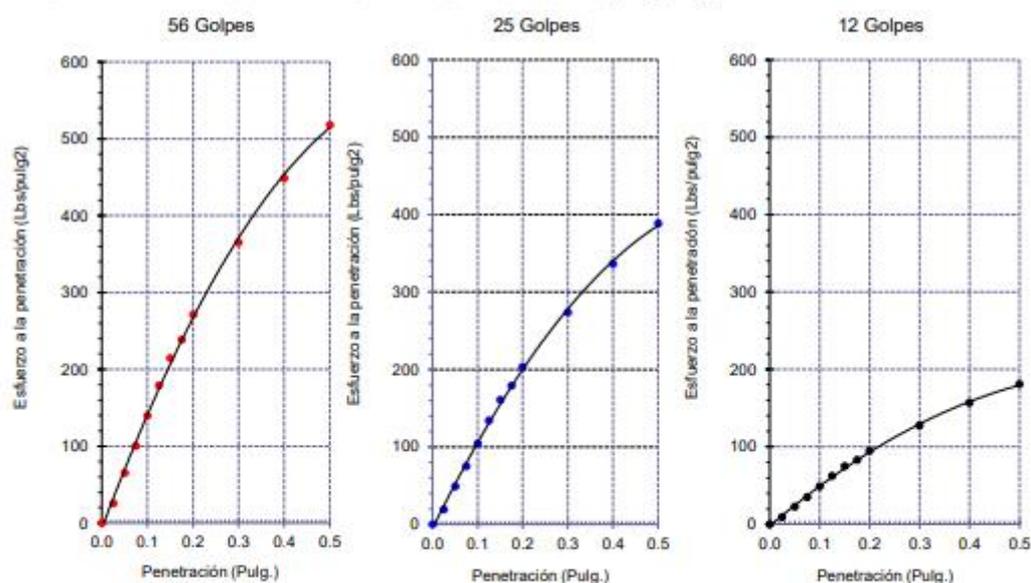
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Figura 82. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+8% de PET), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021
 Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

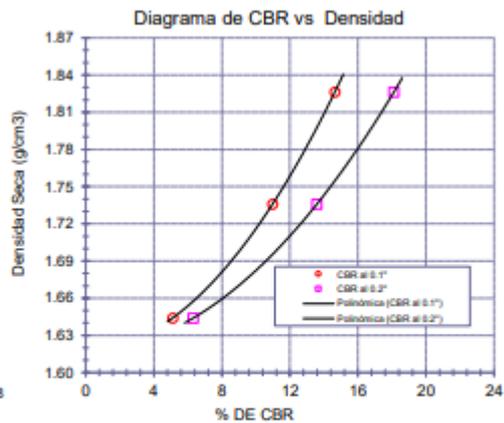
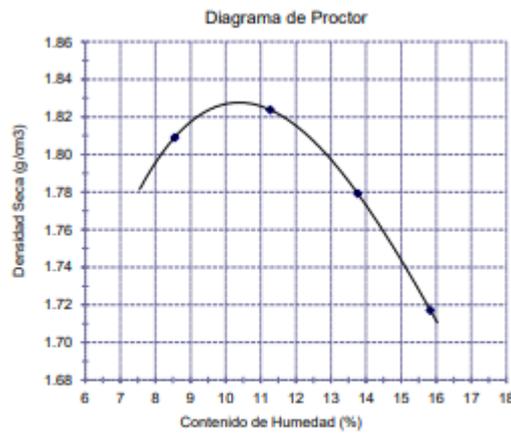
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.828 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	10.35 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	14.6	0.058	1.826	0.1"	100	14.7
02	25	11.0	0.066	1.736	0.1"	95	11.0
03	12	5.1	0.071	1.644	0.2"	100	18.2
					0.2"	95	13.6



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.


LEMS W&C EIRL
 WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


 Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 246904

Figura 83. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+8% de PET), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

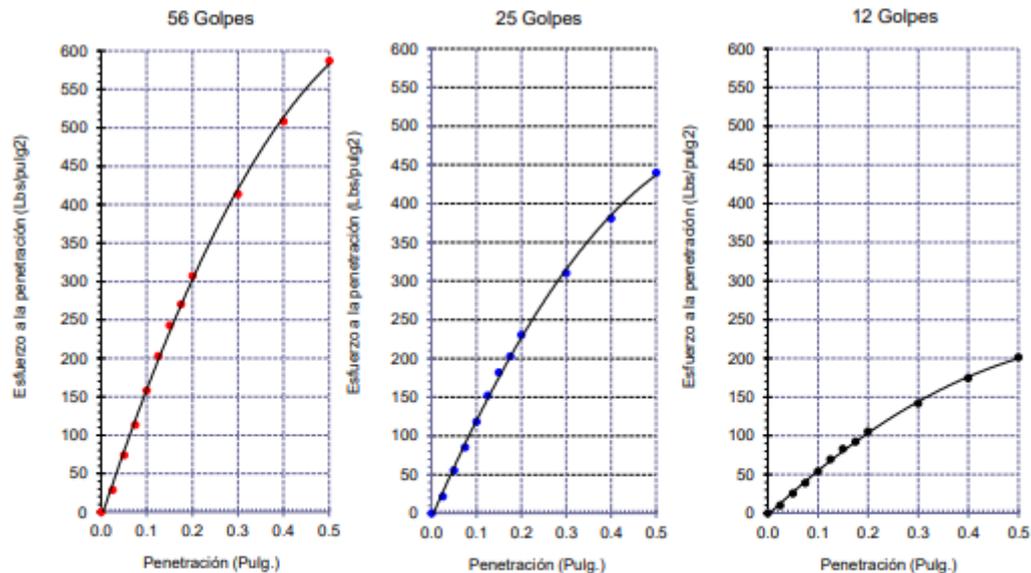
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante



LEMS W&C EIRL
WILSON CLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 84. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+2% de PET +3% de emulsión asfáltica), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabál; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

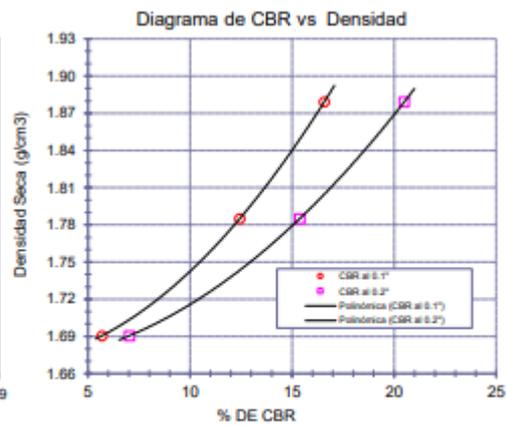
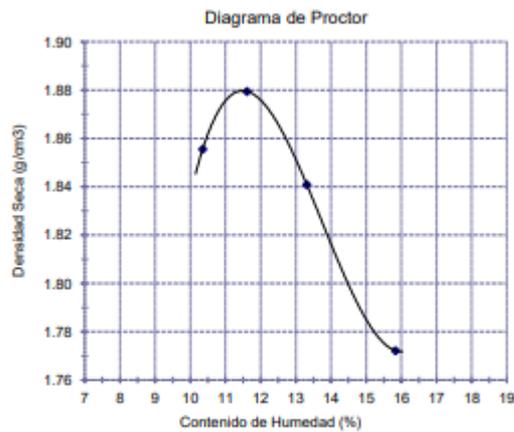
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.880 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	11.47 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pu/g)	% de MDS	CBR (%)
01	56	16.6	0.034	1.879	0.1"	100	16.6
02	25	12.4	0.041	1.785	0.1"	95	12.5
03	12	5.7	0.049	1.691	0.2"	100	20.5
					0.2"	95	15.4



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 85. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+2% de PET +3% de emulsión asfáltica), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

