



**FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

**ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS
UTILIZANDO *Oryza sativa* (arroz), PUEBLO
JOVEN LAS DUNAS – LAMBAYEQUE- PERÚ 2019**

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

Autor:

Bach. Requejo Carrillo Ricardo Sahir

<https://orcid.org/0000-0002-4767-1691>

Asesor:

Mg. Muñoz Pérez Sócrates Pedro

<https://orcid.org/0000-0003-3182-8735>

Línea de Investigación:

Infraestructura, Tecnología y Medio ambiente

Pimentel –Perú

2020

**“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS
UTILIZANDO *Oryza sativa* (arroz), PUEBLO JOVEN
LAS DUNAS – LAMBAYEQUE- PERÚ 2019”**

Aprobación de tesis

Mg. Muñoz Pérez Sócrates Pedro
Asesor

Mg. Idrogo Pèrez, César Antonio
Presidente del Jurado de Tesis

Mg. Marín Bardales, Noé Humberto
Secretario de Jurado de Tesis

Mg. Villegas Granados, Luis Mariano
Vocal de Jurado de Tesis

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la vida y estar siempre conmigo, guiándome en mi camino.

A mis Padres: Ricardo Requejo Gastelo y Magdalena Carrillo Silva

El esfuerzo y las metas alcanzadas, refleja la dedicación, el amor que invierten sus padres en sus hijos. Gracias a mis padres son quien soy, orgulloso y con la cara muy en alto agradezco, por ser mi mayor inspiración, gracias a mis padres he concluido con mi mayor meta.

A mis hermanas Mayra Requejo y Victoria Requejo que siempre han estado a mi lado apoyándome.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos

Ricardo Sahir Requejo Carrillo

AGRADECIMIENTO

Agradecer todas las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo, merecen reconocimiento especial a mis padres, que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y me dieron el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

Asimismo, agradezco infinitamente a mis Hermanas que con sus palabras me hacían sentir orgulloso de lo que soy y de lo que les puedo enseñar. Ojalá algún día yo me convierta en se fuerza para que puedan seguir avanzando en su camino.

Ricardo Sahir Requejo Carrillo

Resumen

Esta investigación se basó en el estudio y análisis de las propiedades físicas y mecánicas que presentan los suelos arenosos en su estado natural del Pueblo Joven Las Dunas en el distrito, provincia y departamento de Lambayeque, mediante la adición de un material residuo como lo es las cenizas de *Oryza Sativa* conocido como ceniza de cascarilla de arroz para mejorar su calidad. Esta tesis tuvo como fin, determinar la influencia que presentan las adiciones en un 3%, 5%, 7% y 9% de ceniza de *Oryza Sativa* sobre la estabilización de una mezcla de suelo.

Dentro de los resultados, las muestras de suelo natural lograron obtener un contenido de humedad de 0.55%, estas no presentaron plasticidad y se clasificaron según SUCS como suelo arenoso pobremente graduada (SP) y según la clasificación AASHTO como suelo A-2-4. Mientras que, en los estudios del ensayo CBR, se obtuvo un valor promedio de 22.47% y su máxima densidad seca (MDS) obtuvo un valor de 1.690 g/cm³. A diferencia de las muestras de estudio de suelo natural con adición del 3%, 5%, 7% y 9% de cenizas de *Oryza Sativa*, llegaron a obtener un CBR de 23.30%, 24.87%, 25.50% y 22.93% respectivamente, mejorando notablemente esta propiedad mecánica del suelo.

Palabras clave: Suelos, arenas, ceniza, California Bearing Ratio (CBR), máxima densidad seca.

Abstract

This research was based on the study and analysis of the physical and mechanical properties that sandy soils present in their natural state of Pueblo Joven Las Dunas in the district, province and department of Lambayeque, by adding a residual material such as *Oryza Sativa* ash known as rice husk ash to improve its quality. The purpose of this thesis was to determine the influence of the additions of 3%, 5%, 7% and 9% of *Oryza Sativa* ash on the stabilization of a soil mixture.

Among the results, the natural soil samples managed to obtain a moisture content of 0.55%, these did not show plasticity and were classified according to SUCS as poorly graded sandy soil (SP) and according to the AASHTO classification as A-2-4 soil. While, in the CBR assay studies, an average value of 22.47% was obtained and its maximum dry density (MDS) obtained a value of 1,690 g / cm³. Unlike the study samples of natural soil with the addition of 3%, 5%, 7% and 9% of *Oryza Sativa* ash, they obtained a CBR of 23.30%, 24.87%, 25.50% and 22.93% respectively, notably improving this mechanical property of the soil.

Keywords: Soils, sands, ash, California Bearing Ratio (CBR), maximum dry density.

ÍNDICE

I. Introducción.....	15
1.1. Realidad problemática.....	15
1.1.1. Ámbito internacional.....	15
1.1.2. Ámbito nacional.	16
1.1.3. Ámbito local.	17
1.2. Antecedentes de estudio.....	18
1.2.1. Ámbito internacional.....	18
1.2.2. Ámbito nacional.	20
1.2.3. Ámbito local.	22
1.3. Teorías relacionadas al tema	22
1.3.1. Suelo.....	22
1.3.1.1. <i>Definición</i>	22
1.3.1.2. <i>Clasificación del suelo</i>	23
1.3.1.2.1. <i>Sistema SUCS</i>	23
1.3.1.2.2. <i>Sistema AASHTO</i>	24
1.3.1.3. <i>Propiedades fundamentales del suelo</i>	25
1.3.1.3.1. <i>Granulometría</i>	25
1.3.1.3.2. <i>Plasticidad</i>	26
1.3.1.3.3. <i>Humedad natural</i>	26
1.3.1.3.4. <i>Clasificación de los suelos</i>	26
1.3.1.3.5. <i>Ensayos de CBR</i>	27
1.3.2. Estabilización.....	27
1.3.2.1. <i>Definición</i>	27
1.3.2.2. <i>Consideraciones para la estabilización</i>	28
1.3.2.2.1. <i>Criterios geotécnicos de estabilización</i>	28
1.3.3. Residuos sólidos	29
1.3.4. Oryza Sativa.....	30
1.3.4.1. <i>Definición</i>	30
1.3.4.2. <i>Ceniza de cascarilla de arroz</i>	30
1.3.4.2.1. <i>Definición</i>	30
1.3.4.2.2. <i>Características</i>	30
1.3.4.2.3. <i>Proceso de obtención de CCA</i>	33
1.4. Formulación del problema.....	34
1.5. Justificación e importancia del estudio.....	34

1.5.1.	Justificación técnica.....	34
1.5.2.	Justificación socio - económica.....	34
1.5.3.	Justificación ambiental.....	34
1.6.	Hipótesis.....	34
1.7.	Objetivos.....	35
1.7.1.	Objetivo General.....	35
1.7.2.	Objetivos Específicos.....	35
II.	Material y Método.....	36
2.1.	Tipo y diseño de investigación.....	36
2.1.1.	Tipo de investigación.....	36
2.1.2.	Diseño de investigación.....	36
2.2.	Variables y operacionalización.....	37
2.2.1.	Variables Independiente (V.I).....	37
2.2.2.	Variables Dependiente (V.D).....	37
2.2.3.	Operacionalización.....	37
2.3.	Población y muestra.....	39
2.3.1.	Población.....	39
2.3.2.	Muestra.....	39
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	39
2.4.1.	Técnicas.....	39
2.4.2.	Instrumentos.....	39
2.5.	Procedimiento de análisis de datos.....	40
2.5.1.	Diagrama de flujo de procesos.....	40
2.5.2.	Descripción de procesos.....	42
2.5.2.1.	<i>Obtención de los materiales.....</i>	<i>42</i>
2.5.2.2.	<i>Ensayo de Mecánica de Suelos.....</i>	<i>43</i>
2.5.2.2.1.	<i>Propiedades físicas de los suelos.....</i>	<i>43</i>
2.5.2.2.2.	<i>Propiedades mecánicas de los suelos.....</i>	<i>47</i>
2.6.	Criterios éticos.....	49
2.7.	Criterios de rigor científico.....	50
2.7.1.	Validez interna.....	50
2.7.2.	Validez externa.....	50
2.7.3.	Fiabilidad.....	50
III.	Resultados.....	51
3.1.	Resultados en tablas y figuras.....	51
3.1.1.	Propiedades y características físicas del suelo.....	51

3.1.2. Comportamiento y características mecánicas del suelo	59
3.2. Discusión de resultados	94
3.2.1. Propiedades y características físicas del suelo	94
3.2.2. Comportamiento y características mecánicas del suelo	94
IV. Conclusiones y Recomendaciones	96
4.1. Conclusiones	96
4.2. Recomendaciones	97
REFERENCIAS	98
ANEXOS	104
Anexo 01: Matriz de consistencia	104
Anexo 02: Instrumentos	107
Anexo 03: Informes de Laboratorio	115
Anexo 04: Evidencias fotográficas	148

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AASHTO:	American Association of State Highway and Transportation Officials.
CBR:	California Bearing Ratio.
CCA:	Ceniza de cáscara de arroz.
EA:	Equivalente de arena.
IP:	Índice de plasticidad.
LL:	Límite líquido.
LP:	Límite plástico.
LRHA:	Mixture of hydrated lime and rice husk ash.
MINAGRI:	Ministerio de Agricultura y Riego.
MDD:	Maximum dry density of samples by standard Proctor test.
MDS:	Máxima densidad seca.
MTC:	Ministerio de transporte y comunicaciones.
NTP:	Norma Técnica Peruana.
SUCS:	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

Índice de Tablas

<i>Tabla 1: Clasificación de suelo según el tamaño de su partícula.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 2: Clasificación de suelo según su índice de plasticidad</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 3: Correlación de tipos de suelos AASHTO y SUCS</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 4: Correlación de tipos de suelos AASHTO y SUCS</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 5: Componentes químicos de cáscaras de arroz</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 6: Propiedades de la CCA.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 7: Propiedades de la CCA.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 8: Composición química de la ceniza de cáscara de arroz</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 9: Operacionalización de la V.I.</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 10: Operacionalización de la variable dependiente</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 11 Análisis granulométrico por tamizado para calicata C-01</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 12 Distribución granulométrica para calicata C-01</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 13 Límites de Atterberg para calicata C-01</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 14 Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO para calicata C-01</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 15 Análisis granulométrico por tamizado para calicata C-02</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 16 Distribución granulométrica para calicata C-02</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 17 Límites de Atterberg para calicata C-02</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 18 Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO para calicata C-02</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 19 Análisis granulométrico por tamizado para calicata C-03</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 20 Distribución granulométrica para calicata C-03</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 21 Límites de Atterberg para calicata C-03</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 22 Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO para calicata C-03</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 23 Relación densidad-humedad para calicata C-01</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 24 Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (muestra natural)</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 25 Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+3% de cenizas)</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 26 Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+5% de cenizas)</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 27 Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+7% de cenizas)</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 28 Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+9% de cenizas)</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 29 Relación densidad-humedad para calicata C-02</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 30 Resultados de ensayo CBR para calicata C-02 (muestra natural)</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 31 Resultados de ensayo CBR para calicata C-02 (+3% de cenizas)</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 32 Resultados de ensayo CBR para calicata C-02 (+5% de cenizas)</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 33 Resultados de ensayo CBR para calicata C-02 (+7% de cenizas)</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 34 Resultados de ensayo CBR para calicata C-02 (+9% de cenizas)</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 35 Relación densidad-humedad para calicata C-03</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 36 Resultados de ensayo CBR para calicata C-03 (muestra natural)</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 37 Resultados de ensayo CBR para calicata C-03 (+3% de cenizas)</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 38 Resultados de ensayo CBR para calicata C-03 (+5% de cenizas)</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 39 Resultados de ensayo CBR para calicata C-03 (+7% de cenizas)</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 40 Resultados de ensayo CBR para calicata C-03 (+9% de cenizas)</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 41 Resumen general de ensayo CBR.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 42 Resumen general de ensayo proctor.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 43 Resumen de propiedades físicas.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 44 Resultados de ensayo CBR.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 45: Matriz de consistencia</i>	<i>104</i>

Índice de Figuras

<i>Figura 1: Clasificación SUCS</i>	23
<i>Figura 2: Símbolos y su clasificación según sistema SUCS</i>	24
<i>Figura 3: Clasificación AASHTO</i>	24
<i>Figura 4: Simbología y clasificación según AASHTO</i>	25
<i>Figura 5: Proceso para la identificación de los suelos</i>	29
<i>Figura 6: Diagrama de flujo de procesos</i>	41
<i>Figura 7: Muestras de suelo</i>	42
<i>Figura 8: Cenizas de cascarilla de arroz</i>	42
<i>Figura 9: Separación de porciones retenidas</i>	43
<i>Figura 11: Peso del suelo compactado con el molde</i>	48
<i>Figura 12: Se registran lecturas con deformímetro</i>	49
<i>Figura 13. Curva granulométrica para calicata: C-01.</i>	52
<i>Figura 14. Curva granulométrica para calicata: C-02.</i>	55
<i>Figura 15. Curva granulométrica para calicata: C-03.</i>	57
<i>Figura 16. Relación densidad-humedad para calicata: C-03</i>	59
<i>Figura 17. Diagrama de penetración para muestra de C-01 (muestra natural).</i>	60
<i>Figura 18. Diagrama de densidad–índice de CBR para la C-01 (muestra natural).</i>	61
<i>Figura 19. Diagrama de penetración para muestra de C-01 (+3% de cenizas).</i>	62
<i>Figura 20. Diagrama de densidad–índice de CBR para la C-01 (+3% de cenizas).</i>	63
<i>Figura 21. Diagrama de penetración para muestra de C-01 (+5% de cenizas).</i>	64
<i>Figura 22. Diagrama de densidad–índice de CBR para la C-01 (+5% de cenizas).</i>	65
<i>Figura 23. Diagrama de penetración para muestra de C-01 (+7% de cenizas).</i>	66
<i>Figura 24. Diagrama de densidad–índice de CBR para la C-01 (+7% de cenizas).</i>	67
<i>Figura 25. Diagrama de penetración para muestra de C-01 (+9% de cenizas).</i>	68
<i>Figura 26. Diagrama de densidad–índice de CBR para la C-01 (+9% de cenizas).</i>	69
<i>Figura 27. Relación densidad-humedad para calicata: C-02</i>	70
<i>Figura 28. Diagrama de penetración para muestra de C-02 (muestra natural).</i>	71
<i>Figura 29. Diagrama de densidad–índice de CBR para la C-02 (muestra natural).</i>	72
<i>Figura 30. Diagrama de penetración para muestra de C-02 (+3% de cenizas).</i>	73
<i>Figura 31. Diagrama de densidad–índice de CBR para la C-02 (+3% de cenizas).</i>	74
<i>Figura 32. Diagrama de penetración para muestra de C-02 (+5% de cenizas).</i>	75
<i>Figura 33. Diagrama de densidad–índice de CBR para la C-02 (+5% de cenizas).</i>	76
<i>Figura 34. Diagrama de penetración para muestra de C-02 (+7% de cenizas).</i>	77
<i>Figura 35. Diagrama de densidad–índice de CBR para la C-02 (+7% de cenizas).</i>	78
<i>Figura 36. Diagrama de penetración para muestra de C-02 (+9% de cenizas).</i>	79
<i>Figura 37. Diagrama de densidad–índice de CBR para la C-02 (+9% de cenizas).</i>	80
<i>Figura 38. Relación densidad-humedad para: C-03.</i>	81
<i>Figura 39. Diagrama de penetración para muestra de C-03 (muestra natural).</i>	82
<i>Figura 40. Diagrama de densidad–índice de CBR para la C-03 (muestra natural).</i>	83
<i>Figura 41. Diagrama de penetración para muestra de C-03 (+3% de cenizas).</i>	84
<i>Figura 42. Diagrama de densidad–índice de CBR para la C-03 (+3% de cenizas).</i>	85

<i>Figura 43. Diagrama de penetración para muestra de C-03 (+5% de cenizas).</i>	86
<i>Figura 44. Diagrama de densidad–índice de CBR para la C-03 (+5% de cenizas).</i>	87
<i>Figura 45. Diagrama de penetración para muestra de C-03 (+7% de cenizas).</i>	88
<i>Figura 46. Diagrama de densidad–índice de CBR para la C-03 (+7% de cenizas).</i>	89
<i>Figura 47. Diagrama de penetración para muestra de C-03 (+9% de cenizas).</i>	90
<i>Figura 48. Diagrama de densidad–índice de CBR para la C-03 (+9% de cenizas).</i>	91
<i>Figura 49. Diagrama de % de CCA vs %CBR.</i>	92
<i>Figura 50. Diagrama de %CCA vs Máxima densidad seca.</i>	93
<i>Figura 51: Análisis granulométrico de calicata C-01</i>	115
<i>Figura 52: Análisis granulométrico de calicata C-02</i>	116
<i>Figura 53: Análisis granulométrico de calicata C-03</i>	117
<i>Figura 54: Ensayo de CBR para calicata C-01 (Muestra natural), Parte 1</i>	118
<i>Figura 55: Ensayo de CBR para calicata C-01 (Muestra natural), Parte 2</i>	119
<i>Figura 56: Ensayo de CBR para calicata C-01 (+3% de cenizas), Parte 1</i>	120
<i>Figura 57: Ensayo de CBR para calicata C-01 (+3% de cenizas), Parte 2</i>	121
<i>Figura 58: Ensayo de CBR para calicata C-01 (+5% de cenizas), Parte 1</i>	122
<i>Figura 59: Ensayo de CBR para calicata C-01 (+5% de cenizas), Parte 2</i>	123
<i>Figura 60: Ensayo de CBR para calicata C-01 (+7% de cenizas), Parte 1</i>	124
<i>Figura 61: Ensayo de CBR para calicata C-01 (+7% de cenizas), Parte 2</i>	125
<i>Figura 62: Ensayo de CBR para calicata C-01 (+9% de cenizas), Parte 1</i>	126
<i>Figura 63: Ensayo de CBR para calicata C-01 (+9% de cenizas), Parte 2</i>	127
<i>Figura 64: Ensayo de CBR para calicata C-02 (Muestra natural), Parte 1</i>	128
<i>Figura 65: Ensayo de CBR para calicata C-02 (Muestra natural), Parte 2</i>	129
<i>Figura 66: Ensayo de CBR para calicata C-02 (+3% de cenizas), Parte 1</i>	130
<i>Figura 67: Ensayo de CBR para calicata C-02 (+3% de cenizas), Parte 2</i>	131
<i>Figura 68: Ensayo de CBR para calicata C-02 (+5% de cenizas), Parte 1</i>	132
<i>Figura 69: Ensayo de CBR para calicata C-02 (+5% de cenizas), Parte 2</i>	133
<i>Figura 70: Ensayo de CBR para calicata C-02 (+7% de cenizas), Parte 1</i>	134
<i>Figura 71: Ensayo de CBR para calicata C-02 (+7% de cenizas), Parte 2</i>	135
<i>Figura 72: Ensayo de CBR para calicata C-02 (+9% de cenizas), Parte 1</i>	136
<i>Figura 73: Ensayo de CBR para calicata C-02 (+9% de cenizas), Parte 2</i>	137
<i>Figura 74: Ensayo de CBR para calicata C-03 (Muestra natural), Parte 1</i>	138
<i>Figura 75: Ensayo de CBR para calicata C-03 (Muestra natural), Parte 2</i>	139
<i>Figura 76: Ensayo de CBR para calicata C-03 (+3% de cenizas), Parte 1</i>	140
<i>Figura 77: Ensayo de CBR para calicata C-03 (+3% de cenizas), Parte 2</i>	141
<i>Figura 78: Ensayo de CBR para calicata C-03 (+5% de cenizas), Parte 1</i>	142
<i>Figura 79: Ensayo de CBR para calicata C-03 (+5% de cenizas), Parte 2</i>	143
<i>Figura 80: Ensayo de CBR para calicata C-03 (+7% de cenizas), Parte 1</i>	144
<i>Figura 81: Ensayo de CBR para calicata C-03 (+7% de cenizas), Parte 2</i>	145
<i>Figura 82: Ensayo de CBR para calicata C-03 (+9% de cenizas), Parte 1</i>	146
<i>Figura 83: Ensayo de CBR para calicata C-03 (+9% de cenizas), Parte 2</i>	147
<i>Figura 84. Extracción de la muestra de estudio.</i>	148
<i>Figura 85. Calicata 01 a una profundidad de 1.20m.</i>	148
<i>Figura 86. Separación de muestras de diferentes calicatas.</i>	149

<i>Figura 87. Ceniza de Oryza Sativa.</i>	<i>149</i>
<i>Figura 88. Mezcla de suelo, ceniza y agua.</i>	<i>150</i>
<i>Figura 89. Extracción de la muestra de estudio.</i>	<i>150</i>
<i>Figura 90. Ejecución del ensayo para determinar resistencia suelo ceniza.</i>	<i>151</i>
<i>Figura 91. Toma de datos en laboratorio.</i>	<i>151</i>

I. Introducción

1.1. Realidad problemática

1.1.1. Ámbito internacional.

Existen diversas investigaciones a nivel internacional, sobre el mejoramiento de propiedades de materiales de la construcción, realizando así la incorporación de residuos, para la reutilización de estos mismos, con la finalidad de obtener mejores productos finales, además de permitir la reducción de impactos negativos a nuestro medio, al no permitir la descomposición e incremento de estos residuos (Thenoux y Carrillo, 2012). Estos grandes beneficios que trae consigo las investigaciones realizadas, permite tener un amplio panorama sobre la importancia de buscar mejorar materiales o procesos constructivos.

Los suelos cumplen un rol esencial como base de cualquier infraestructura, es por ello que se requiere realizar una evaluación detallada de estos mismos para determinar las condiciones de la zona en específico. Según Behak y Peres (2008), los suelos arenosos o limosos, son aquellos tipos de suelos que no presentan las propiedades deseadas para ser base o sub- base de pavimentos, para ello, se requiere realizar mejoramientos o estabilizaciones de este tipo de suelos para proporcionar mejores condiciones y así sea un suelo apto para la construcción.

Existen grandes áreas de terreno blando y suelo débil que se convierten en causa de muchos problemas geotécnicos, debido a sus propiedades mecánicas y durabilidad que presentan los suelos arenosos mal graduados, siendo posible en ocasionar desastres de subbases de carreteras, terraplenes, cimentaciones de edificios y pendientes (Amir, Ebrahim & Abdolhosein, 2020).

Según Anant, Nupur & Anjan (2018), un estudio realizado por la National Science Foundation determinó que el daño generado por el suelo expansivo a una estructura de un pavimento resulta ser mucho más severo que los daños que puede generar un desastre natural como inundaciones o terremotos.

En el caso de suelos arenosos, existen un factor determinante como la baja capacidad de acumulación o retención de agua en estos suelos, la cual influye en la erosión de un terreno y en su entorno de la meseta de Loes ubicado en China, es decir, por su gran superficie específica y bajo capacidad de absorción, se buscan alternativas de

solución que mejoren este factor con la estabilización de suelos (Beibei & Xiaopeng, 2017).

En algunos casos, los posibles problemas del suelo pueden evitarse optando por otra zona o eliminando el suelo no deseado y reemplazando por el suelo deseado o adaptando el diseño a la condición en el sitio (Oluyemi- Ayibiowu, 2019). Además, se podrían hacer intentos para alterar las diversas propiedades del suelo ya existente con la única finalidad de crear un material nuevo que se encuentre en condiciones y sea capaz de cumplir con todos los requisitos necesarios.

En los últimos años, se innovaron diversas tecnologías de remediación de suelos que están basadas en estabilizadores de suelo, evidenciando así muy buenos resultados en aplicación prácticas de ingeniería (Shengyan, et al., 2019).

Además de malas condiciones o características que pueda presentar un suelo, se tiene un problema de gran magnitud como el incremento de residuos sólidos de manera acelerada, sumando alrededor de 1.3 billones de toneladas de desechos sólidos anualmente y que se puede incrementar hasta en 2.2 billones de toneladas para el 2025 (Jijo & Kasinatha, 2018).

1.1.2. Ámbito nacional.

La construcción en nuestro país es un sector que se ha convertido de una de las actividades económicas más relevantes, convirtiéndose así en una forma de medición del bienestar social y económico a nivel nacional (Vargas, Castro y Bautista, 2011). Además de ello, nuestro país, se caracteriza por presentar a la misma vez un crecimiento de la producción industrial y agrícola; por ende, un gran aumento de residuos, convirtiéndose en un foco de contaminación preocupante por no presentar un tratamiento sustentable o un buen tratamiento de su disposición final (Becerra y Herrera, 2019).

Nuestro país se caracteriza por ser rico en producción de arroz, obteniendo así una industria muy significativa, que ha alcanzado 507 mil 10 toneladas, considerando un incremento en 95.20% con relación al volumen obtenido en el 2017 (INEI, 2018)

Cury, Aguas, Martinez, Olivero y Chams (2017) afirman que el empleo de las cenizas de *Oryza Sativa*, no solo es para reducir el volumen de este residuo agroindustrial, obtenido después de un proceso de incineración de la cascarilla de arroz, sino se busca evitar el aumento de la disposición final de estas cenizas buscando el aprovechamiento de estas mismas para mejorar otros materiales de la construcción.

La naturaleza y propiedades del suelo es de total importancia para las obras de construcción civil, puesto que permiten determinar las condiciones que se encuentra un determinado lugar para prevenir futuros problemas (Díaz, 2014).

El mejoramiento de las propiedades de un suelo específico está relacionado con la adición de materiales o aditivos estabilizadores que permitan influir de manera positiva en el proceso de compactación y así directamente en el control de la calidad de las capas de un suelo (Ojeda, Mendoza y Baltazar, 2018).

Es por ello, que se consideró desarrollar esta investigación con la finalidad de generar un aporte a la sociedad, brindando la información necesaria sobre un mejoramiento de suelos arenosos con la incorporación de ceniza de *Oryza sativa* (arroz), aquella que se considera un residuo agroindustrial preocupante en nuestro país, por ser cenizas acumulados para ser trasladadas a botaderos, provocando así un incremento de contaminación ambiental. Este aporte no solo permitirá tener un nuevo método de estabilización sino también permitirá la mitigación de impactos ambientales negativos a nuestro medio ambiente sin presentar elevados costos.

1.1.3. Ámbito local.

Becerra y Herrera (2019) afirman que el distrito de Lambayeque presenta estratos de suelos de arenas con finos, arenas limosas, arenas arcillosas presentándose gran porcentaje de contenido de finos, convirtiéndose así en un problema de suma importancia a nivel local específicamente para la construcción, al presentar estos suelos baja resistencia, alta plasticidad y otras características particulares de un suelo sin óptimas condiciones.

Además de ello, Lambayeque produce grandes cantidades de arroz, las cuales deben generar un gran porcentaje de desperdicios, acumulándose estos en botaderos informales, sin pasar un proceso adecuado para evitar la contaminación de manera considerable (Nuñez, 2018).

La presente investigación se impulsa debido a la preocupación de los residuos agroindustriales específicamente del arroz, para ser reutilizados con la finalidad de obtener algo en beneficio social, técnico y ambiental, como en este caso, la *Oryza sativa* (arroz), que en cenizas son incorporadas en el suelo en diversos porcentajes con la finalidad de estabilizar suelos arenosos como los que existen en la localidad, brindándole así a estos suelos una mejor calidad.

1.2. Antecedentes de estudio

1.2.1. Ámbito internacional.

Manoochehr & Mohammad (2019), en artículo científico: “Effect of Lime and Rice Husk Ash on Horizontal Saturated Hydraulic Conductivity of Sandy Loam Soils” de la Revista “Geotech Geol Eng” en Switzerland.

Presentó el objetivo evaluar las propiedades de la tierra con adición de cal hidratada y mezcla ceniza de cascarilla de lima- arroz hidratada (LRHA), empleando una metodología experimental haciendo la adición de tres porcentajes distintos a las muestras de estudio, las cuales fueron del 2%, 4% y 6% de su peso, obteniendo como resultados del suelo sin adiciones o no tratado una máxima densidad seca (MDD) de 2.01, del suelo con sus adiciones de estudio obtuvieron una MDD de 1.80, 1.85 y 1.81 respectivamente, mientras que el suelo con LRHA logró obtener una MDD de 1.85, 1.76 y 1.71 respectivamente. Se concluyó que la mezcla de tierra con el 4% de cal hidratada incremento de manera significativa la conductividad hidráulica y la muestra con 2% de LRHA tuvo un efecto positivo, representando un incremento ligero en el Ksat. Además de ello, se determinó que el tratamiento del suelo con cal y cenizas son métodos ampliamente utilizados para obtener mejores propiedades geotécnicas de los suelos, incluida la resistencia al cizallamiento, la compresibilidad, etc.

Jittin, Bahurudeen, & Ajinkya (2019), en su artículo científico “Utilisation of rice husk ash for cleaner production of different construction products” de la Revista “Journal Pre- proof” en India.

Tuvo como objetivo conocer y describir las diversas funciones que presenta la CCA aplicado como material de la construcción, empleando una metodología descriptiva para obtener la información científica necesaria sobre la utilización de CCA en la producción más limpia de productos de la construcción adoptando tres procesos esenciales para lograr lo más confiable, las cuales fueron la recopilación, selección y evaluación de la literatura, obteniendo así como resultados que, la adición del 10% y el 20% de cenizas de cascarilla de arroz mejora propiedades de ingeniería a largo plazo en la construcción, además de permitir la reutilización de un material de desecho que muchas veces son eliminados generando un mayor índice de contaminación. Se concluyó que la incorporación de cenizas de cascarilla de arroz (CCA), permite la estabilización de suelos, tratamiento de la subrasante por presentar propiedades físicas, químicas y mineralógicas buenas.

Suraj, Priyantha, Sanjaya, & Branimir (2018), en su artículo científico: “Stabilization of highly expansive soils containing sulfate using metakaolin and fly ash based geopolymer modified with lime and gypsum” de la Revista “ELSEVIER Transportation Geotechnics” en United States.

Tuvo como objetivo evaluar suelos expansivos con sulfato haciendo uso de metacaolín y geopolímero a base de cenizas volantes modificado con yeso y cal, empleando una metodología descriptiva que tuvo como fin evaluar el comportamiento y cambios en sus diversas propiedades del suelo con estas adiciones, obteniendo como resultados del estudio que se observó que los aditivos incorporados estuvieron en un rango de 6.0 a 9.5% en peso del geopolímero. Finalmente, se llegó a la conclusión que los estabilizadores tradicionales como el cemento y cal que son ricos en calcio son ineficaces para el control del comportamiento de hinchamiento y contracción de estos suelos debido a la formación del mineral expansivo ettringita.

Anjani, Kumar & Kishor (2017), en su artículo científico “Stabilization of alluvial soil for subgrade using rice husk ash, sugarcane bagasse ash and cow dung ash for rural roads” de la Revista “Science Direct” en India.

Tuvo como objetivo estabilizar el suelo subterráneo haciendo empleo de diversos materiales como cenizas cascarilla de arroz (CCA), bagazo caña de azúcar (SCBA) y cenizas estiércol de vaca (CDA), empleando la metodología experimental, obteniendo como resultados que, al agregar diferentes cenizas en el suelo, el índice de plasticidad disminuye con un aumento en la proporción de cenizas del 2.5% al 12.5%. El porcentaje disminuye en el índice de plasticidad del suelo de 13 a 24, de 16.8 a 50 y de 13 a 52.4 para suelos estabilizados con CCA, SCBA y CDA, respectivamente. Finalmente, se llegó a la conclusión que punto máximo que muestra un contenido óptimo de cenizas es el 7.5% de adición, mostrando de manera significativa una mejora en su CBR, UCS y que incluso pueden ser capaces de controlar el cambio de su volumen.

Matute (2016), en su investigación: “Comparación técnico económica del uso de bases granulares y bases estabilizadas con cemento, para diversos casos de tráfico, con y sin capa de rodadura, para nuestro medio”, de la Universidad Católica del Ecuador.

Tuvo como objetivo el economizar estabilizaciones del subsuelo de la región Costa, empleando cemento para generar beneficios considerables, empleando la metodología

descriptiva, obteniendo como resultados que económicamente es más conveniente emplear material de la misma zona de trabajo sin hacer importaciones de materiales clasificados como en el caso de las canteras. Finalmente, llegando a la conclusión que la base que fue estabilizada con cemento presentó diversas ventajas en su capacidad portante, además de una buena resistencia de la estructura en sí del pavimento.

Sánchez (2014), en su investigación: “Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector Calcical del Cantón Tosagua, provincia de Manabí”, de la Universidad Católica del Ecuador.

Esta tesis presentó como objetivo estabilizar suelos que son expansivos mediante la adición de cemento y cal en el sector Calcical en Manabí, empleando la metodología experimental, obteniendo como resultados que las arcillas presentaron alta plasticidad, optando se esta manera optar un 7% y 9% de cemento como estabilizante. Se concluyó que el incremento de estos porcentajes de cemento, reduce el índice de plasticidad de un suelo, disminuyendo en un 11.5% y 36% respectivamente para cada adición de cemento.

Rahman (2011), en su artículo científico: “Instability Behaviour for Sandy Soils”, de la Revista “Geo-Frontiers” en Australia.

Tuvo como objetivo identificar y explicar el comportamiento que presenta los suelos inestables, empleando la metodología descriptiva, obteniendo como resultados que el enfoque de predicción permite determinar que la correlación única para los puntos de datos SS para arenas con presencia de finos, se puede usar para definir parámetro de estado granular equivalente para suelos arenosos. Finalmente, se concluyó que las bases de datos utilizadas en este estudio son esencialmente para finos no plásticos a finos, y uno no debe extrapolar los hallazgos a finos plásticos.

1.2.2. Ámbito nacional.

Becerra y Herrera (2019), en su tesis: “Estabilización de arcillas, arenas y afirmados, empleando los cementos Pacasmayo, Mochica y Qhuna en Lambayeque en el año 2018”, de la Universidad Señor de Sipán.

Tuvo como objetivo estabilizar arcillas, arenas y afirmados, planteando proporciones de los cementos Pacasmayo, Mochica y Qhuna en Lambayeque al periodo 2018. Obteniendo como resultados, que las arenas no presentaron un rango más favorable de adición para la estabilización, puesto que, a más porcentaje de adición, incrementaba la

resistencia, cumpliendo hasta con 7% la resistencia mínima bajo el MTC (18kg/cm²), las arcillas de Monsefú 2 obtuvo un porcentaje de estabilización entre el rango de 7% al 16%, mientras que Pomalca y Ferreñafe 2 presentó un rango de 7% al 13%. En el caso de los afirmados, se definió un rango igual al aplicado en las arcillas para la adecuada estabilización de suelo cemento, cumpliendo de esta manera con la resistencia mínima de 18 kg/cm². Llegando a la conclusión que el cemento Qhuna presentó mejor condición en su resistencia a la compresión en comparación con los cementos y Mochica, determinando así que el cemento Qhuna brinda mejores propiedades mecánicas a un suelo.

Cajaleon y Mondragón (2018), en su investigación: “Estabilización de suelos arcillosos agregando cenizas de cáscaras de arroz para la subrasante en el km+ 17 Pimpingos, Choros 2018”, de la Universidad César Vallejo en Lima.

Esta investigación presentó como objetivo evaluar el uso de cenizas de arroz en suelos arcillosos en la subrasante del km+ 17 Pimpingos, Choros 2018, empleando la metodología experimental. Obteniendo como resultados de suelos arcillosos con la adición del 10% y 15% de cenizas de cascarilla de arroz, se logró obtener valores de CBR de 8.5% y 10.3% clasificándose, como un suelo regular para subrasante. Además, se logró obtener un índice de plasticidad de 13%, un contenido de humedad de 9.4% y una máxima densidad seca del terreno de 2.006 gr / cm³. Finalmente, se concluyó que la dosificación más óptima fue aquella que obtuvo un valor de 10.3% en su CBR, la cual fue el suelo con adición del 15% de cenizas de cascarilla de arroz.

Salas (2017), en su tesis: “Estabilización de suelos con adición de cemento y aditivo terrasil para la mejora de la base del km 11+000 al km 9+000 de la carretera Puno- Tiquillaca- Mañazo”, de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez en Juliaca.

Tuvo como objetivo el estabilizar suelos de la carretera con cemento portland ASTM P y aditivo Terrasil con la finalidad de mejorar la base del km 11+000 al km 9+000 de la carretera, empleando la metodología descriptiva. Obteniendo como resultados, que la adición de cemento en 4% brindó valores óptimos cumpliendo los recomendados por el MTC, mientras que la incorporación del aditivo terrasil, obtuvo resultados mayores a los sugeridos por el MTC. Llegando a la conclusión que la incorporación del aditivo terrasil brinda mejores propiedades al suelo en comparación al suelo, pese a ellos, ambos métodos

de estabilización resultan exitosos por cumplir los parámetros recomendados para obtener un suelo de buena calidad.

Mamani y Huaranca (2013), en su artículo de investigación: “Estabilización de suelos con fines de pavimentación, mediante el uso de polímeros reciclados”, de Universidad Nacional del Centro del Perú en Huancayo.

La presente investigación tuvo como objetivo general realizar un estudio de canteras con la adición de polímeros reciclados, empleando una metodología descriptiva. Teniendo como resultados que los suelos arenosos estudiados tiene importante presencia de arcilla, la cual tiene 25% de material fino. Llegando a la conclusión la incorporación de polímeros reciclados permite el incremento de su CBR en un promedio de 28%, mejorando así sus propiedades del suelo analizado de las canteras elegidas.

1.2.3. Ámbito local.

No existen investigaciones similares ni relacionadas a la estabilización de suelos arenosos con *Oryza sativa* (arroz) a nivel local. Por ello, se considera de total importancia el impulso que genera esta investigación hoy en día en el distrito de Lambayeque, al permitir desarrollar una nueva propuesta de estabilización económica y ecológica, beneficiando así no solo a una sociedad sino también a nuestro medio ambiente, con la reducción de estas cenizas de cascarilla de arroz.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Suelo.

1.3.1.1. Definición.

El suelo es considerado una capa de material sobre la corteza terrestre que proviene de alguna desintegración de rocas o alteración química, física como producto de las diversas actividades del ser humano sobre esta misma (Crespo, 2004).

Según Cañar (2017), el suelo es todo aquello generado por la meteorización de las rocas; es decir, la descomposición física y química de estas dan como resultado lo que llamamos suelo.

1.3.1.2. Clasificación del suelo.

1.3.1.2.1. Sistema SUCS.

Este sistema de clasificación, se caracteriza por presentar su clasificación de suelos mediante grupos de símbolos, como GW, GP, CL, SW, SC, GC, CH, MH, ML, PL, entre otras.

Es indispensable tener en cuenta la granulometría y plasticidad que presente el tipo de suelo evaluado para poder clasificar este mismo mediante el Sistema SUCS.

DIVISION MAYOR	GRUPO SIMBOLOS	DESCRIPCION	CRITERIO DE CLASIFICACION DEL LABORATORIO			
SUELOS DE GRANO GRUESO Mas de la mitad del material es mayor que el tamiz N° 200	GRAVAS (Mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 4)	GRAVA LIMPIA (Poco o ningún finos)	$C_u = \frac{D_{60 \text{ mayor que } 4}}{D_{10}}$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ entre 1 y 3 No reúne los requisitos de granulometría para GW			
		GRAVA CON FINAS (Apreciada cantidad de finos)				
		GP				
		GW				
	ARENAS (Mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 40)	ARENA LIMPIA (Poco o ningún finos)	SW	$C_u = \frac{D_{60 \text{ mayor que } 6}}{D_{10}}$ $C_c = \frac{(D_{10})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ entre 1 y 3 No reúne los requisitos de granulometría para SW		
			SP			
		ARENA CON FINOS (Apreciada cantidad de finos)	SM			
			SC			
		SUELOS DE GRANO FINO Mas de la mitad del material es menor que el tamiz N° 200	LIMO Y ARCILLA (Limite líquido es mayor de 50)		ML	Limites de Atterberg bajo la línea "A" o I.P. menor de 4 y 7, estamos en un caso "limite", y usarse los dos símbolos
					CL	
SUELOS DE GRANO FINO Mas de la mitad del material es menor que el tamiz N° 200	LIMO Y ARCILLA (Limite líquido es menor de 50)	OL	Limites de Atterberg sobre la línea "A" o I.P. mayor 7			
		MH				
		CH				
		OH				
		PL				
		PT				

Figura 1: Clasificación SUCS

Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones MTC, 2013)

A continuación, se podrá visualizar los signos para perfil de calicatas según la clasificación SUCS:

	Gravas bien mezcladas, grava con poca o nada de material fino, variación en tamaños granulares.		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy baja.
	Grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poca nada de material fino.		Arenas arcillosas, mezclas de arena-arcillosa.
	Gravas limosas mezclas de grava arena limosa.		Limas orgánicas y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas o limas arcillosas con ligera plasticidad.
	Gravas arcillosas, mezclas de grava-arena-arcilla grava con material fino cantidad apreciable de material fino.		Arcillas inorgánicas de plasticidad baja o mediana, arcillas grava, arcillas arenosas, arenas limosas, arcillas finas.
	Arena bien graduada, arena con grava, poca o nada de material fino. Arenas limosas poca o nada, amplia variación en tamaño granulares y cantidades de partículas en tamaño intermedios.		Limas orgánicas y arcillas limosas orgánicas, baja plasticidad.
	Arena mal graduada con grava poca o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias.		Limo inorgánicas suelos finos granosos o limosos, micáceos o diatomáceos, limas esléicos.

	Arcillas inorgánicas de elevada plasticidad, arcillas grasosas.
	Arcillas orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limos orgánicos.
	Turba, suelos considerablemente orgánicos.

Figura 2: Símbolos y su clasificación según sistema SUCS

Fuente: (MTC, 2013)

1.3.1.2.2. Sistema AASHTO.

El sistema de clasificación AASHTO, se caracteriza por presentar su clasificación de suelos mediante grupos y subgrupos, como se pueden visualizar en la siguiente figura.