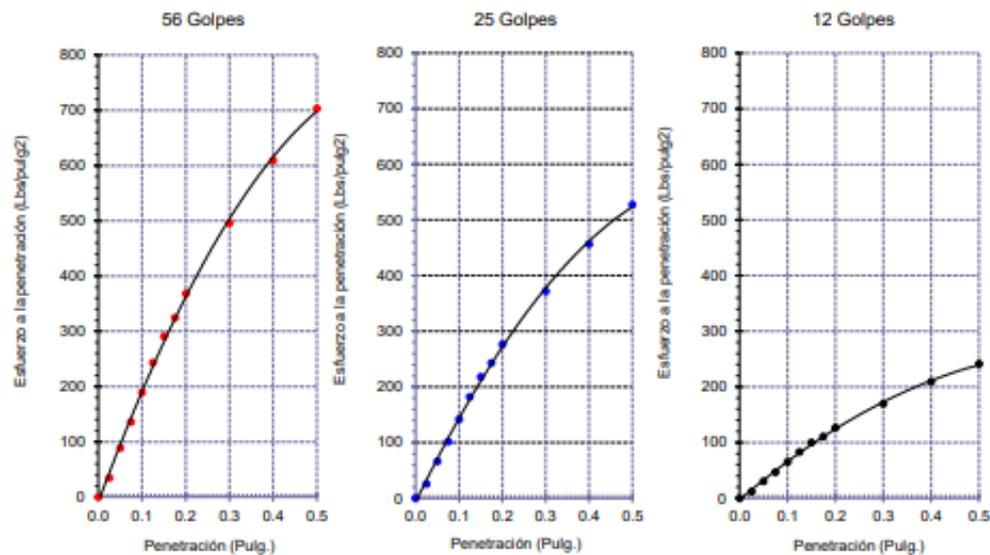
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Figura 86. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+2% de PET +6% de emulsión asfáltica), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021
 Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

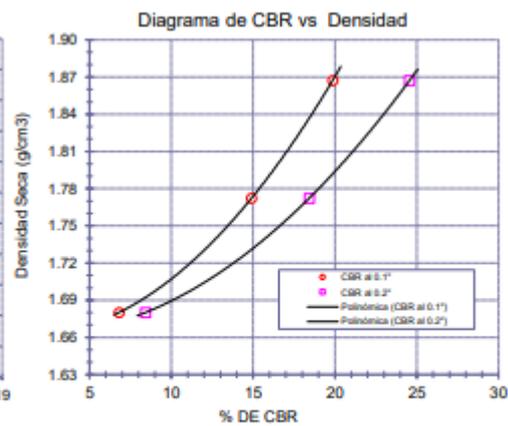
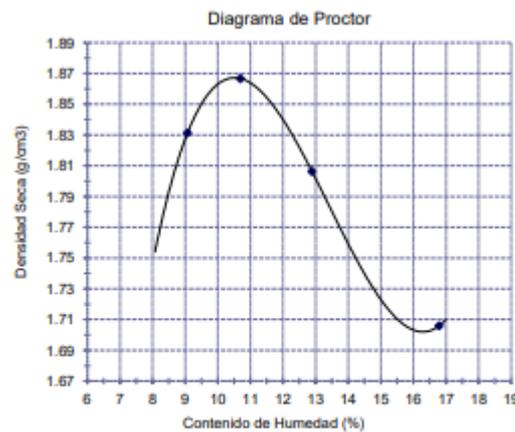
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.867 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	10.47 %

Expcimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	19.9	0.021	1.867	0.1"	100	19.9
02	25	14.9	0.029	1.772	0.1"	95	15.0
03	12	6.8	0.036	1.680	0.2"	100	24.6
					0.2"	95	18.6



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Ángel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 87. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+2% de PET +6% de emulsión asfáltica), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFTALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

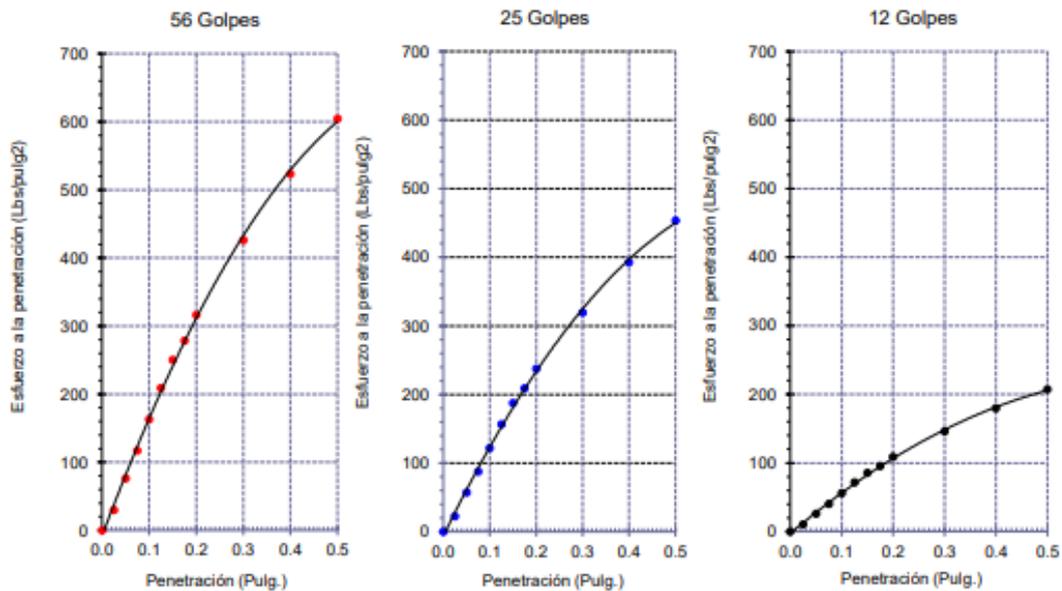
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

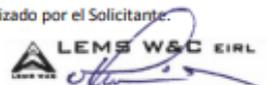
Profundidad: 0.55m - 1.00m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.


LEMS W&C EIRL
 WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


 Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Figura 88. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+2% de PET +9% de emulsión asfáltica), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFTALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

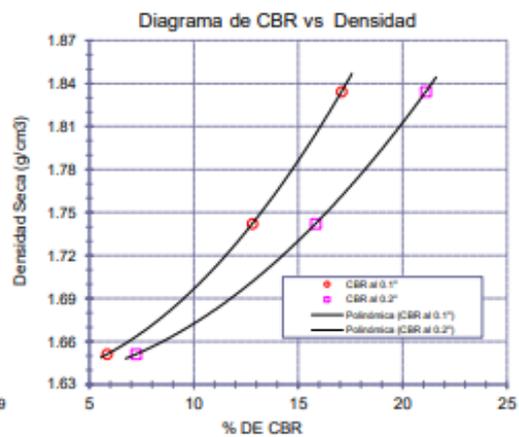
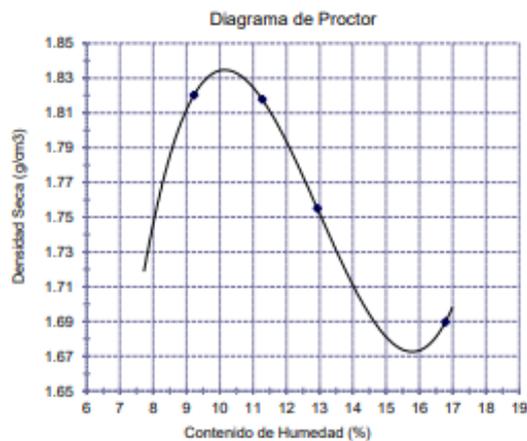
Muestra: M-1

Profundidad: 0.55m - 1.00m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.835 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	10.12 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	17.1	0.016	1.834	0.1"	100	17.1
02	25	12.8	0.020	1.742	0.1"	95	12.9
03	12	5.9	0.027	1.651	0.2"	100	21.1
					0.2"	95	15.9



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.

 **LEMS W&C EIRL**

WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

 
Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Figura 89. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+2% de PET +9% de emulsión asfáltica), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFTALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

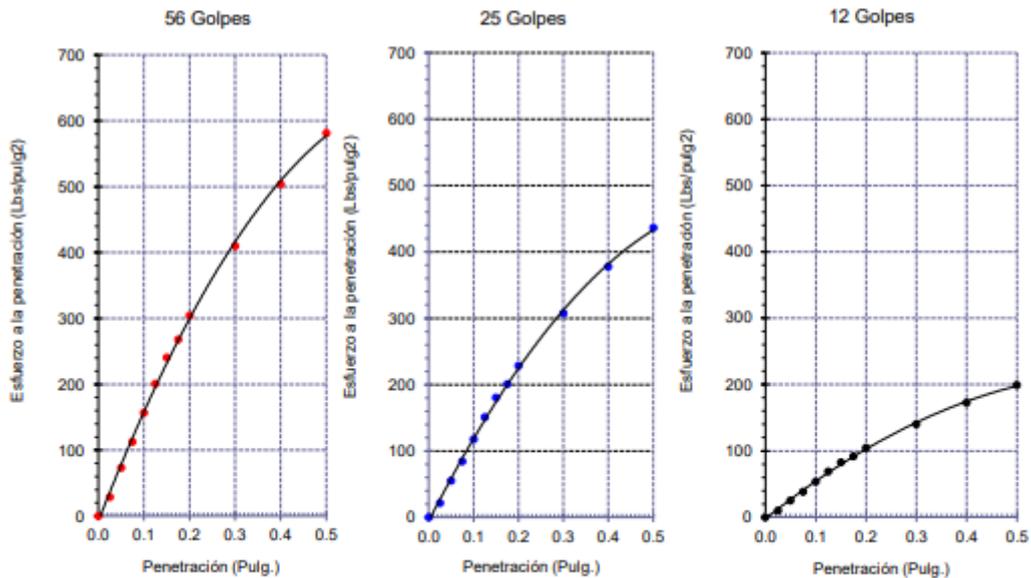
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 90. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+2% de PET +12% de emulsión asfáltica), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