Clasificación General	Suelos Granulares ($\leq 35\%$ pasa 0,08 mm)						Suelos Finos ($> 35\%$ Bajo 0,08 mm)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Sub-Grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6*	A-2-7*				A-7-5** A-7-6**
2 mm	≤ 50										
0,5 mm	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
0,08 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35				36			
W _L				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
IP	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Descripción	Gravas y Arenas		Arena Fina	Gravas y Arenas Limosas Arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
	** A-7-5: $IP \leq (W_L - 30)$						** A-7-6: $IP > (W_L - 30)$				
	Si el suelo es NP \rightarrow IG = 0; Si IG < 0 \rightarrow IG = 0										

Figura 3: Clasificación AASHTO

Fuente: (MTC, 2013)







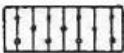






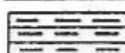

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A-1-a		A-5
	A-1-b		A-6
	A-3		A-7-5
	A-2-4		A-7-6
	A-2-5		MATERIA ORGANICA
	A-2-6		ROCA SANA
	A-2-7		ROCA DESINTEGRADA
	A-4		

Figura 4: Simbología y clasificación según AASHTO

Fuente: (MTC, 2013)

1.3.1.3. Propiedades fundamentales del suelo.

1.3.1.3.1. Granulometría.

Esta es una propiedad que representa la distribución de distintos tamaños que presentan los agregados mediante un correcto tamizado, logrando así estimar con aproximación sus propiedades del suelo de interés (Rocci, 2012).

Tiene como objetivo el determinar la proporción de sus diversos elementos constituyentes que pueden ser clasificados según su tamaño, como se puede visualizar en la siguiente tabla.

Tabla 1:
Clasificación de suelo según el tamaño de su partícula

Tipo de material	Tamaño de las partículas
Grava	75 mm – 4.75 mm
Arena	Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
	Arena media: 2.00mm – 0.425mm
	Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Limo	0.075 mm – 0.005 mm
Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: (MTC, 2013)

1.3.1.3.2. Plasticidad.

Esta es una propiedad que representa la estabilidad a los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por ello, esta depende solo de los elementos finos.

Tabla 2:
Clasificación de suelo según su índice de plasticidad

Índice de plasticidad	Plasticidad	Características
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP ≤ 20	Media	Suelos arcillosos
IP > 7		
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0 N	No plástico (NP)	Suelos extentos de arcilla

Fuente: (MTC, 2013)

1.3.1.3.3. Humedad natural.

Esta es una propiedad de total importancia de los suelos; ya que, la resistencia de de la subrasante, específicamente de finos, asociándose con sus propiedades de densidad y humedad de estos.

1.3.1.3.4. Clasificación de los suelos.

Se pueden asociar los suelos mediante los dos tipos de clasificación existentes como AASHTO y SUCS, siendo posible la estimación con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, su granulometría, plasticidad e índice de grupo.

Tabla 3:
Correlación de tipos de suelos AASHTO y SUCS

Clasificación de suelos AASHTO	Clasificación de suelos SUCS
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: (MTC, 2013)

1.3.1.3.5. Ensayos de CBR.

Este ensayo representa la resistencia del suelo o valor soporte referido al 95% de la Máxima Densidad Seca (MDS) y a una penetración de carga de 2.54 mm.

A continuación, se puede visualizar las categorías que presenta la subrasante con respecto al valor CBR obtenido.

Tabla 4:
Correlación de tipos de suelos AASHTO y SUCS

Clasificación de suelos AASHTO	Clasificación de suelos SUCS
S0: Subrasante inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante pobre	De CBR \geq 3% A CBR < 6%
S2: Subrasante regular	De CBR \geq 6% A CBR < 10%
S3: Subrasante buena	De CBR \geq 10% A CBR < 20%
S4: Subrasante muy buena	De CBR \geq 20% A CBR < 30%
S5: Subrasante excelente	CBR \geq 30%

Fuente: (MTC, 2013)

1.3.2. Estabilización.

1.3.2.1. Definición.

Esta es una técnica que tiene como finalidad de generar modificaciones en las características de un suelo, agregando un conglomerante sea cemento y/o cal (Becerra y Herrera, 2019).

Según Azilah, Byung-Tae, Hyeop-Jo, & Kyoung-Woong (2018) afirman que “la estabilización del suelo es una técnica correctiva que reduce la exposición del ambiente del suelo a los contaminantes del suelo. Su eficacia puede evaluarse determinando si la disponibilidad ambiental de un contaminante disminuye después del tratamiento” (p.447).

La estabilización de suelos se aplica con el único fin de mejora vial, convirtiéndose así está en una técnica como alternativa ambiental, funcional y económico favoreciendo la utilización de este suelo para la construcción (Rodríguez y Hidalgo, 2012). Los suelos que deben ser estabilizados son los suelos con granos finos, siendo su comportamiento, aquel que depende en gran medida de las variaciones del contenido de humedad (Carrasco, 2017).

Fazal-E, Yongfu, Babak & Shazim (2020) afirman que, si las partículas de arcilla en tales suelos tienen contacto con agua, debido a su naturaleza expansiva, genera un gran problema en este tipo de suelos, denominándose, suelos hinchados o suelos expansivos.

La estabilización de suelos es un procedimiento que permite la mejora de condiciones y características de un tipo de suelo en específico (Ordoñez y Castro, 2016).

1.3.2.2. Consideraciones para la estabilización.

Las consideraciones que se deben tomar en cuenta para llevar a cabo una estabilización, son las siguientes:

- Presencia de un suelo con subrasante muy arenoso o muy arcilloso, refiriéndose así a condiciones muy desfavorables (Fuhai, Lei & Wangxi, 2019).
- Materiales para base o subbase con características al límite de sus especificaciones del proyecto planteado (Fuhai et al., 2019).
- Sus condiciones de humedad es una condición relevante para tomar la decisión de estabilizar el suelo (Ravines, 2010).

Según el MTC (2013), aquellos factores que son tomados en consideración para selección del mejor método, como se puede mencionar a continuación:

- Tipo de suelo en el área de estudio.
- Tipo de obra que se propone realizar.
- Tipo de aditivo estabilizador del suelo.
- Personas con la experiencia necesaria en la estabilización elegida.
- Disponibilidad del equipo adecuado.
- Disponibilidad del aditivo o material elegido para estabilización.
- Estabilización eficiente y económica.

1.3.2.2.1. Criterios geotécnicos de estabilización

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013), considera relevante detallar los criterios geotécnicos necesarios para llevar a cabo una estabilización. Los criterios determinados son los siguientes:

1. Para suelos que presenten un valor CBR menor al 6%, se considera una subrasante pobre o inadecuada para la construcción (MTC, 2013).
2. La capa de la subrasante sea limosa o arcillosa, presenta una característica que puede perjudicar a las capas granulares del pavimento, debido que, al humedecerse,

estas partículas pueden penetrar y contaminar las capas de una estructura. Por ello, debe proyectarse una capa de material anticontaminante con un espesor mínimo de 10 cm, geotextil u otra solución (MTC, 2013).

3. En caso de tratarse de una subrasante pobre e inadecuada, se requiere 1.00 m. y 1.20 m. respectivamente. A diferencia de tratarse de una subrasante muy buena y buena, se requiere como mínimo 0.60 m. y 0.80 m. (MTC, 2013).
4. El tipo de estabilización más óptimo debe determinarse principalmente por el tipo de suelo a estabilizar, en este caso de encontrarse suelos arcillosos, limosos, y arenas arcillosas o limosas (MTC, 2013).

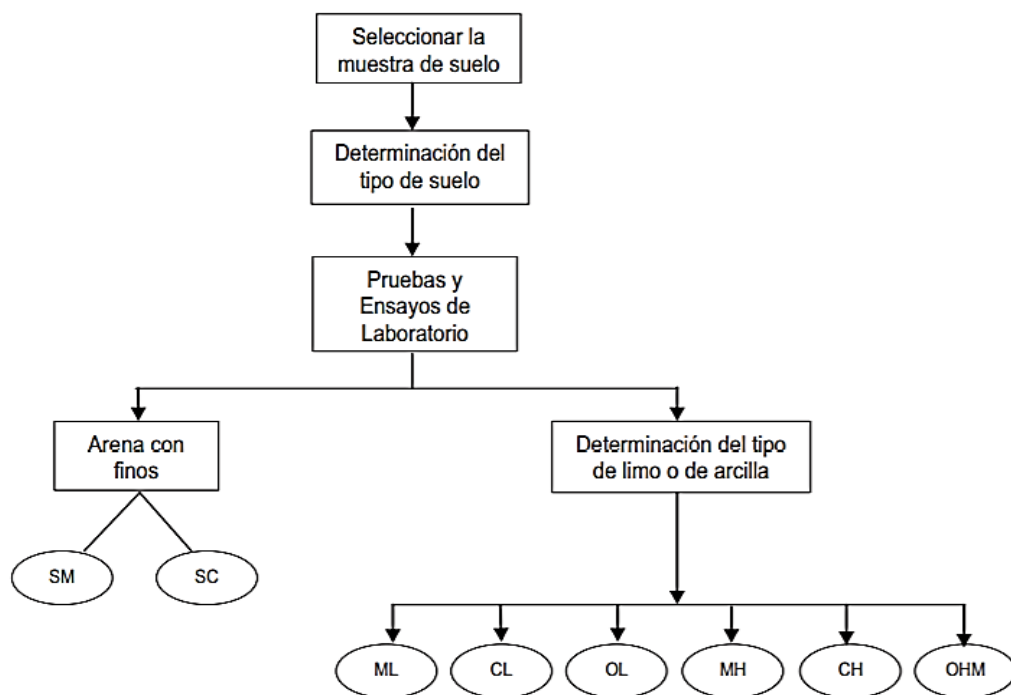


Figura 5: Proceso para la identificación de los suelos

Fuente: (MTC, 2013)

1.3.3. Residuos sólidos

Adedokun & Oluremi (2019) afirma que:

“La necesidad de lograr la reducción de la cantidad de desechos para mantener el medio ambiente seguro y el alto costo de los estabilizadores del suelo ha llevado a estudios continuos sobre la utilización económica de las cenizas de los desechos para mejorar las propiedades de ingeniería del suelo. Además del alto costo, la producción de algunos estabilizadores de base industrial como el cemento constituye una amenaza mayor para la capa de ozono” (p.63).

La generación de residuos sólidos ha incrementado considerablemente y de manera muy rápida con la llegada de máquinas y diversos procesos industriales. Existen diversos tipos de desechos sólidos, las cuales pueden ser clasificados según su fuente de generación a desechos industriales, domésticos, agrícolas y minerales (Sabat & Pati, 2014).

Hoornweg & Bhada-Tata (2012) afirma que “en todo el mundo, las ciudades generan alrededor de 1.300 millones de toneladas de desechos sólidos por año, y se espera el incremento a 2.200 millones de toneladas para el año 2025”.

1.3.4. Oryza Sativa.

1.3.4.1. Definición.

Sierra (2009) manifiesta que “el arroz, forma parte de un grupo de 19 especies de hierbas anuales de la familia de las Gramíneas, siendo esta la más común y la única especie permitida para consumo humano”.

En los últimos años, la producción de arroz ha ido en aumento en el Perú. Teniendo a nivel nacional, 631 molinos, siendo el 56% de estos ubicados en la costa. Dentro de sus principales regiones productoras del mismo, tiene a Lambayeque representando el 16% de la producción total MINAGRI (2010).

1.3.4.2. Ceniza de cascarilla de arroz.

1.3.4.2.1. Definición.

Castro (2017) afirma que “la ceniza es el producto de la incineración o incendio de materiales, que pueden ser orgánicas o inorgánicas” (p.54). Gran parte de esta ceniza permanece en forma de polvo en el lugar de la combustión y otra parte de esta es expulsada en forma de humo.

1.3.4.2.2. Características.

Las cenizas de cascarilla de arroz son residuos provenientes del grano de arroz o semilla de la planta *Oryza Sativa*, la cual pertenece a la familia de los poáceas o gramíneas. La cascara de arroz es una cubierta y forma parte del 20% del peso del grano de arroz, las cuales cuando pasan el proceso de incineración, estas se convierten en cenizas presentando un color gris oscuro debido a la consecuencia de la combustión y en caso de presentar un color negro oscuro es debido a un alto contenido de carbón (Castro, 2017).

La cascara de arroz es una sustancia que presenta un 20% de contenido de sílice, y por este motivo el proceso de combustión presenta un grado considerable de dificultad y en condiciones naturales resulta ser muy baja su biodegradabilidad (Cajaleon y Mondragon, 2018).

Tabla 5:
Componentes químicos de cáscaras de arroz

Componentes	%
Carbono	39.10
Hidrógeno	5.20
Nitrógeno	0.60
Oxígeno	37.20
Azufre	0.70
Cenizas	17.8

Fuente: (Cajaleon y Mondragon, 2018).

Tabla 6:
Propiedades de la CCA

Propiedades	Valor
Densidad (kg/m ³)	2665
Masa unitaria compactada (kg/m ³)	452
Masa unitaria suelta (kg/m ³)	181
Superficie específica (m ³ /kg)	2000

Fuente: (Peña y Zambrano, 2001).

Tabla 7:
Propiedades de la CCA

Propiedades	Valor
Densidad (kg/m ³)	2665
Masa unitaria compactada (kg/m ³)	452
Masa unitaria suelta (kg/m ³)	181
Superficie específica (m ³ /kg)	2000

Fuente: (Peña y Zambrano, 2001).

Tabla 8:
Composición química de la ceniza de cáscara de arroz

Componentes	%
Ceniza de sílice (SiO ₂)	94.10
Oxido de calcio (CaO)	0.55
Oxido de magnesio (MgO)	0.95
Oxido de potasio (K ₂ O)	2.10
Oxido de sodio (Na ₂ O)	0.11
Sulfato	0.06
Cloro	0.05
Oxido de titanio (TiO ₂)	0.05
Oxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	0.12
Otros componentes	1.82

Fuente: (Peña y Zambrano, 2001).

1.3.4.2.3. *Proceso de obtención de CCA.*

Según MINAGRI (2003), afirma que para la obtención de cenizas de cascarilla de arroz involucra determinadas transformaciones desde el inicio en el cultivo de arroz, cosecha, trilla, secado de semillas, pre- limpieza, selección de las semillas y embolsado.

- *Cosecha:* Las chacras de arroz se drenan cuando la cáscara de arroz ha tomado un color amarillento y se cosecha el 85% de los granos que están totalmente maduros (MINAGRI, 2013). Existen dos tipos de cosechas, una manual y mecanizada, esta primera, se realiza con una hoz de 10 a 15 cm del suelo, siendo los tallos colocados en filas para su secado al sol. Mientras que las cosechas mecanizadas se dan mediante cosechadoras autopropulsadas de oruga con un rendimiento de 4 a 5 hectáreas por día.
- *Trilla:* Esta es la acción de golpear las plantas cortadas en costales de aserrín con la finalidad de separar granos con las ramas (MINAGRI, 2013). Este procedimiento solo se realiza en caso de haber sido cosechado manualmente.
- *Secado de semillas:* El secado es un proceso realizado en dos fases con la finalidad de cristalización de los granos. Este procedimiento debe ser muy lento, ya que la humedad da lugar a la aparición de microorganismos y con mucho calor estos granos pueden sufrir diversas quebraduras (MINAGRI, 2013, p.15).
- *Pre- limpieza:* Este es el procedimiento mediante el cual se separan tallos, hojas, tierras, piedras, entre otros materiales para así no dificultar las semillas (MINAGRI, 2013, p.15).
- *Descascarado o pilado:* Este procedimiento se realiza en los molinos, donde se separan los granos de la cascara. Estos granos son recogidos en sacos para otra selección.
- *Selección de semillas:* Se realiza mediante flujo de aire o máquinas de aire que tienen la finalidad de separar los granos malformados, menor peso para realizar el pulimiento y blanqueado de los granos (MINAGRI, 2013).
- *Embolsado:* Este procedimiento es el final, que, en costales limpios de polipropileno con un peso específico, son envasados con un peso de 50 kg.

Se puede determinar en general, que estas cenizas son obtenidas a una temperatura aproximadamente de 600 °C a 800 °C, después de haber pasado un proceso de calcinación, esta misma es apilada para ser llevado a botadero o recolectada para su reutilización (Nuñez, 2018).

1.4. Formulación del problema

¿De qué manera las cenizas de Oryza Sativa estabiliza suelos arenosos del Pueblo Joven Las Dunas de la ciudad de Lambayeque?

1.5. Justificación e importancia del estudio

1.5.1. Justificación técnica.

Mediante la incorporación de cenizas de Oryza Sativa o cenizas de cascarilla de arroz en un suelo arenoso, esta investigación pretende evaluar el comportamiento que genera esta incorporación en un suelo de condiciones desfavorables, obtener mejores resultados en sus propiedades mecánicas de un suelo en específico, en este caso del Pueblo Joven Las Dunas del distrito de Lambayeque. Por ello, se considera que esta investigación tiene como finalidad brindar un nuevo método de estabilización con diversas características, pero con el mismo objetivo de brindar mejores condiciones al suelo para así se convierta apto para la construcción.

1.5.2. Justificación socio - económica.

La presente investigación tiene un gran impacto socio- económico, justificándose al cubrir una necesidad para la población de contar con suelos aptos para sus construcciones tradicionales, además de brindarles una opción de estabilizar con estos residuos agroindustriales, convirtiéndose así en un método de estabilización económico y al alcance de todos.

1.5.3. Justificación ambiental.

El estabilizar suelos con la adición de este material, no solo genera un impacto en beneficio de sus propiedades del suelo, sino presenta un beneficio ambiental, al reutilizar estas cenizas de cascarilla de arroz que son residuos agroindustriales que generan un impacto negativo considerable en nuestro medio ambiente y que puede cumplir una mejor función al determinar si mejora sus propiedades mecánicas de los suelos arenosos en Lambayeque.

1.6. Hipótesis

Las cenizas de Oryza Sativa mejoraría las propiedades mecánicas de suelos arenosos del Pueblo Joven Las Dunas de Lambayeque.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General.

Evaluar el uso de cenizas de Oryza Sativa para la estabilización de suelos arenosos en el Pueblo Joven Las Dunas del distrito de Lambayeque- Lambayeque.

1.7.2. Objetivos Específicos.

1. Determinar las propiedades físicas del suelo arenoso del Pueblo Joven Las Dunas del distrito de Lambayeque.
2. Diagnosticar las propiedades mecánicas del suelo arenoso natural del Pueblo Joven Las Dunas del distrito de Lambayeque
3. Identificar las propiedades mecánicas del suelo arenoso con porcentajes de adición de cenizas de Oryza Sativa en el Pueblo Joven Las Dunas del distrito de Lambayeque.
4. Establecer el porcentaje más óptimo de la incorporación de cenizas de Oryza Sativa en suelos arenosos del P.J. Las Dunas

II. Material y Método

2.1. Tipo y diseño de investigación

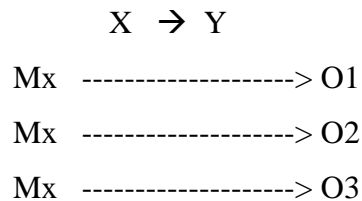
2.1.1. Tipo de investigación.

Esta investigación se considera de tipo Experimental, debido a ser necesario llevar a cabo una verificación de hipótesis planteada, basada a una suposición, manipulando variables que permita la demostración de la misma causa- efecto en el comportamiento de otras variables presentes en la investigación (Borja, 2012). En este caso, se basa en la incorporación de cemento tipo I y residuos sólidos de *Oryza Sativa* con la finalidad de estabilizar suelos en el Pueblo Joven Las Dunas del distrito de Lambayeque.

Además se considera una investigación Descriptiva, puesto que se va a basar en la recolección de información general y específica, detallando la realidad de esta zona elegida para llevar a cabo la investigación, con la finalidad de brindar las características más importantes que servirá durante la ejecución del proyecto (Bernal, 2010).

2.1.2. Diseño de investigación.

El diseño experimental que presenta esta investigación, se puede visualizar a continuación:



Donde:

Mx: Muestra

X: Variable Dependiente

O1,2,3: Estabilización de suelos arenosos con 3%, 5%,7% y 9% de ceniza de *Oryza sativa*.

2.2. Variables y operacionalización

2.2.1. Variables Independiente (V.I)

Ceniza de *Oryza sativa* (arroz)

2.2.2. Variables Dependiente (V.D)

Estabilización de suelos arenosos

2.2.3. Operacionalización.

Tabla 9:

Operacionalización de la V.I.

Variable Independiente	Dimensión	Indicador	Criterio	Escala
Ceniza de <i>Oryza sativa</i> (Arroz)	Cantidad de ceniza de <i>Oryza sativa</i> (arroz)	3%	Material de investigación para el mejoramiento de propiedades de un suelo arenoso	Ordinal
		5%		
		7%		
		9%		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10:
Operacionalización de la variable dependiente

Variable Dependiente	Dimensión	Indicador	Criterio	Escala
Suelos arenosos	Propiedades físicas de suelos	Análisis granulométrico Clasificación del suelo SUCS y AASHTO	Las propiedades físicas de los suelos permiten su clasificación, entre otras características físicas de estos mismos, como su color, textura, índice de plasticidad, entre otros.	Ordinal
		Contenido de humedad		
		Límites de Atterberg		
	Propiedades mecánicas de suelos	Proctor Modificado / Proctor Estándar	Las propiedades mecánicas del suelo permiten evaluar su valor de la relación de soporte, su compactación, entre otras características propias del suelo con y sin adiciones de ceniza de <i>Oryza Sativa</i>	Ordinal
		CBR (Relación de soporte de California)		

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población.

Se denomina población a un grupo de elementos que son motivo de estudio en general, siendo esta en total extensa y costosa para un estudio (Borja, 2012). Por ello, se considera como población a los suelos del Pueblo Joven Las Dunas de la distrito y provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque, por ser variable de estudio.

2.3.2. Muestra.

La muestra es la unidad del objeto de estudio en una investigación o subgrupo representativo de la población que presentan características exactamente iguales (Borja, 2012).

En este proyecto, toma en consideración como muestra a los suelos arenosos del P.J. Las Dunas- Lambayeque, realizando 4 calicatas por km de estudio.

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

2.4.1. Técnicas.

- **Observación:** La observación es una técnica básica e inicial para llevar a cabo la recolección de datos, específicamente de las características generales que se pueden visualizar en la zona de estudio, siendo necesario así detallar aspectos más relevantes que pueden influenciar en el procesamiento futuro de los resultados (Bernal, 2010).
- **Ensayos para EMS:** Estas son técnicas estandarizadas bajo las Normas Técnicas Peruanas existente y actualizadas, de manera que se busca cumplir cada norma, con la finalidad de obtener datos reales y correctos de las características y propiedades de un suelo (Borja, 2012).

2.4.2. Instrumentos.

- **Ficha de observación:** La ficha de observación es un instrumento que se basa a realizar apuntes en una hoja de las características o datos relevantes durante reconocimiento de terreno hecho inicialmente por el investigador (Bernal, 2010).

- Formato de cada ensayo normado del suelo: Estos son instrumentos utilizados durante los ensayos de suelos, para conocer sus propiedades, es importante considerar que el procedimiento y cálculo de cada ensayo debe cumplir cada formato bajo los lineamientos de las Normas Técnicas Peruanas existentes (Borja, 2012).

2.5. Procedimiento de análisis de datos

2.5.1. Diagrama de flujo de procesos.

El diagrama de flujo de procesos es una etapa del análisis de datos de suma importancia, puesto que permite mostrar el trabajo que se realizará para obtener los resultados deseados y así la demostración de la hipótesis planteada.

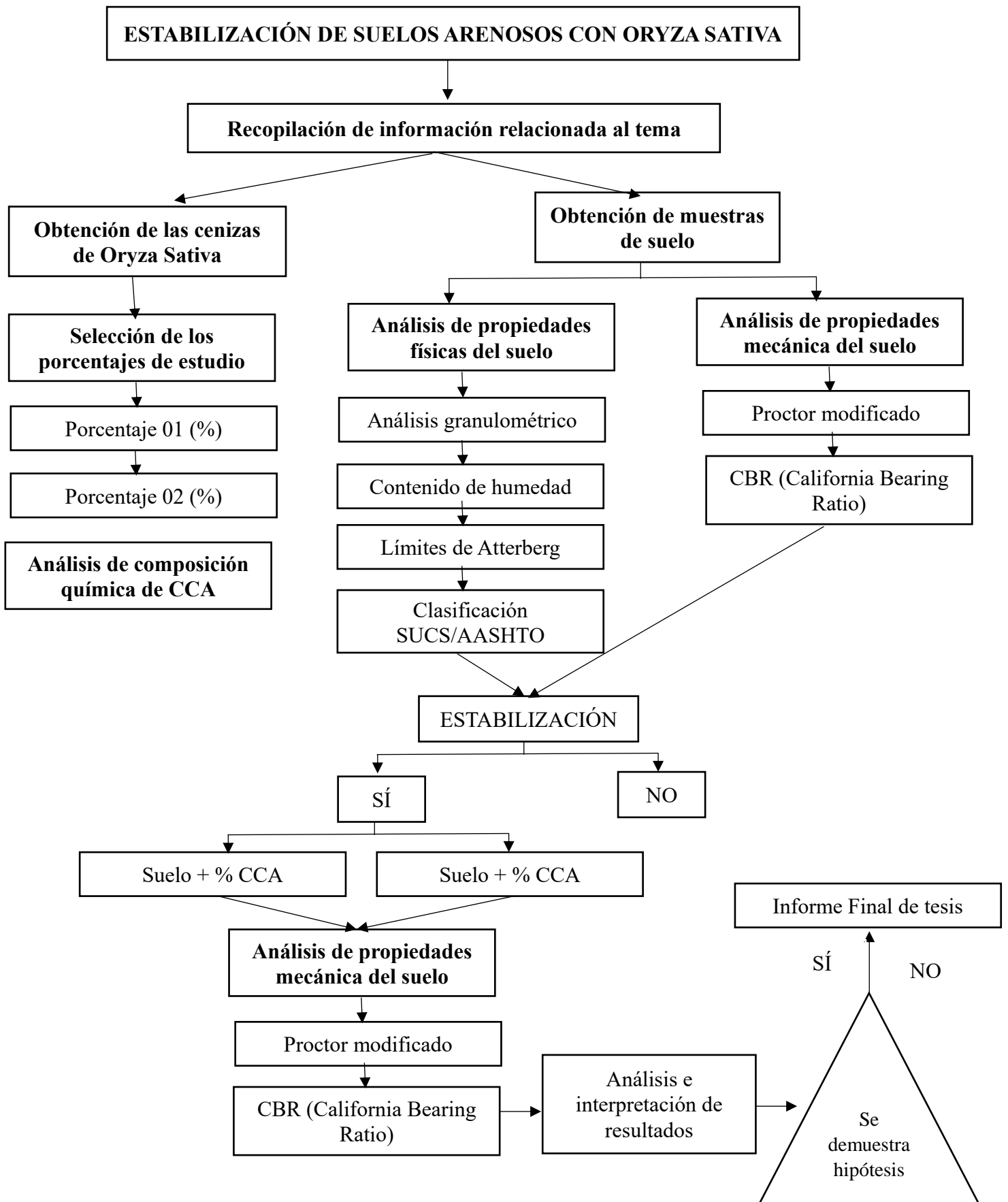


Figura 6: Diagrama de flujo de procesos

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2. Descripción de procesos.

2.5.2.1. Obtención de los materiales.

- Las muestras de suelos para el presente estudio fueron extraídas del Pueblo Joven Las Dunas de la ciudad de Lambayeque.



Figura 7: Muestras de suelo
Fuente: Elaboración propia.

- El material *Oryza Sativa* fue obtenido en forma de residuo agroindustrial, como cenizas de cascarilla de arroz (CCA) de la Empresa Agroindustrial.



Figura 8: Cenizas de cascarilla de arroz
Fuente: Elaboración propia.

2.5.2.2. *Ensayo de Mecánica de Suelos.*

2.5.2.2.1. *Propiedades físicas de los suelos.*

A. Granulometría

Normatividad

El ensayo se realiza el análisis granulométrico por tamizado y por sedimentación de los suelos, pudiendo efectuarse en forma combinada con uno de los métodos indicados en la Norma Técnica Peruana 339.128.

Equipos y herramientas

- Balanza de sensibilidad de 0,01 g.
- Tamices necesarios para el ensayo.
- Un horno.

Procedimiento

Primero, se procedió a separar las porciones retenidas en los diferentes tamices que ha sido efectuado con un movimiento vertical y lateral del tamiz acompañado junto a un golpeteo (NTP 339.128, 2014).



Figura 9: *Separación de porciones retenidas*

Fuente: Elaboración propia.

Segundo, se pesaron todas las porciones con la balanza, y verificando que la suma total deba ser igual a la masa original (NTP 339.128, 2014).

Finalmente, se tomó nota de los pesos obtenidos para su procesamiento.

B. Límite líquido y plástico

Normatividad

El ensayo es un método es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación que tiene como finalidad caracterizar las fracciones de grano fino de suelos, basándose en la NTP 339.129.

Equipos y herramientas

- Copa de bronce con un peso, manubrio entre 185 y 215 gr.
- Base de caucho con dureza del durómetro de 80 a 90.
- Soporte, con la finalidad que ajuste y sea seguro de la altura de caída de la copa hasta de 10 mm.
- Acanalador hecho de metal o plástico no corrosible, con las dimensiones necesarias.
- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Calibre metálico para ajustar la altura de la caída de la copa.
- Tamiz N° 40
- Placa de vidrio pulido cuadrado de 30 cm de lado y 1 cm de espesor.
- Espátula con dimensiones necesarias.
- Horno.
- Agua destilada o desmineralizada.
- Recipientes de base circular plana, con una profundidad de 7.6cm y diámetro ligeramente mayor a la base (8plg).
- Tamices necesarios para el ensayo.
- Un horno.

Procedimiento

Antes de realizar este procedimiento, el suelo fue cribado por la malla N° 40, aquel que debe ser vaciado en una cápsula y humedecida.

Se pesaron las charolas de aluminio (4 para el procedimiento del límite líquido y 2 para el procedimiento del límite plástico).

▪ Para obtener el límite líquido

Primero, se colocó una porción del suelo de estudio en la copa del dispositivo de límite líquido y se esparció formando una superficie aproximadamente horizontal (NTP 339.129, 2014).

Segundo, se utilizó el acanalador para dividir esta muestra de la copa, haciendo ranuras del suelo siguiendo una línea que una el punto más alto y más bajo sobre el borde de la copa (NTP 339.129, 2014).

Tercero, se verificó que no existieran restos de suelo.

Cuarto, se levantó y se soltó la copa girando el manubrio a una velocidad de 1.9 a 2.1 golpes por segundo hasta que las dos mitades de las muestras de suelo se encuentren en contacto en la base de la ranura con longitud de 13 mm (NTP 339.129, 2014).

Quinto, se contabilizan y registran los golpes.

Debe tratarse que en esta condición se cumpla entre 4 y 40 golpes, para que la prueba se tome como bien ejecutada; se recomienda que esta condición se logre una vez en 25 cada uno de los siguientes intervalos de golpes: una vez entre 30 y 40 golpes, otra entre 20 y 30 golpes, otra entre 10 y 20 golpes, y otra entre 4 y 10 golpes

Sexto, se llevaron las muestras al horno para determinar su contenido de humedad (NTP 339.129, 2014).

Séptimo, cuando el suelo tenga la humedad correspondiente al LL (ensaye en el intervalo de 20 a 30 golpes), se llena el molde rectangular, en 3 capas, con la finalidad de darles suficientes golpes a cada capa contra la mesa, con el fin de extraerle el aire atrapado (NTP 339.129, 2014).

Se enrasó el molde, limpiando el exterior con una franela y se procede a pesar, anotando los datos del peso del molde + suelo húmedo.

Finalmente, se dejan enfriar las muestras del horno y se pesan, con la finalidad de registrar el peso de tara + suelo seco (NTP 339.129, 2014).

- Para obtener el límite plástico

Primero, se eligieron las muestras menos húmedas pero moldeable y se hace una esfera aproximadamente de 1.5 cm.

Segundo, se giró con la palma de la mano sobre la placa de vidrio, buscando formar un cilindro alargado con diámetro de 3.2 mm.

Tercero, en caso de presentar agrietamientos múltiples, se determina que el suelo presenta límite plástico, y se obtendrá los resultados sometiendo estos al secado para determinar así su contenido de agua que equivale al L.P. Caso

contrario, se realiza el mismo procedimiento hasta que se cumpla lo especificado.

Finalmente, para obtener el límite de plasticidad se obtiene con la diferencia del límite líquido con el límite plástico (NTP 339.129, 2014).

C. Contenido de humedad

Normatividad

El ensayo tiene como objetivo presentar la relación entre el peso de agua y los sólidos del suelo, basándose en la NTP 339.127.

Equipos y herramientas

- Una charola y cápsula de aluminio.
- Una espátula.
- Una balanza con precisión de 0.1 gr.
- Un horno.

Procedimiento

Primero, se procedió a pesar cinco recipientes o taras metálicas en una balanza eléctrica (NTP 339.127, 2014).

Segundo, se colocaron las muestras en las taras pesadas hasta llenar cada una hasta $\frac{3}{4}$ de su volumen con muestra de suelo.

Tercero, se toma el peso de la tara más la muestra húmeda.

Cuarto, se colocaron las taras con muestras de cada extracto en el horno durante 24 horas en 110 °C (NTP 339.127, 2014).

Quinto, se procedió a retirar las muestras del suelo pasado las 24 horas y se dejaron secar.

Sexto, se pesaron las muestras más la tara que contiene esta misma en gramos (NTP 339.127, 2014)

Finalmente, se procedió a su respectivo cálculo, mediante la siguiente formula:

Ecuación 1: Contenido de humedad

$$Cu = W_w * W_s * 100$$

Fuente: Elaboración propia.

W_w = Peso de la muestra húmeda.

W_s = Peso de la muestra seca.

2.5.2.2.2. *Propiedades mecánicas de los suelos.*

A. Ensayo de compactación de proctor modificado

Normatividad

El ensayo de compactación de proctor modificado es un método que tiene como finalidad determinar las relaciones entre el contenido de agua y peso unitario seco de suelos compactados en un molde de un pisón que cae a una altura de 18 pulg, basándose en la NTP 339.141.

Equipos y herramientas

- Balanza con precisión de 0.1 gr.
- Horno para el secado.
- Tamices.
- Pisón de 4.55 kg.
- Molde con diámetro de 4 pulg.
- Material que pasa la malla N° 4.
- Regla recta.

Procedimiento

Primero, se procedió a colocar las muestras de suelo con contenido de agua seleccionando en cinco diversas capas en un molde (NTP 339.141, 2014).

Segundo, se aseguró que cada capa se compacta con 25 o 56 golpes.

Tercero, se determinó el peso unitario seco (NTP 339.141, 2014).

Finalmente, se procedió a repetir con un número suficiente de contenido de agua para lograr establecer una relación entre el peso unitario seco y el contenido de agua del suelo (NTP 339.141, 2014).

B. Razón de Soporte California (CBR)

Normatividad

Este método de ensayo comprende la determinación del CBR de subrasante de pavimentos, sub-base, base y materiales granulares de especímenes compactados en laboratorio, basándose en la NTP 339.145.

Equipos y herramientas

- Máquina de carga.
- Martillo de compactación.
- Molde cilindro de compactación.
- Placa de metal.
- Deformímetro.

- Sobrecarga metálica.
- Cilindro de penetración.
- Balanza de precisión.

Procedimiento

Primero, se preparó la muestra más representativa.

Segundo, se tomó el peso del molde, datos de sus dimensiones y se armó el equipo necesario para la compactación (NTP 339.145, 2014).

Tercero, se introdujo el disco espaciador sobre la base perforada y sobre el papel filtro.

Cuarto, se llevó a cabo la etapa de compactación para retirarse la camisa superior del molde y enrasar la muestra, determinando del resto el porcentaje de humedad (NTP 339.145, 2014).

Quinto, se determinó el peso unitario de suelo retirando el disco espaciador. Se pesó el suelo compactado más el molde (NTP 339.145, 2014).

Sexto, se colocó sobre la muestra compactada, la placa perforada con el vástago y sobrecargas previamente determinadas y cuyo valor debe ser registrado.



Figura 10: *Peso del suelo compactado con el molde*

Fuente: Elaboración propia.

Séptimo, se sumergió el molde en el tanque con todo su conjunto para asegurarse que el nivel del agua sobrepase el extremo superior de la muestra.

Octavo, se ajustó el deformímetro, registrando la primera lectura y también a la hora y día exacto. El ensayo debe presentar una duración de 96 horas, siendo

recomendable las lecturas entre los intervalos de tiempo de 0, 1,2,4,8,12,24,36,48,72 y 96 horas (NTP 339.145, 2014).



Finalmente, retirar el agua y permitir el espécimen drenar durante 15 minutos, retirando las pesas, la placa perforada el papel filtro para así luego registrar la masa (NTP 339.145, 2014).

2.6. Criterios éticos

Para Noreña, Moreno y Rojas (2012) un investigador debe conservar sus condiciones éticas en un estudio, las cuales se ven reflejadas según sus intenciones, con la única finalidad que sus resultados sean confiables y veraces.

Se garantiza la selección de la información de manera adecuada, respetando aportes de autores citándolos de manera correcta bajo la norma que nos solicita hacer empleo nuestra Universidad Señor de Sipán, además el cumplimiento de las Normas Técnicas Peruanas existentes para la ejecución de los resultados, demostrando así la originalidad de mi investigación, sin existir alteración alguna en los resultados obtenidos en laboratorio, ni en el procesamiento de estos mismos.

Es importante mencionar dentro de los criterios éticos, se consideran a los criterios considerados por la Universidad Señor de Sipán y a los artículos más resaltantes del Código de Ética del Colegio de Ingenieros. En el presente código brinda 3 artículos de gran relevancia, las cuales son tomadas para el presente proyecto.

Artículo 14: En este artículo se manifiesta que los ingenieros tienen la obligación de velar por el bienestar social, contribuyendo y priorizando sus necesidades y seguridad.

Artículo 15: En el artículo 15, nos menciona que los ingenieros deben defender y promover el honor, integridad y dignidad de su profesión, por ello es necesario llevar una conducta respetable manteniendo el sentido cabal. Para ello, deberán también servir con fidelidad a terceros.

Artículo 19: En este artículo se detalla que los ingenieros deberán ejecutar todos los aspectos esenciales de su profesión, como documentos, métodos, reglas técnicas respetando las normas existentes.

2.7. Criterios de rigor científico

2.7.1. Validez interna.

Según, Noreña, Moreno y Rojas (2012) los criterios de rigor científico aumentan el valor de la calidad en el desarrollo de la investigación, por su validez interna, ya que los resultados obtenidos, su análisis e interpretación, tiene sustento en su base teórica. En cuanto al proceso de muestreo este es representativo con respecto a la población.

La evaluación de los resultados de los datos obtenidos, las características y las propiedades que logre presentar esta investigación se realizará con total originalidad y autenticidad, teniendo en consideración el diseño de dicha investigación, estos resultados deberán ser validados por el especialista responsable del Laboratorio de Ensayos de Materiales de la casa de estudio, Universidad Señor de Sipán.

2.7.2. Validez externa.

Esta investigación podrá detallar los resultados obtenidos en contextos sociales con la finalidad de buscar mejoras, en este caso el mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos arenosos obteniendo así con la incorporación de cenizas de Oryza Sativa o cenizas de cascarilla de arroz, un método de estabilización que permita el mejoramiento de su calidad y así la mejora de las condiciones de la población.

2.7.3. Fiabilidad.

El objetivo o finalidad de la presente investigación es el mejoramiento de las propiedades mecánicas de suelos arenosos mediante la incorporación de cenizas de Oryza Sativa, la cual, mediante ensayos y métodos normados a nivel nacional e internacional, permitan estos determinar las condiciones con y sin este residuo agroindustrial para su evaluación de los instrumentos utilizados.

III. Resultados

3.1. Resultados en tablas y figuras

Para realizar el estudio del suelo de la zona de estudio, se analizarán las calicatas (03) para cada uno de los siguientes ensayos: ensayo de análisis granulométrico según norma N.T.P. 399.128, ensayo para determinar límite líquido, plástico e índice de plasticidad 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 (C-01)

A *Análisis granulométrico y contenido de humedad*

Tabla 11

Análisis granulométrico por tamizado para calicata C-01

Análisis granulométrico por tamizado			
N° tamiz	Abertura	% Acumulados	
		Retenido	Pasante
3"	75.000	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	0.0	100.0
N° 10	2.000	0.3	99.7
N° 20	0.850	0.5	99.5
N° 40	0.425	0.8	99.2
N° 60	0.250	3.8	96.2
N° 140	0.106	92.3	7.7
N° 200	0.075	96.6	3.4

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar el tamizado de la muestra de suelos para la calicata C-01, se obtuvo la distribución granulométrica mostrada en la siguiente tabla:

Tabla 12
Distribución granulométrica para calicata C-01

Distribución granulométrica			
% Grava	% G. gruesa	0.0	0.0
	% G. fina	0.0	
% Arena	% A. gruesa	0.3	96.6
	% A. media	0.5	
	% A. fina	95.8	
% Arcilla y Limo		3.4	3.4
Total		100.0	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se observa un porcentaje de grava igual a 0%, un porcentaje de arena de 96.6% y 3.4% de arcilla y limo. Asimismo, en el ensayo de contenido de humedad se obtuvo un valor de 0.48%. A continuación, se presenta la curva granulométrica característica para el suelo de la calicata C-01.

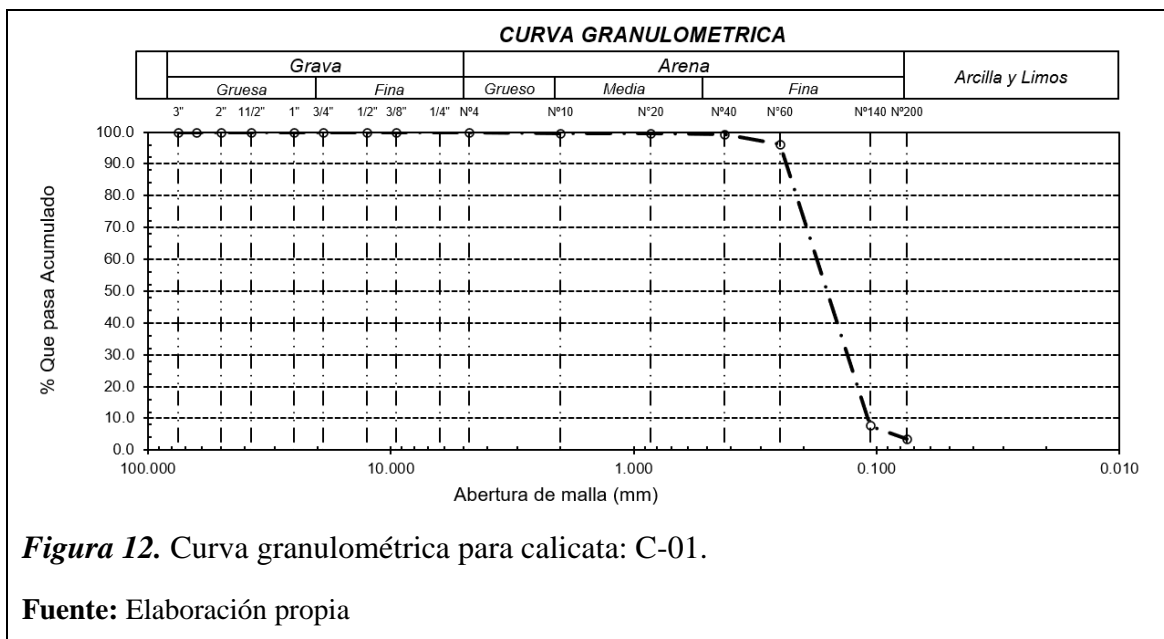


Figura 12. Curva granulométrica para calicata: C-01.