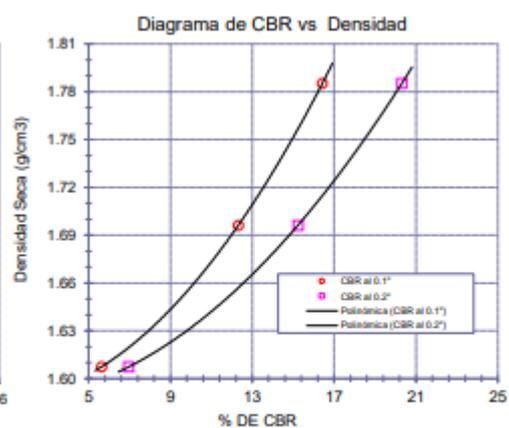
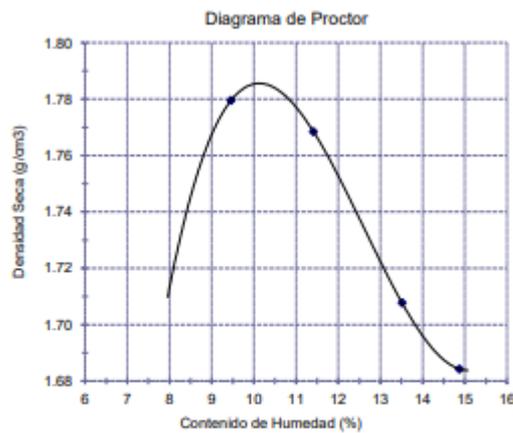
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.786 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	10.16 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	16.4	0.011	1.785	0.1"	100	16.5
02	25	12.3	0.015	1.696	0.1"	95	12.3
03	12	5.6	0.021	1.607	0.2"	100	20.3
					0.2"	95	15.2



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.


LEMS W&C EIRL

WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Figura 91. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+2% de PET +12% de emulsión asfáltica), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

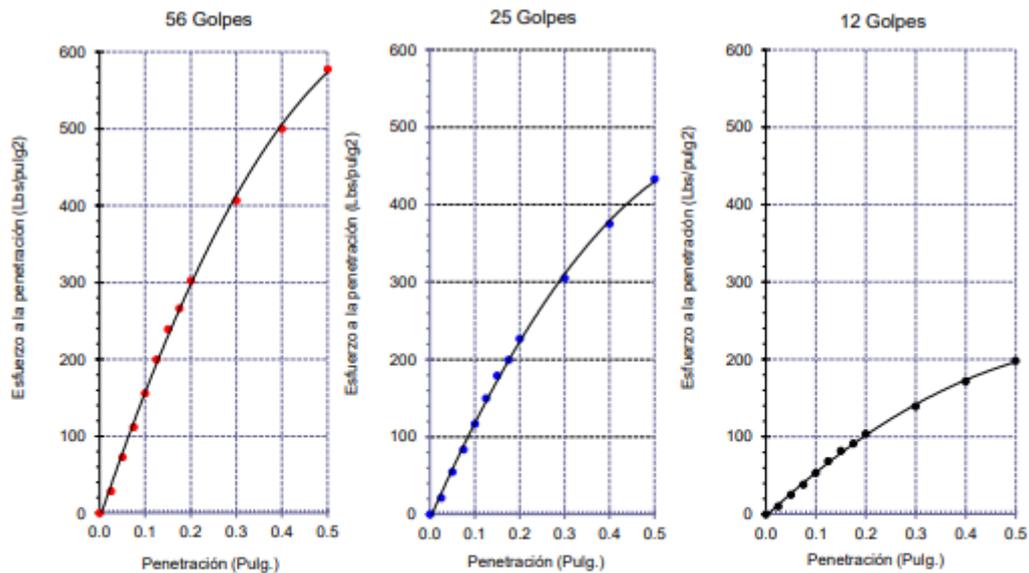
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 92. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+4% de PET +3% de emulsión asfáltica), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

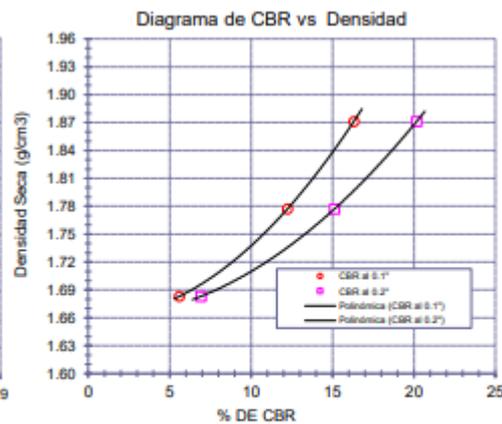
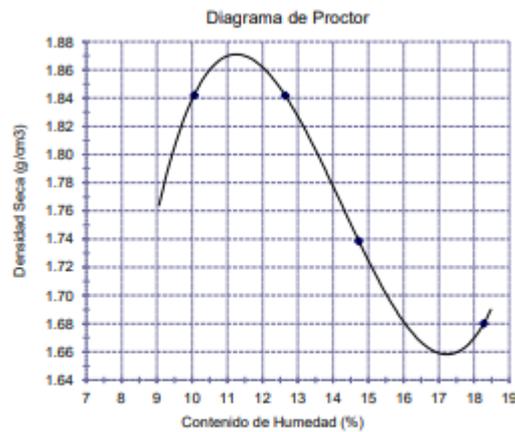
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.871 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	11.26 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Puk)	% de MDS	CBR (%)
01	56	16.3	0.035	1.871	0.1"	100	16.3
02	25	12.2	0.042	1.777	0.1"	95	12.3
03	12	5.6	0.050	1.683	0.2"	100	20.2
					0.2"	95	15.2



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 93. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+4% de PET +3% de emulsión asfáltica), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

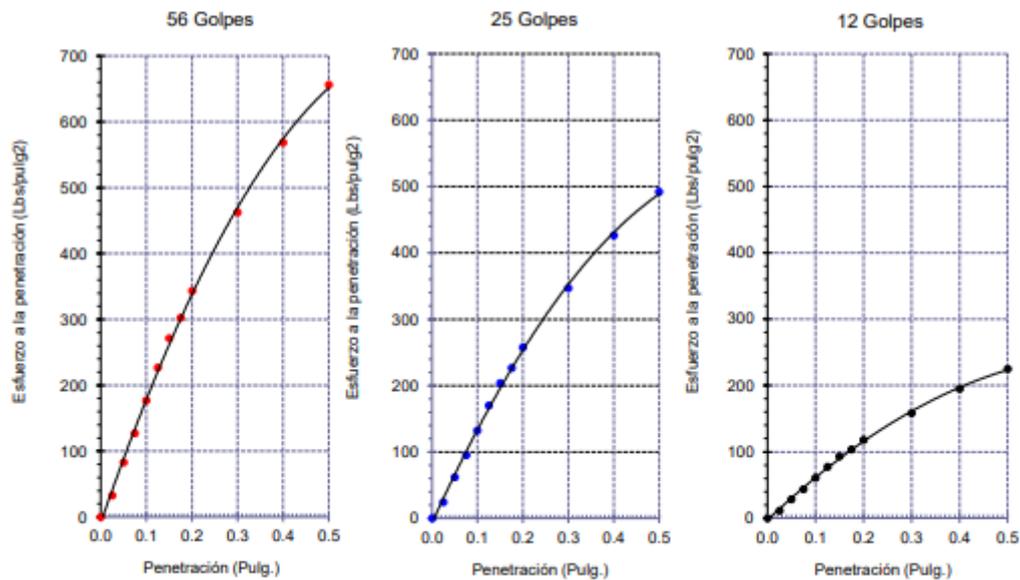
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON CLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 94. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+4% de PET +6% de emulsión asfáltica), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFTALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