Fuente: Elaboración propia

B Límites de consistencia y clasificación de suelos

Tabla 13

Límites de Atterberg para calicata C-01

Análisis granulométrico por tamizado	
Límite líquido (LL)	No presenta
Límite plástico (LP)	No presenta
Índice plástico (IP)	No presenta

Fuente: Elaboración propia

Según el ensayo de límites de Atterberg, para la muestra perteneciente a la calicata C-01, se determinó que el suelo característico de esta corresponde a un suelo no plástico; por lo tanto, no se puede determinar una curva de fluidez.

Tabla 14

Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO para calicata C-01

Clasificación de suelos	
Clasificación (S.U.C.S.)	SP
Descripción del suelo	Arena pobremente graduada
Clasificación (AASHTO)	A-3 (0)
Descripción del suelo	BUENO

Fuente: Elaboración propia

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) indica que, según la gradación del suelo de la calicata C-01, este se clasifica como SP (arena pobremente graduada). Asimismo, según la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO), este suelo se considera A-3 (0), ya que el porcentaje de finos es menor al 10% en un suelo no plástico.

3.1.1.2. Calicata 2 (C-02)

A *Análisis granulométrico y contenido de humedad*

Tabla 15

Análisis granulométrico por tamizado para calicata C-02

Análisis granulométrico por tamizado			
N° tamiz	Abertura	% Acumulados	
		Retenido	Pasante
3"	75.000	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	0.0	100.0
N° 10	2.000	0.0	100.0
N° 20	0.850	0.1	99.9
N° 40	0.425	0.6	99.4
N° 60	0.250	12.9	87.1
N° 140	0.106	90.9	9.1
N° 200	0.075	94.1	5.9

Fuente: Elaboración propia

Con la información de la tabla anterior, se obtuvo la siguiente distribución granulométrica para la calicata C-02:

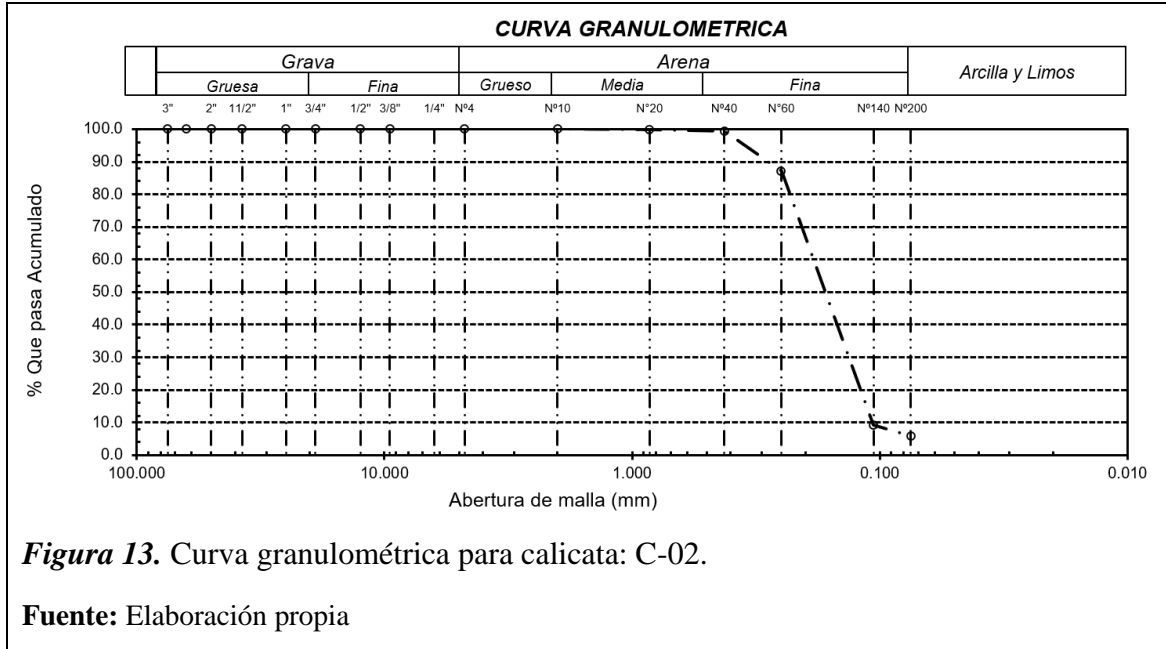
Tabla 16

Distribución granulométrica para calicata C-02

Distribución granulométrica			
% Grava	% G. gruesa	0.0	0.0
	% G. fina	0.0	
% Arena	% A. gruesa	0.0	94.1
	% A. media	0.6	
	% A. fina	93.5	
% Arcilla y Limo		5.9	5.9
Total			100.0

Fuente: Elaboración propia

El suelo de la calicata C-02 se distribuye en 94.1% de arena, 5.9% arcilla y limo y no se determinó presencia de grava. Cabe añadir, que se obtuvo como resultado un contenido de humedad igual a 0.57%. En la siguiente figura, se muestra la curva granulométrica perteneciente al suelo de la calicata en mención.



B Límites de consistencia y clasificación de suelos

Tabla 17
Límites de Atterberg para calicata C-02

Análisis granulométrico por tamizado	
Límite líquido (LL)	No presenta
Límite plástico (LP)	No presenta
Índice plástico (IP)	No presenta

Fuente: Elaboración propia

De igual modo que la calicata C-01, el suelo de la calicata C-02 no presenta límites de consistencia, por lo que se clasifica como un suelo no plástico, no teniendo una curva de fluidez característica.

Tabla 18*Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO para calicata C-02*

Clasificación de suelos	
Clasificación (S.U.C.S.)	SP-SM
Descripción del suelo	Arena pobremente graduada con limo
Clasificación (AASHTO)	A-3 (0)
Descripción del suelo	BUENO

Fuente: Elaboración propia

Según SUCS, el suelo de la calicata C-02 se puede clasificar como SP-SM, correspondiente a una arena pobremente graduada con limo. Además, según la clasificación de AASHTO, este suelo pertenece al grupo A-3 (0), debido a que el porcentaje de finos está por debajo del 10%.

3.1.1.3. Calicata 3 (C-03)**A Análisis granulométrico y contenido de humedad****Tabla 19***Análisis granulométrico por tamizado para calicata C-03*

Análisis granulométrico por tamizado			
N° tamiz	Abertura	% Acumulados	
		Retenido	Pasante
3"	75.000	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	0.0	100.0
N° 10	2.000	0.3	99.7
N° 20	0.850	0.7	99.3
N° 40	0.425	1.5	98.5
N° 60	0.250	11.6	88.4
N° 140	0.106	85.6	14.4
N° 200	0.075	89.0	11.0

Fuente: Elaboración propia

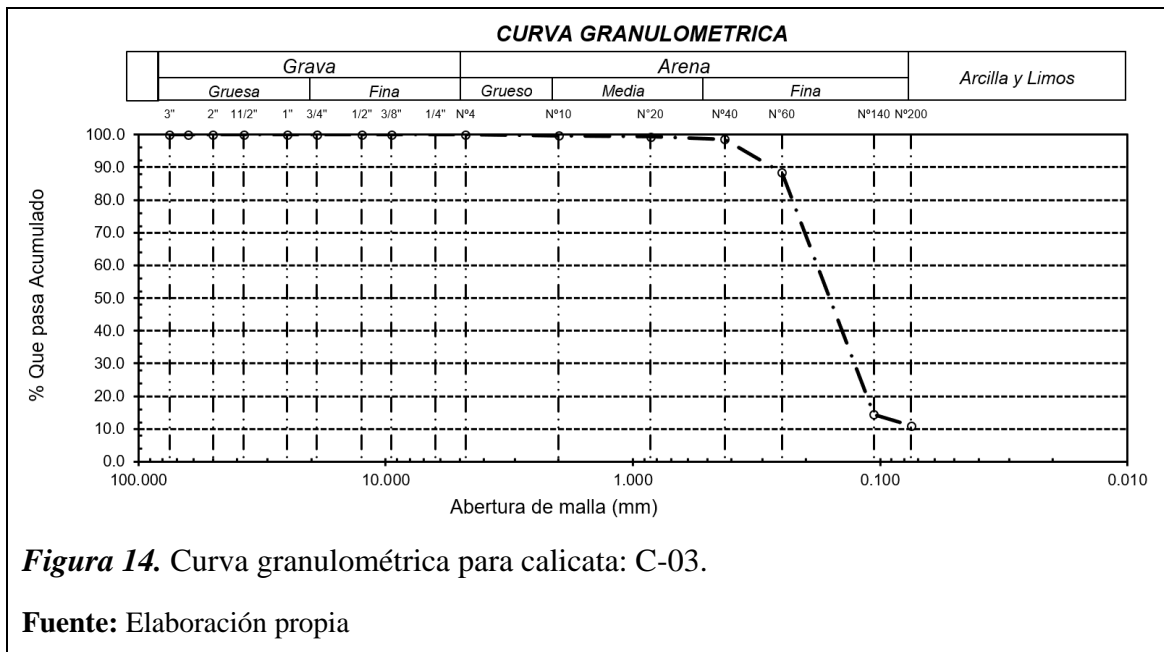
Como resultado del ensayo de granulometría, se tiene la siguiente distribución granulométrica para el suelo de la calicata C-03:

Tabla 20
Distribución granulométrica para calicata C-03

Distribución granulométrica			
% Grava	% G. gruesa	0.0	0.0
	% G. fina	0.0	
% Arena	% A. gruesa	0.3	
	% A. media	1.2	89.0
	% A. fina	87.5	
% Arcilla y Limo		11.0	11.0
Total			100.0

Fuente: Elaboración propia

Los porcentajes de los materiales pertenecientes al suelo de la calicata en análisis son los siguientes: 89% de arena, con mayor presencia de arena fina, y 11% de arcilla y limo, no se determinó presencia de gravas. Además, se obtuvo un valor de contenido de humedad igual a 0.59%. A continuación, la curva granulométrica muestra gráficamente la distribución de materiales del suelo de la calicata C-03.



B Límites de consistencia y clasificación de suelos

Tabla 21

Límites de Atterberg para calicata C-03

Análisis granulométrico por tamizado	
Límite líquido (LL)	No presenta
Límite plástico (LP)	No presenta
Índice plástico (IP)	No presenta

Fuente: Elaboración propia

Para este suelo, no se observaron límites de consistencia; por ello, se considera como un suelo no plástico.

Tabla 22

Clasificación de suelos según SUCS y AASHTO para calicata C-03

Clasificación de suelos	
Clasificación (S.U.C.S.)	SP-SM
Descripción del suelo	Arena pobremente graduada con limo
Clasificación (AASHTO)	A-2-4 (0)
Descripción del suelo	BUENO

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la clasificación SUCS, este suelo se identifica como un SP-SM, correspondiente a una arena pobremente graduada con presencia de limo. Con respecto a la clasificación AASHTO, el suelo se encuentra en el grupo A-2-4 (0), debido a que menos del 35% de la muestra pasa la malla N° 200.

3.1.2. Comportamiento y características mecánicas del suelo

3.1.2.1. Calicata 1 (C-01)

A Compactación de suelo

Tabla 23

Relación densidad-humedad para calicata C-01

Compactación de suelos (Proctor)		
Características del molde	Peso (kg)	6.455
	Volumen (cm ³)	2128.0
Densidad máxima seca (g/cm ³)		1.702
Contenido óptimo de humedad (%)		5.95

Fuente: Elaboración propia

Como resultado del ensayo Proctor, se obtuvo una densidad máxima seca de 1.702 gr/cm³ a la cual le corresponde una humedad óptima de 5.95%. A continuación, se muestra la curva de saturación para el suelo de la calicata C-01:

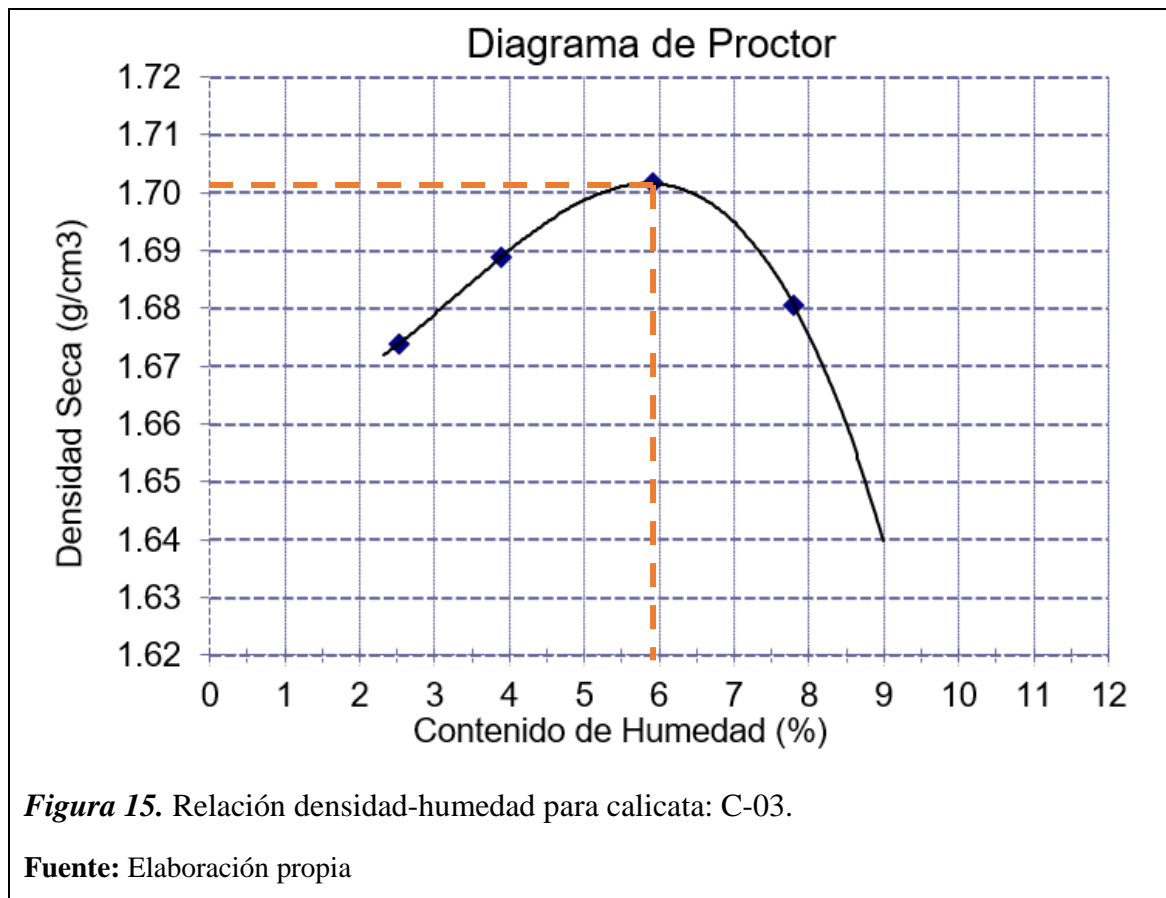


Figura 15. Relación densidad-humedad para calicata: C-03.

Fuente: Elaboración propia

B Comportamiento mecánico

Muestra Natural

Al analizar la muestra perteneciente a la calicata C-01 sin adición de cenizas de *Oryza Sativa*, mediante el ensayo de CBR, se obtiene la siguiente figura:

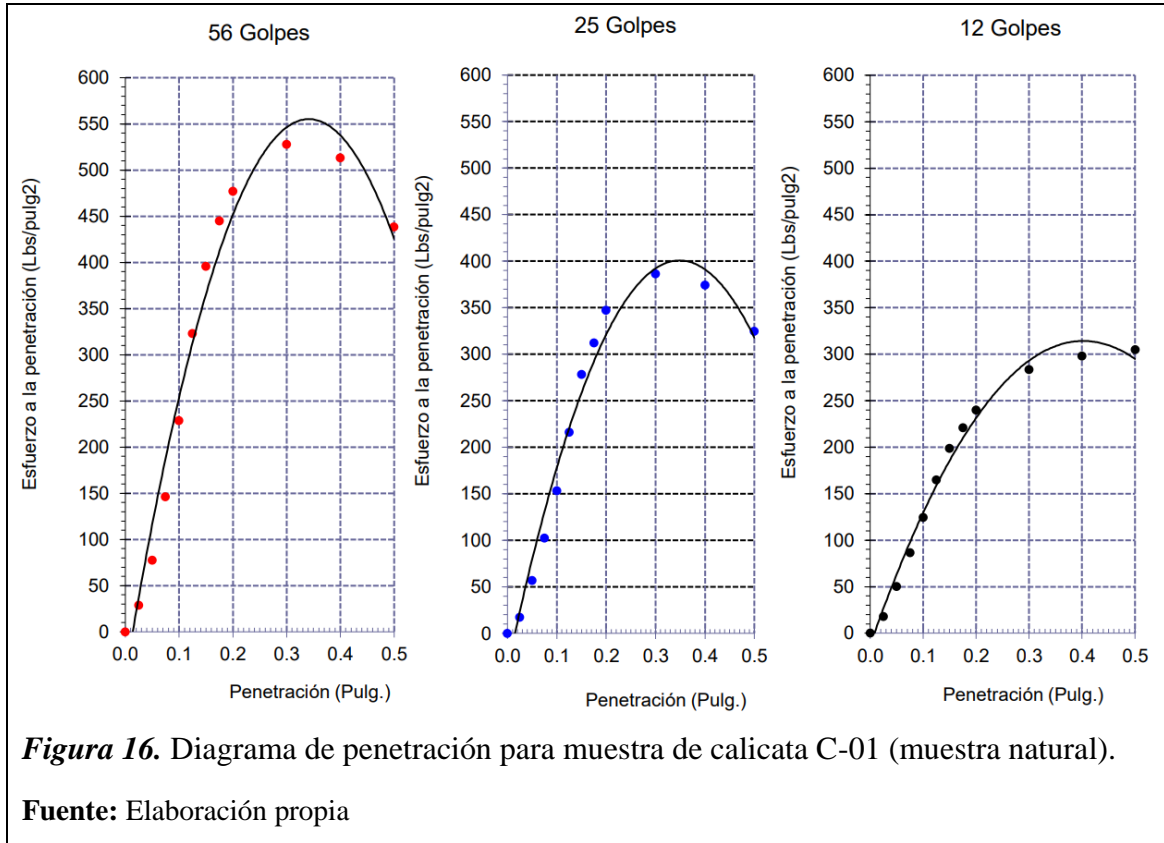


Figura 16. Diagrama de penetración para muestra de calicata C-01 (muestra natural).

Fuente: Elaboración propia

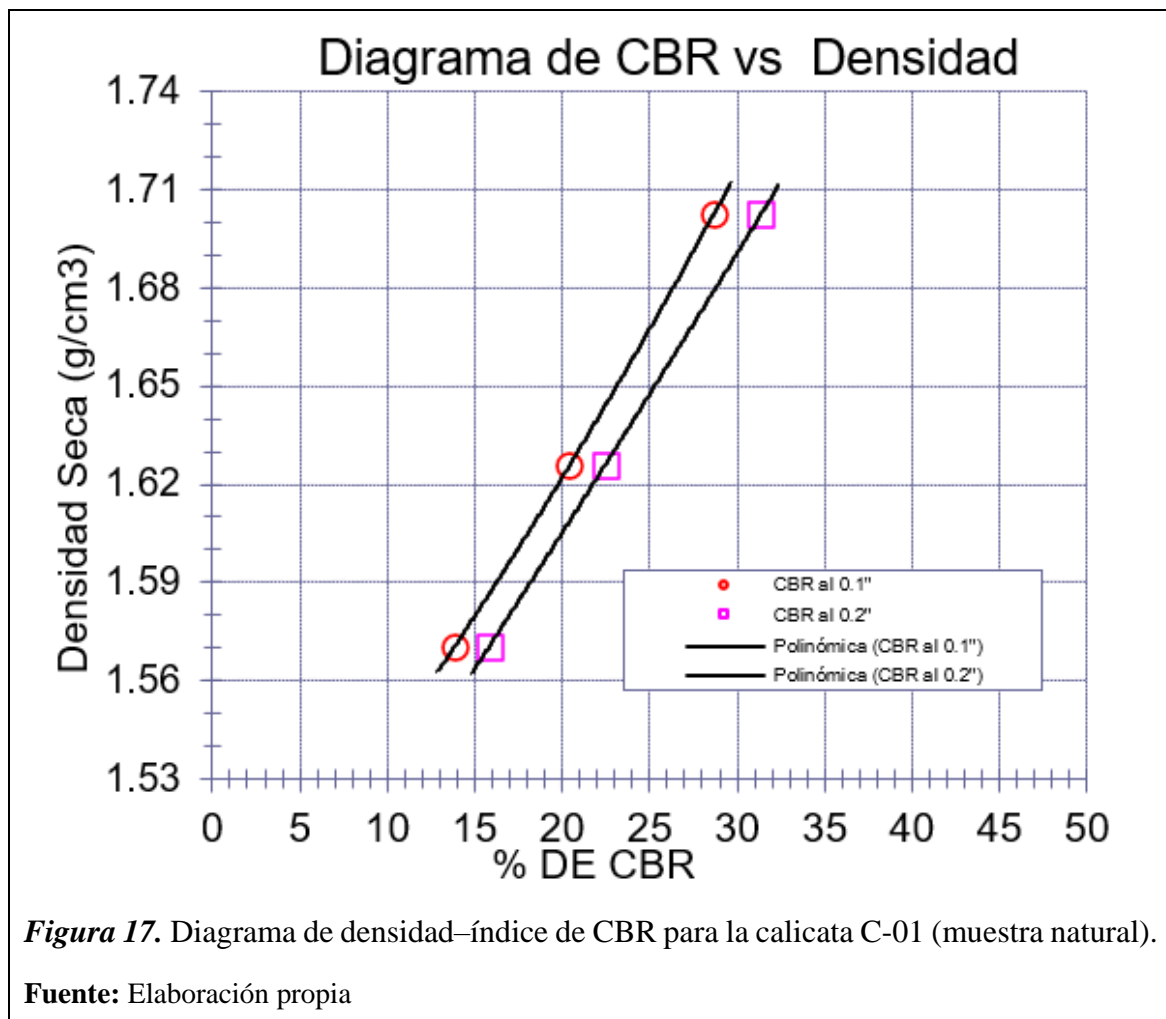
Se observa que, a una compactación de 56 golpes, para lograr una penetración de 0.1” es necesario un esfuerzo de 229 lbs/pulg² y para generar una penetración de 0.2” se aplicó un esfuerzo de 477 lbs/pulg². Asimismo, a una compactación de 25 golpes, el esfuerzo que permite la penetración de 0.1” es 153 lbs/pulg² y para 0.2” es 347 lbs/pulg². Finalmente, para la compactación de 12 golpes, para 0.1”, el esfuerzo desciende a 125 lbs/pulg², lo mismo para 0.2”, donde se visibiliza un esfuerzo a la penetración igual a 240 lbs/pulg².

Tabla 24*Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (muestra natural)*

Resultados de ensayo CBR				
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)	
0.1 pulg	100%	1.702	28.6	
	95%	1.626	19.4	
0.2 pulg	100%	1.702	31.3	
	95%	1.626	21.4	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se obtiene un índice de CBR igual a 28.6% para el 100% de la densidad máxima seca (MDS) y 19.4% para el 95%, considerando una penetración de 0.1". Para la penetración de 0.2", el valor del índice de CBR fue 31.3% para el 100% de MDS y 21.4%, correspondiente al 95%. En la siguiente figura, se muestra el diagrama índice de CBR – densidad característica para la muestra en análisis.

**Figura 17.** Diagrama de densidad–índice de CBR para la calicata C-01 (muestra natural).**Fuente:** Elaboración propia

Muestra Natural +3% de cenizas

Al adicionar el 3% de cenizas a la muestra natural de la calicata C-01, se obtiene la siguiente figura como resultado de la penetración en el ensayo CBR:

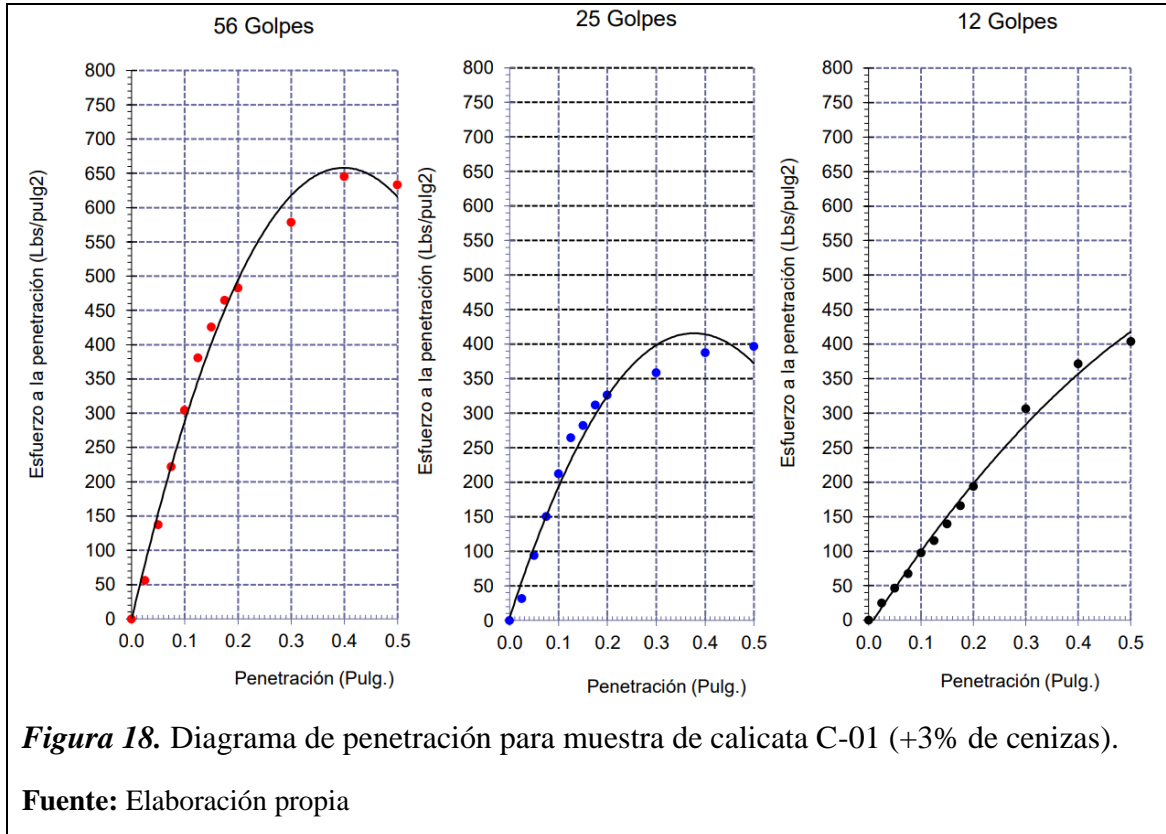


Figura 18. Diagrama de penetración para muestra de calicata C-01 (+3% de cenizas).

Fuente: Elaboración propia

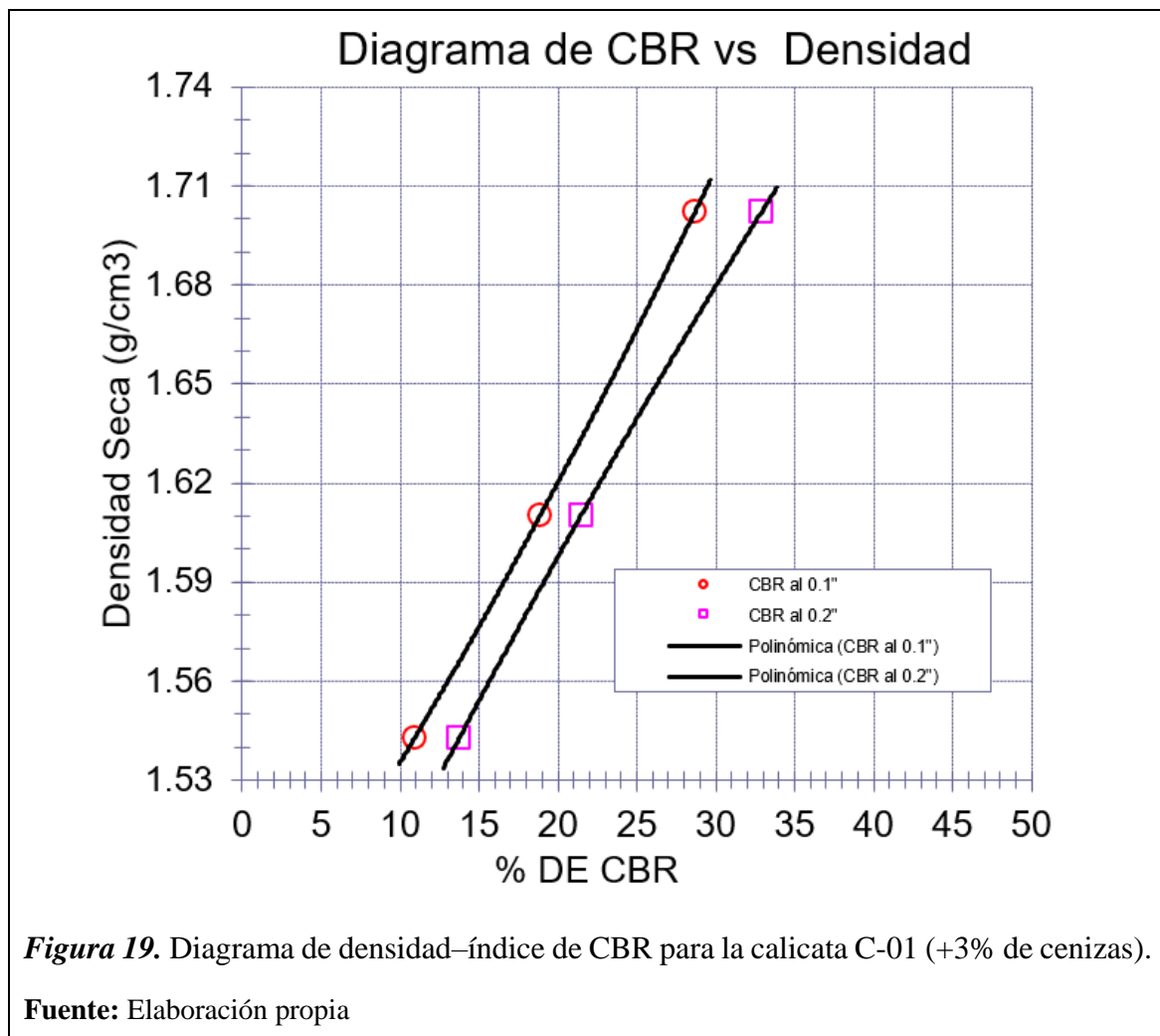
Se observa que, a una compactación de 56 golpes, para lograr una penetración de 0.1” es necesario un esfuerzo de 304 lbs/pulg² y para generar una penetración de 0.2” se aplicó un esfuerzo de 483 lbs/pulg². Asimismo, a una compactación de 25 golpes, el esfuerzo que permite la penetración de 0.1” es 212 lbs/pulg² y para 0.2” es 326 lbs/pulg². Finalmente, para la compactación de 12 golpes, para 0.1”, el esfuerzo desciende a 98 lbs/pulg², lo mismo para 0.2”, donde se visualiza un esfuerzo a la penetración igual a 194 lbs/pulg².

Tabla 25*Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+3% de cenizas)*

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.702	28.8
	95%	1.610	19.8
0.2 pulg	100%	1.702	33.0
	95%	1.610	22.3

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se obtiene un índice de CBR igual a 28.8% para el 100% de MDS y 19.8% para el 95%, considerando una penetración de 0.1". Para la penetración de 0.2", el valor del índice de CBR fue 33.0% para el 100% de MDS y 22.3%, correspondiente al 95%. En la siguiente figura, se muestra el diagrama índice de CBR – densidad característica para la muestra en análisis.



Muestra Natural +5% de cenizas

Al adicionar el 5% de cenizas a la muestra natural de la calicata C-01, se obtiene la siguiente figura como resultado de la penetración en el ensayo CBR:

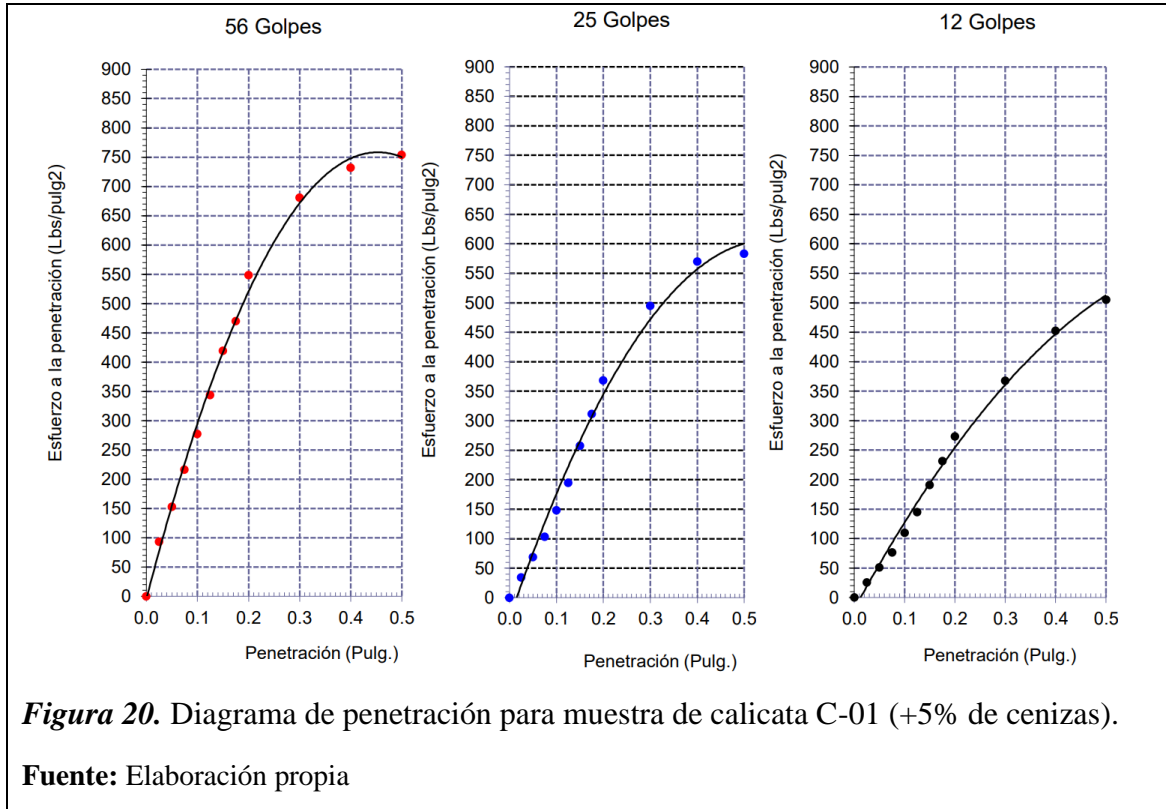


Figura 20. Diagrama de penetración para muestra de calicata C-01 (+5% de cenizas).

Fuente: Elaboración propia

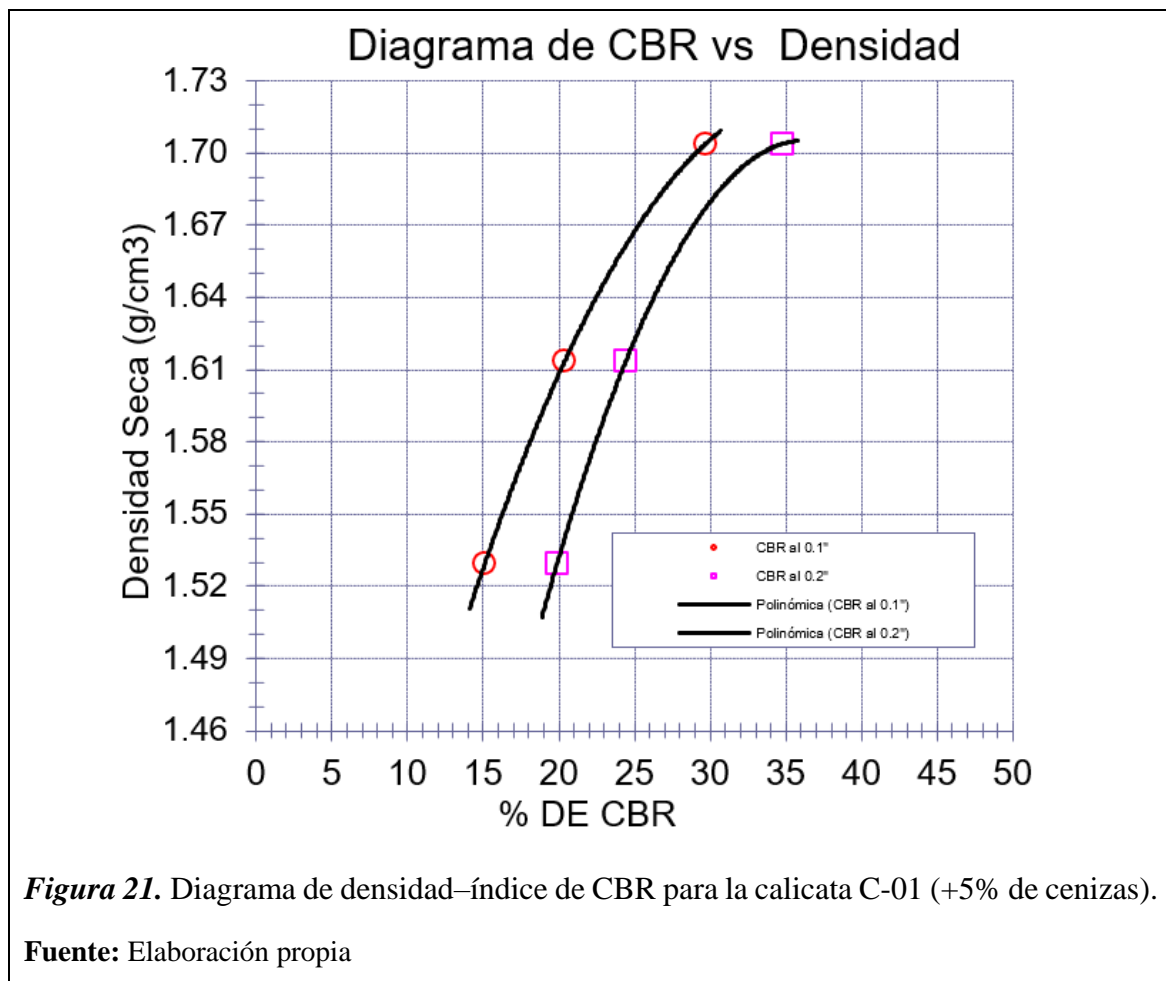
Se observa que, a una compactación de 56 golpes, para lograr una penetración de 0.1” es necesario un esfuerzo de 277 lbs/pulg² y para generar una penetración de 0.2” se aplicó un esfuerzo de 549 lbs/pulg². Asimismo, a una compactación de 25 golpes, el esfuerzo que permite la penetración de 0.1” es 148 lbs/pulg² y para 0.2” es 368 lbs/pulg². Finalmente, para la compactación de 12 golpes, para 0.1”, el esfuerzo desciende a 110 lbs/pulg², lo mismo para 0.2”, donde se visibiliza un esfuerzo a la penetración igual a 273 lbs/pulg².

Tabla 26*Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+5% de cenizas)*

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.704	29.7
	95%	1.614	20.7
0.2 pulg	100%	1.704	34.8
	95%	1.614	24.7

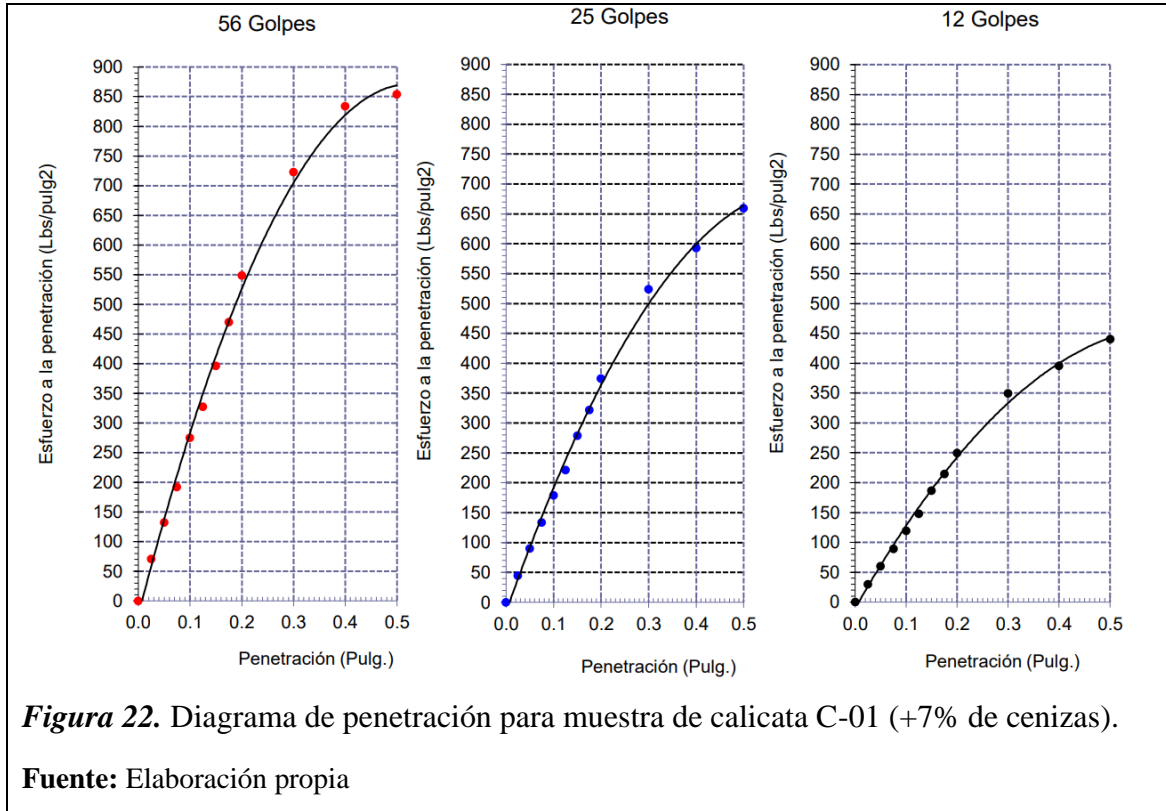
Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se obtiene un índice de CBR igual a 29.7% para el 100% de la densidad máxima seca (MDS) y 20.7% para el 95%, considerando una penetración de 0.1". Para la penetración de 0.2", el valor del índice de CBR fue 34.8% para el 100% de MDS y 24.7%, correspondiente al 95%. En la siguiente figura, se muestra el diagrama índice de CBR – densidad característica para la muestra en análisis.