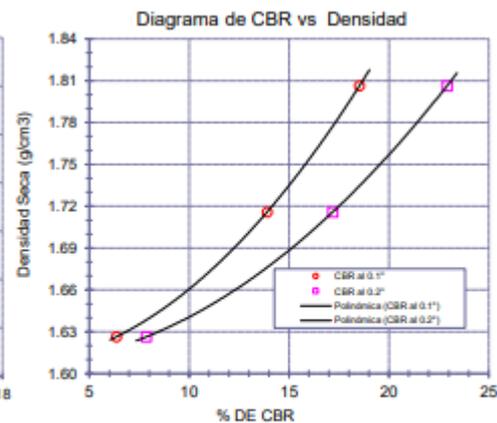
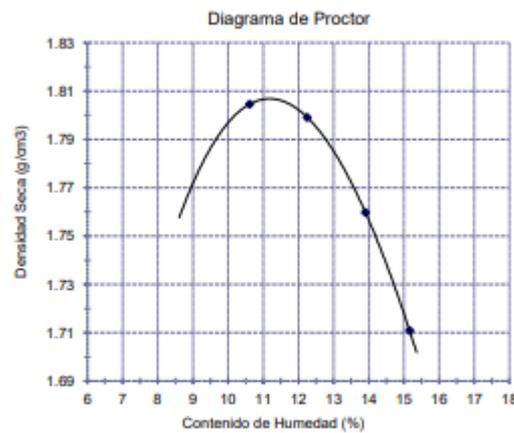
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.807 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	11.15 %

Esplícimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	18.5	0.023	1.806	0.1"	100	18.6
02	25	13.9	0.031	1.716	0.1"	95	14.0
03	12	6.4	0.038	1.626	0.2"	100	23.0
					0.2"	95	17.3



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.


LEMS W&C EIRL
 WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


 Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Figura 95. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+4% de PET +6% de emulsión asfáltica), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabál; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

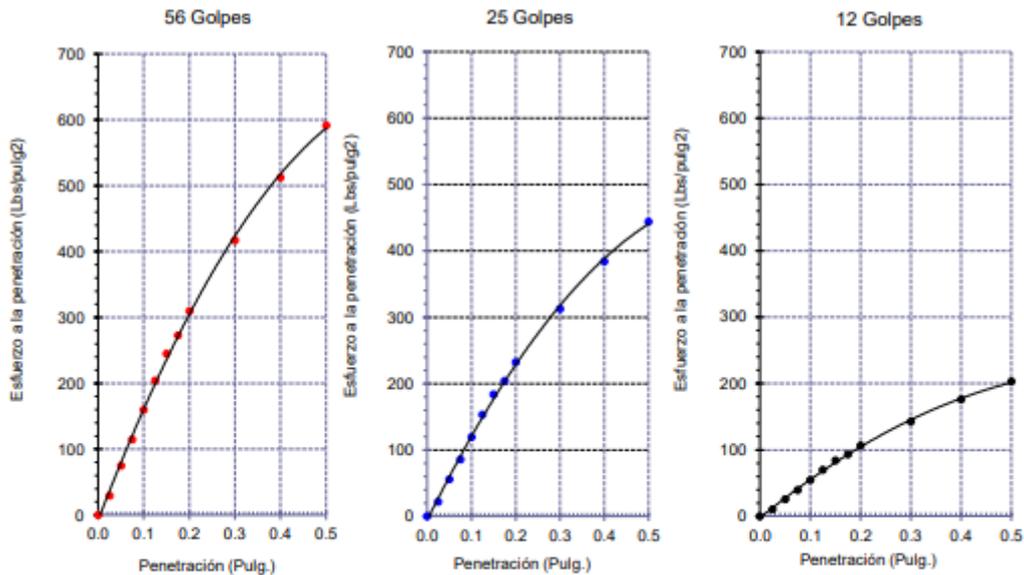
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

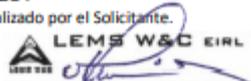
Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.


LEMS W&C EIRL
 WILSON CLAYA AGUILAR
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



 Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Figura 96. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+4% de PET +9% de emulsión asfáltica), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFTALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

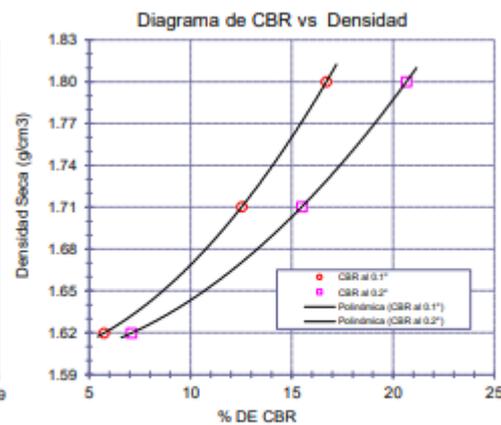
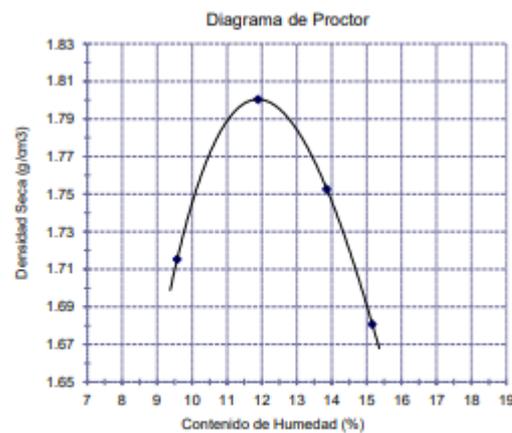
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.800 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	11.88 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	16.7	0.018	1.800	0.1"	100	16.7
02	25	12.5	0.022	1.710	0.1"	95	12.5
03	12	5.7	0.030	1.620	0.2"	100	20.7
					0.2"	95	15.5



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.


LEMS W&C EIRL

WILSON CLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Figura 97. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+4% de PET +9% de emulsión asfáltica), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabál; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

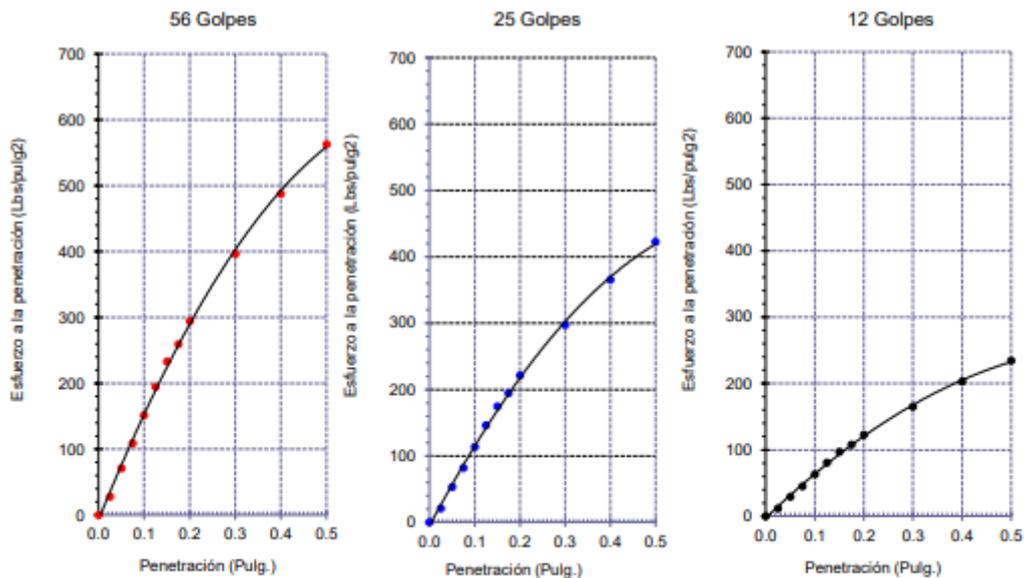
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante:



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 98. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+4% de PET +12% de emulsión asfáltica), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabál; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

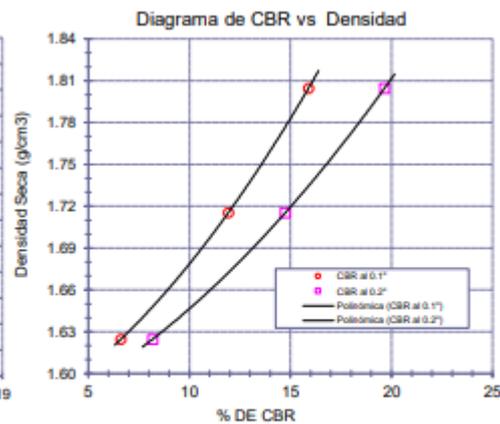
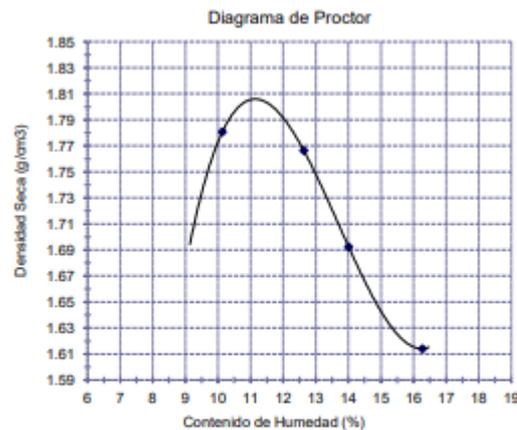
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.806 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	11.18 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	15.9	0.012	1.805	0.1"	100	16.0
02	25	11.9	0.017	1.715	0.1"	95	11.9
03	12	6.6	0.021	1.625	0.2"	100	19.7
					0.2"	95	14.8



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.


LEMS W&C EIRL

WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 246904

Figura 99. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+4% de PET +12% de emulsión asfáltica), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

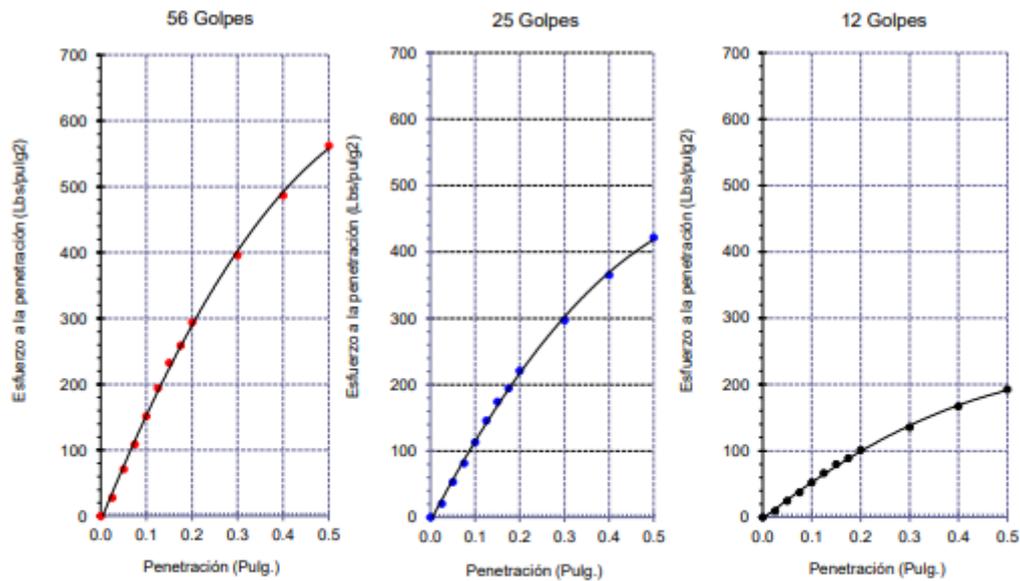
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

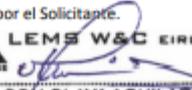
Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 100. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de PET +3% de emulsión asfáltica), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

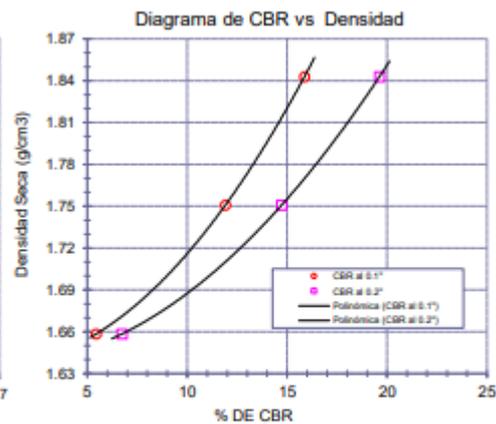
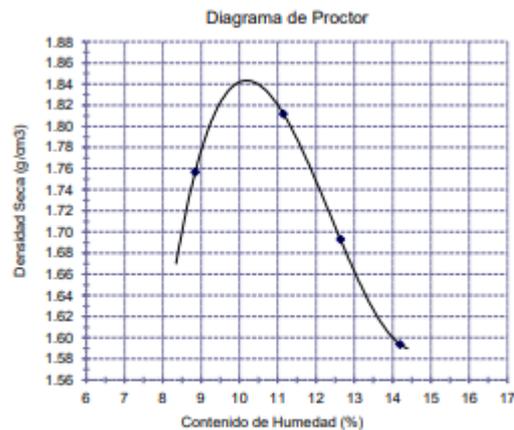
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.843 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	10.18 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	15.9	0.037	1.843	0.1"	100	15.9
02	25	11.9	0.044	1.751	0.1"	95	11.9
03	12	5.4	0.053	1.658	0.2"	100	19.6
					0.2"	95	14.8



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.

 **LEMS W&C EIRL**

WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

 
Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Figura 101. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de PET +3% de emulsión asfáltica), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabál; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

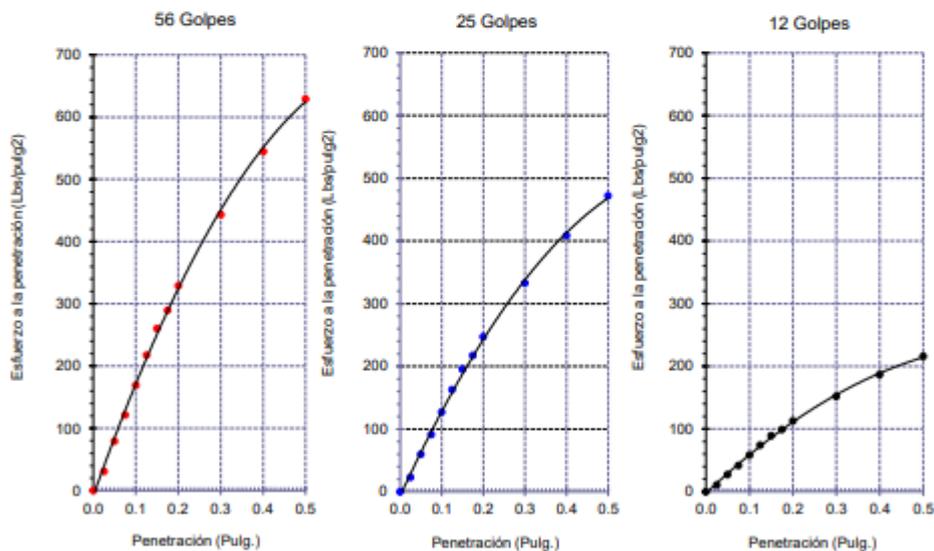
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.55m - 1.00m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 102. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de PET +6% de emulsión asfáltica), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021
 Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

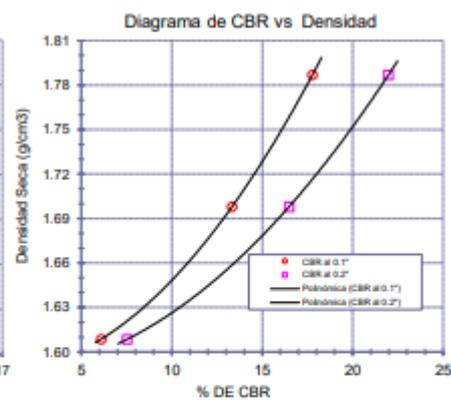
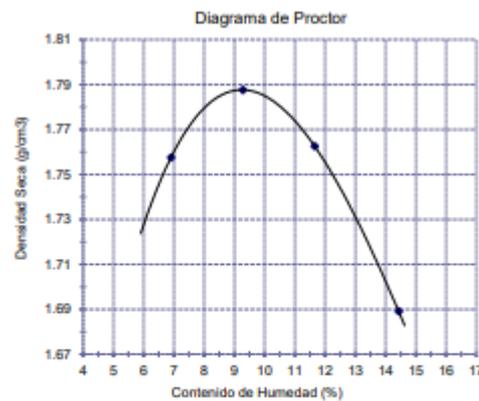
Muestra: M-1

Profundidad: 0.55m - 1.00m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.788 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	9.52 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg.)	% de MOS	CBR (%)
01	56	17.8	0.026	1.787	0.1"	100	17.8
02	25	13.3	0.033	1.698	0.1"	95	13.4
03	12	6.1	0.041	1.609	0.2"	100	22.0
					0.2"	95	16.5



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 103. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de PET +6% de emulsión asfáltica), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