Muestra Natural +7% de cenizas

Al adicionar el 7% de cenizas a la muestra natural de la calicata C-01, se obtiene la siguiente figura como resultado de la penetración en el ensayo CBR:



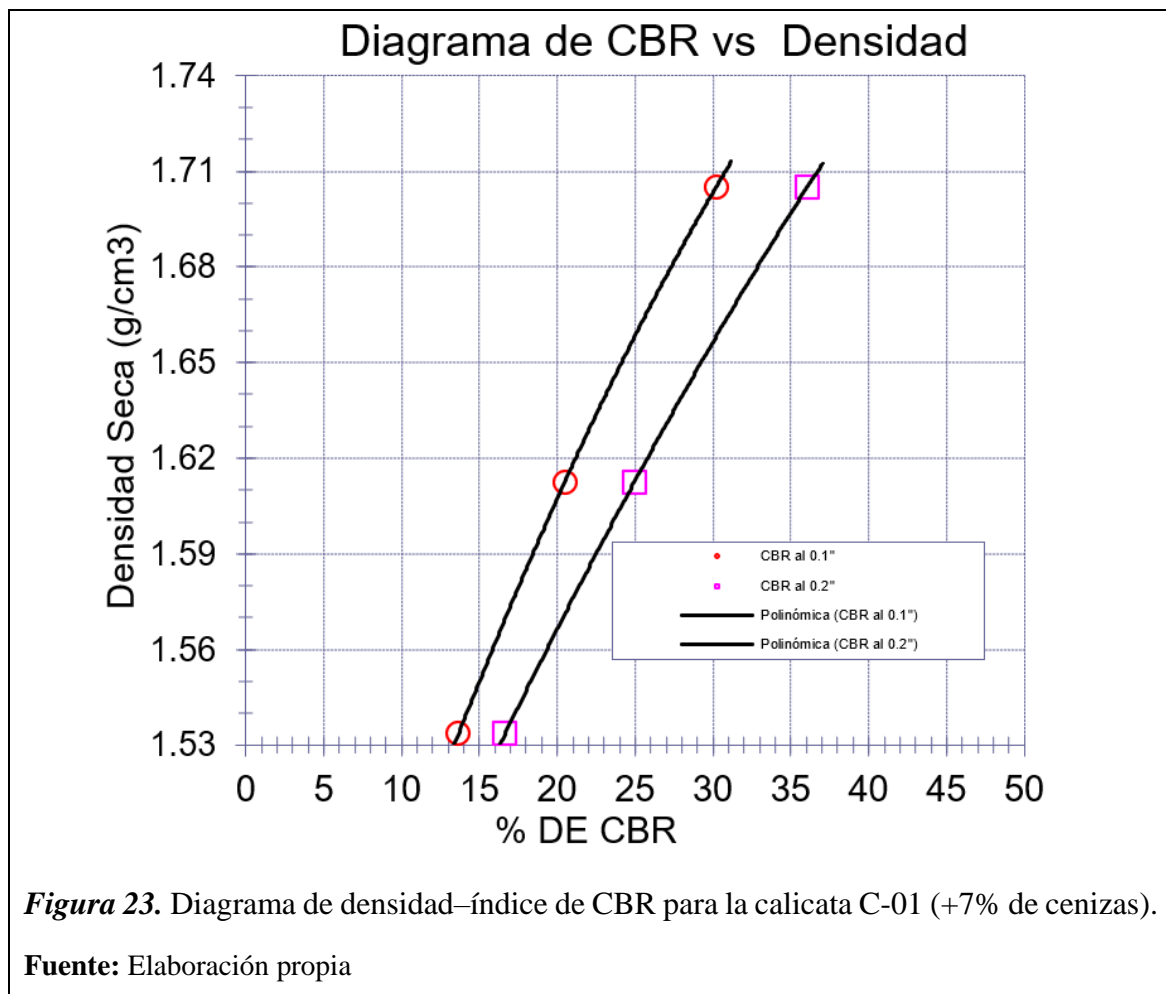
Se observa que, a una compactación de 56 golpes, para lograr una penetración de 0.1” es necesario un esfuerzo de 275 lbs/pulg² y para generar una penetración de 0.2” se aplicó un esfuerzo de 549 lbs/pulg². Asimismo, a una compactación de 25 golpes, el esfuerzo que permite la penetración de 0.1” es 179 lbs/pulg² y para 0.2” es 374 lbs/pulg². Finalmente, para la compactación de 12 golpes, para 0.1”, el esfuerzo desciende a 119 lbs/pulg², lo mismo para 0.2”, donde se visualiza un esfuerzo a la penetración igual a 250 lbs/pulg².

Tabla 27*Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+7% de cenizas)*

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.705	30.2
	95%	1.612	21.1
0.2 pulg	100%	1.705	36.1
	95%	1.612	25.7

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se obtiene un índice de CBR igual a 30.2% para el 100% de la densidad máxima seca (MDS) y 21.1% para el 95%, considerando una penetración de 0.1". Para la penetración de 0.2", el valor del índice de CBR fue 36.1% para el 100% de MDS y 25.7%, correspondiente al 95%. En la siguiente figura, se muestra el diagrama índice de CBR – densidad característica para la muestra en análisis.



Muestra Natural +9% de cenizas

Al adicionar el 9% de cenizas a la muestra natural de la calicata C-01, se obtiene la siguiente figura como resultado de la penetración en el ensayo CBR:

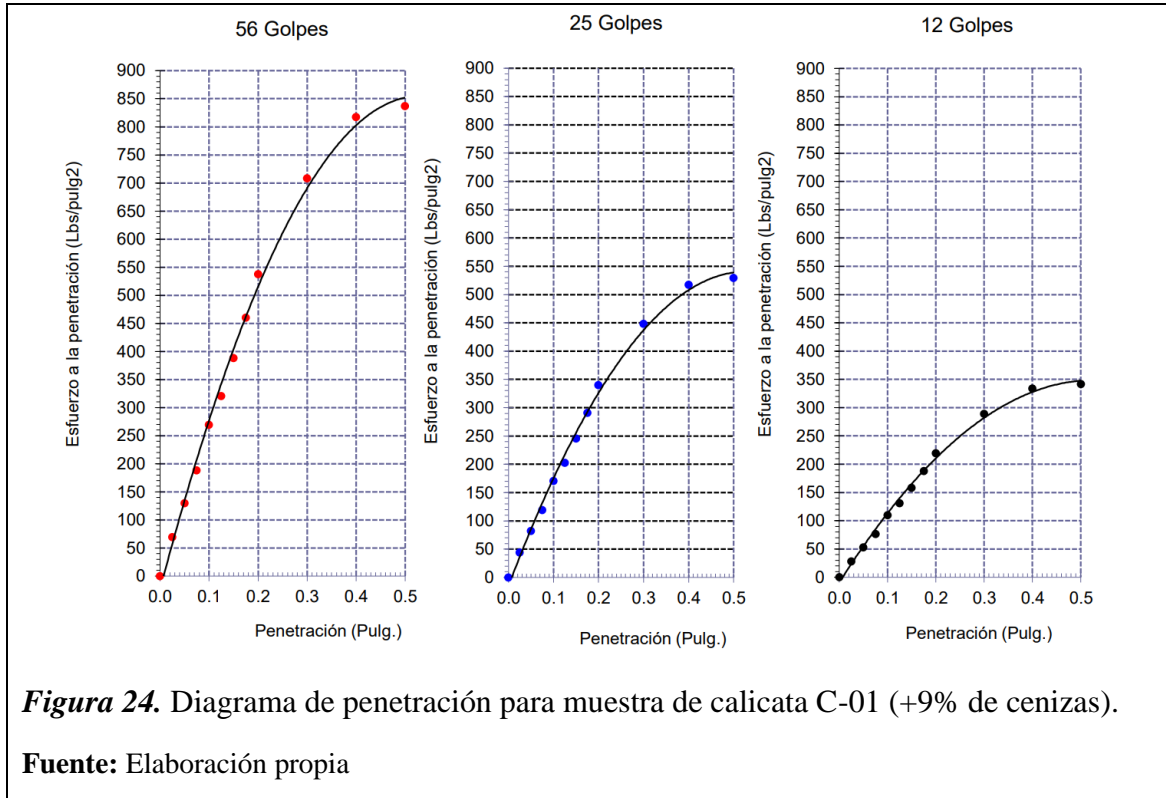


Figura 24. Diagrama de penetración para muestra de calicata C-01 (+9% de cenizas).

Fuente: Elaboración propia

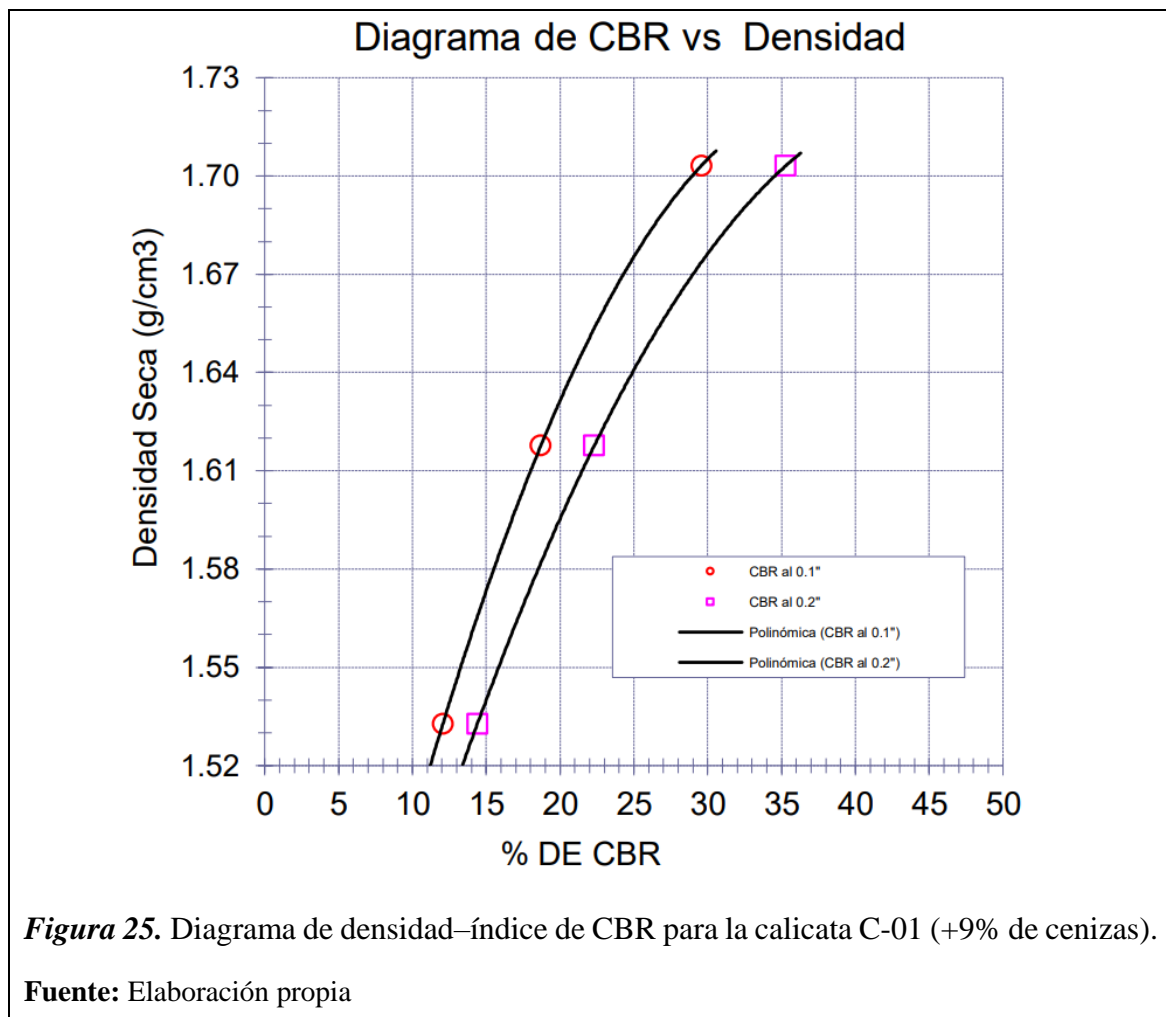
Se observa que, a una compactación de 56 golpes, para lograr una penetración de 0.1” es necesario un esfuerzo de 269 lbs/pulg² y para generar una penetración de 0.2” se aplicó un esfuerzo de 545 lbs/pulg². Asimismo, a una compactación de 25 golpes, el esfuerzo que permite la penetración de 0.1” es 172 lbs/pulg² y para 0.2” es 348 lbs/pulg². Finalmente, para la compactación de 12 golpes, para 0.1”, el esfuerzo desciende a 105 lbs/pulg², lo mismo para 0.2”, donde se visualiza un esfuerzo a la penetración igual a 221 lbs/pulg².

Tabla 28*Resultados de ensayo CBR para calicata C-01 (+9% de cenizas)*

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.846	29.6
	95%	1.754	18.7
0.2 pulg	100%	1.846	35.3
	95%	1.754	22.4

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se obtiene un índice de CBR igual a 29.6% para el 100% de la densidad máxima seca (MDS) y 18.7% para el 95%, considerando una penetración de 0.1". Para la penetración de 0.2", el valor del índice de CBR fue 35.3% para el 100% de MDS y 22.4%, correspondiente al 95%. En la siguiente figura, se muestra el diagrama índice de CBR – densidad característico para la muestra en análisis.



3.1.2.2. Calicata 2 (C-02)

A Compactación de suelo

Tabla 29

Relación densidad-humedad para calicata C-02

Compactación de suelos (Proctor)		
Características del molde	Peso (kg)	6.455
	Volumen (cm ³)	2128.0
Densidad máxima seca (g/cm ³)		1.753
Contenido óptimo de humedad (%)		7.01

Fuente: Elaboración propia

Como resultado del ensayo Proctor, se obtuvo una densidad máxima seca de 1.753 gr/cm³ a la cual le corresponde una humedad óptima de 7.01%. A continuación, se muestra la curva de saturación para el suelo de la calicata C-02:

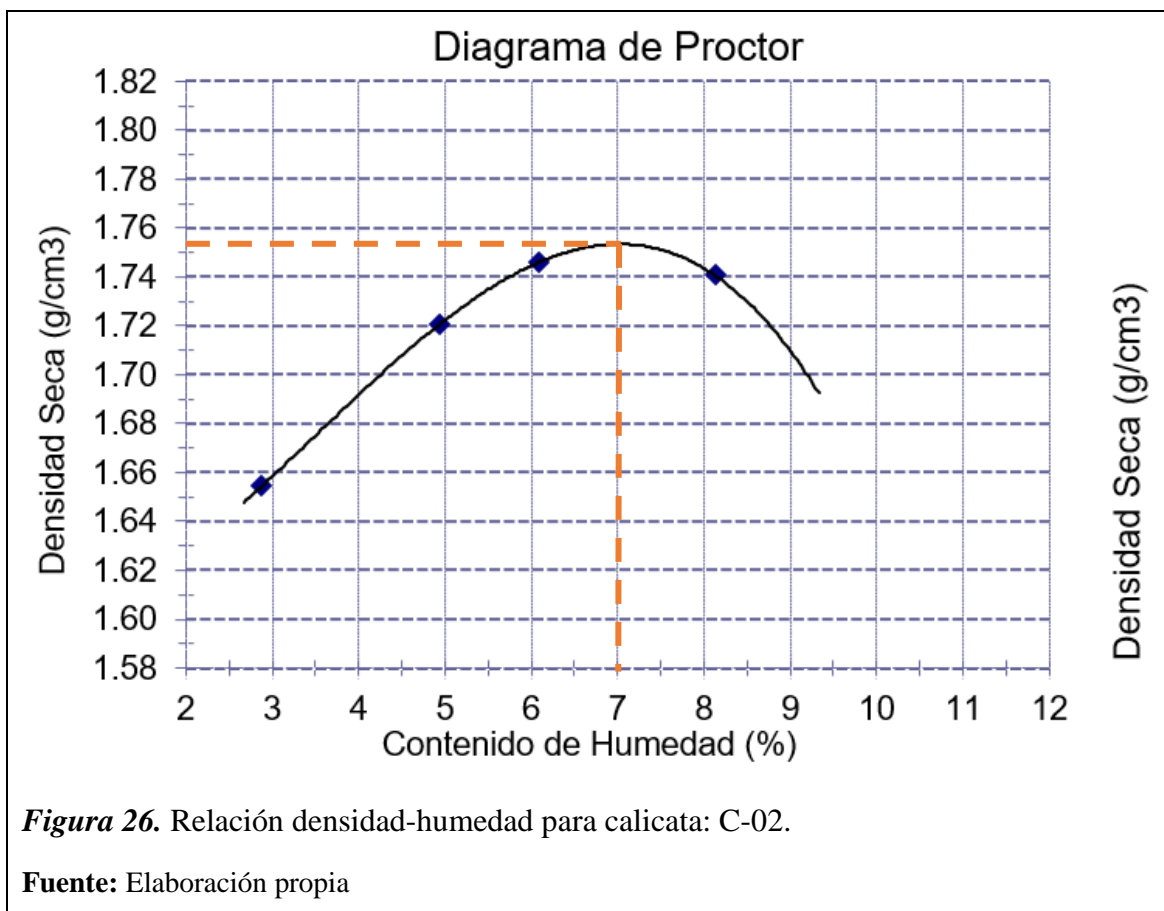


Figura 26. Relación densidad-humedad para calicata: C-02.

Fuente: Elaboración propia

B Comportamiento mecánico

Muestra Natural

Al analizar la muestra perteneciente a la calicata C-02 sin adición de cenizas de *Oryza Sativa*, mediante el ensayo de CBR, se obtiene la siguiente figura:

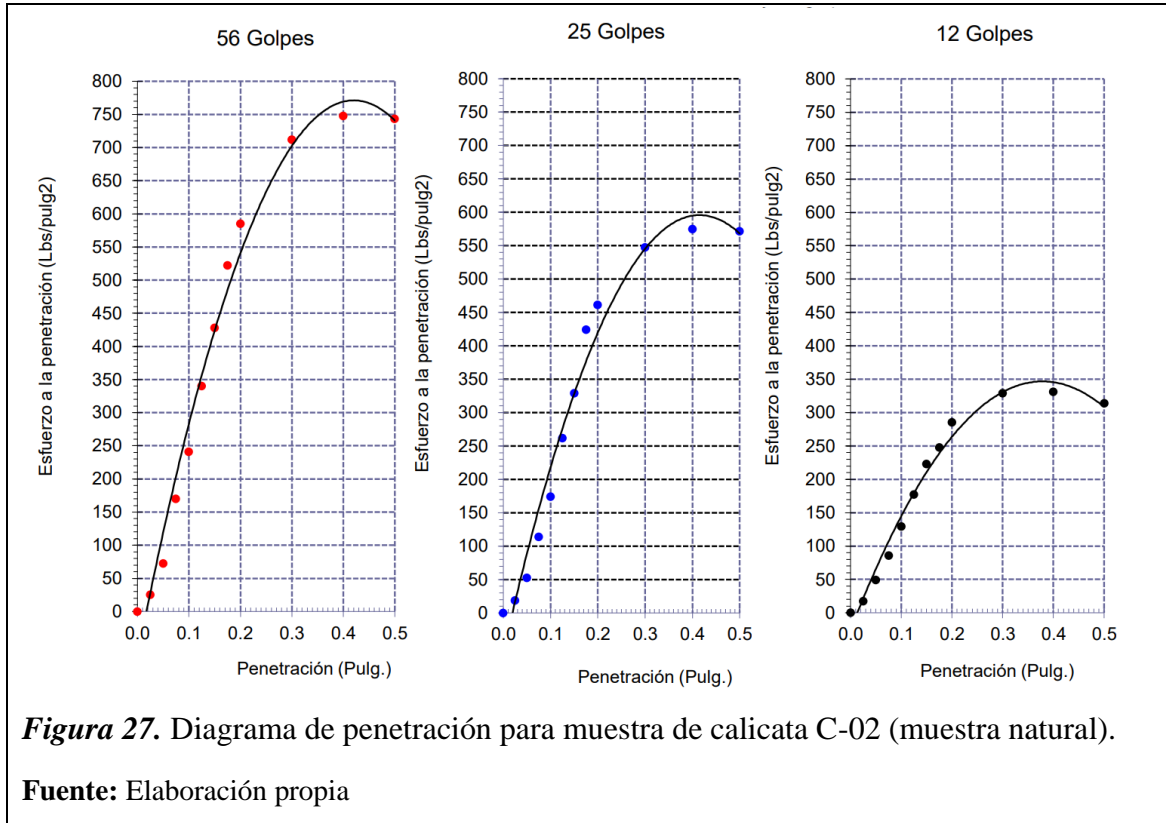


Figura 27. Diagrama de penetración para muestra de calicata C-02 (muestra natural).

Fuente: Elaboración propia

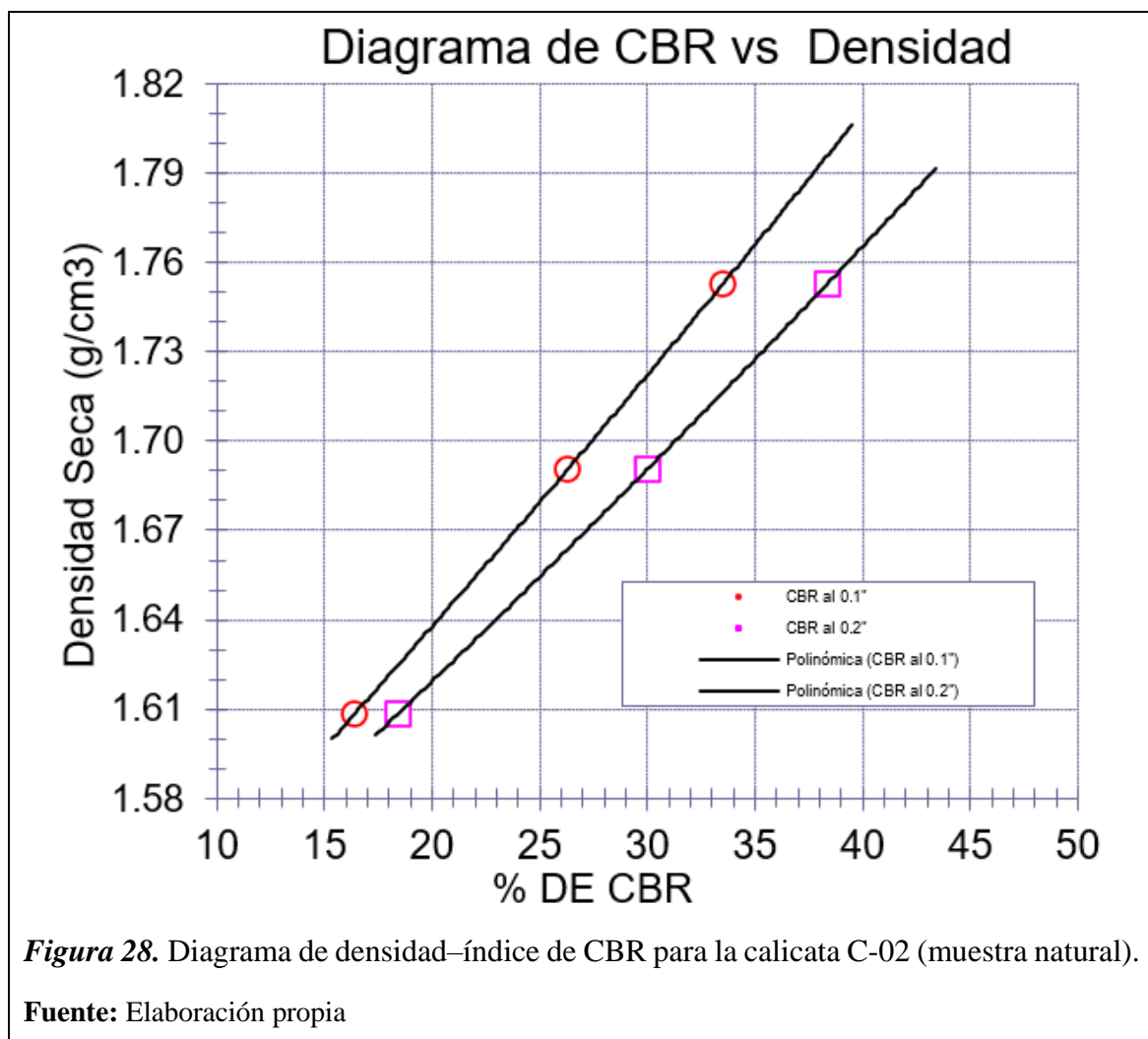
Se observa que, a una compactación de 56 golpes, para lograr una penetración de 0.1” es necesario un esfuerzo de 241 lbs/pulg² y para generar una penetración de 0.2” se aplicó un esfuerzo de 585 lbs/pulg². Asimismo, a una compactación de 25 golpes, el esfuerzo que permite la penetración de 0.1” es 174 lbs/pulg² y para 0.2” es 461 lbs/pulg². Finalmente, para la compactación de 12 golpes, para 0.1”, el esfuerzo desciende a 130 lbs/pulg², lo mismo para 0.2”, donde se visualiza un esfuerzo a la penetración igual a 286 lbs/pulg².

Tabla 30*Resultados de ensayo CBR para calicata C-02 (muestra natural)*

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.753	33.6
	95%	1.691	23.3
0.2 pulg	100%	1.753	38.4
	95%	1.691	26.5

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se obtiene un índice de CBR igual a 33.6% para el 100% de la densidad máxima seca (MDS) y 23.3% para el 95%, considerando una penetración de 0.1". Para la penetración de 0.2", el valor del índice de CBR fue 38.4% para el 100% de MDS y 26.5%, correspondiente al 95%. En la siguiente figura, se muestra el diagrama índice de CBR – densidad característico para la muestra en análisis.



Muestra Natural +3% de cenizas

Al adicionar el 3% de cenizas a la muestra natural de la calicata C-02, se obtiene la siguiente figura como resultado de la penetración en el ensayo CBR:

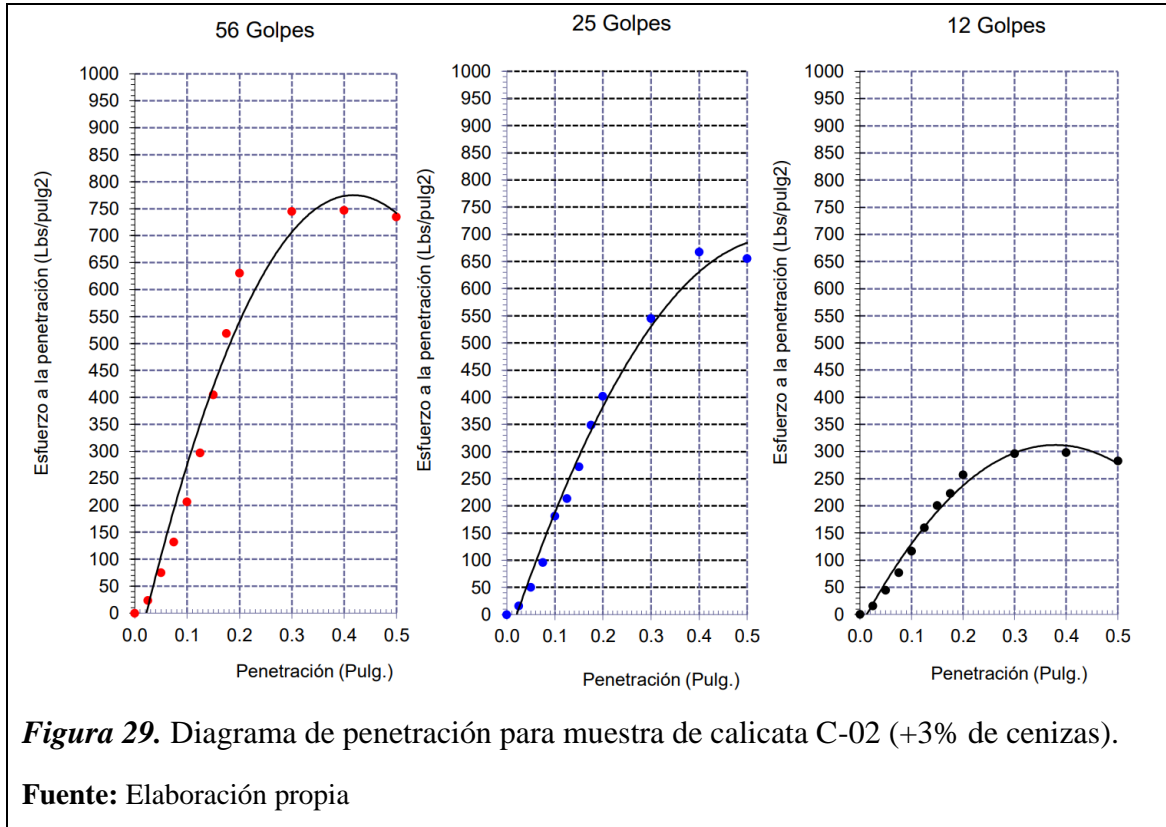


Figura 29. Diagrama de penetración para muestra de calicata C-02 (+3% de cenizas).

Fuente: Elaboración propia

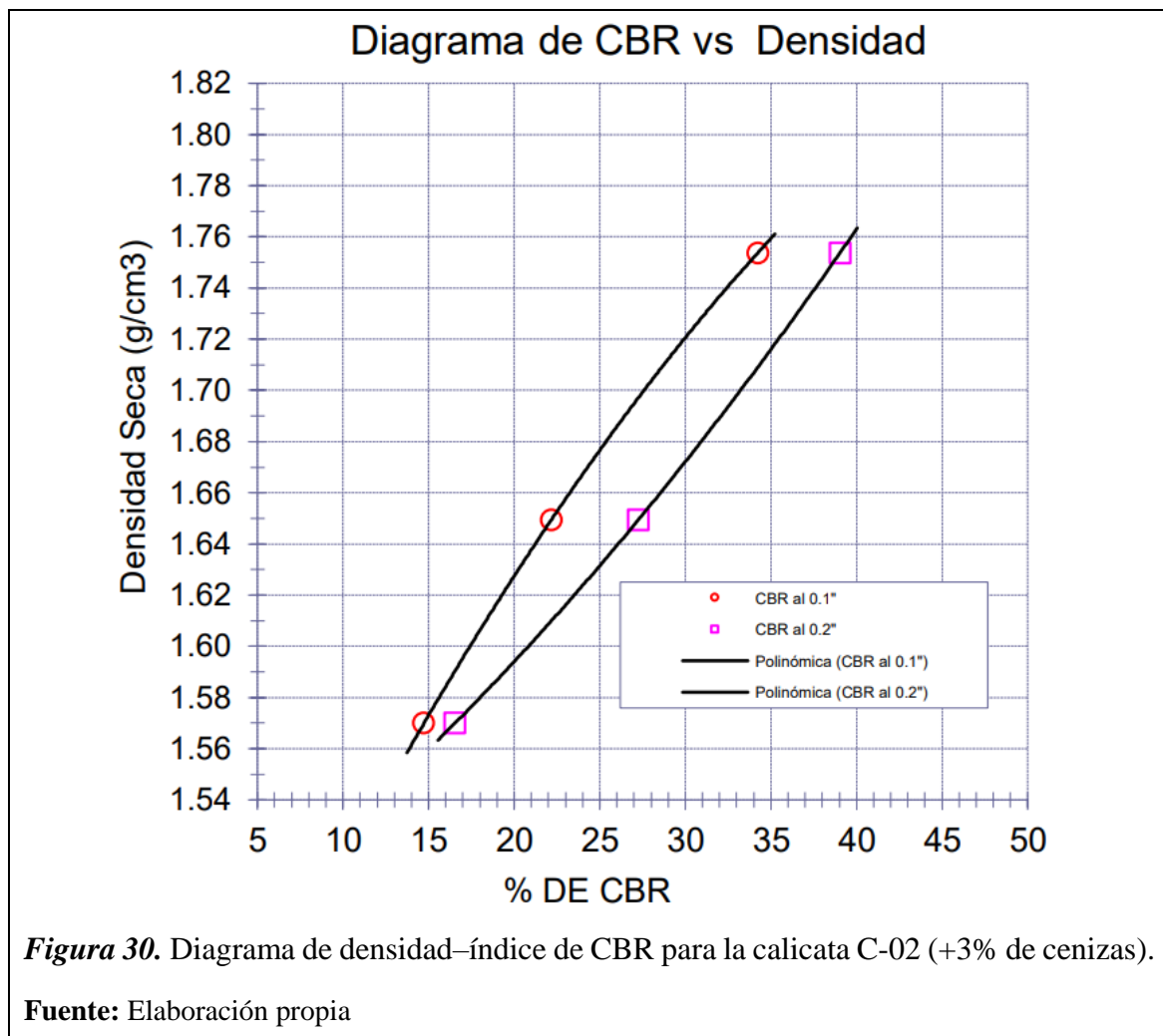
Se observa que, a una compactación de 56 golpes, para lograr una penetración de 0.1” es necesario un esfuerzo de 206 lbs/pulg² y para generar una penetración de 0.2” se aplicó un esfuerzo de 631 lbs/pulg². Asimismo, a una compactación de 25 golpes, el esfuerzo que permite la penetración de 0.1” es 181 lbs/pulg² y para 0.2” es 402 lbs/pulg². Finalmente, para la compactación de 12 golpes, para 0.1”, el esfuerzo desciende a 117 lbs/pulg², lo mismo para 0.2”, donde se visualiza un esfuerzo a la penetración igual a 257 lbs/pulg².

Tabla 31*Resultados de ensayo CBR para calicata C-02 (+3% de cenizas)*

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.754	34.3
	95%	1.649	23.8
0.2 pulg	100%	1.754	39.1
	95%	1.649	29.6

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se obtiene un índice de CBR igual a 34.3% para el 100% de MDS y 23.8% para el 95%, considerando una penetración de 0.1". Para la penetración de 0.2", el valor del índice de CBR fue 39.1% para el 100% de MDS y 29.6%, correspondiente al 95%. En la siguiente figura, se muestra el diagrama índice de CBR – densidad característico para la muestra en análisis.



Muestra Natural +5% de cenizas

Al adicionar el 5% de cenizas a la muestra natural de la calicata C-02, se obtiene la siguiente figura como resultado de la penetración en el ensayo CBR:

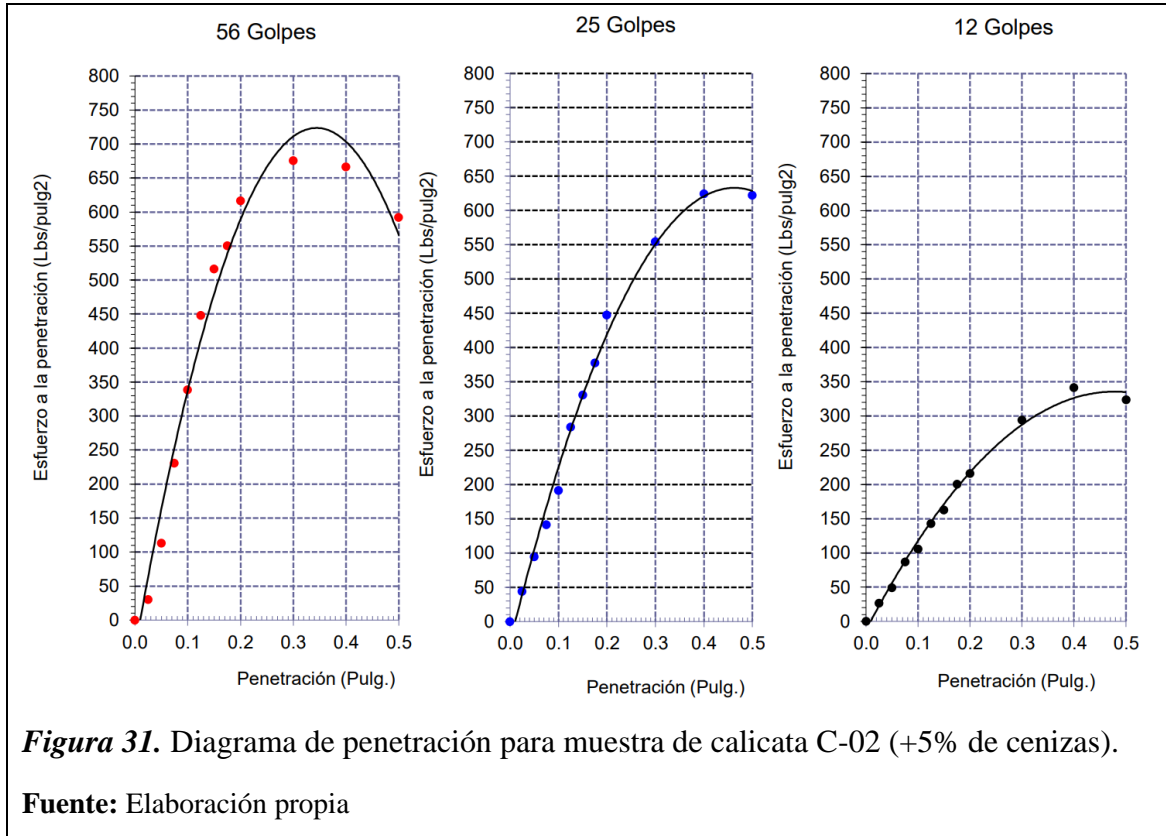


Figura 31. Diagrama de penetración para muestra de calicata C-02 (+5% de cenizas).

Fuente: Elaboración propia

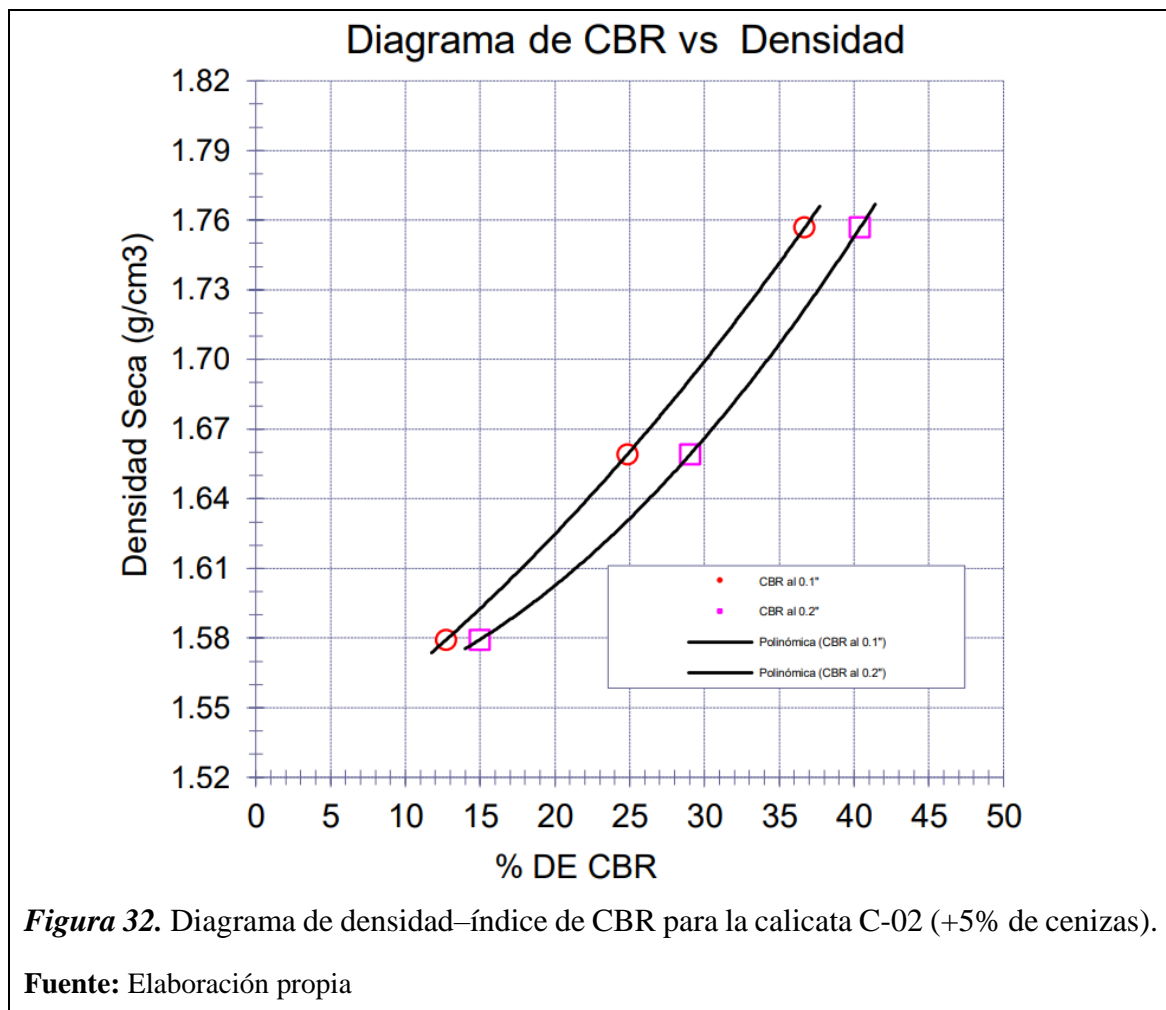
Se observa que, a una compactación de 56 golpes, para lograr una penetración de 0.1” es necesario un esfuerzo de 338 lbs/pulg² y para generar una penetración de 0.2” se aplicó un esfuerzo de 616 lbs/pulg². Asimismo, a una compactación de 25 golpes, el esfuerzo que permite la penetración de 0.1” es 191 lbs/pulg² y para 0.2” es 447 lbs/pulg². Finalmente, para la compactación de 12 golpes, para 0.1”, el esfuerzo desciende a 105 lbs/pulg², lo mismo para 0.2”, donde se visualiza un esfuerzo a la penetración igual a 216 lbs/pulg².