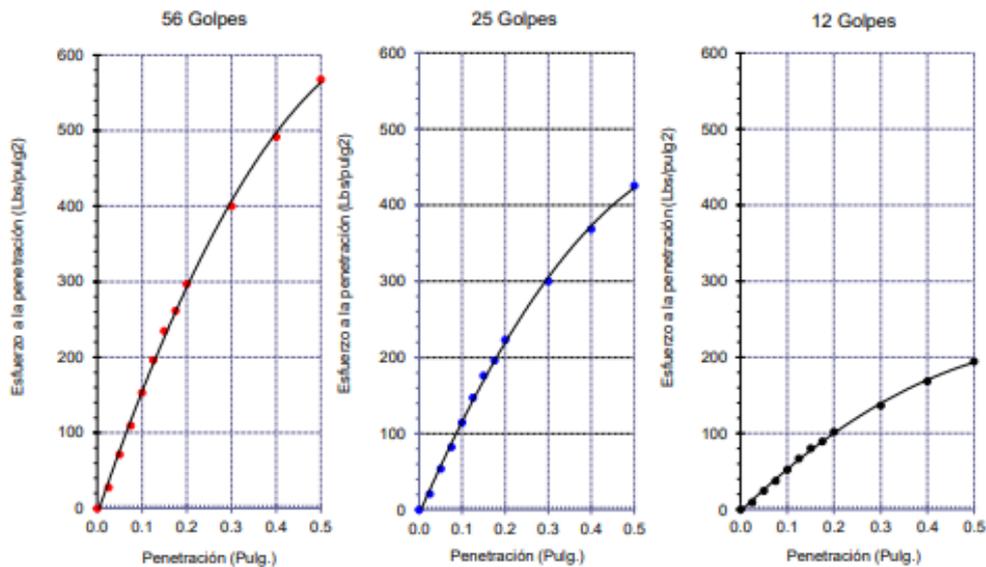
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Figura 104. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de PET +9% de emulsión asfáltica), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

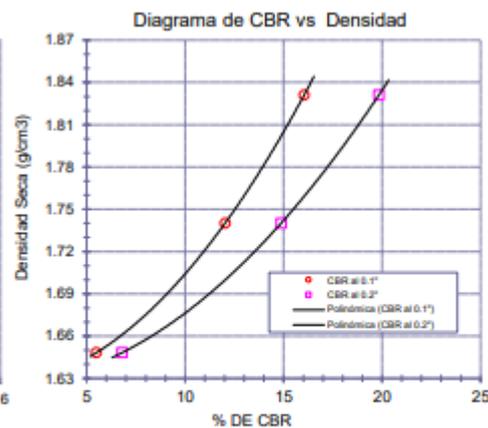
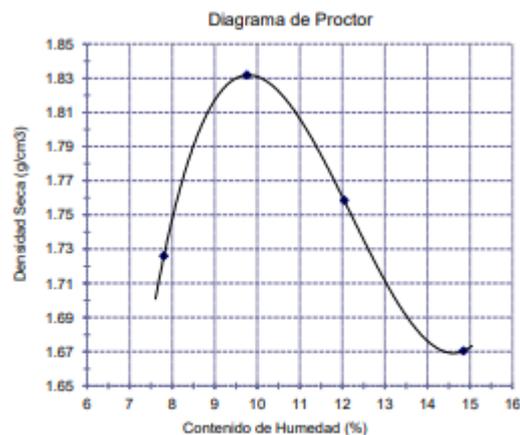
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.832 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	9.79 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	16.0	0.021	1.831	0.1"	100	16.1
02	25	12.0	0.024	1.740	0.1"	95	12.0
03	12	5.5	0.032	1.648	0.2"	100	19.9
					0.2"	95	14.9



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON CLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 105. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de PET +9% de emulsión asfáltica), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

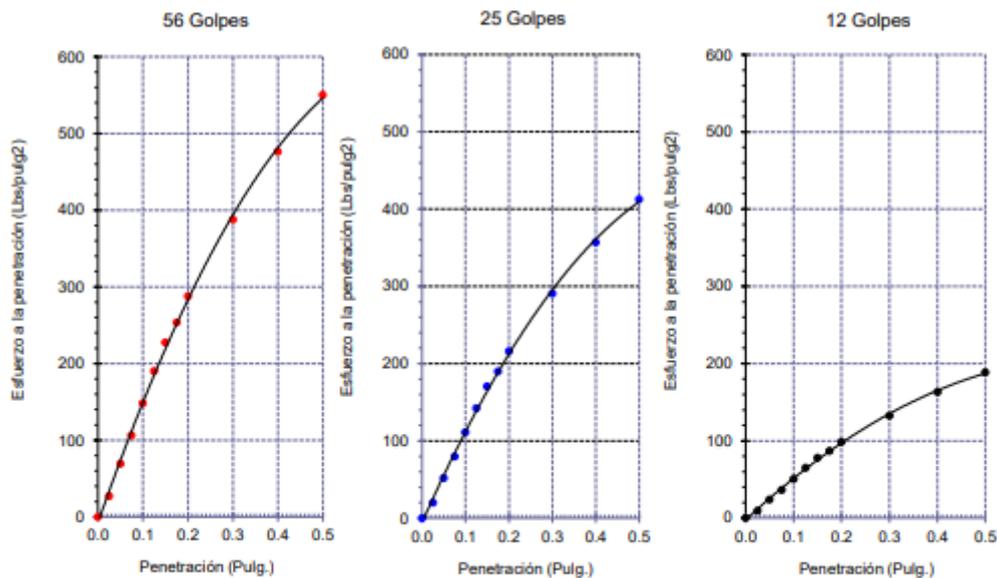
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON CLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 106. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de PET +12% de emulsión asfáltica), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

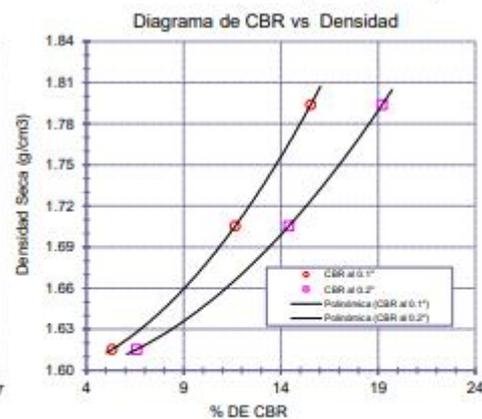
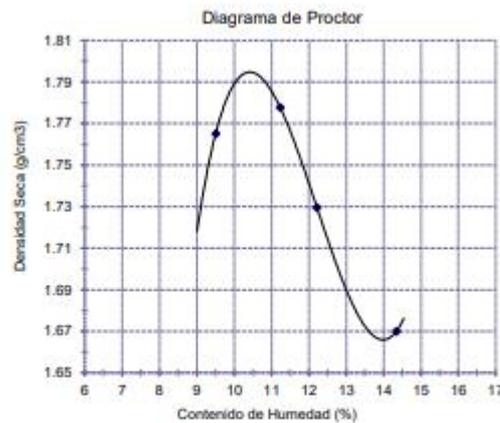
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

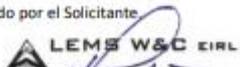
Máxima densidad seca	1.795 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	10.40 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	15.5	0.015	1.794	0.1"	100	15.6
02	25	11.7	0.019	1.705	0.1"	95	11.6
03	12	5.3	0.023	1.615	0.2"	100	19.3
					0.2"	95	14.4



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON CLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 107. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+6% de PET +12% de emulsión asfáltica), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabál; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

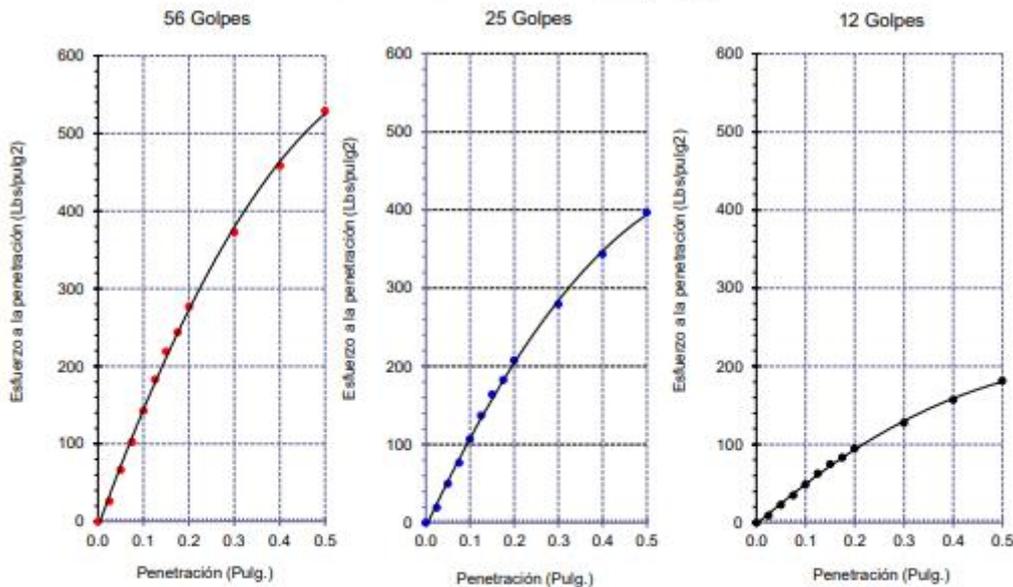
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 108. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+8% de PET +3% de emulsión asfáltica), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabál; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

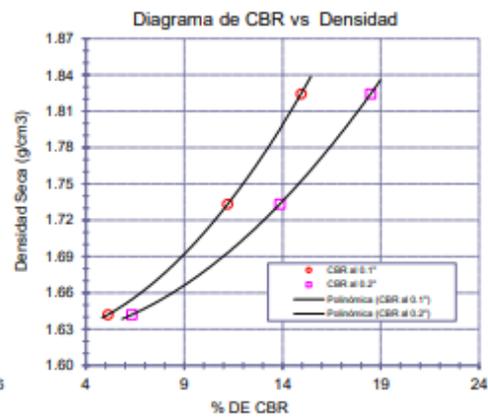
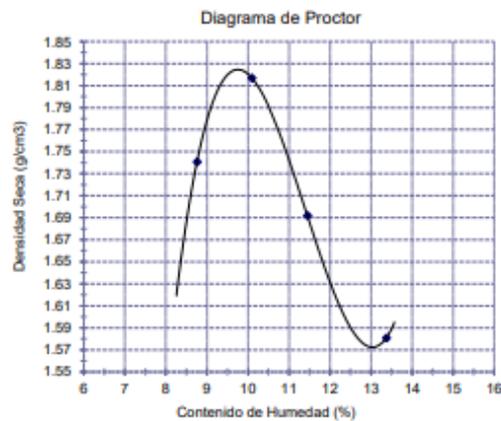
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.824 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	9.78 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	14.9	0.040	1.824	0.1"	100	15.0
02	25	11.2	0.047	1.733	0.1"	95	11.2
03	12	5.1	0.055	1.642	0.2"	100	18.5
					0.2"	95	13.9



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 109. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+8% de PET +3% de emulsión asfáltica), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFTALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

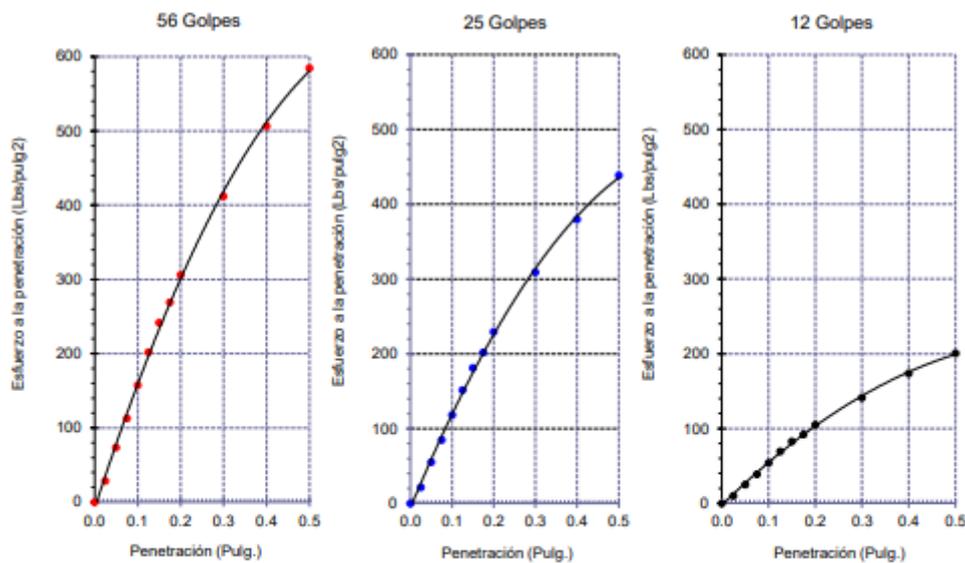
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 110. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+8% de PET +6% de emulsión asfáltica), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabál; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

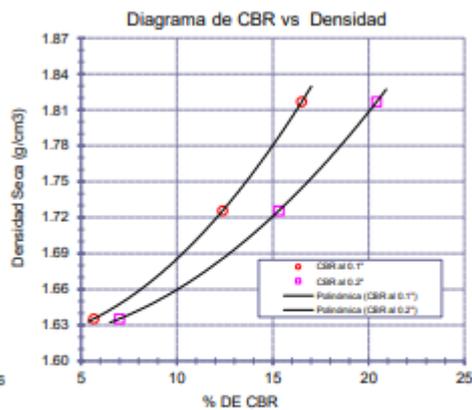
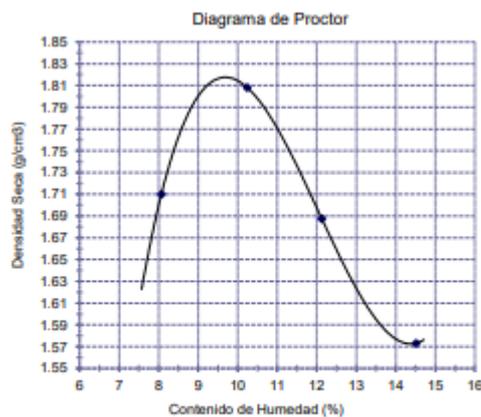
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.818 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	9.67 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	16.5	0.029	1.817	0.1"	100	16.6
02	25	12.4	0.035	1.726	0.1"	95	12.5
03	12	5.7	0.044	1.635	0.2"	100	20.5
					0.2"	95	15.4



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante:


LEMS W&C EIRL
 WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


 Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Figura 111. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+8% de PET +6% de emulsión asfáltica), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

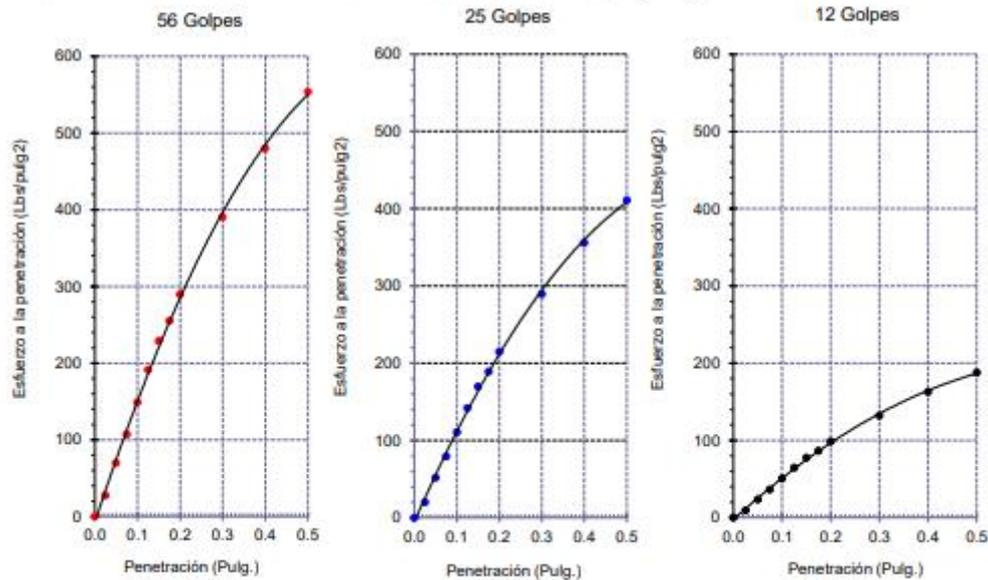
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

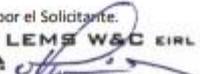
Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.