Tabla 32*Resultados de ensayo CBR para calicata C-02 (+5% de cenizas)*

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.757	36.7
	95%	1.659	26.3
0.2 pulg	100%	1.757	40.4
	95%	1.659	30.8

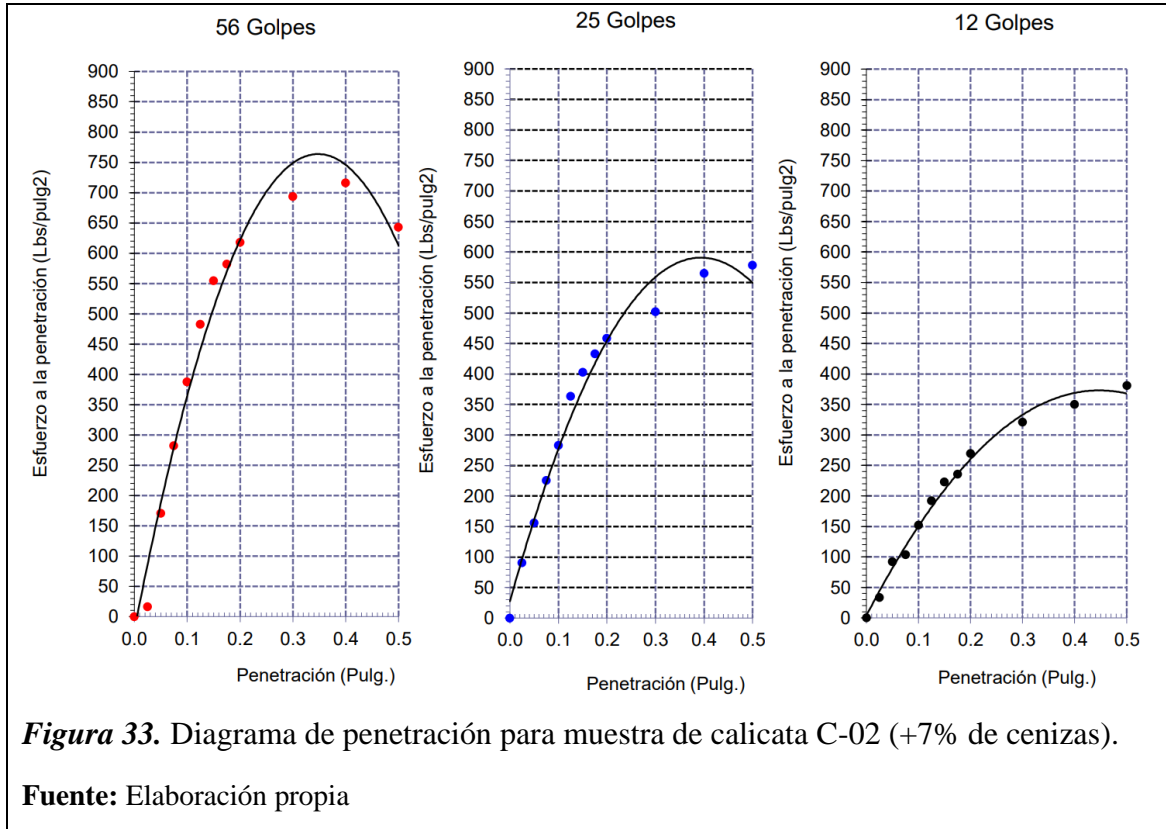
Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se obtiene un índice de CBR igual a 36.7% para el 100% de MDS y 26.3% para el 95%, considerando una penetración de 0.1". Para la penetración de 0.2", el valor del índice de CBR fue 40.4% para el 100% de MDS y 30.8%, correspondiente al 95%. En la siguiente figura, se muestra el diagrama índice de CBR – densidad característico para la muestra en análisis.



Muestra Natural +7% de cenizas

Al adicionar el 7% de cenizas a la muestra natural de la calicata C-02, se obtiene la siguiente figura como resultado de la penetración en el ensayo CBR:



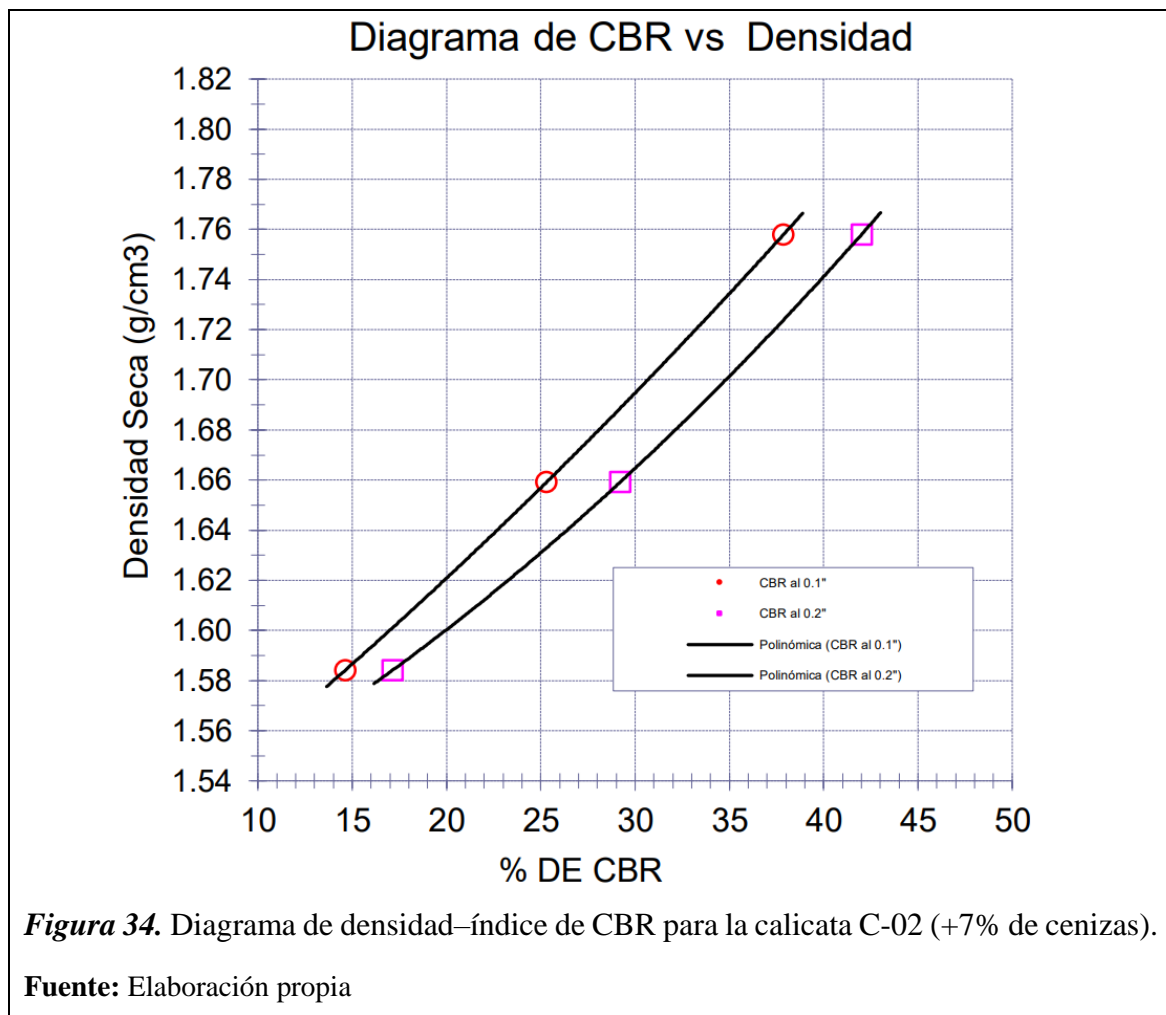
Se observa que, a una compactación de 56 golpes, para lograr una penetración de 0.1” es necesario un esfuerzo de 388 lbs/pulg² y para generar una penetración de 0.2” se aplicó un esfuerzo de 618 lbs/pulg². Asimismo, a una compactación de 25 golpes, el esfuerzo que permite la penetración de 0.1” es 283 lbs/pulg² y para 0.2” es 459 lbs/pulg². Finalmente, para la compactación de 12 golpes, para 0.1”, el esfuerzo desciende a 152 lbs/pulg², lo mismo para 0.2”, donde se visualiza un esfuerzo a la penetración igual a 270 lbs/pulg².

Tabla 33*Resultados de ensayo CBR para calicata C-02 (+7% de cenizas)*

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.758	37.8
	95%	1.659	26.9
0.2 pulg	100%	1.758	42.0
	95%	1.659	31.0

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se obtiene un índice de CBR igual a 37.8% para el 100% de la densidad máxima seca (MDS) y 26.9% para el 95%, considerando una penetración de 0.1". Para la penetración de 0.2", el valor del índice de CBR fue 42.0% para el 100% de MDS y 31.0%, correspondiente al 95%. En la siguiente figura, se muestra el diagrama índice de CBR – densidad característico para la muestra en análisis.



Muestra Natural +9% de cenizas

Al adicionar el 9% de cenizas a la muestra natural de la calicata C-02, se obtiene la siguiente figura como resultado de la penetración en el ensayo CBR:

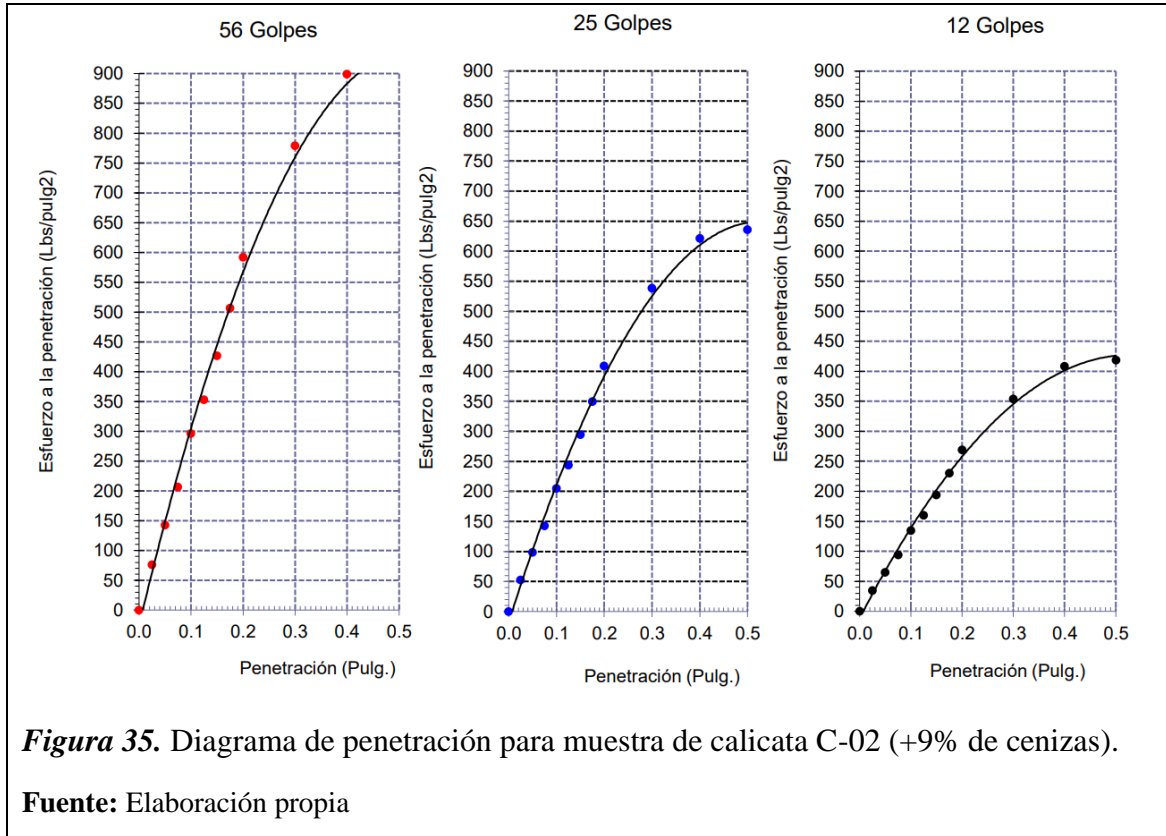


Figura 35. Diagrama de penetración para muestra de calicata C-02 (+9% de cenizas).

Fuente: Elaboración propia

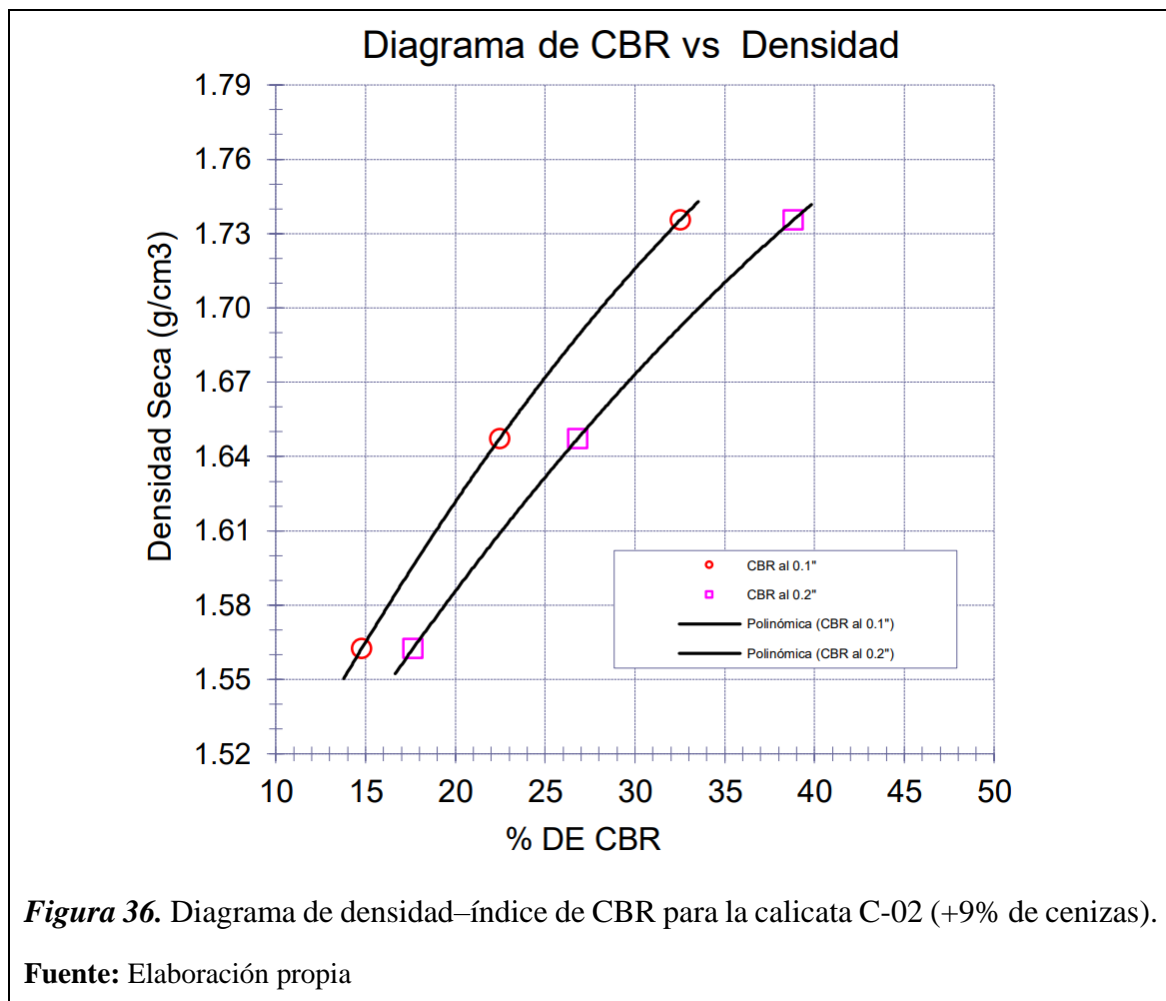
Se observa que, a una compactación de 56 golpes, para lograr una penetración de 0.1” es necesario un esfuerzo de 297 lbs/pulg² y para generar una penetración de 0.2” se aplicó un esfuerzo de 592 lbs/pulg². Asimismo, a una compactación de 25 golpes, el esfuerzo que permite la penetración de 0.1” es 204 lbs/pulg² y para 0.2” es 411 lbs/pulg². Finalmente, para la compactación de 12 golpes, para 0.1”, el esfuerzo desciende a 135 lbs/pulg², lo mismo para 0.2”, donde se visualiza un esfuerzo a la penetración igual a 272 lbs/pulg².

Tabla 34*Resultados de ensayo CBR para calicata C-02 (+9% de cenizas)*

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.736	34.6
	95%	1.647	24.3
0.2 pulg	100%	1.736	41.6
	95%	1.647	29.0

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se obtiene un índice de CBR igual a 34.6% para el 100% de la densidad máxima seca (MDS) y 24.3% para el 95%, considerando una penetración de 0.1". Para la penetración de 0.2", el valor del índice de CBR fue 41.6% para el 100% de MDS y 29.0%, correspondiente al 95%. En la siguiente figura, se muestra el diagrama índice de CBR – densidad característico para la muestra en análisis.



3.1.2.3. Calicata 3 (C-03)

A Compactación de suelo

Tabla 35

Relación densidad-humedad para calicata C-03

Compactación de suelos (Proctor)		
Características del molde	Peso (kg)	6.455
	Volumen (cm ³)	2128.0
	Densidad máxima seca (g/cm ³)	1.842
	Contenido óptimo de humedad (%)	7.49

Fuente: Elaboración propia

Como resultado del ensayo Proctor, se obtuvo una densidad máxima seca de 1.842 gr/cm³ a la cual le corresponde una humedad óptima de 7.49%. A continuación, se muestra la curva de saturación para el suelo de la calicata C-03:

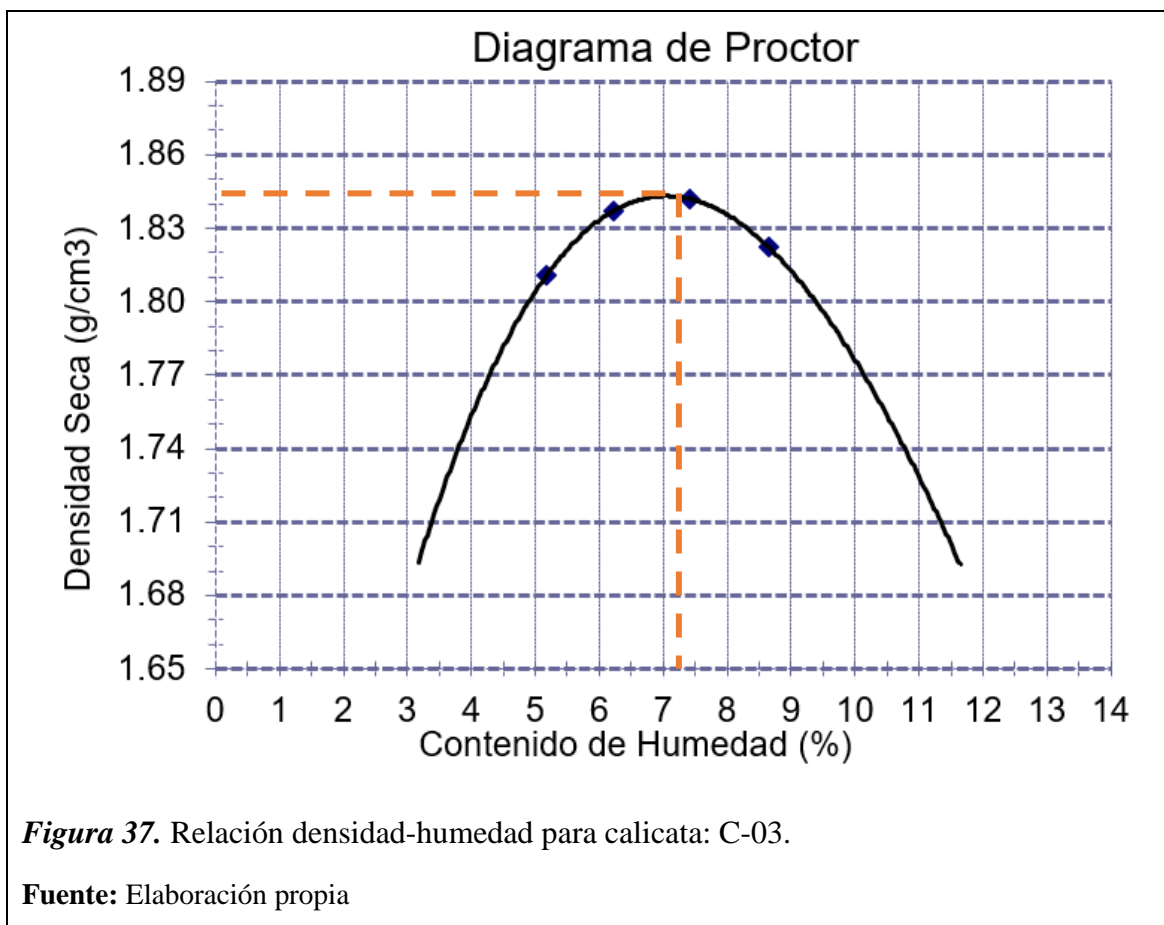


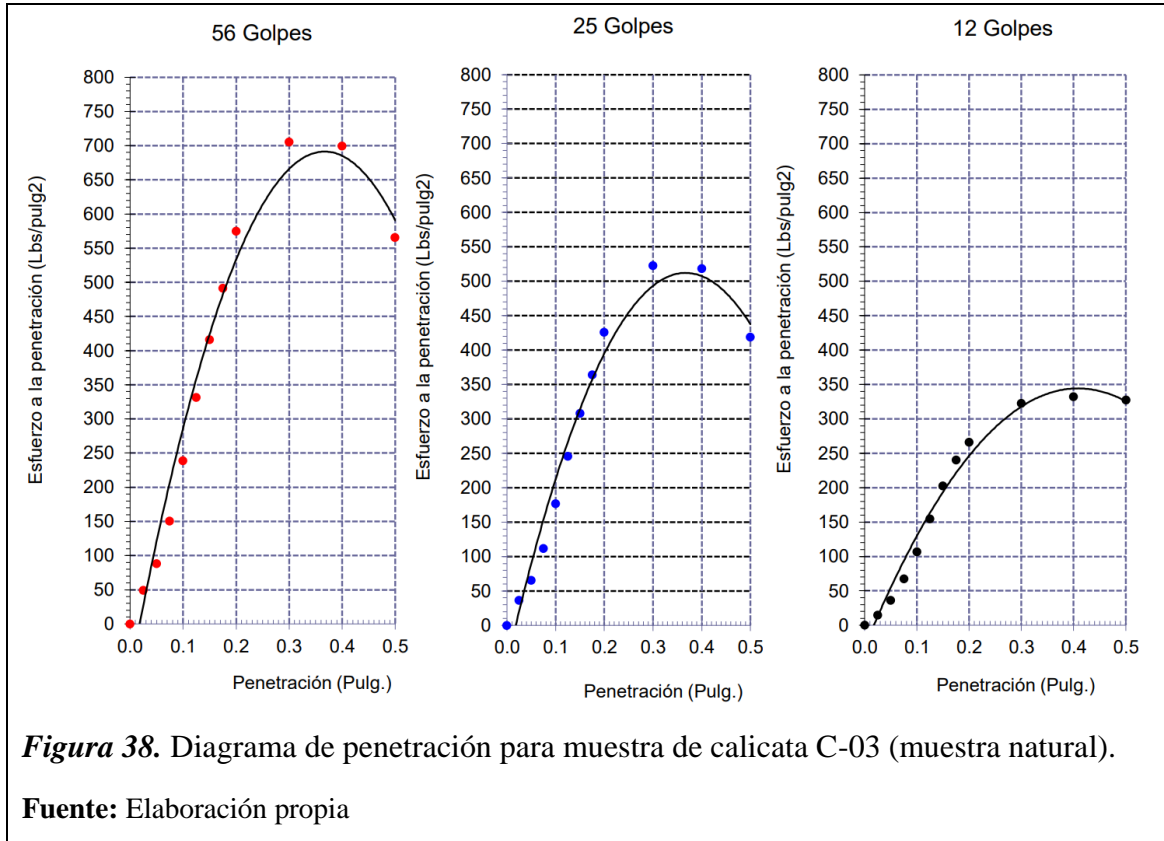
Figura 37. Relación densidad-humedad para calicata: C-03.

Fuente: Elaboración propia

B Comportamiento mecánico

Muestra Natural

Al analizar la muestra perteneciente a la calicata C-03 sin adición de cenizas de *Oryza Sativa*, mediante el ensayo de CBR, se obtiene la siguiente figura:



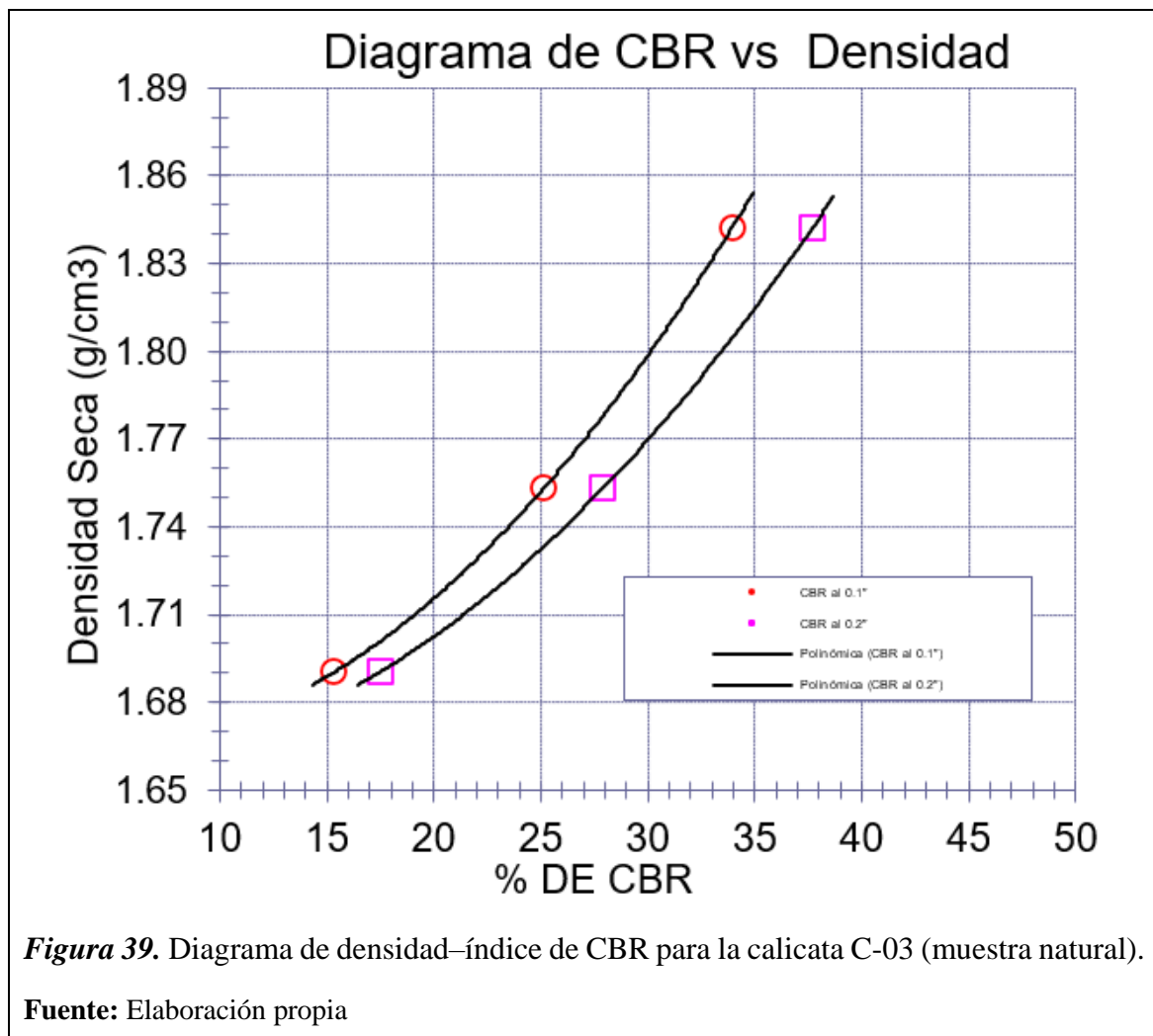
Se observa que, a una compactación de 56 golpes, para lograr una penetración de 0.1” es necesario un esfuerzo de 239 lbs/pulg² y para generar una penetración de 0.2” se aplicó un esfuerzo de 575 lbs/pulg². Asimismo, a una compactación de 25 golpes, el esfuerzo que permite la penetración de 0.1” es 177 lbs/pulg² y para 0.2” es 426 lbs/pulg². Finalmente, para la compactación de 12 golpes, para 0.1”, el esfuerzo desciende a 107 lbs/pulg², lo mismo para 0.2”, donde se visualiza un esfuerzo a la penetración igual a 266 lbs/pulg².

Tabla 36*Resultados de ensayo CBR para calicata C-03 (muestra natural)*

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.842	33.9
	95%	1.753	24.7
0.2 pulg	100%	1.842	37.7
	95%	1.753	27.4

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se obtiene un índice de CBR igual a 33.9% para el 100% de densidad máxima seca y 24.7% para el 95%, considerando una penetración de 0.1". Para la penetración de 0.2", el valor del índice de CBR fue 37.7% para el 100% de MDS y 27.4%, correspondiente al 95%. En la siguiente figura, se muestra el diagrama índice de CBR – densidad característico para la muestra en análisis.



Muestra Natural +3% de cenizas

Al adicionar el 3% de cenizas a la muestra natural de la calicata C-03, se obtiene la siguiente figura como resultado de la penetración en el ensayo CBR:

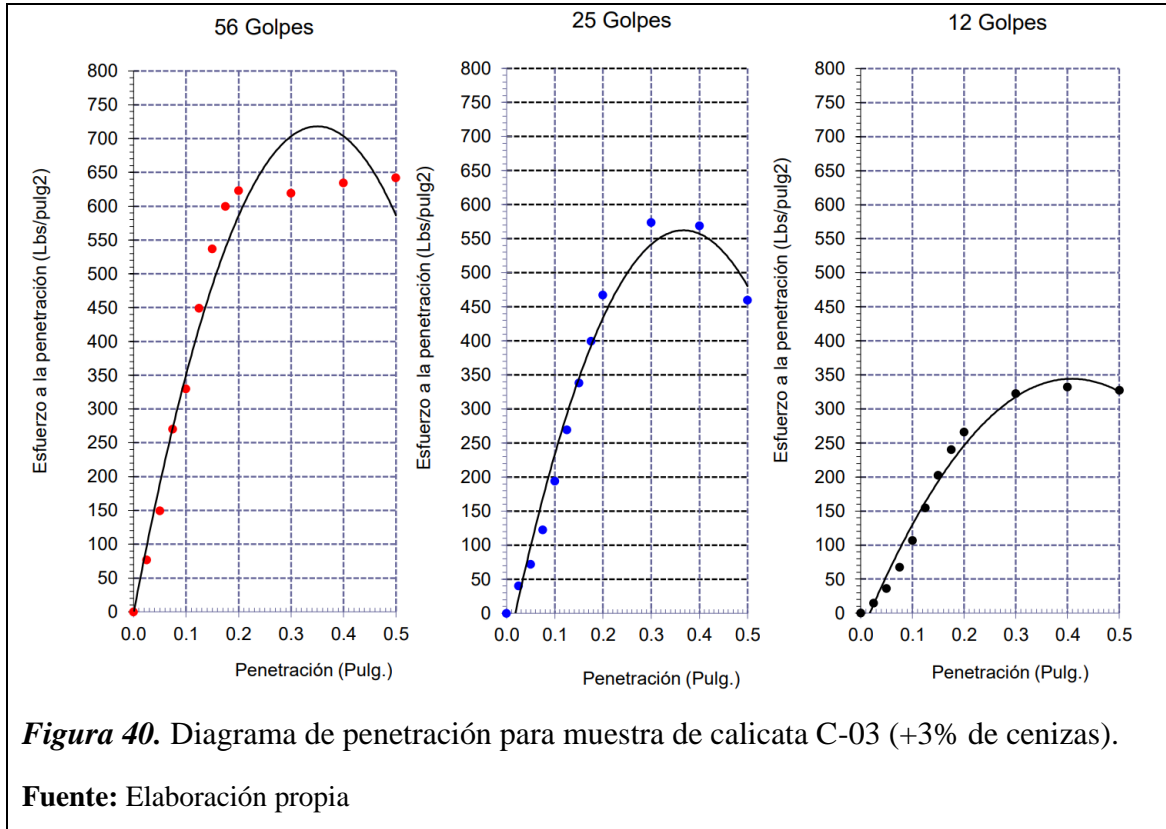


Figura 40. Diagrama de penetración para muestra de calicata C-03 (+3% de cenizas).

Fuente: Elaboración propia

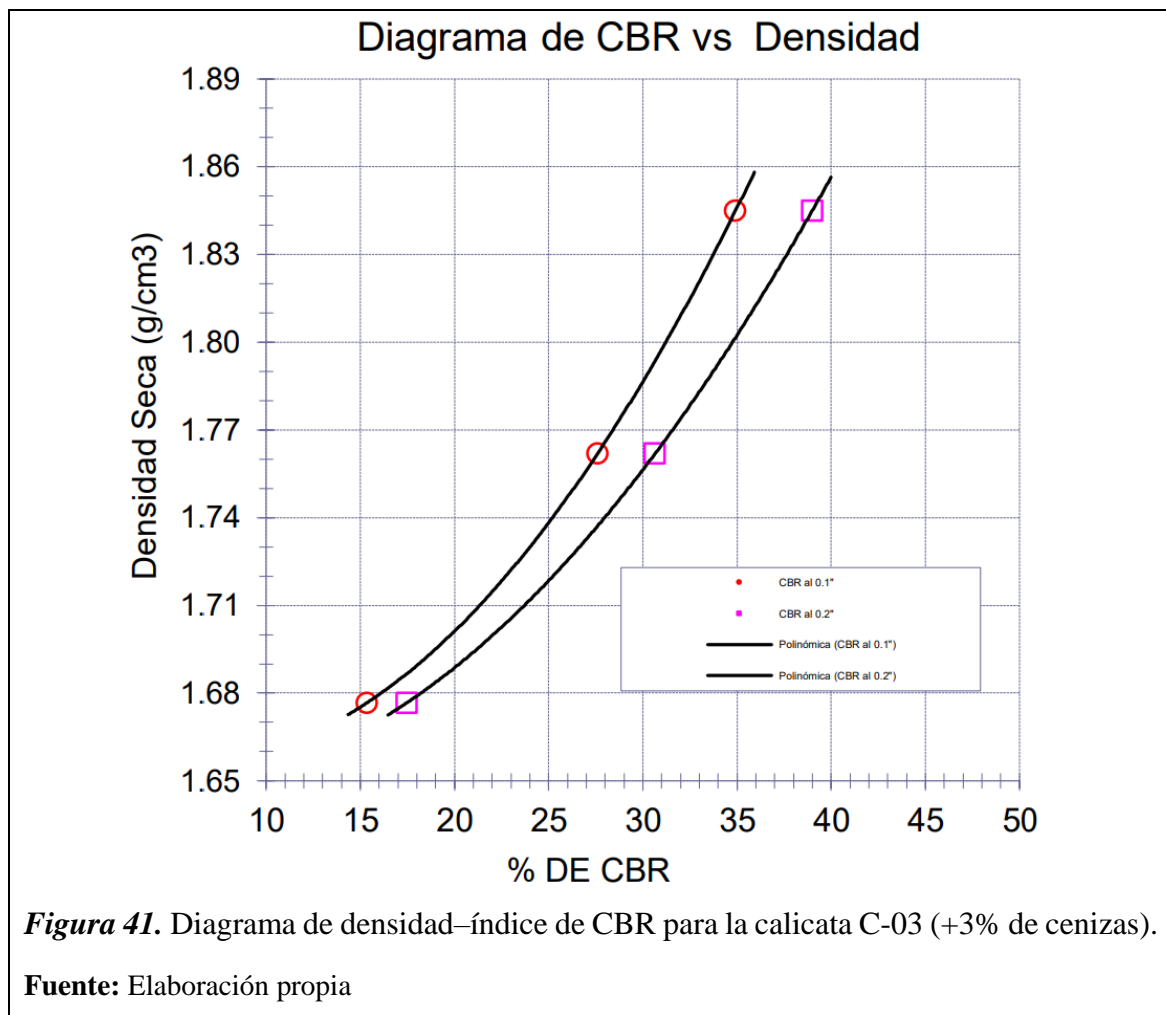
Se observa que, a una compactación de 56 golpes, para lograr una penetración de 0.1” es necesario un esfuerzo de 330 lbs/pulg² y para generar una penetración de 0.2” se aplicó un esfuerzo de 623 lbs/pulg². Asimismo, a una compactación de 25 golpes, el esfuerzo que permite la penetración de 0.1” es 194 lbs/pulg² y para 0.2” es 468 lbs/pulg². Finalmente, para la compactación de 12 golpes, para 0.1”, el esfuerzo desciende a 107 lbs/pulg², lo mismo para 0.2”, donde se visualiza un esfuerzo a la penetración igual a 266 lbs/pulg².

Tabla 37*Resultados de ensayo CBR para calicata C-03 (+3% de cenizas)*

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.845	34.9
	95%	1.762	26.3
0.2 pulg	100%	1.845	39.0
	95%	1.762	29.3

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se obtiene un índice de CBR igual a 34.9% para el 100% de MDS y 26.3% para el 95%, considerando una penetración de 0.1". Para la penetración de 0.2", el valor del índice de CBR fue 39.0% para el 100% de MDS y 29.3%, correspondiente al 95%. En la siguiente figura, se muestra el diagrama índice de CBR – densidad característico para la muestra en análisis.



Muestra Natural +5% de cenizas

Al adicionar el 5% de cenizas a la muestra natural de la calicata C-03, se obtiene la siguiente figura como resultado de la penetración en el ensayo CBR:

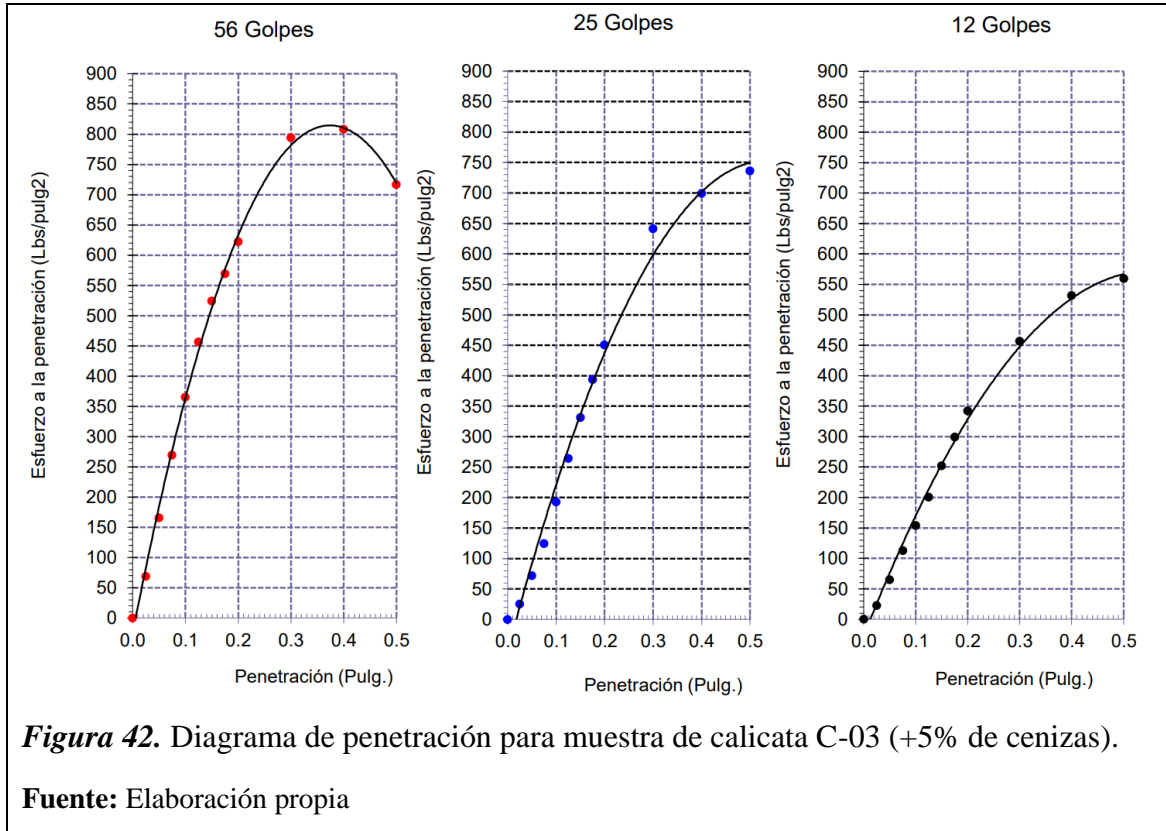


Figura 42. Diagrama de penetración para muestra de calicata C-03 (+5% de cenizas).

Fuente: Elaboración propia

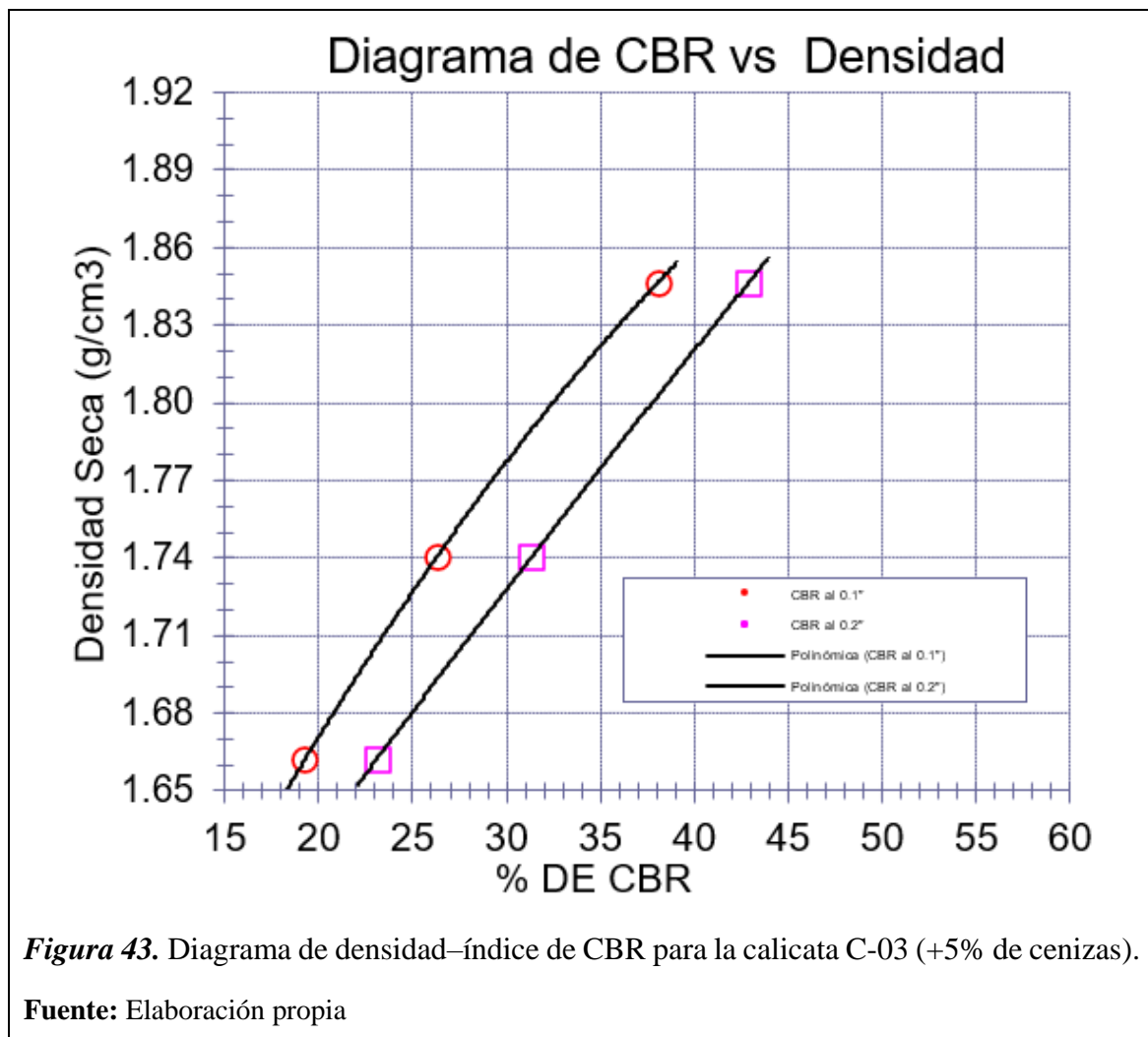
Se observa que, a una compactación de 56 golpes, para lograr una penetración de 0.1” es necesario un esfuerzo de 365 lbs/pulg² y para generar una penetración de 0.2” se aplicó un esfuerzo de 622 lbs/pulg². Asimismo, a una compactación de 25 golpes, el esfuerzo que permite la penetración de 0.1” es 193 lbs/pulg² y para 0.2” es 451 lbs/pulg². Finalmente, para la compactación de 12 golpes, para 0.1”, el esfuerzo desciende a 154 lbs/pulg², lo mismo para 0.2”, donde se visualiza un esfuerzo a la penetración igual a 342 lbs/pulg².

Tabla 38*Resultados de ensayo CBR para calicata C-03 (+5% de cenizas)*

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.847	38.1
	95%	1.740	27.6
0.2 pulg	100%	1.847	42.9
	95%	1.740	32.8

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se obtiene un índice de CBR igual a 38.1% para el 100% de MDS y 27.6% para el 95%, considerando una penetración de 0.1". Para la penetración de 0.2", el valor del índice de CBR fue 42.9% para el 100% de MDS y 32.8%, correspondiente al 95%. En la siguiente figura, se muestra el diagrama índice de CBR – densidad característico para la muestra en análisis.

**Figura 43.** Diagrama de densidad–índice de CBR para la calicata C-03 (+5% de cenizas).**Fuente:** Elaboración propia

Muestra Natural +7% de cenizas

Al adicionar el 7% de cenizas a la muestra natural de la calicata C-03, se obtiene la siguiente figura como resultado de la penetración en el ensayo CBR:

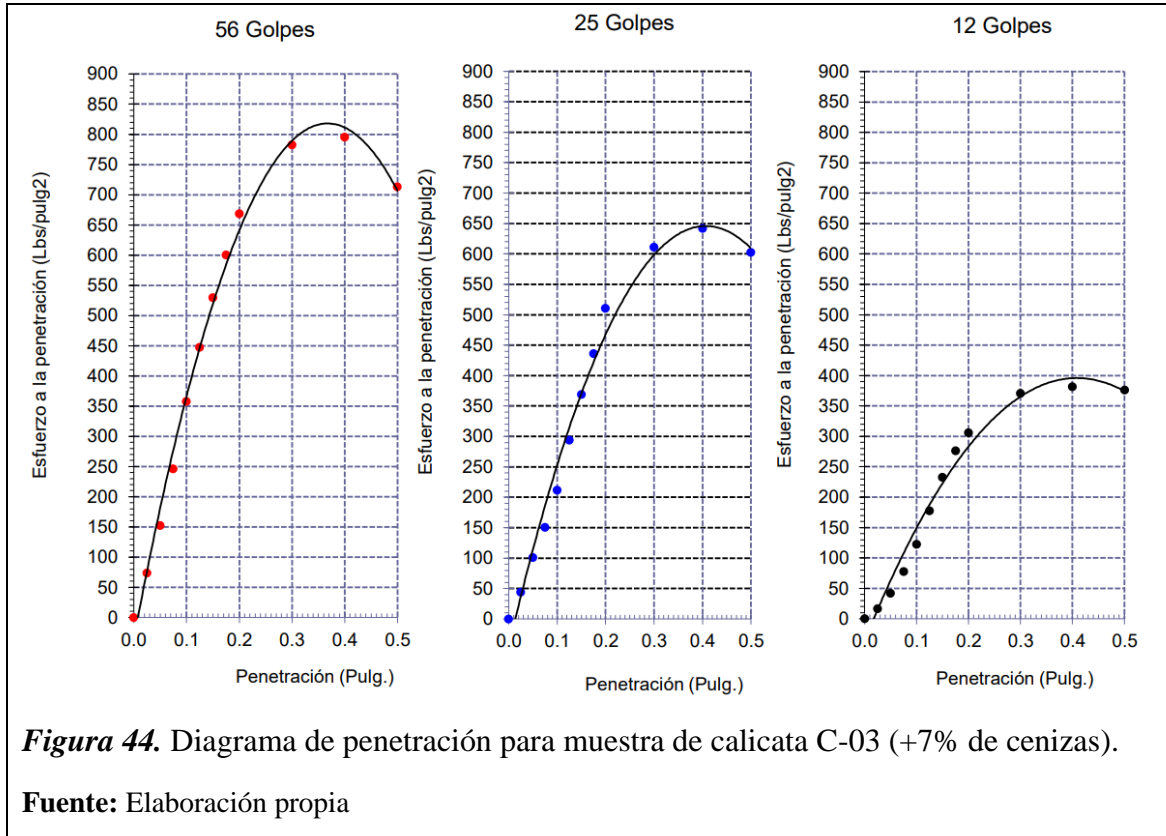


Figura 44. Diagrama de penetración para muestra de calicata C-03 (+7% de cenizas).

Fuente: Elaboración propia

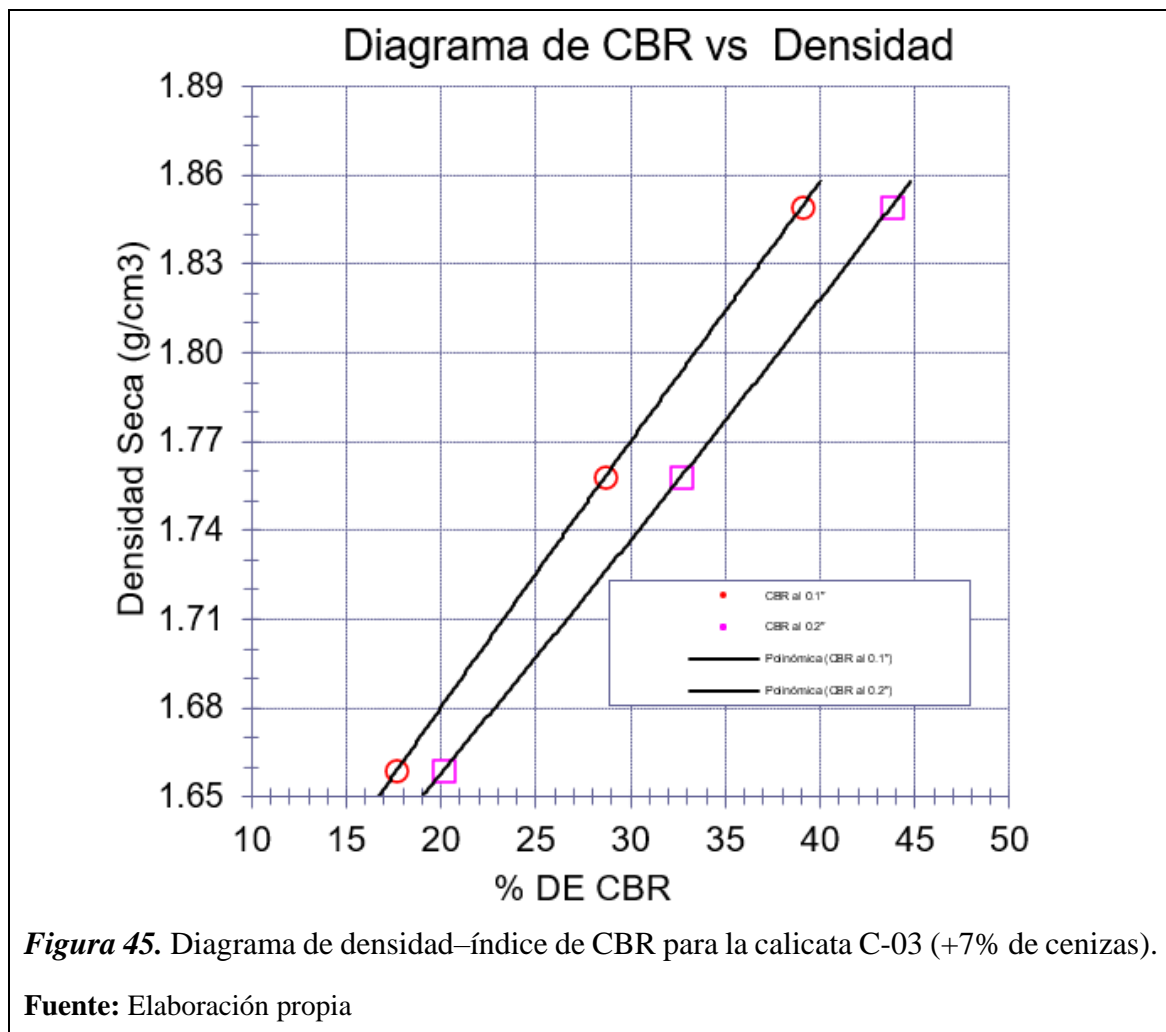
Se observa que, a una compactación de 56 golpes, para lograr una penetración de 0.1” es necesario un esfuerzo de 358 lbs/pulg² y para generar una penetración de 0.2” se aplicó un esfuerzo de 669 lbs/pulg². Asimismo, a una compactación de 25 golpes, el esfuerzo que permite la penetración de 0.1” es 212 lbs/pulg² y para 0.2” es 510 lbs/pulg². Finalmente, para la compactación de 12 golpes, para 0.1”, el esfuerzo desciende a 123 lbs/pulg², lo mismo para 0.2”, donde se visualiza un esfuerzo a la penetración igual a 306 lbs/pulg².

Tabla 39*Resultados de ensayo CBR para calicata C-03 (+7% de cenizas)*

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.849	39.0
	95%	1.758	28.5
0.2 pulg	100%	1.847	43.7
	95%	1.755	32.4

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se obtiene un índice de CBR igual a 39.0% para el 100% de MDS y 28.5% para el 95%, considerando una penetración de 0.1". Para la penetración de 0.2", el valor del índice de CBR fue 43.7% para el 100% de MDS y 32.4%, correspondiente al 95%. En la siguiente figura, se muestra el diagrama índice de CBR – densidad característico para la muestra en análisis.



Muestra Natural +9% de cenizas

Al adicionar el 9% de cenizas a la muestra natural de la calicata C-03, se obtiene la siguiente figura como resultado de la penetración en el ensayo CBR:

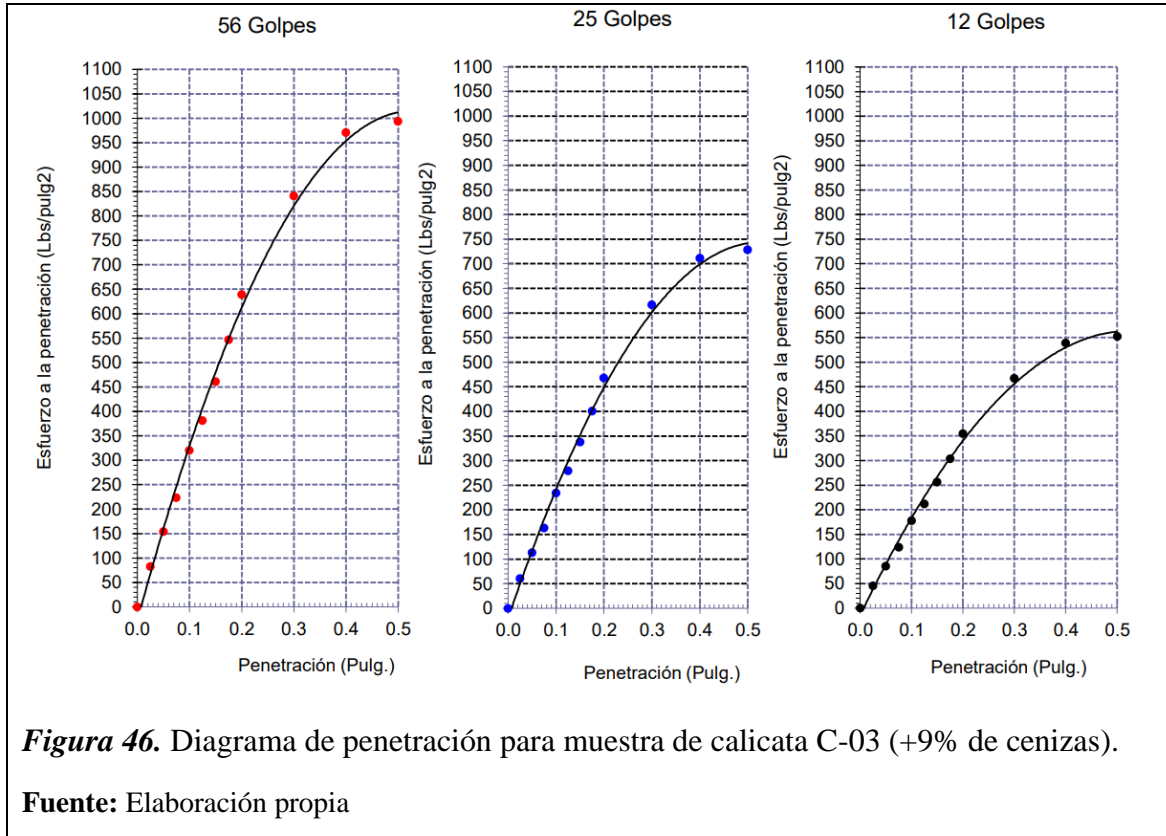


Figura 46. Diagrama de penetración para muestra de calicata C-03 (+9% de cenizas).

Fuente: Elaboración propia

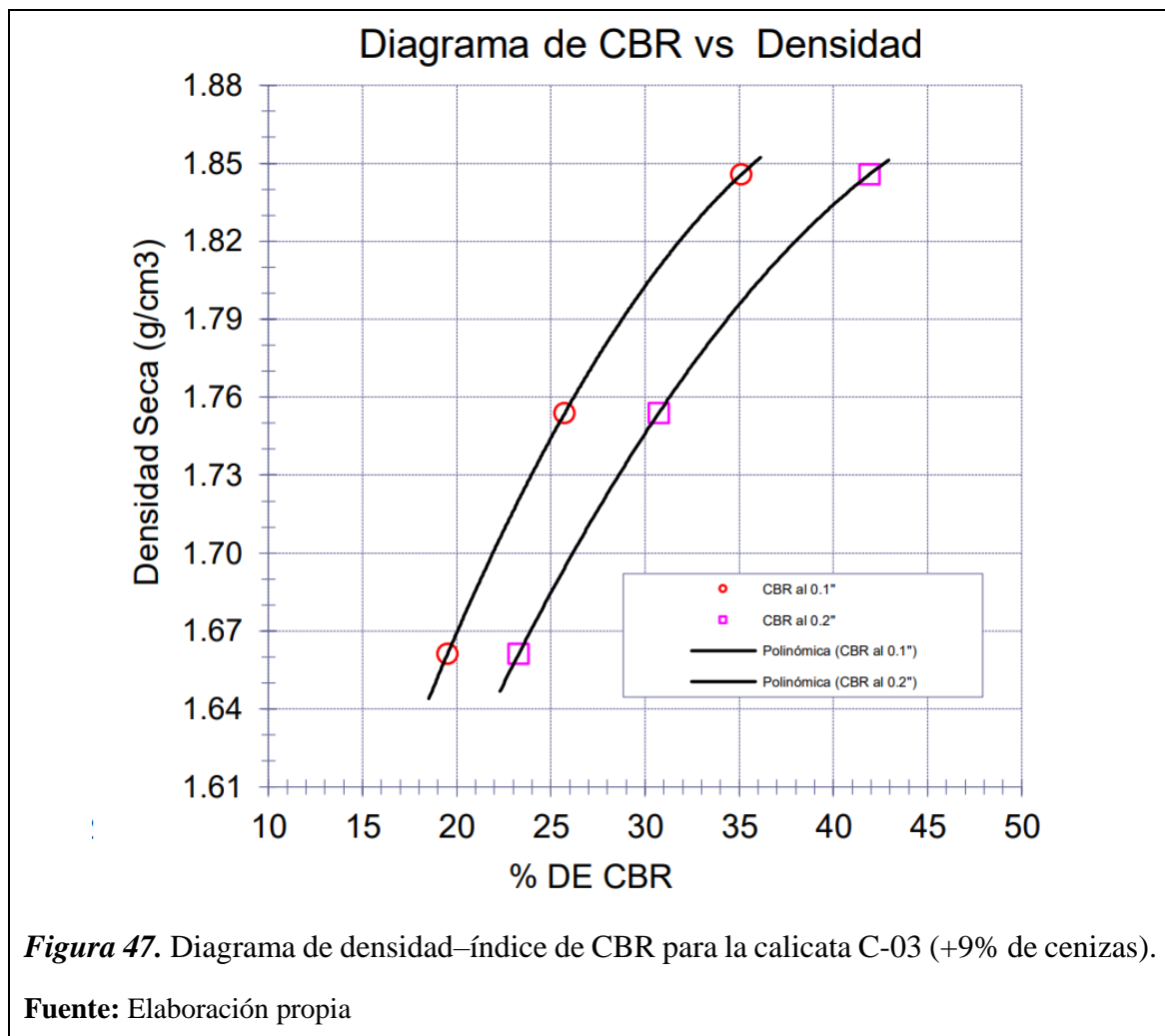
Se observa que, a una compactación de 56 golpes, para lograr una penetración de 0.1” es necesario un esfuerzo de 322 lbs/pulg² y para generar una penetración de 0.2” se aplicó un esfuerzo de 638 lbs/pulg². Asimismo, a una compactación de 25 golpes, el esfuerzo que permite la penetración de 0.1” es 230 lbs/pulg² y para 0.2” es 468 lbs/pulg². Finalmente, para la compactación de 12 golpes, para 0.1”, el esfuerzo desciende a 178 lbs/pulg², lo mismo para 0.2”, donde se visualiza un esfuerzo a la penetración igual a 352 lbs/pulg².

Tabla 40*Resultados de ensayo CBR para calicata C-03 (+9% de cenizas)*

Resultados de ensayo CBR			
Penetración	% MDS	Densidad máxima seca (g/cm ³)	Índice de CBR (%)
0.1 pulg	100%	1.846	35.2
	95%	1.754	25.8
0.2 pulg	100%	1.846	42.0
	95%	1.754	30.8

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se obtiene un índice de CBR igual a 35.2% para el 100% de MDS y 25.8% para el 95%, considerando una penetración de 0.1". Para la penetración de 0.2", el valor del índice de CBR fue 42.0% para el 100% de MDS y 30.8%, correspondiente al 95%. En la siguiente figura, se muestra el diagrama índice de CBR – densidad característico para la muestra en análisis.



Finalmente, se muestran la siguiente tabla que indican el comportamiento de las calicatas de prueba ante los ensayos CBR realizados:

Tabla 41
Resumen general de ensayo CBR

Resumen de ensayos CBR						
Calicata 01						
CCA	M. Natural	+3%	+5%	+7%	+9%	
CBR		28.6	28.8	29.7	30.2	29.6
Calicata 02						
CCA	M. Natural	+3%	+5%	+7%	+9%	
CBR		33.6	34.4	36.7	37.9	34.6
Calicata 03						
CCA	M. Natural	+3%	+5%	+7%	+9%	
CBR		34.9	34.9	38.1	39.0	35.2

Fuente: Elaboración propia

Se observa que la calicata C-03 presentó mejor comportamiento ante este ensayo, teniendo mayores porcentajes de índice CBR, con un pico de 39% adicionando el 7% de CCA a la muestra de suelo arenoso.

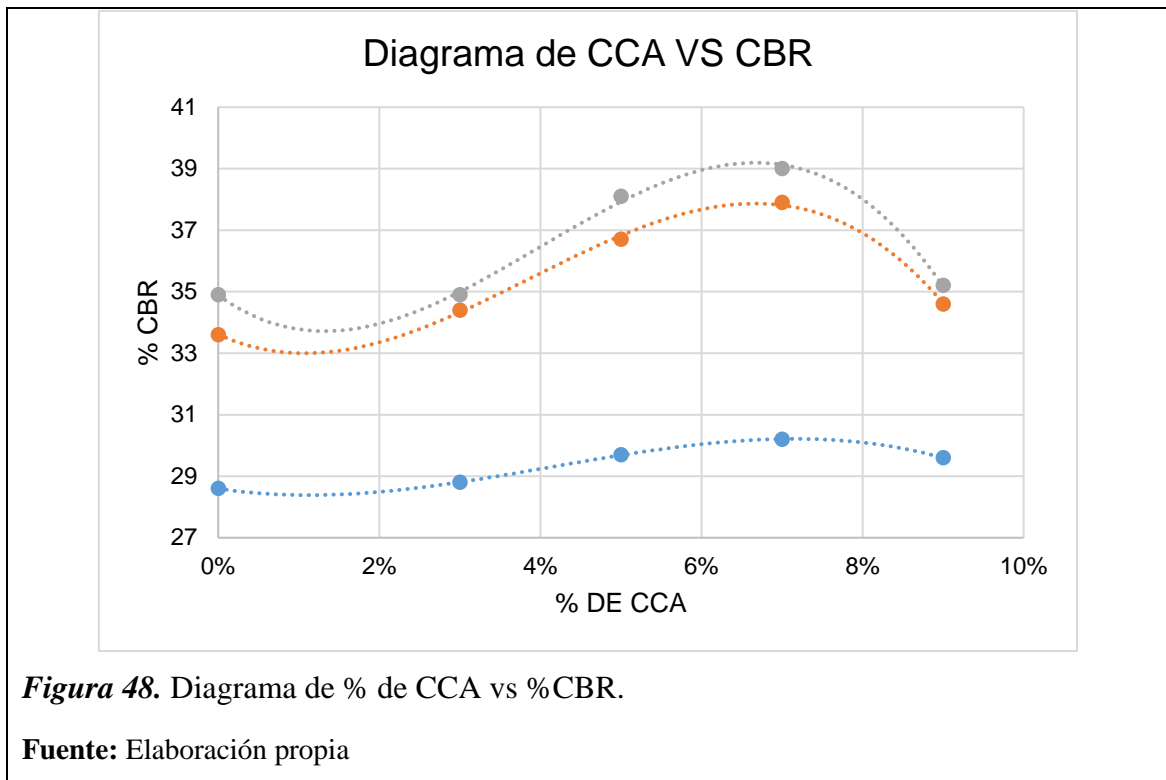


Figura 48. Diagrama de % de CCA vs %CBR.

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se expone un resumen del ensayo Proctor realizado para cada calicata con los diferentes porcentajes de adición de CCA.

Tabla 42

Resumen general de ensayo proctor

Resumen de ensayos proctor					
Calicata 01					
CCA	M. Natural	+3%	+5%	+7%	+9%
MDS (g/cm ³)	1.702	1.703	1.704	1.705	1.703
Calicata 02					
CCA	M. Natural	+3%	+5%	+7%	+9%
MDS (g/cm ³)	1.753	1.754	1.757	1.758	1.756
Calicata 03					
CCA	M. Natural	+3%	+5%	+7%	+9%
MDS (g/cm ³)	1.840	1.845	1.847	1.847	1.847

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se observa que la calicata C-03 presenta mayores valores de densidad máxima seca, siendo el máximo valor 1.847 g/cm³, el cual se mantiene constante con las adiciones de 5%, 7% y 9%.

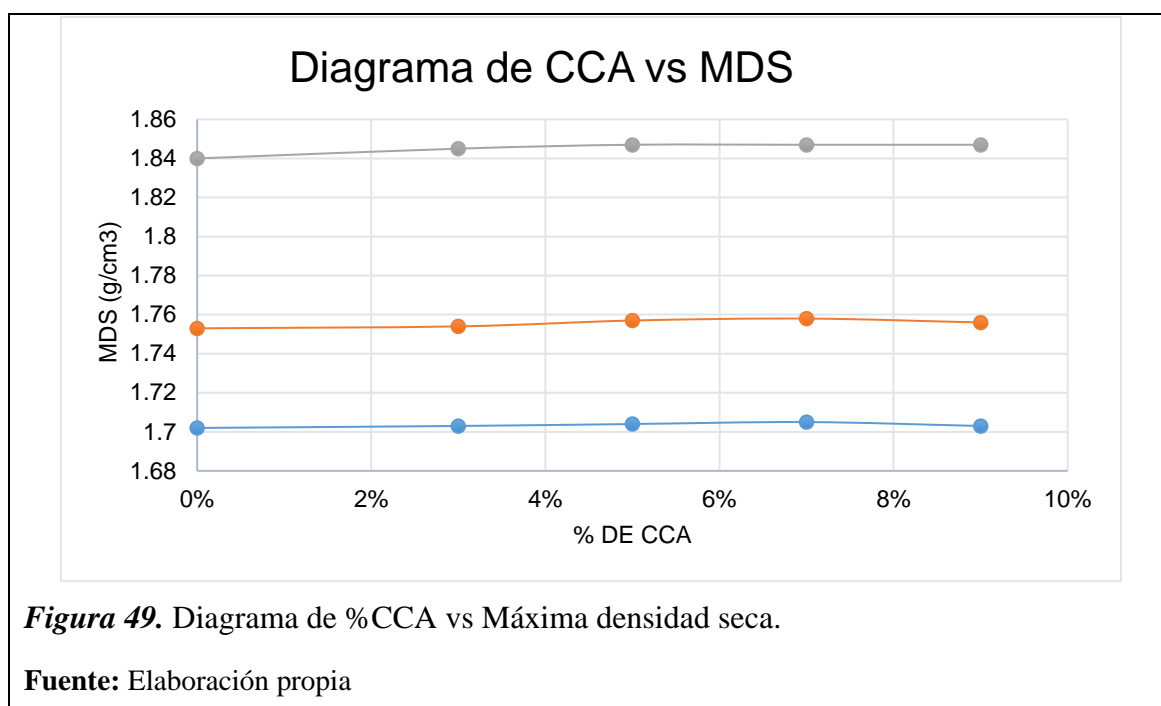


Figura 49. Diagrama de %CCA vs Máxima densidad seca.

Fuente: Elaboración propia

3.2. Discusión de resultados

3.2.1. Propiedades y características físicas del suelo

Luego de realizar el análisis de las calicatas en estudio, se determinó que el suelo característico para la zona en estudio pertenece a un SP, correspondiente a una arena pobremente graduada.

Según la tesis de Cajaleon y Modragón (2018), para un estudio de estabilización de suelos arcillosos, se determinó un contenido de humedad igual 9.4%, a diferencia de la investigación en curso, donde se obtuvo un contenido de humedad promedio 0.55%. Asimismo, el índice de plasticidad de la investigación citada fue de 13%, en contraste con esta investigación, la cual presenta un suelo no plástico, exento de arcilla. En este caso, existe gran diferencia entre los resultados obtenidos en ambas investigaciones, esto radica en la diferencia de suelos en estudio, teniendo un suelo arcilloso en comparación con un suelo arenoso, donde la estabilización tendrá menores dificultades.

A continuación, se presenta una tabla resumen de las propiedades físicas obtenidas para el suelo en estudio:

Tabla 43
Resumen de propiedades físicas

Resumen de propiedades físicas			
Clasificación de suelo (SUCS)	Clasificación de suelo (AASHTO)	Contenido de humedad	Índice de plasticidad
SP	A-2-4	0.55%	No Presenta

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Comportamiento y características mecánicas del suelo

Según la tesis de Cajaleon y Modragón (2018), el valor de la densidad máxima seca del suelo en estudio fue de 2.006 gr/cm³ y el valor calculado en la presente investigación fue de 1.766 gr/cm³.

Tabla 44
Resultados de ensayo CBR

	Valores de CBR				
	Natural	+3% de cenizas	+5% de cenizas	+7% de cenizas	9% de cenizas
CBR	22.47%	23.30%	24.87%	25.50%	22.93%
MDS	1.690 g/cm ³	1.674 g/cm ³	1.671 g/cm ³	1.676 g/cm ³	1.673 g/cm ³

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se muestran los resultados obtenidos para el CBR, donde la muestra de mejor comportamiento es la cual se adiciona 7% de cenizas, con un valor de 25.50% al 95% de MDS para una penetración de 0.1”.

Según el MTC (2013), el valor del índice de CBR determinado (25.10%) se encuentra entre los parámetros correspondientes a una subrasante tipo S4 (subrasante muy buena), cumpliendo ampliamente el parámetro mínimo de CBR igual a 6% para uso en carreteras. Cabe añadir que, la muestra en estado natural también logra cumplir con los parámetros dispuestos por el MTC como subrasante para carreteras.

En comparación con la investigación de Cajaleon y Modragón (2018), cuyos valores de CBR para una adición de cenizas de arroz de 10% y 15% son de 8.5% y 10.3%, donde el escenario más óptimo es la segunda opción, se observa una gran diferencia en los valores obtenidos en esta investigación, donde el porcentaje más óptimo de adición de cenizas de arroz es 7%, porcentaje menor a la tesis de referencia; sin embargo, se logra obtener un mayor índice de CBR, 25.50%, esto se debe a que la naturalidad del suelo aporta a la estabilización, a pesar de que se realiza una mejora de la resistencia cortante del suelo, esta no es tan significativa como para un suelo arcilloso, donde muchas veces, en estado natural. se encuentra por debajo del 6%, no siendo posible su uso como subrasante.

IV. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

1. Las muestras de suelo del Pueblo Joven Las Dunas del distrito de Lambayeque, lograron obtener como propiedades físicas un contenido de humedad de 0.55%, un índice de plasticidad de 0, es decir no presenta plasticidad, y su clasificación del suelo fue según SUCS, un suelo arenoso pobremente graduado (SP) y según AASHTO, un suelo con gravas y arenas limosas o arcillosas (A-2-4).
2. Las propiedades mecánicas del suelo arenoso natural del Pueblo Joven Las Dunas fueron determinadas mediante el ensayo de Proctor Modificado y CBR, obteniendo así una máxima densidad seca (MDS) de 1.690 g/cm³ y un CBR de 22.47%.
3. Las muestras de suelo con ceniza de *Oryza Sativa* en un 3%, 5%, 7% y 9% de adición, determinaron en sus propiedades mecánicas, su máxima densidad seca de 1.674 g/cm³, 1.671 g/cm³, 1.676 g/cm³ y 1.673 g/cm³ respectivamente para cada muestra de estudio. Mientras que, en su CBR, se logró obtener para el suelo con 3% ceniza un valor de 23.30%, para el suelo con 5% de ceniza obtuvo un valor de 24.87%, para el suelo con 7% de ceniza se obtuvo 25.50% y finalmente, con la muestra de suelo con 9% cenizas se logró obtener 22.93%.
4. El 7% de incorporación de cenizas de *Oryza Sativa* en suelos arenosos del P.J. Las Dunas se considera el porcentaje más óptimo de adición, ya que mejoró las propiedades mecánicas de la muestra de suelo en estado natural, existiendo una variación a favor de 2.55%.

4.2. Recomendaciones

1. Se recomienda realizar la adición de diferentes porcentajes de ceniza de *Oryza Sativa* en suelos arenosos, con el fin de contar con una base de datos como referencia para la evaluación de la influencia que presenta la adición frente a sus propiedades mecánicas de este tipo de suelo.
2. Se sugiere realizar un costo- beneficio y un análisis de impacto ambiental de la utilización de esta ceniza de *Oryza Sativa* frente a otros métodos de estabilización de suelos.
3. Para futuras investigaciones, se recomienda innovar en nuevos materiales como agentes estabilizadores que permitan la mejora de las propiedades mecánicas de un suelo. Es importante mencionar, que también sería importante un análisis de la combinación o mezcla de más de un material para determinar la influencia que presentan estos mismos en la calidad del suelo.

REFERENCIAS

- Adedokun, S., & Oluremi, J. (02 de Mayo de 2019). A review of the stabilization of lateritic soils with some agricultural waste products. *International Journal of Engineering*, 63- 74.
- Amir, H., Ebrahim, N., & Abdolhosein, H. (2020). Mechanical and Durability Properties of Poorly Graded Sandy Soil Stabilized with Activated Slag. *American Society of Civil Engineers*, 1-14.
- Anant, L. M., Nupur, D., & Anjan, P. (2018). Stabilisation of black cotton soil for subgrade application using fly ash geopolymer . *Taylor & Francis*, 2-20.
- Anjani, Y., Kumar, R., & Kishor, S. S. (Febrero de 2017). Stabilization of alluvial soil for subgrade using rice husk ash, sugarcane bagasse ash and cow dung ash for rural roads. *ScienceDirect*, 10, 254- 261.
- Ansu, R., Tripathi¹, L., & Yadu, K. (09 de Enero de 2018). A Laboratory Investigation of Soil Stabilization Using Enzyme and Alkali- Activated Ground Granulated Blast- Furnace Slag. (Springer, Ed.) *Arabian Journal for Science and Engineering*, 5193– 5202.
- Azilah, A., Byung-Tae, L., Hyeop-Jo, H., & Kyoung-Woong, K. (2018). *Assessment of the stabilization of heavy metal contaminants in soils using chemical leaching and an earthworm bioassay*. (C. N. Environ Geochem Health, Ed.) Republic of Korea: CrossMark.
- Becerra, C., y Herrera, A. (2019). *Estabilización de arcillas, arenas y afirmados, empleados los cementos Pacasmayo Vía fuerte, Mochica y Qhuna; Lambayeque, 2018*. Universidad Señor de Sipán. Pimentel: USS.
- Behak, L., y Peres, W. (2008). *Caracterización de un material compuesto por suelo arenoso, ceniza de cáscara de arroz y cal potencialmente útil para su uso en pavimentación*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brasil: Revista Ingeniería de Construcción. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v23n1/art04.pdf>

- Beibei, Z., & Xiaopeng, C. (Diciembre de 2017). Effect of Nano-Carbon on Water Holding Capacity in a Sandy Soil of the Loess Plateau. (X. U. Technology, Ed.) *Earth Sciences Research Journal*, 21(4), 189-195.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Colombia: Pearson.
- Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo.
- Cajaleon, O., y Mondragon, D. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos agregando cenizas de cáscaras de arroz para la subrasante en el km+ 17 Pimpingos, Choros 2018*. Universidad César Vallejo, Lima. Lima: UCV.
- Cañar, E. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con cenizas de carbón*. Universidad Técnica de Ambato. UTA. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25266>
- Carrasco, D. (2017). *Estabilización de los suelos arcillosos adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de Moro a Virahuanca en el Distrito de Moro – Provincia del Santa*. Universidad César Vallejo. UCV.
- Castro, A. (2017). *Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de cáscaras de arroz para el mejoramiento de la subrasante*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Lima: UNI.
- Crespo, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. (5. ed., Ed.) Ciudad de México, México: Limusa.
- Cury R, K., Aguas M, Y., Martinez M, A., Olivero V, R., y Chams Ch, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. (e. a. Cury, Ed.) *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 9(530), 122-132. doi:10.24188
- Díaz, A. (2014). *Mecánica de suelos: naturaleza y propiedades*. . México: Trillas.
- Fazal-E, J., Yongfu, X., Babak, J., & Shazim, A. M. (09 de Marzo de 2020). On the Recent Trends in Expansive Soil Stabilization Using Calcium-Based Stabilizer Materials (CSMs): A Comprehensive Review. *Hindawi*, 2020, 1-24.
- Federación Interamericana del Cemento, F. (2007). *El estado del arte del suelocemento en estructuras de pavimentos*. . Colombia: Primera Edición.

- Fuhai, Z., Lei, Z., & Wangxi, H. (14 de Noviembre de 2019). Stabilization of Expansive Soil with Polyvinyl Alcohol and Potassium Carbonate. (S. Nimbalkar, Ed.) *Advances in Civil Engineering*, 2019, 1- 13.
- Hoornweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). What a waste: a global review of solid waste management. *World Bank*.
- INEI, I. N. (2018). *Producción de arroz cáscara se incrementó en 95,2% durante*. Lima: INEI.
- Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, I. (2013). *Estabilización de suelos con cemento*. . Madrid: Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones.
- Jijo, J., & Kasinatha, P. (Agosto de 2018). Chemical, mineral and microstructural characterization of solid wastes for use as auxiliary additives in soil stabilization. *Karpaga Vinayaga College of Engineering and Technology*, 44(3).
- Jittin, V., Bahurudeen, A., & Ajinkya, S. (2019). Utilisation of rice husk ash for cleaner production of different construction products. *Birla Institute of Technology and Science Pilani, Hyderabad Campus*, 14.
- Juárez, E., & Rico, A. (2011). *Mecánica de suelos*. . México: Limusa.
- Lambe, W. (2012). *Mecánica de Suelos*. México: Limusa.
- Llamoga, L. (2016). *Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz*, Cajamarca 2016. Universidad Privada del Norte. Cajamarca : UPN.
- Mamani, D., y Huaranca, A. (2013). *Estabilización de suelos con fines de pavimentación mediante el uso de polímeros reciclados*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú. Huancayo: UNCP.
- Manoochehr, F.-M., & Mohammad, T. (14 de Diciembre de 2019). Effect of Lime and Rice Husk Ash on Horizontal Saturated Hydraulic Conductivity of Sandy Loam Soils. *Geotech Geol Eng*, 1-11.
- Matute, A. A. (2016). *Comparación técnico económica del uso de bases granulares y bases estabilizadas con cemento, para diversos casos de tráfico, con y sin capa*

de rodadura, para nuestro medio. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. , Ecuador. Guayaquil: UCSG.

MINAGRI, M. d. (2010). Arroz en el Perú. *OEEE*, 6.

MINAGRI, M. N. (2013). *Producción agrícola y ganadera.* Lima: MINAGRI.

MTC, M. d. (2013). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.* Ministerio de Transporte y Comunicacione. Lima: MTC. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf

MTC, M. d. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales.* Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Lima: Perú, Progreso para todos. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

NTP 339.127, N. T. (2014). *SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.* Lima. Lima: INDECOPI.

NTP 339.128, N. T. (2014). *SUELOS: Método de ensayo para el análisis granulométrico.* Lima. Lima: INDECOPI.

NTP 339.129, N. T. (2014). *SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.* Lima. Lima: INDECOPI.

NTP 339.141, N. T. (2014). *SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía.* Lima. Lima: INDECOPI.

NTP 339.145, N. T. (2014). *SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.* Lima. Lima: INDECOPI.

Nuñez, M. (2018). *Mejoramiento de la resistencia a la compresión del bloque de concreto incorporando ceniza de arroz y cachaza. Chiclayo 2018.* Universidad César Vallejo, Lambayeque. Chiclayo: UCV. Obtenido de http://181.224.246.201/bitstream/handle/UCV/27511/Nu%C3%B1ez_EMF.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ojeda, O., Mendoza, J., y Baltazar, M. (30 de Abril de 2018). Influencia de la inclusión de ceniza de bagazo de caña de azúcar sobre la compactación, CBR y resistencia

a la compresión simple de un material granular tipo subrasante. *ALCONPAT, Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, 8(2), 1-15.

Oluyemi- Ayibiowu, B. (Julio de 2019). Stabilization of lateritic soils with asphalt-emulsion. *Nigerian Journal of Technology (NIJOTECH)*, 38(3), 603-608.

Ordoñez, O., y Castro, D. (2016). *Análisis de estabilización de suelos con lodos poliméricos biodegradables para construcción de pantallas preexcavadas en suelos con presencia de arenas*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá: UDFJC.

Perez, A. (2014). *Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima: UNI.