LEMS W&C EIRL
 WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


 Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 246904

Figura 112. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+8% de PET +9% de emulsión asfáltica), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

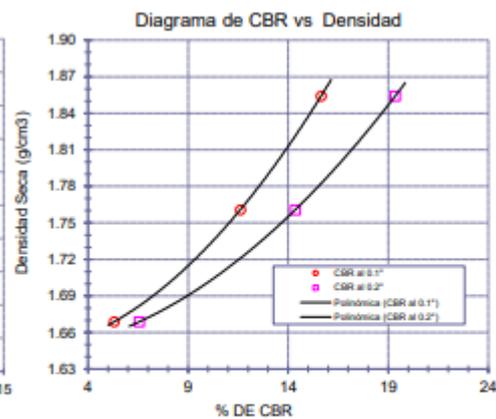
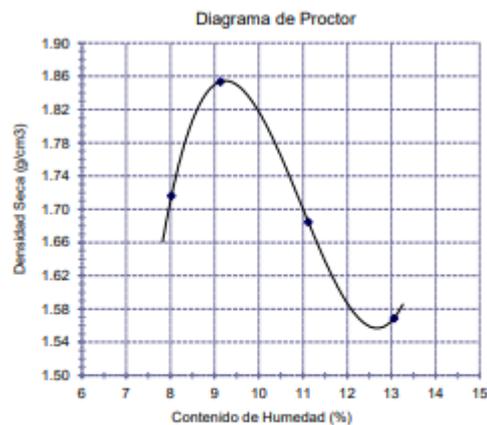
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.854 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	9.22 %

Especimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	15.6	0.025	1.854	0.1"	100	15.7
02	25	11.6	0.026	1.761	0.1"	95	11.7
03	12	5.3	0.035	1.669	0.2"	100	19.4
					0.2"	95	14.4



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.

 **LEMS W&C EIRL**
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

 Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Figura 113. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+8% de PET +9% de emulsión asfáltica), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

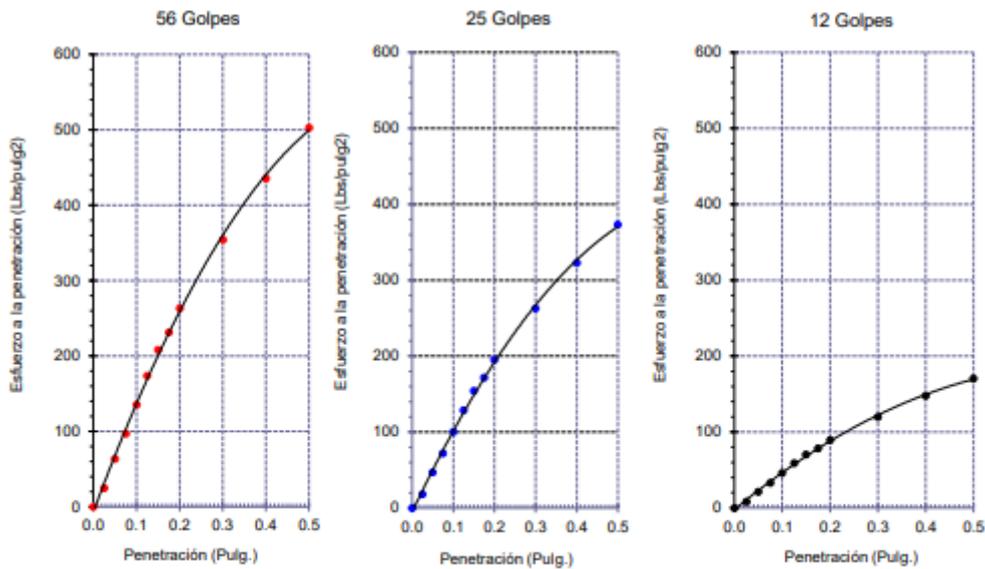
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

DIAGRAMA DE PENETRACIÓN DE ESPECIMENES COMPACTADOS A : 56, 25 y 12 golpes.



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.


LEMS W&C EIRL
 WILSON OLAYA AGUILAR
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS


 Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Figura 114. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+8% de PET +12% de emulsión asfáltica), Parte 1.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitantes : SURCO BOCANEGRA YELENY FIORELLA
 Proyecto : Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y TEREFTALATO DE POLIETILENO CON FINES EN CARRETERA NO PAVIMENTADA"
 Ubicación : Localidad de Huanabal; Dist. Manuel Antonio Mesones Muro, Prov. Ferreñafe, Dpto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 08 de Junio del 2021

Código : N.T.P. 339.145
 Norma : compactados en el laboratorio. / Diagrama del Proctor y CBR

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 1

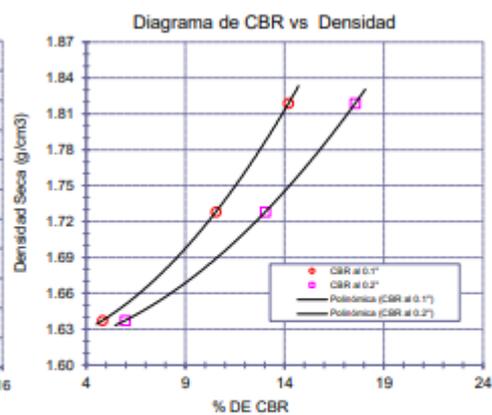
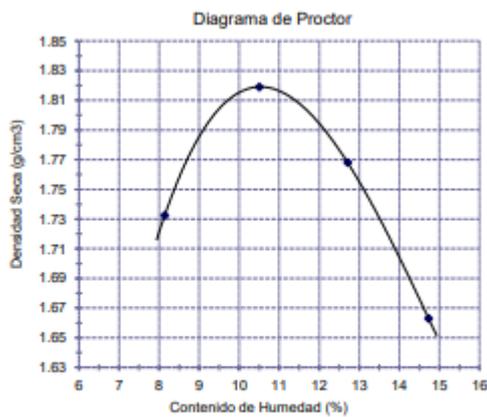
Muestra: M-1

Profundidad: 0.30m - 1.10m.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.819 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	10.54 %

Exámpimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	14.2	0.017	1.819	0.1"	100	14.2
02	25	10.5	0.021	1.728	0.1"	95	10.5
03	12	4.8	0.026	1.637	0.2"	100	17.6
					0.2"	95	13.0



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el Solicitante.

 **LEMS W&C EIRL**

WILSON OLAYA AGUILAR
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

 
Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Figura 115. Ensayo de CBR para calicata C-01 (+8% de PET +12% de emulsión asfáltica), Parte 2.

Fuente: Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., 2022

Anexo 02: Evidencias fotográficas



Figura 116. Calicata C-01.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 117. Calicata C-02.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 118. Calicata C-03.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 119. Calicata C-04.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 120. Calicata C-05.

Fuente: Elaboración propia.

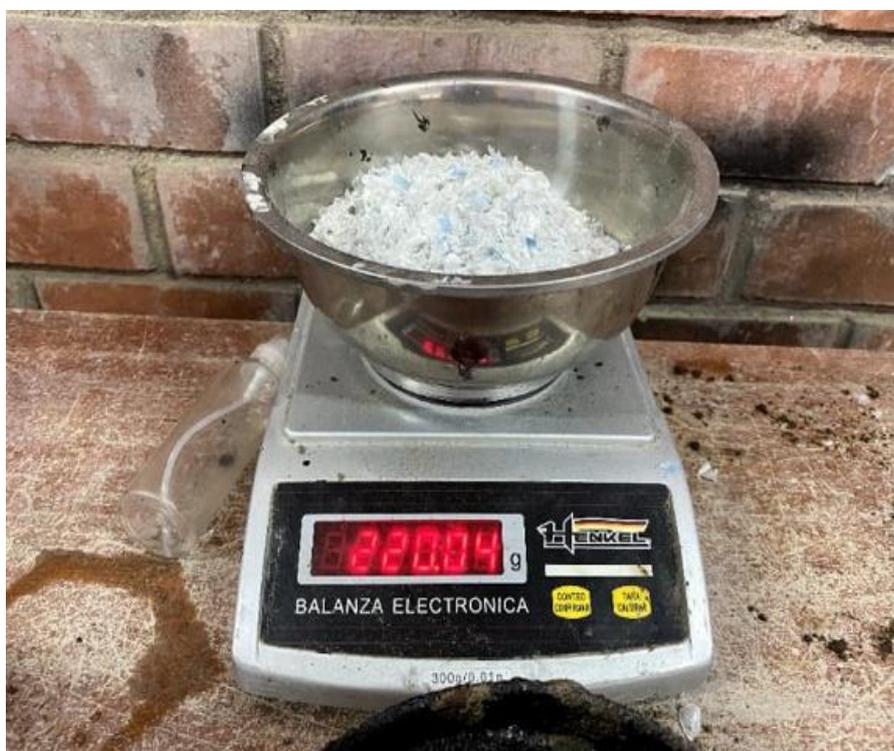


Figura 121. Material PET.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 122. Emulsión asfáltica.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 123. Separación de las muestras de suelo.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 124. Tamizado de muestras de suelos.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 125. Muestras llevadas al horno para determinar su contenido de humedad.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 126. Mezcla de suelo y emulsión asfáltica.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 127. Mezcla de suelo, PET y emulsión asfáltica.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 128. Moldes sumergidos en agua con sobrecarga colocada.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 129. Registro de lecturas con deformímetro.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 130. Ensayo de CBR para una combinación de 4% de PET + 12% de emulsión asfáltica.

Fuente: Elaboración propia.