Rahman, M. M. (2011). Instability Behaviour for Sandy Soils. (U. o. Canterbury, Ed.) *Geo-Frontiers*, 1-11.

Ravines, M. A. (2010). *Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras*. Universidad de Piura, Piura. Piura: UDEP. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1354/ICI_185.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rocci, S. (Noviembre de 2012). Una clasificación de suelos, basada en la granulometría, en relación con su aptitud para la mezcla con cemento. *Materiales de Construcción*, 12(160).

Rodríguez, M., y Hidalgo, C. (2012). Comportamiento de suelos residuales de diorita estabilizados con cal y su evolución en el tiempo. (U. d. Medellín, Ed.) *Revista Ingenierías*, 111- 122.

Sabat, A., & Pati, S. (2014). A Review of Literature on Stabilization of Expansive Soil Using Solid Wastes. . *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 6251–6267.

Salas, M. (2017). *Estabilización de suelos con adición de cemento y aditivo terrasil para el mejoramiento de la base del km 11+000 al km 9+000 de la carretera Puno –*

Tiquillaca – Mañazo. Universidad Andina “Nestor Cáceres Velasquez”. Juliaca: UANCV.

Sánchez, M. (2014). *Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector Calcical del cantón Tosagua provincia de Manabí*. Universidad Católica del Ecuador, Ecuador. Quito: UCE.

Shengyan, P., Yaqi, H., Jin, M., Yan, Z., Liu, X., Qingqing, S., . . . Xiangjun, P. (Mayo de 2019). Stabilization Behavior and Performance of Loess Using a Novel Biomass-based Polymeric Soil Stabilizer. (E. & Geoscience, Ed.) *The geological society of America*, 25(2), 103- 114.

Sierra, J. (2009). *Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia*. Universidad de Sucre. Sincelejo: US.

Suraj, K., Priyantha, J., Sanjaya, S., & Branimir, S. (2018). Stabilization of highly expansive soils containing sulfate using metakaolin and fly ash based geopolymer modified with lime and gypsum” de la Revista “ELSEVIER Transportation Geotechnics. *ELSEVIER Transportation Geotechnics*, 13.

Thenoux, G., y Carrillo, H. (2012). Estudio para la utilización de cenizas provenientes de la caldera cogeneradora Petropower en la estabilización de suelos. (P. U. Chile, Ed.) *Revista Ingeniería y gestión de la construcción*.

Vargas, A., Castro, V., y Bautista, E. (Diciembre de 2011). Importancia del crecimiento del sector construcción en la economía y sociedad peruana. (UNMSM, Ed.) *Gestión en el Tercer Milenio*, 14(28), 25-32.

Vega, A. (2017). *Estabilización de los suelos con adición de cenizas de paja de trigo al 100% carretera Macashca tramo Pariac Alto provincia de Huaraz - 2017*. Universidad San Pedro. Huaraz: USANPEDRO. Obtenido de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/4021>

Velásquez, C. (2018). *Influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcillosos de la subrasante de la Avenida Dinamarca, Sector la Molina*. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca: UNC.

Zegarra, J. (1999). *Mecánica de Suelos* .

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

Tabla 45:

Matriz de consistencia

Problema General	Objetivos	Marco teórico	Hipótesis General	Metodología
¿De qué manera las cenizas de <i>Oryza Sativa</i> (arroz) estabiliza suelos arenosos del	Objetivo general	Antecedentes	Las cenizas de <i>Oryza Sativa</i> mejora las propiedades mecánicas de suelos arenosos del Pueblo Joven Las Dunas de Lambayeque.	Tipo de investigación: Experimental
	Evaluar el uso de cenizas de <i>Oryza Sativa</i> para la estabilización de suelos arenosos en el Pueblo Joven Las Dunas del distrito de Lambayeque-Lambayeque.	Matute, 2016 Sánchez, 2014 Becerra y Herrera, 2019 Velásquez, 2018 Salas, 2017 Mamani y Huaranca, 2013	Nivel de investigación: Descriptiva	
	Objetivos específicos	Teorías relacionadas al tema	Variables	Población y muestra:
	4. Determinar las propiedades físicas del		Variable Independiente:	Como población, la presente investigación considera a todos los tipos de suelos del Pueblo Joven Las Dunas- Lambayeque

<p>Pueblo Joven Las Dunas de la ciudad de Lambayeque?</p>	<p>suelo arenoso del Pueblo Joven Las Dunas del distrito de Lambayeque.</p>	<p>Suelos, clasificación de los suelos Estabilización, tipos de estabilización</p>	<p>Ceniza de <i>Oryza sativa</i> (arroz)</p>	<p>Y la muestra es considerada los suelos arenosos del P.J. Las Dunas-Lambayeque</p>
	<p>5. Diagnosticar las propiedades mecánicas del suelo arenoso natural del Pueblo Joven Las Dunas del distrito de Lambayeque.</p>	<p>Residuos sólidos de <i>Oryza Sativa</i></p>	<p>Variable Dependiente: Suelos arenosos</p>	<p>Técnicas para recolección de datos Observación Ensayos para EMS</p>
	<p>6. Identificar las propiedades mecánicas del suelo arenoso con porcentajes de adición de cenizas de <i>Oryza Sativa</i> en el Pueblo Joven Las Dunas del distrito de Lambayeque.</p>			<p>Instrumentos para recolección de datos Ficha de observación Formato de cada ensayo normado del suelo</p>
	<p>7. Establecer el porcentaje más óptimo de la incorporación de cenizas</p>			

de Oryza Sativa en suelos
arenosos del P.J. Las
Dunas.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 02: Instrumentos

Formato de Laboratorio 1: Contenido de sales

 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL	
TÍTULO:	
DATOS GENERALES:	

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES

N.T.P. 339.152 N.T.P. 339.178

Ubicación :

Fecha de ensayo :

Calicata:	Muestra:	Profundidad:
-----------	----------	--------------

1	Relación de mezcla suelo - agua destilada			
2	Numero de beaker			
3	Peso de beaker	g		
4	Peso del beaker + residuos de sales	g		
5	Peso del residuo de sales	g		
6	Volumen de solucion tomada	ml		
7	Constituyentes de sales solubles en licuota	p.p.m		
8	Constituyentes de sales solubles en muestra	p.p.m		
9	Constituyentes de ss en peso seco	%		

Fuente: Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán

Formato de Laboratorio 2: Contenido de humedad

 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL	
TÍTULO:	
DATOS GENERALES:	

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

N.T.P. 339.127 ASTM D - 2216

Ubicación :
 Fecha de ensayo :

	Calicata				
DATO DE LA MUESTRA	Muestra				
	Profundidad				

1	Numero de tara	Nº				
2	Peso muestra húmeda + peso de tara	gr.				
3	Peso muestra seca (horno) + peso de tara	gr.				
4	Peso del Agua	gr.				
5	Peso de tara	gr.				
6	Peso muestra seca (horno)	gr.				
7	Contenido de humedad	%				
8	Contenido de humedad (Promedio)	%				

$$w = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo seco al horno}} \times 100$$

$$w = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

ESPECIMEN DE ENSAYO		
TAMAÑO MAXIMO DE PARTICULAS	TAMAÑO MALLAS ESTANDAR	MASA MINIMA ESPECIMEN
2 mm.	Nº 10	20 g *
4.75 mm.	Nº 4	100 g
9.5 mm.	3/8"	500 g
19.0 mm.	3/4"	2.5 Kg
37.5 mm.	1/2"	10 Kg
75.0 mm.	3"	50 Kg

* Se usará no menos de 20 gramos para que sea representativa

Donde :

- w** : es el contenido de humedad, en porcentaje
- M_{cws}** : es el peso de la tara más la muestra húmeda, en gramos
- M_{cs}** : es el peso de la tara más la muestra secada en horno, en gramos
- M_c** : es el peso de la tara, en gramos
- M_w** : es el peso del agua, en gramos
- M_s** : es el peso de las partículas sólidas, en gramos

Fuente: Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán

Formato de Laboratorio 3: Análisis granulométrico por tamizado



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL

TÍTULO:	
DATOS GENERALES:	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

Ubicación :
Fecha de ensayo :

Calicata	Muestra	Profundidad
----------	---------	-------------

PESO INICIAL 01

PESO INICIAL 02

MALLAS		Peso Retenido	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA ACUMULADO
PULGADAS	MILÍMETROS				
3"	75.000				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
1/4"	6.300				
Nº4	4.750				
Nº10	2.000				
Nº20	0.850				
Nº40	0.425				
Nº50	0.300				
Nº100	0.150				
Nº200	0.075				
FONDO					

$$\% \text{ RETENIDO} = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso inicial 01}} \times 100$$

$$\% \text{ RETENIDO (Metod. Frac.)} = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso Inicial 02}} \times \% \text{ F.A.}$$

Ejemplo Tamiz 1"

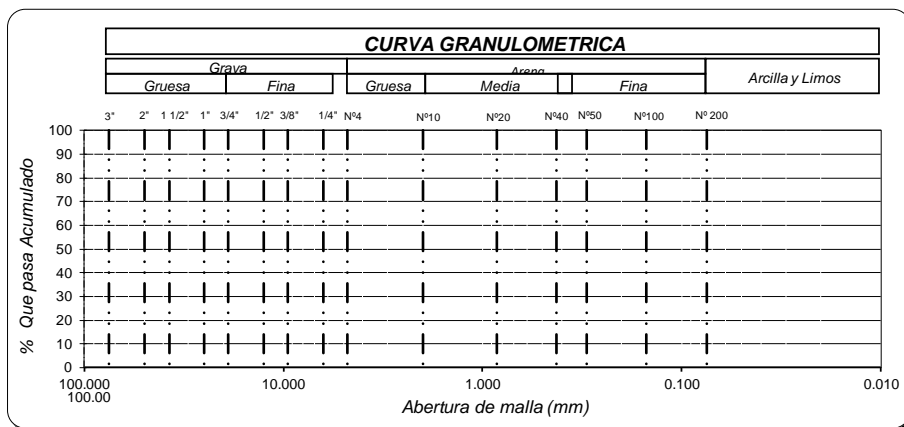
$$\% \text{ RETENIDO ACU. (tamiz 1")} = \text{La suma \% retenidos (tamices 3" + 2" + 1 1/2" + 1")}$$

$$\% \text{ QUE PASA ACUMULADO} = 100 - \% \text{ Retenido Acumulado}$$

$$\% \text{ F.A.} = \% \text{ Peso inicial 01} - \% \text{ F.G.}$$

$$\% \text{ F.A.} = \% \text{ Fracción que pasa la malla Nº 4}$$

$$\% \text{ F.G.} = \% \text{ Fracción que retenidos la malla Nº4}$$



Fuente: Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán

Formato de Laboratorio 4: Límites de Atterberg

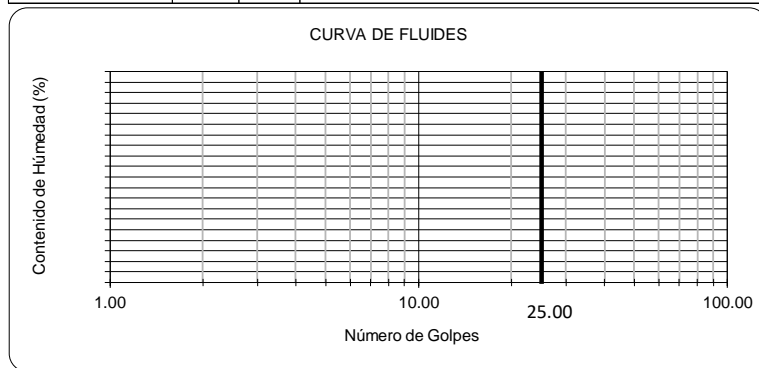
 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL	
TÍTULO:	
DATOS GENERALES:	

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO e ÍNDICE PLÁSTICO N.T.P. 339.129 ASTM D - 4318

Ubicación :
Fecha de ensayo :

Calicata:	Muestra:	Profundidad:	
Datos de Ensayo		Límite Líquido	Límite Plástico
1.- Nº de Tara			
2.- Nº de Golpes	g.		
3.- Peso de muestra humedad + tara	g.		
4.- Peso de muestra seca + tara	g.		
5.- Peso del agua	g.		
6.- Peso de tara	g.		
7.- Peso de muestra seca	g.		
8.- Contenido de humedad	%		

F O R M U L A S	M E T O D O	U N P U N T O	$LL = \% \text{ Humedad} \times \left[\frac{\text{N}^\circ \text{ Golpe}}{25} \right]^{0.121}$
		M U L T I P U N T O	$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso muestra seca}} \times 100$



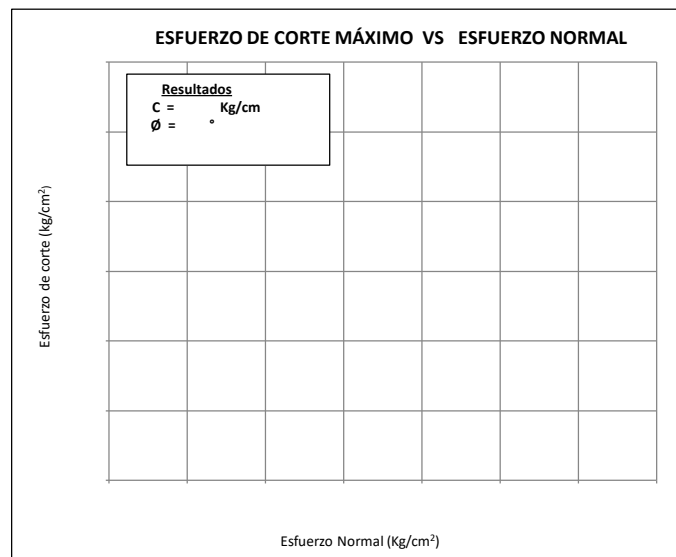
Límite Líquido	%	
Límite Plástico	%	
Índice de Plasticidad	%	

Fuente: Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán

Formato de Laboratorio 6: Corte Directo

 UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL	
TÍTULO:	
DATOS GENERALES:	

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM - D3080



Fuente: Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán

Formato de Laboratorio 7: Proctor Estándar



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 PRACTICA DE LABORATORIO
ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PRÓCTOR ESTÁNDAR)
 N.T.P. 339.142 ASTM D - 698

Identificación :

Calicata	Muestra	Profundidad	PROCEDIMIENTO			
1.- Peso de la muestra compactada + molde (gr)			PROCED.	A	B	C
2.- Peso del molde (gr)			MOLDE	4"	4"	6"
3.- Volumen del molde (cm ³)			CAPAS	3	3	3
4.- Densidad humedad (gr/cm ³)			GOLPES	25	25	56
5.- Nº de la tara			PISÓN	5.5 Lb.		
6.- Peso de la tara + suelo humedo (gr)			CONDICIONES	≤ 20% Ret	> 20% Ret	> 20% Ret
7.- Peso de la tara + suelo seco (gr)				Acu. malla	Acu. malla	Acu. malla
8.- Peso del agua (gr)				Nº4	Nº4 y	3/8" Y
9.- Peso de la tara (gr)					≤ 20% Ret	< 30%Ret.
10.- Peso de suelo seco (gr)					Acu. malla	Acu. malla
11. Contenido de humedad (%)					3/8"	3/4"
12.- Densidad seca (gr/cm ³)						

GRANULOMETRÍA GLOBAL PARA ELEGIR EL PROCEDIMIENTO				
MALLAS		PSO RET.	% RETENI.	% RET. ACUMULAD.
PASA	RETI.	(g)		
2"	3/4"			
3/4"	3/8"			
3/8"	Nº4			
FONDO				
PESO INICIAL				

CALCULO DE LA TANDA			
MALLAS		% RETENI.	TANDA
PASA	RETI.		
2"	3/4"		
3/4"	3/8"		
3/8"	Nº4		
FONDO			
PESO DE LA TANDA			

Máxima Densidad Seca MDS

Optimo Contenido de Humedad OCH



Fuente: Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán

Formato de Laboratorio 8: Proctor Modificado



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
PRACTICA DE LABORATORIO
ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PRÓCTOR MODIFICADO)
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

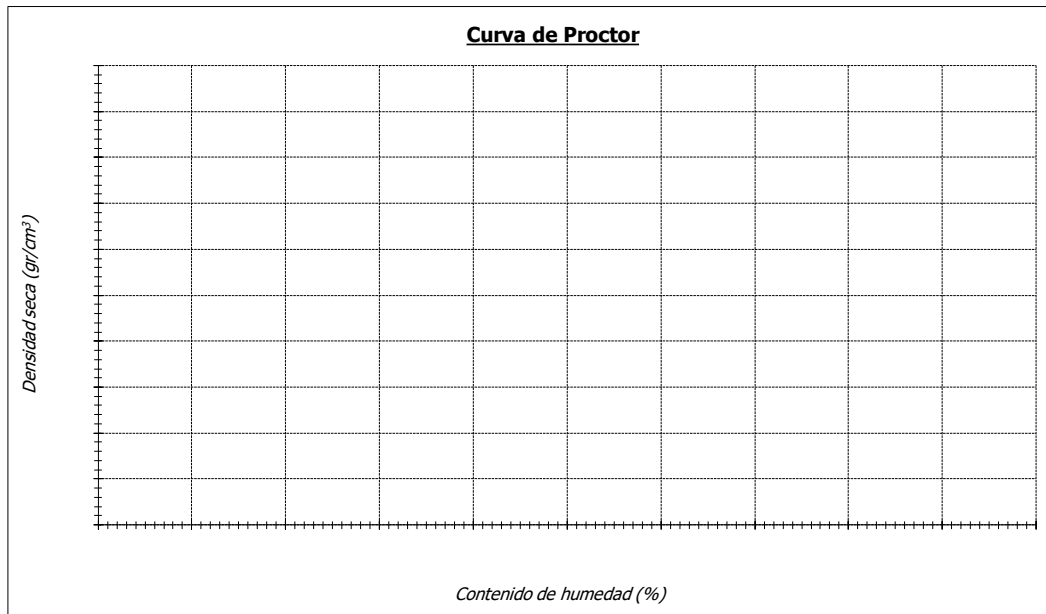
Identificación :

Calicata	Muestra	Profundidad	PROCEDIMIENTO			
1.- Peso de la muestra compactada + mold (gr)			PROCED.	A	B	C
2.- Peso del molde (gr)			MOLDE	4"	4"	6"
3.- Volume del molde (m ³)			CAPAS	5	5	5
4.- Densidad humedad (gr/cm ³)			GOLPES	25	25	56
5.- N° de tara			PISÓN	10 Lbs.		
6.- Peso de tara + suelo húmedo (gr)			CONDICIONES	≤ 20% Ret	> 20% Ret	> 20% Ret
7.- Peso de tara + suelo seco (gr)				Acu. malla N°4	Acu. malla N°4 y	Acu. malla 3/8" Y
8.- Peso del agua (gr)					≤ 20% Ret	< 30%Ret.
9.- Peso de tara (gr)					Acu. malla 3/8"	Acu. malla 3/4"
10.- Peso de suelo seco (gr)						
11. Contenido de humedad (%)						
12.- Densidad seca (gr/cm ³)						

MALLAS		PSO RET.	% RETENI.	% RET. ACUMULAD.
PASA	RETI.	(g)		
2"	3/4"			
3/4"	3/8"			
3/8"	N°4			
FONDO				
PESO INICIAL				

MALLAS		% RETENI.	TANDA
PASA	RETI.		
2"	3/4"		
3/4"	3/8"		
3/8"	N°4		
FONDO			
PESO DE LA TANDA			

Máxima Densidad Seca MDS
 Optimo Contenido de Humedad OCH



Fuente: Laboratorio de la Universidad Señor de Sipán

Anexo 03: Informes de Laboratorio



Certificado INDECOPI N°00106712 RNP Servicios 50858324

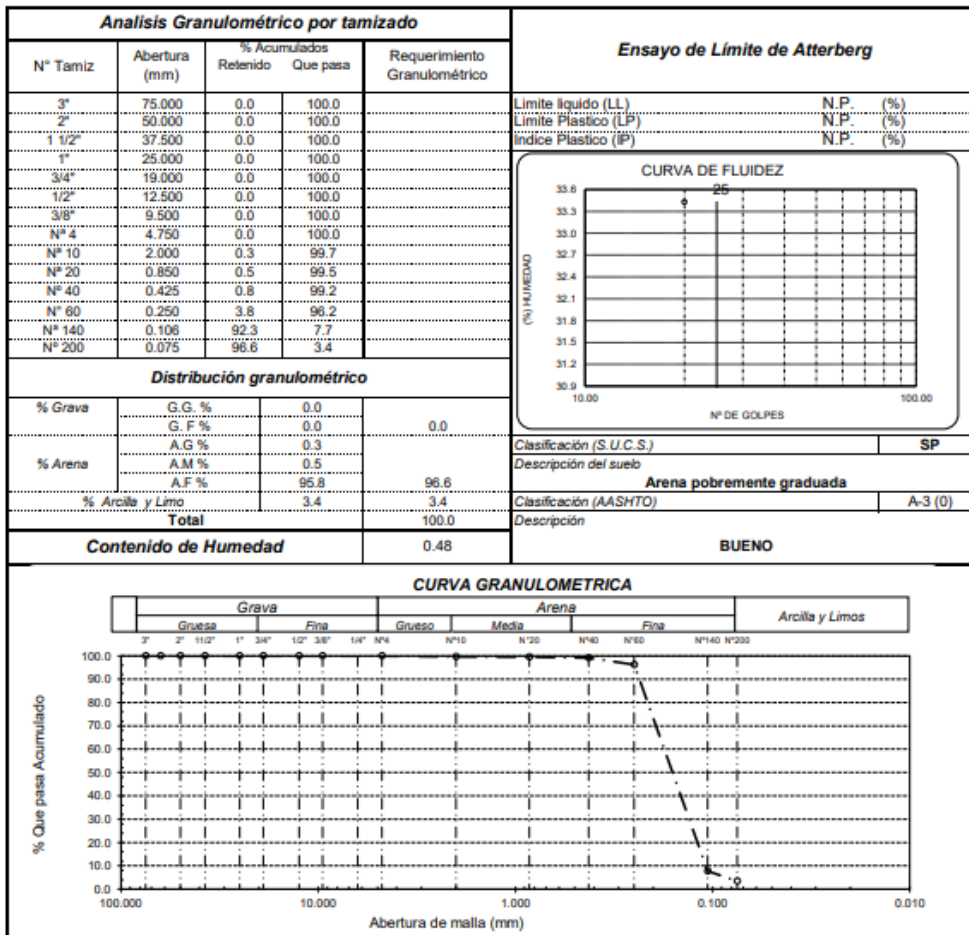
Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Pimentel – Lambayeque
R.U.C. 20548885974
Email: servicios@soilseirf.com

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : Tesis "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Dist. Lambayeque, Prov. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 01 de Junio 2020.
 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. 399.127: 1998

Calicata: C - 1

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.00 - 1.20 m



Observaciones:

- Muestreo, ensayo e identificación realizado por el solicitante.

SOILS E.I.R.L.
WILSON OLAYA AGUILAR
LABORATORISTA LEM

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

Figura 50: Análisis granulométrico de calicata C-01

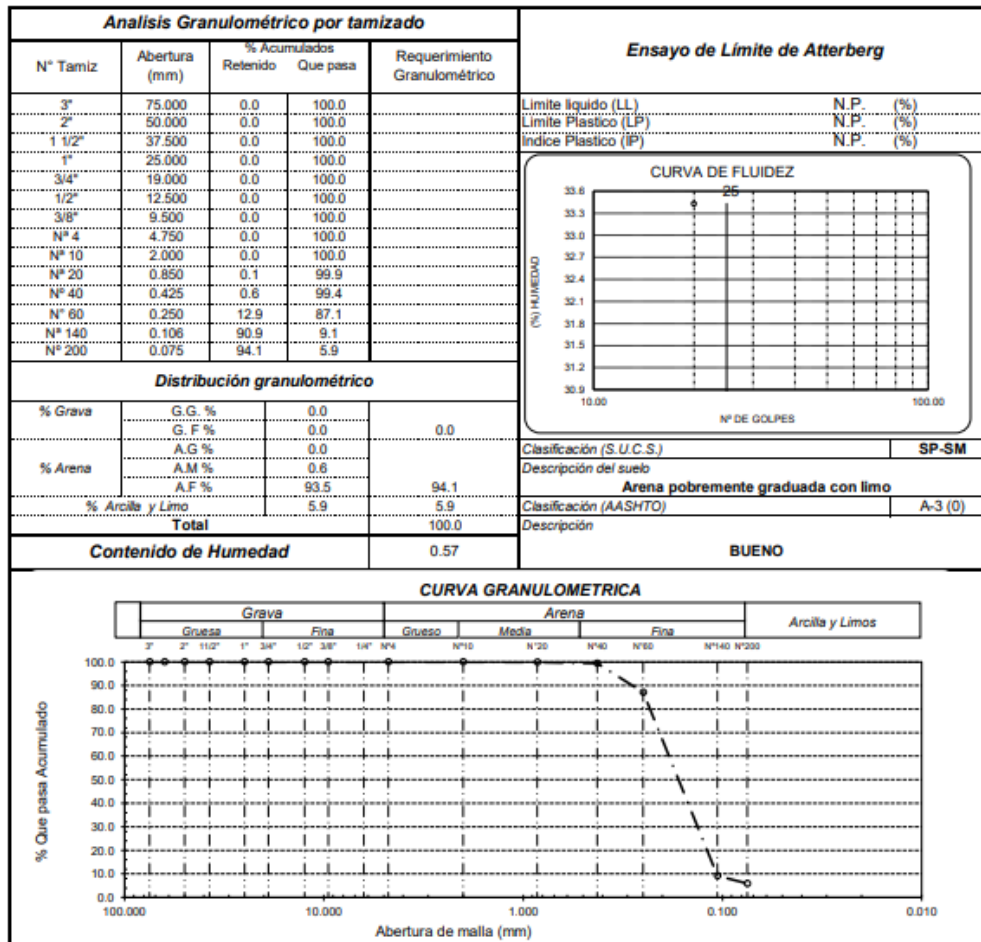
Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 01 de Junio 2020.
 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: 0.00 - 1.20 m



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

SOILS E.I.R.L.
 WILSON OLAYA ACQUIAR
 LABORATORISTA LEM

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

Figura 51: Análisis granulométrico de calicata C-02

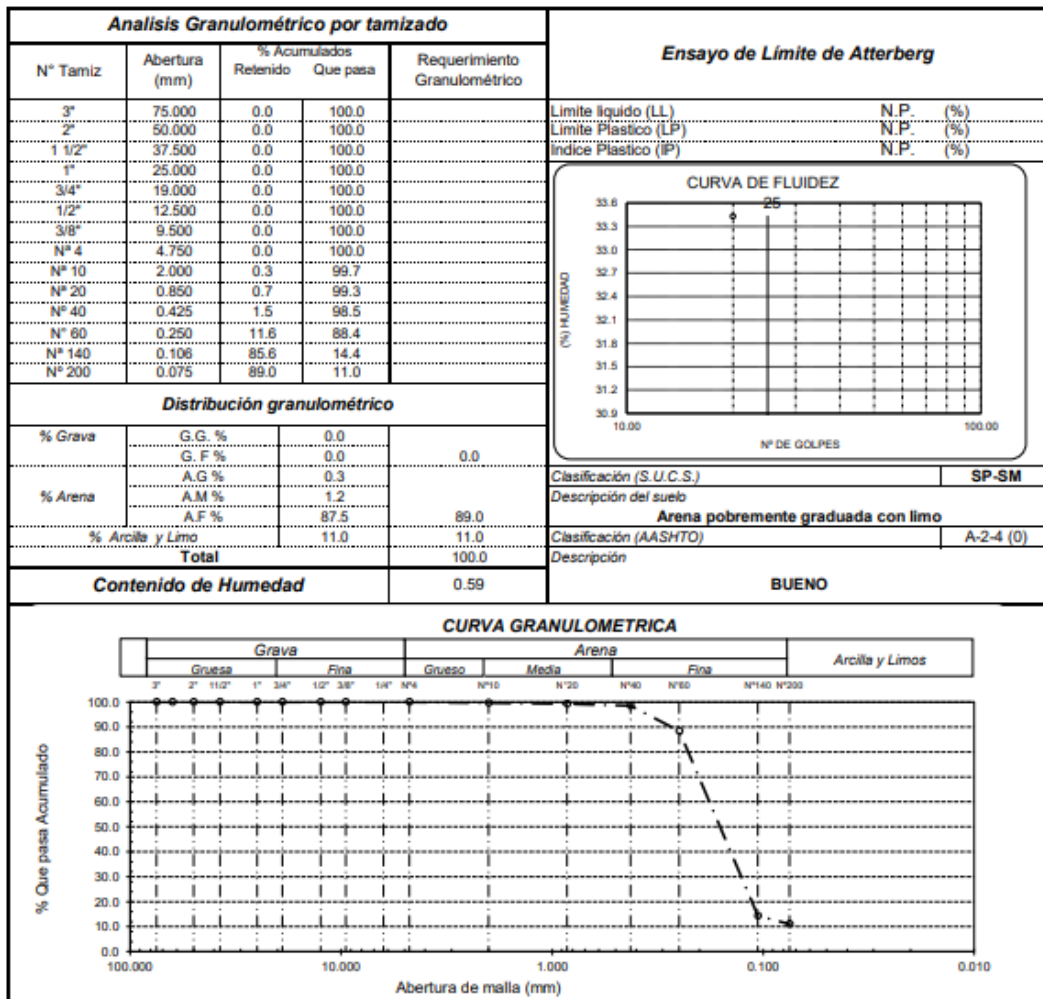
Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 01 de Junio 2020.
 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 - 3

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.00 - 1.20 m



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

SOILS E.I.R.L.
WILSON OLAYA AGUILAR
LABORATORISTA LEM

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

Figura 52: Análisis granulométrico de calicata C-03

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

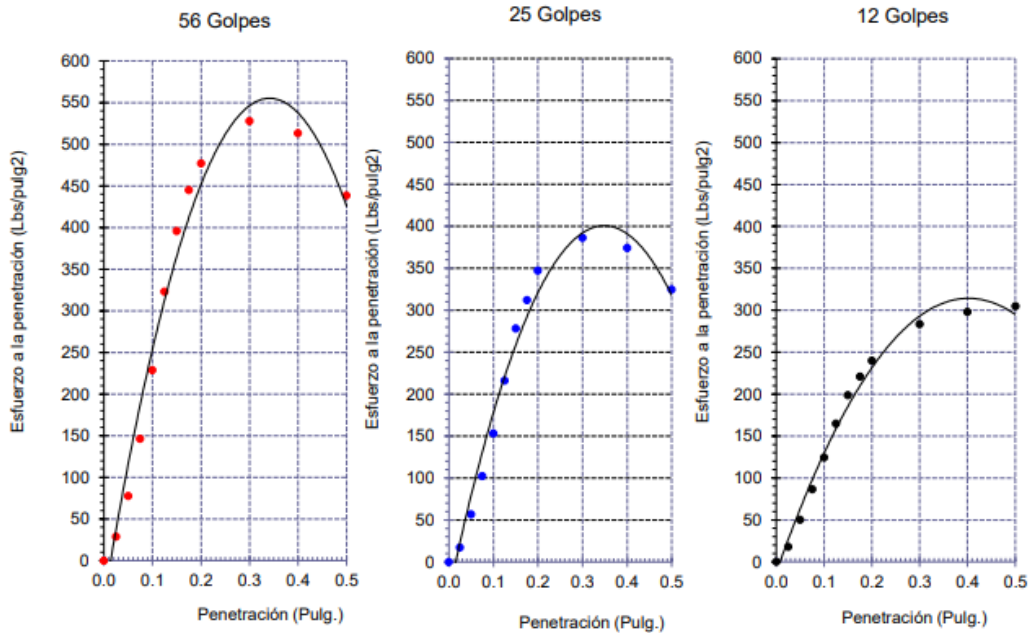
Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 01 de Junio 2020.
 Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

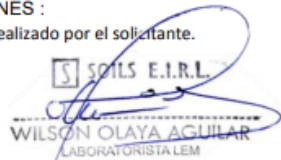
Calicata: C - 01

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

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

OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



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

Figura 53: Ensayo de CBR para calicata C-01 (Muestra natural), Parte 1

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 01 de Junio 2020.
 Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 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 - 01

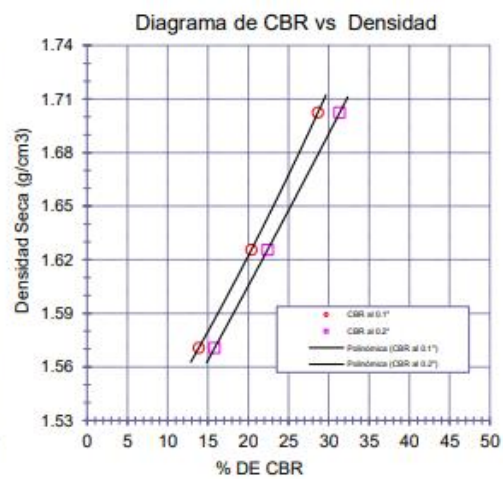
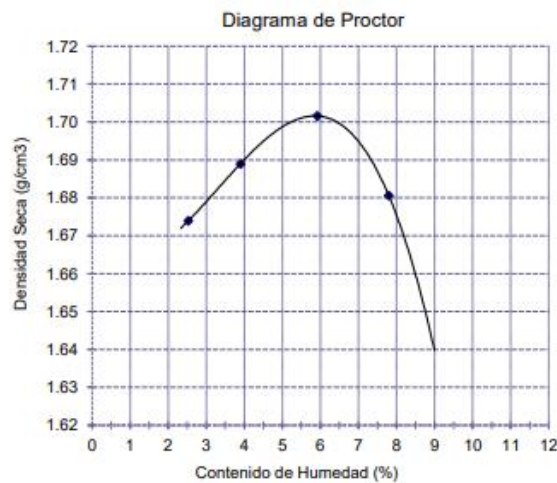
Muestra: M - 1

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.702 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	5.95 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expan. (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	28.7	0.0	1.702	0.1"	100	28.6
02	25	20.4	0.0	1.626	0.1"	95	19.4
03	12	13.9	0.0	1.571	0.2"	100	31.3
					0.2"	95	21.4


OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



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

Figura 54: Ensayo de CBR para calicata C-01 (Muestra natural), Parte 2

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 01 de Junio 2020.

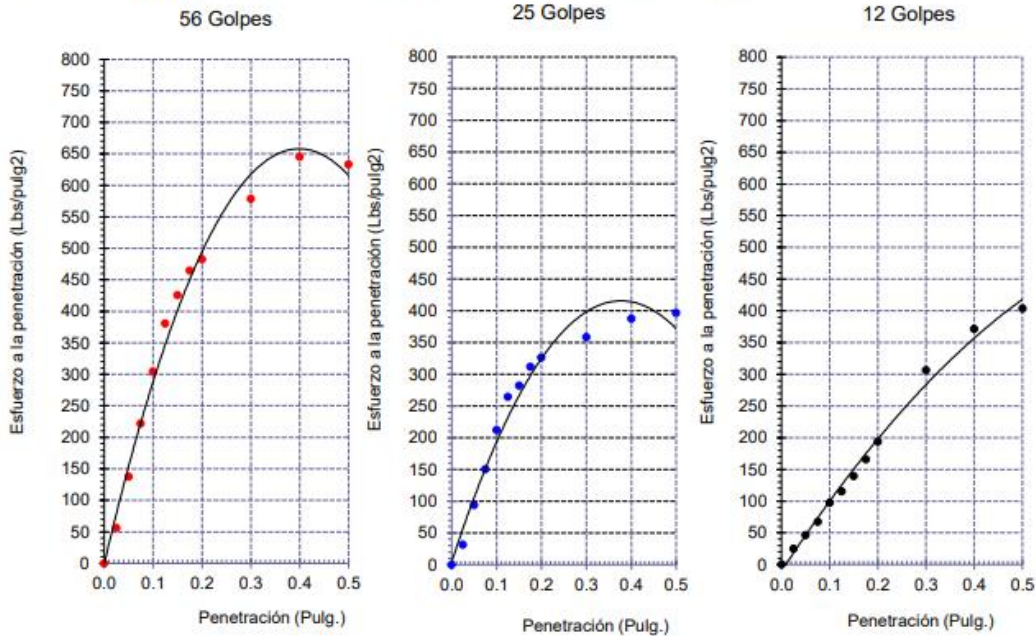
Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 01

Muestra: M - 1 + 3% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

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

OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



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

Figura 55: Ensayo de CBR para calicata C-01 (+3% de cenizas), Parte 1

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021



INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

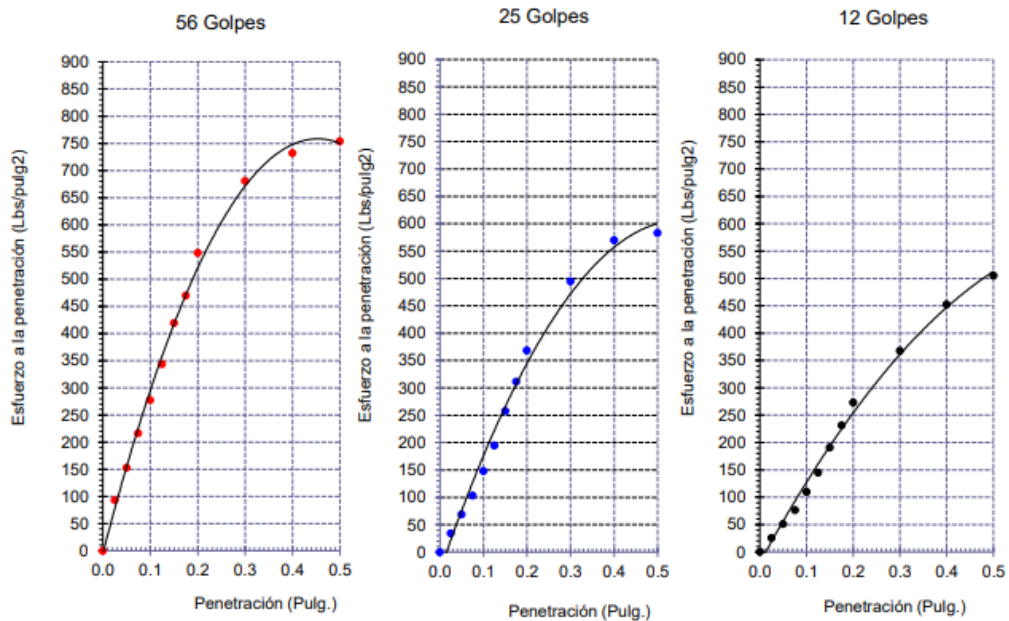
Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 01 de Junio 2020.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 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 - 01 Muestra: M - 1 + 5% de Cenizas Profundidad: 0.00 - 1.20 m

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



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

SOILS E.I.R.L.
 WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM

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

Figura 57: Ensayo de CBR para calicata C-01 (+5% de cenizas), Parte 1

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 01 de Junio 2020.
 Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 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 - 01

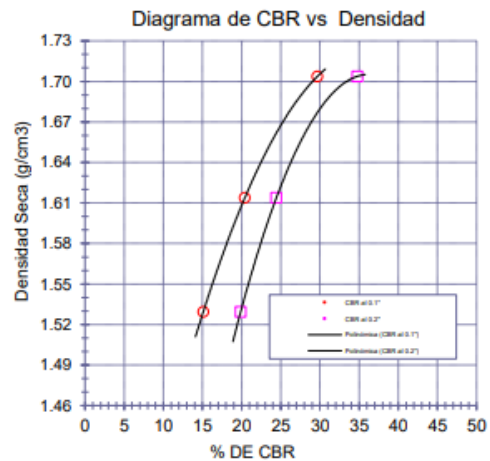
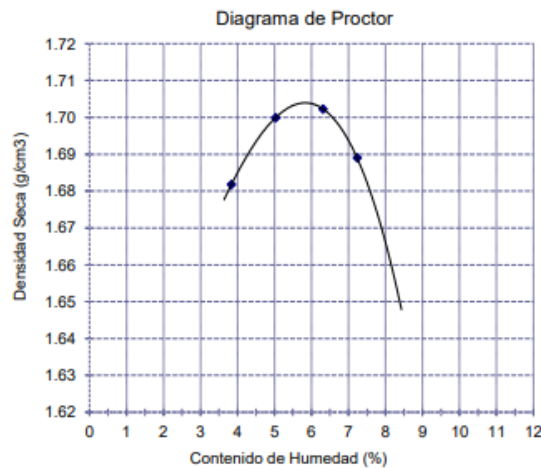
Muestra: M - 1 + 5% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

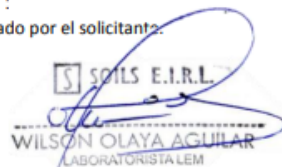
LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.704 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	5.84 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expan. (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	29.7	0.0	1.704	0.1"	100	29.7
02	25	20.4	0.0	1.614	0.1"	95	20.7
03	12	15.1	0.0	1.530	0.2"	100	34.8
					0.2"	95	24.7


OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante:



WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



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

Figura 58: Ensayo de CBR para calicata C-01 (+5% de cenizas), Parte 2

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 01 de Junio 2020.

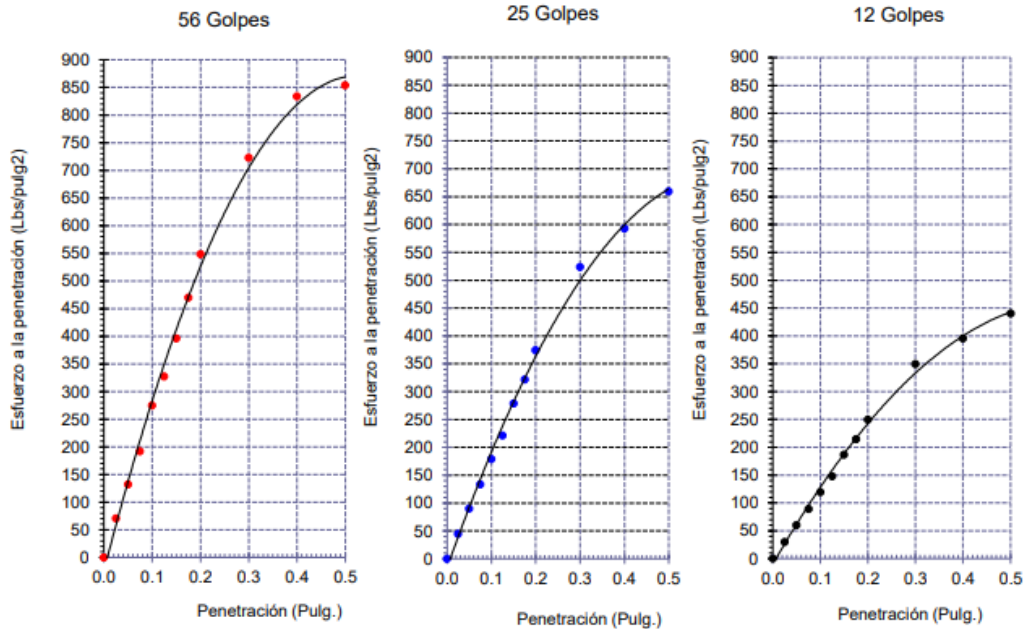
Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

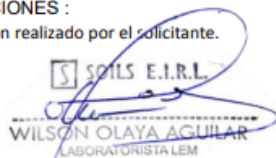
Calicata: C - 01

Muestra: M - + 7% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

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

OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



SOILS E.I.R.L.
 WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



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

Figura 59: Ensayo de CBR para calicata C-01 (+7% de cenizas), Parte 1

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 01 de Junio 2020.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 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 - 01

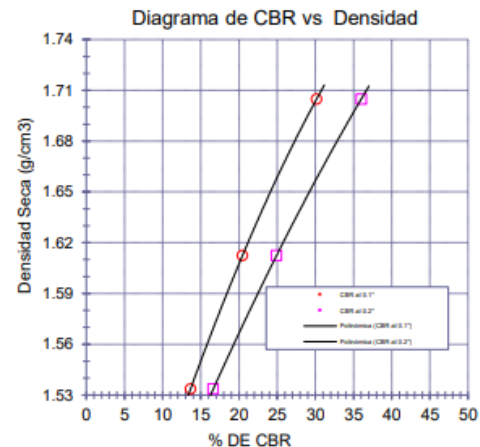
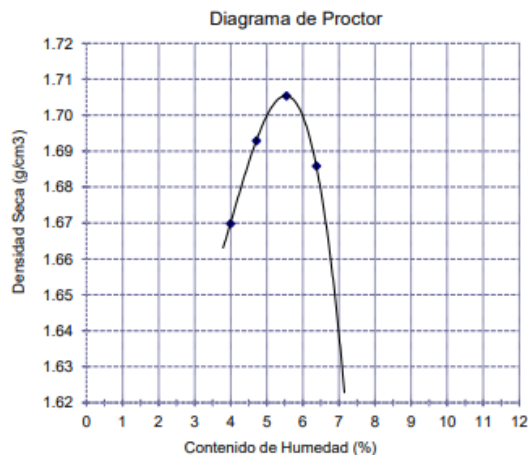
Muestra: M - + 7% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m


LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.705 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	5.52 %

Espécime	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expan. (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	30.2	0.0	1.705	0.1"	100	30.2
02	25	20.5	0.0	1.612	0.1"	95	21.1
03	12	13.7	0.0	1.534	0.2"	100	36.1
					0.2"	95	25.7


OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



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

Figura 60: Ensayo de CBR para calicata C-01 (+7% de cenizas), Parte 2

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 01 de Junio 2020.

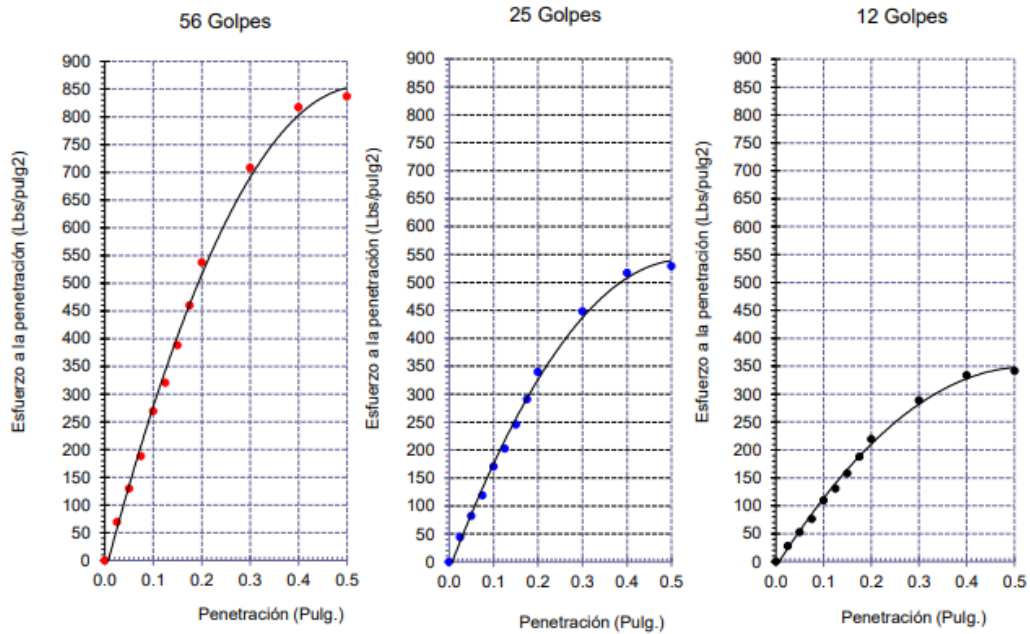
Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

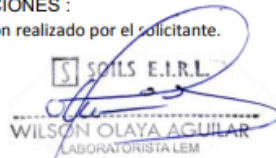
Calicata: C - 01

Muestra: M - +9% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

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

OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



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

Figura 61: Ensayo de CBR para calicata C-01 (+9% de cenizas), Parte 1

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 01 de Junio 2020.
 Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 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 - 01

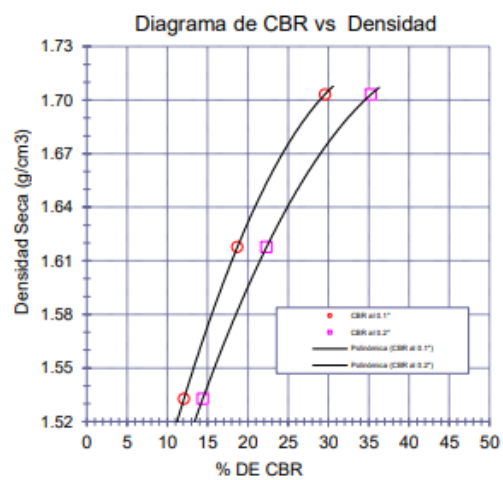
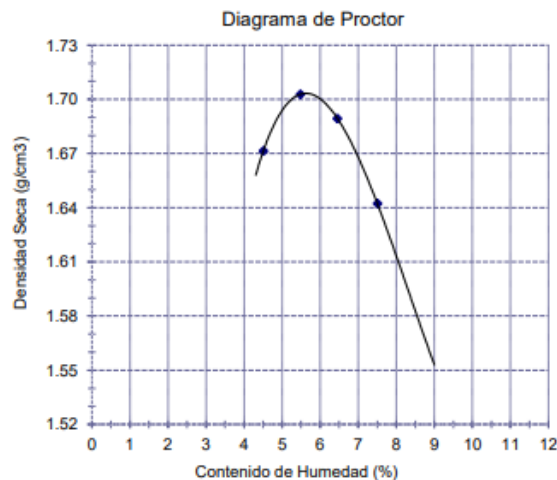
Muestra: M - + 9% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.703 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	5.63 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expan. (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	29.6	0.0	1.703	0.1"	100	29.6
02	25	18.7	0.0	1.618	0.1"	95	18.7
03	12	12.1	0.0	1.533	0.2"	100	35.3
					0.2"	95	22.4


OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



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

Figura 62: Ensayo de CBR para calicata C-01 (+9% de cenizas), Parte 2

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 01 de Junio 2020.

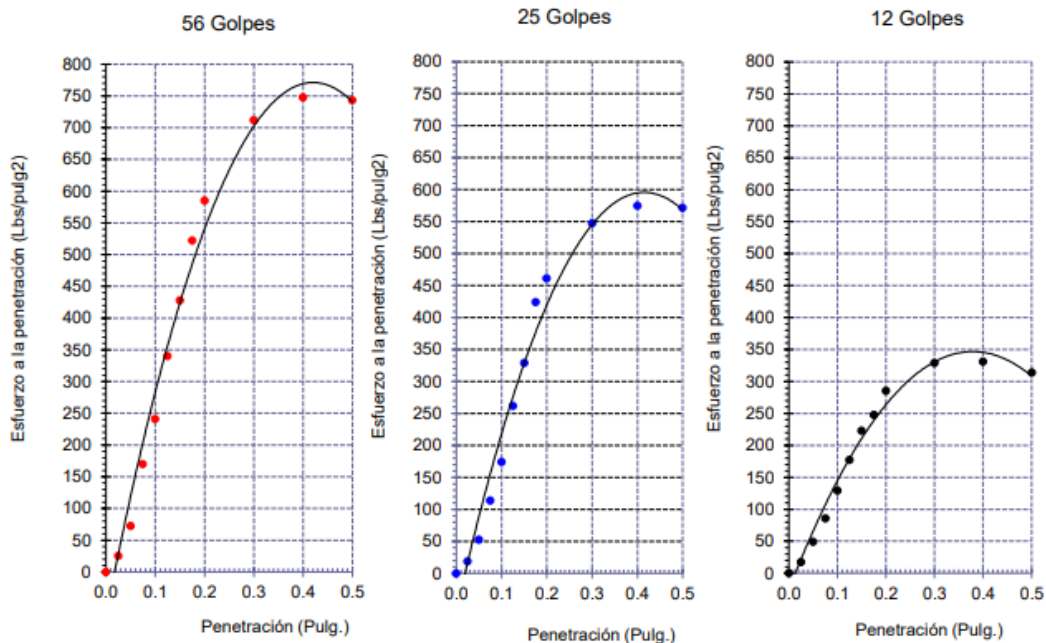
Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

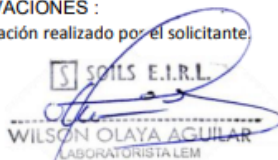
Calicata: C - 02

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

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

OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



Miguel Ángel Ruiz Perale:
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 246904

Figura 63: Ensayo de CBR para calicata C-02 (Muestra natural), Parte 1

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 01 de Junio 2020.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 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 - 02

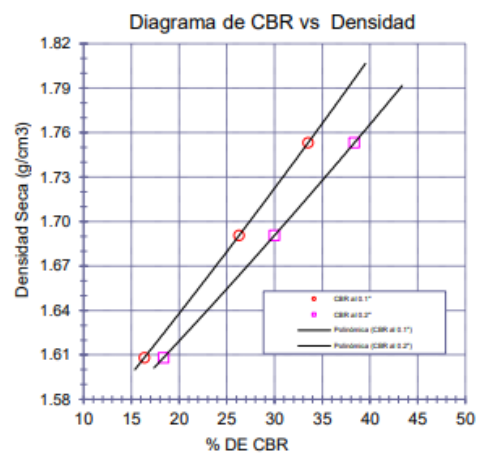
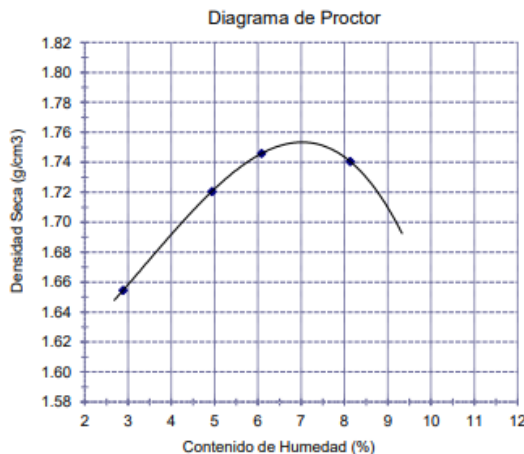
Muestra: M - 1

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

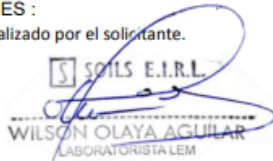
LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.753 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	7.01 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	33.5	0.044	1.753	0.1"	100	33.6
02	25	26.3	0.065	1.691	0.1"	95	23.3
03	12	16.4	0.087	1.608	0.2"	100	38.4
					0.2"	95	26.5


OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



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

Figura 64: Ensayo de CBR para calicata C-02 (Muestra natural), Parte 2

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 01 de Junio 2020.

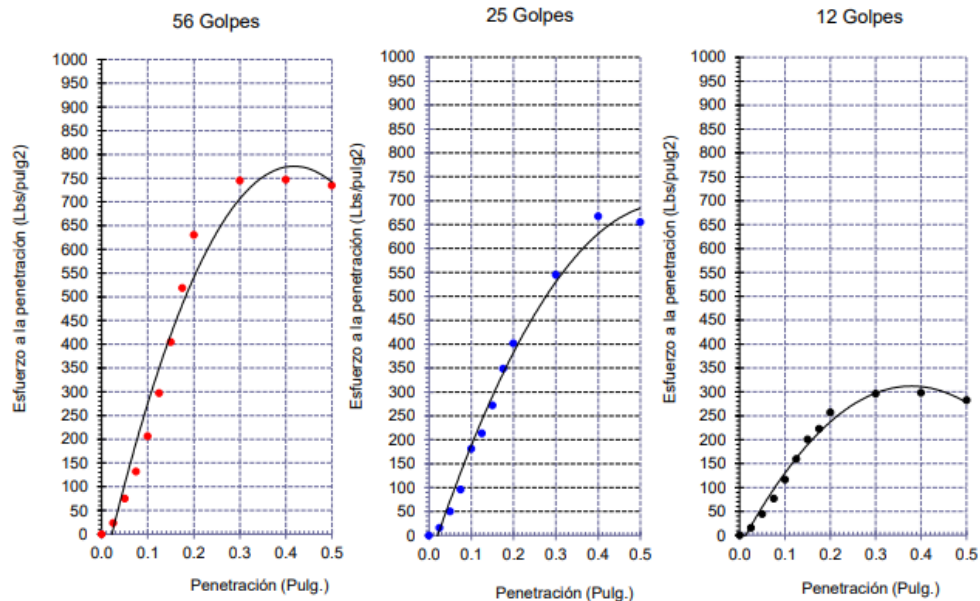
Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

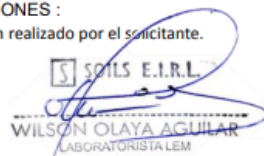
Calicata: C - 02

Muestra: M - 1 + 3% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

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

OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.


 WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM


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

Figura 65: Ensayo de CBR para calicata C-02 (+3% de cenizas), Parte 1

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 01 de Junio 2020.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 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 - 02

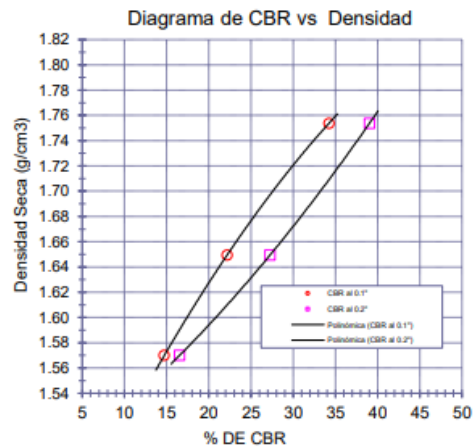
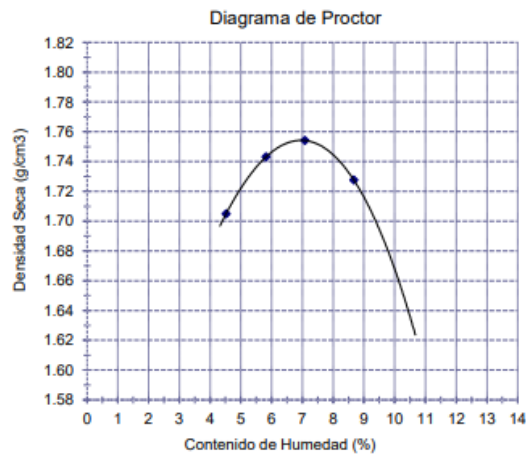
Muestra: M - 1 + 3% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

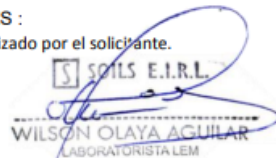
LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.754 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	6.97 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	34.2	0.000	1.754	0.1"	100	34.3
02	25	22.2	0.000	1.649	0.1"	95	23.8
03	12	14.7	0.000	1.570	0.2"	100	39.1
					0.2"	95	29.6


OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



SOILS E.I.R.L.
 WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



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

Figura 66: Ensayo de CBR para calicata C-02 (+3% de cenizas), Parte 2

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021



INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
Fecha de apertura : 01 de Junio 2020.
Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

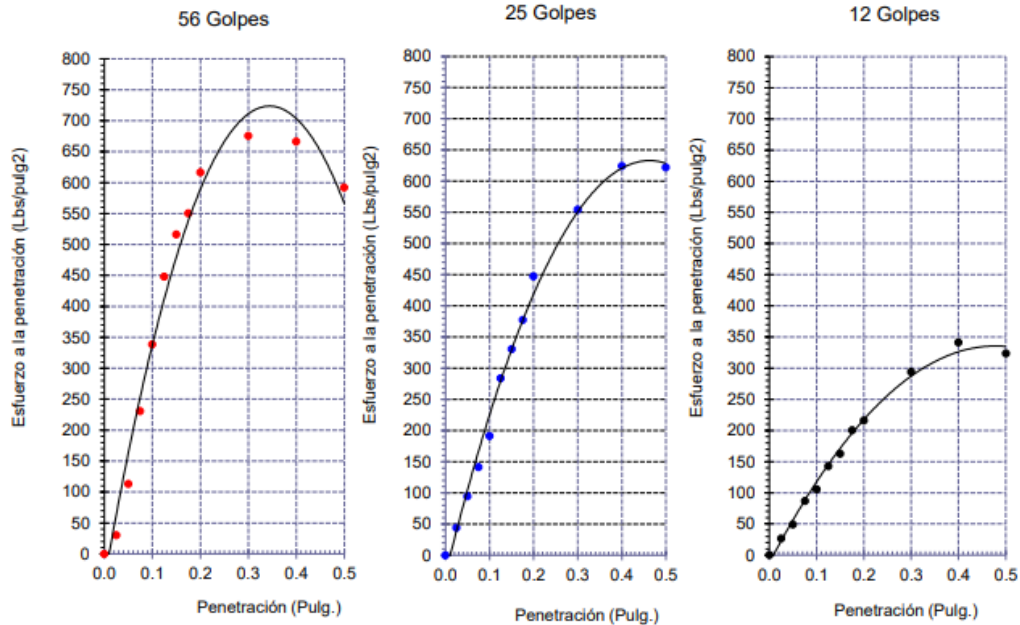
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 02

Muestra: M - 1 + 5% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

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



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

SOILS E.I.R.L.
WILSON OLAYA AGUILAR
LABORATORISTA LEM

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

Figura 67: Ensayo de CBR para calicata C-02 (+5% de cenizas), Parte 1

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 01 de Junio 2020.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 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 - 02

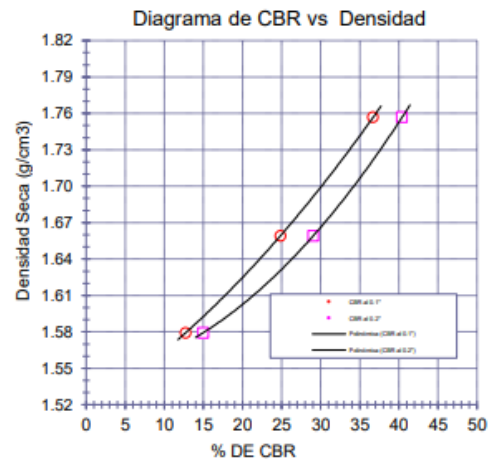
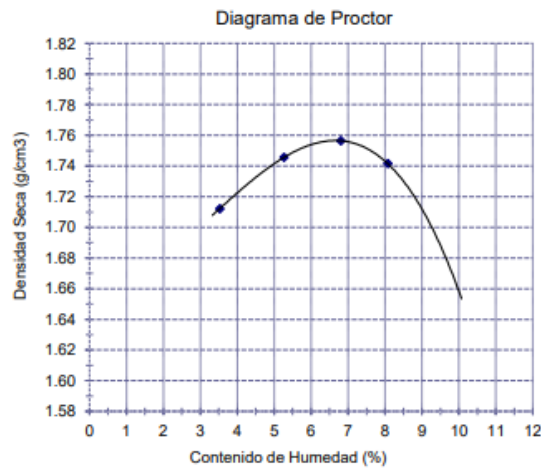
Muestra: M - 1 + 5% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

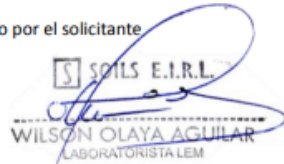
LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.757 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	6.65 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	36.7	0.000	1.757	0.1"	100	36.7
02	25	24.9	0.000	1.659	0.1"	95	26.3
03	12	12.8	0.000	1.579	0.2"	95	40.4
					0.2"	95	30.8


OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante



SOILS E.I.R.L.
 WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



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

Figura 68: Ensayo de CBR para calicata C-02 (+5% de cenizas), Parte 2

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ),
 PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 01 de Junio 2020.

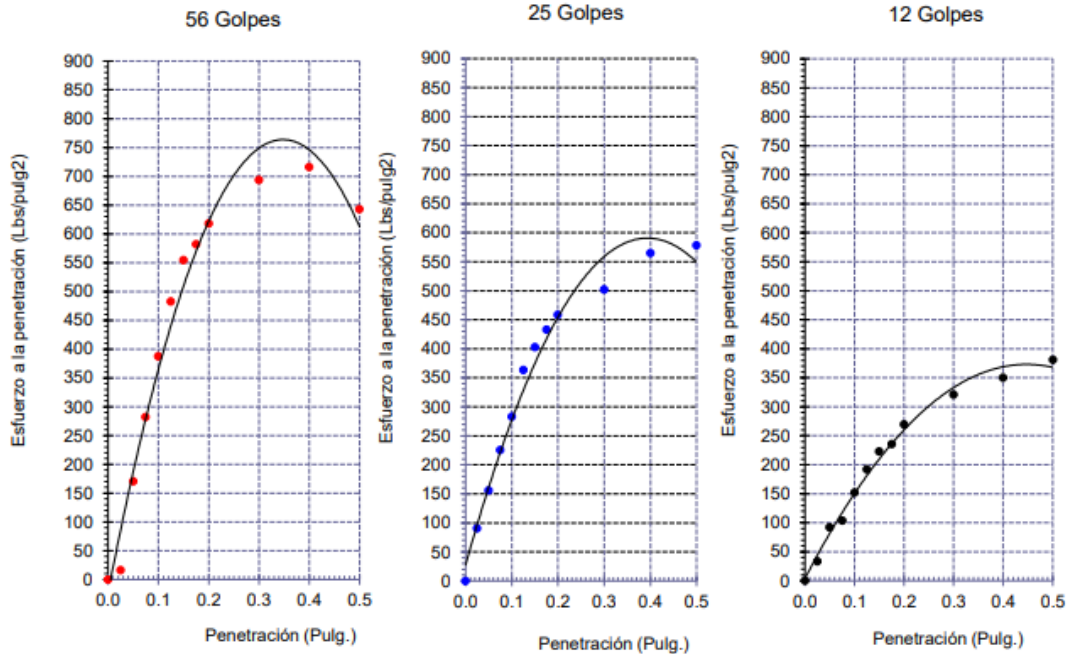
Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 02

Muestra: M - 1 + 7% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

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

OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



SOILS E.I.R.L.
 WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



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

Figura 69: Ensayo de CBR para calicata C-02 (+7% de cenizas), Parte 1

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 01 de Junio 2020.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 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 - 02

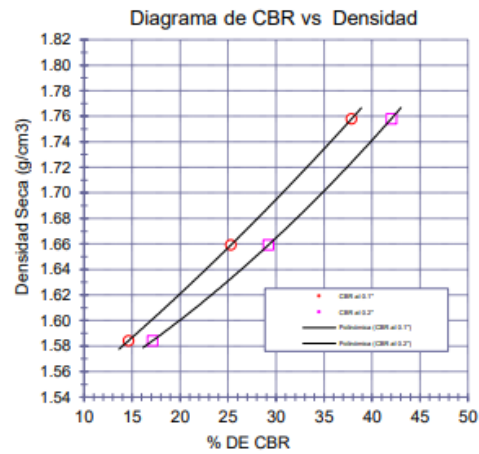
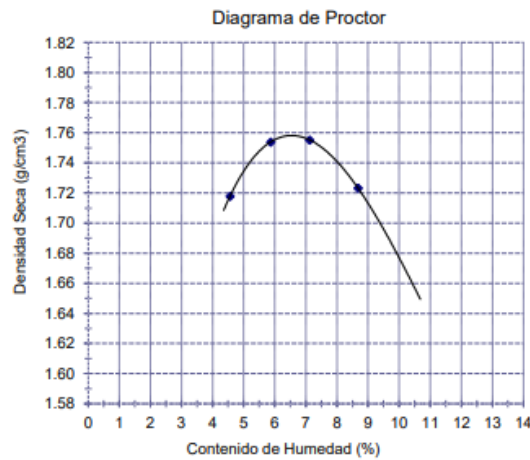
Muestra: M - 1 + 7% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.758 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	6.56 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	37.9	0.000	1.758	0.1"	100	37.9
02	25	25.3	0.000	1.659	0.1"	95	26.9
03	12	14.6	0.000	1.584	0.2"	100	42.0
					0.2"	95	31.0


OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



SOILS E.I.R.L.
 WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



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

Figura 70: Ensayo de CBR para calicata C-02 (+7% de cenizas), Parte 2

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021



INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 01 de Junio 2020.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

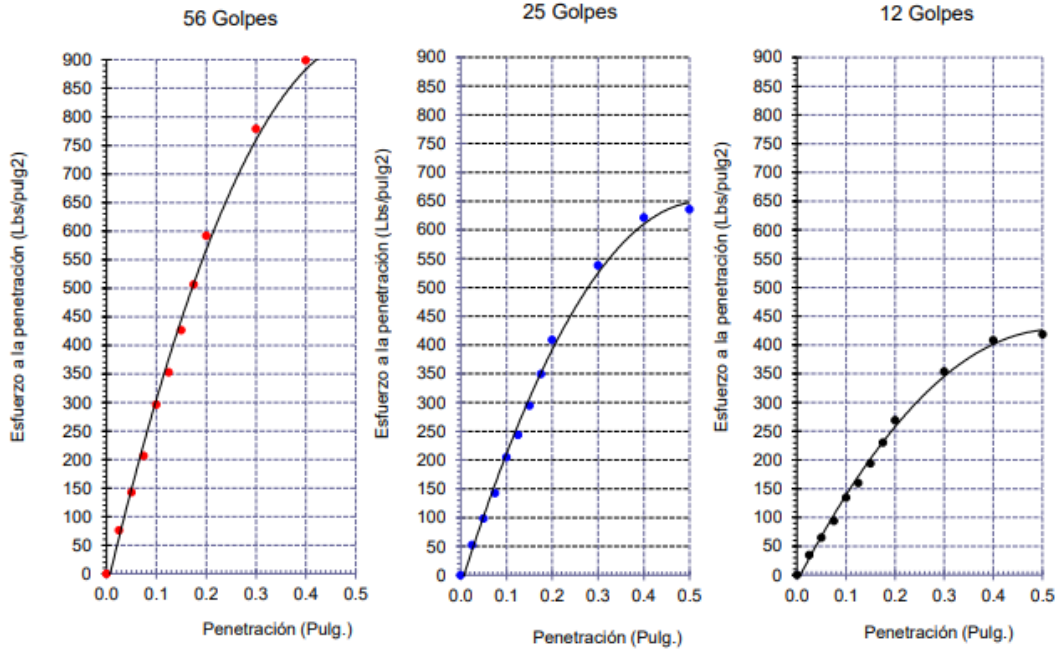
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 02

Muestra: M - + 9% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

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



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM

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

Figura 71: Ensayo de CBR para calicata C-02 (+9% de cenizas), Parte 1

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 01 de Junio 2020.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 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 - 02

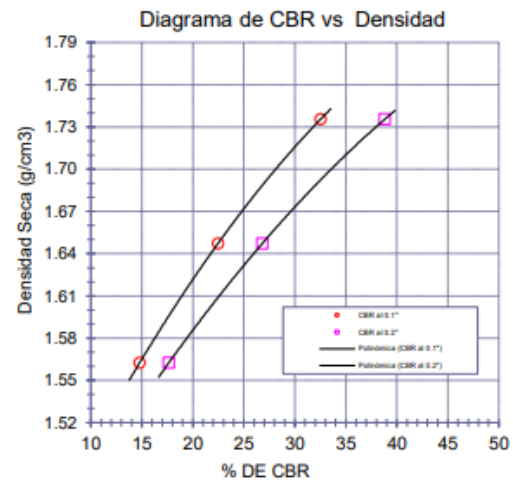
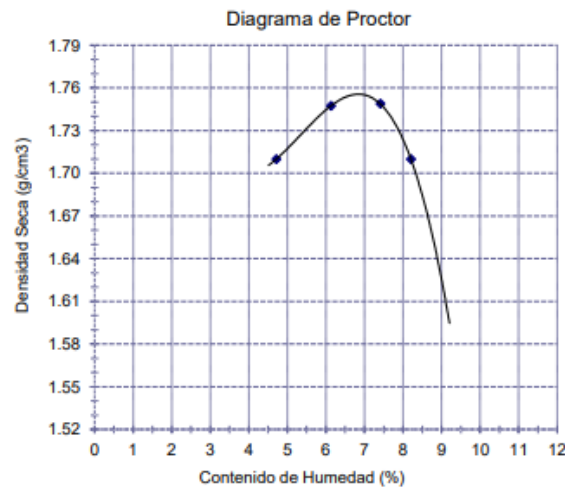
Muestra: M - +9% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

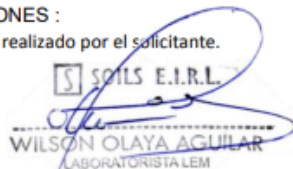
LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.756 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	6.83 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expan. (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	32.5	0.0	1.736	0.1"	100	34.6
02	25	22.5	0.0	1.647	0.1"	95	24.3
03	12	14.8	0.0	1.562	0.2"	100	41.6
					0.2"	95	29.0


OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



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

Figura 72: Ensayo de CBR para calicata C-02 (+9% de cenizas), Parte 2

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 01 de Junio 2020.

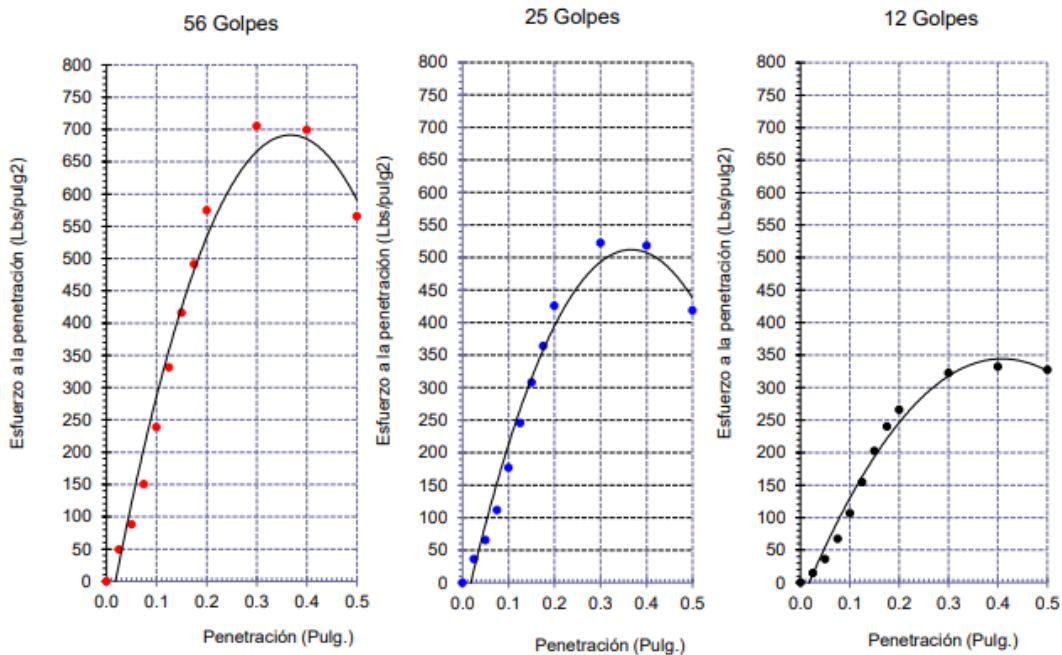
Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

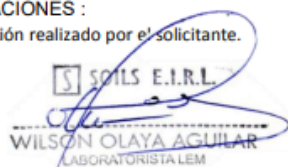
Calicata: C - 03

Muestra: M - 1

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

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

OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.


 WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM


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

Figura 73: Ensayo de CBR para calicata C-03 (Muestra natural), Parte 1

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 01 de Junio 2020.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 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 - 03

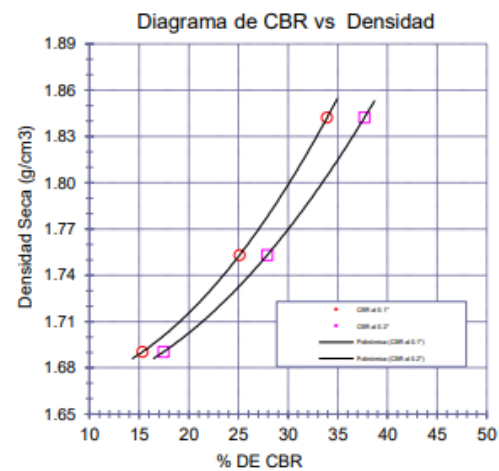
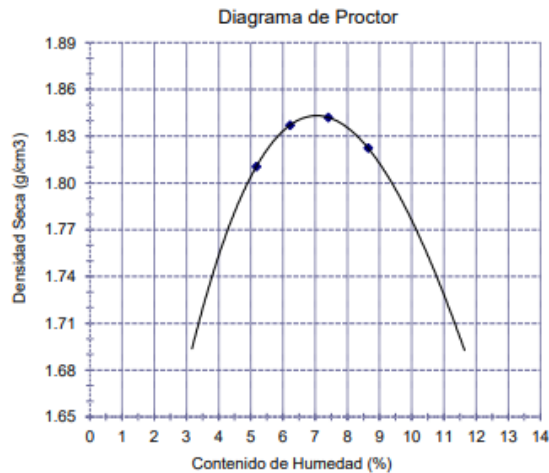
Muestra: M - 1

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.842 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	7.49 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	33.9	0.043	1.842	0.1"	100	33.9
02	25	25.1	0.054	1.753	0.1"	95	24.7
03	12	15.4	0.087	1.690	0.2"	100	37.7
					0.2"	95	27.4


OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



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

Figura 74: Ensayo de CBR para calicata C-03 (Muestra natural), Parte 2

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

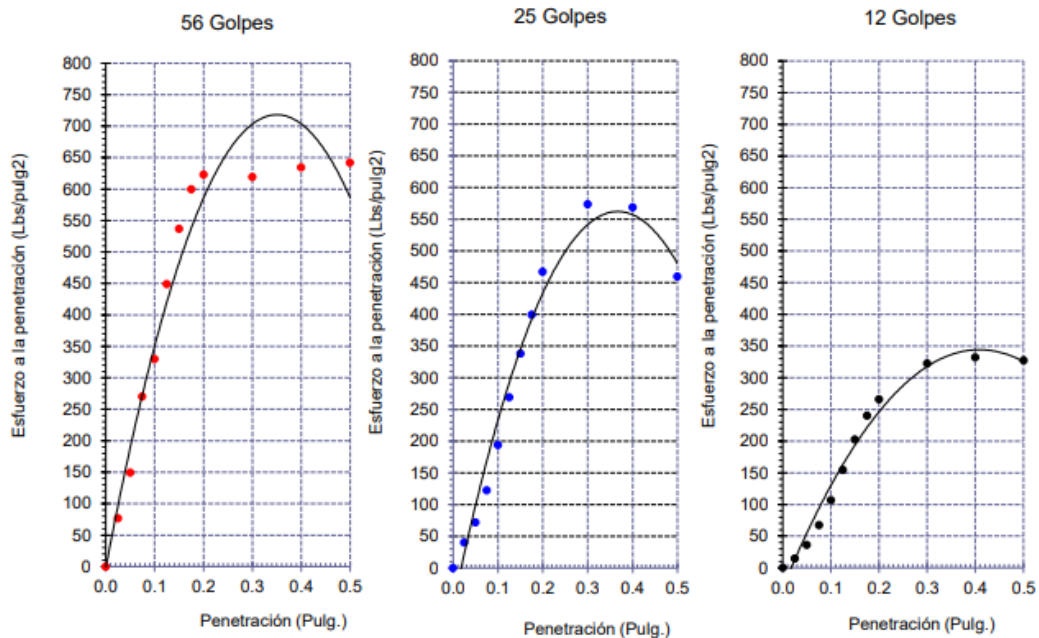
Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 01 de Junio 2020.
 Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

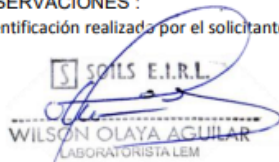
Calicata: C - 03

Muestra: M - 1 + 3% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

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

OBSERVACIONES :

- Identificación realizada por el solicitante.



SOILS E.I.R.L.
 WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



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

Figura 75: Ensayo de CBR para calicata C-03 (+3% de cenizas), Parte 1

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 01 de Junio 2020.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 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 - 03

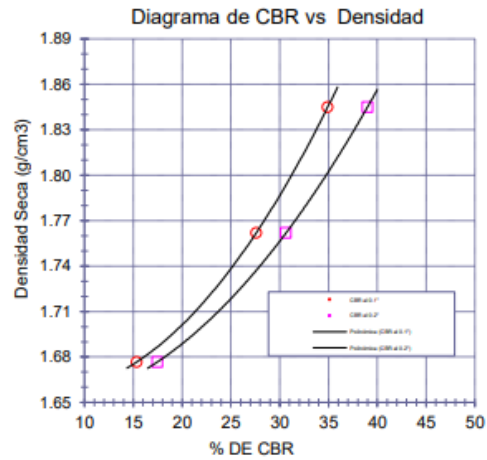
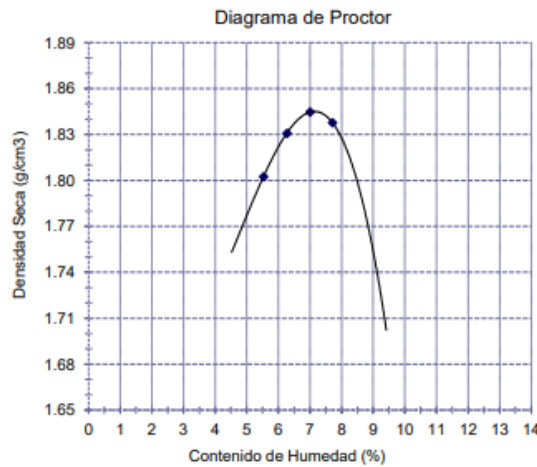
Muestra: M - 1 + 3% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

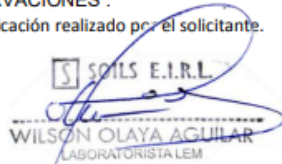
LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.845 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	7.14 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	34.9	0.043	1.845	0.1"	100	34.9
02	25	27.6	0.055	1.762	0.1"	95	26.3
03	12	15.4	0.087	1.677	0.2"	100	39.0
					0.2"	95	29.3


OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



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

Figura 76: Ensayo de CBR para calicata C-03 (+3% de cenizas), Parte 2

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 01 de Junio 2020.

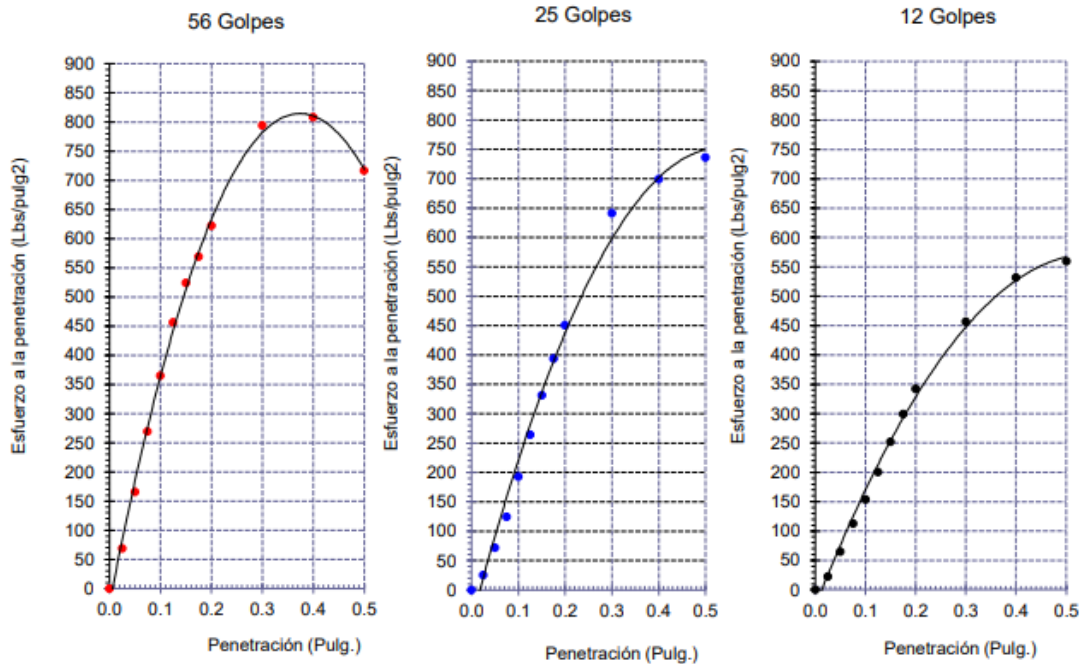
Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

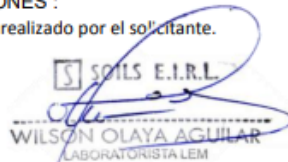
Calicata: C - 03

Muestra: M - 1 + 5% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

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

OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



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

Figura 77: Ensayo de CBR para calicata C-03 (+5% de cenizas), Parte 1

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 01 de Junio 2020.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 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 - 03

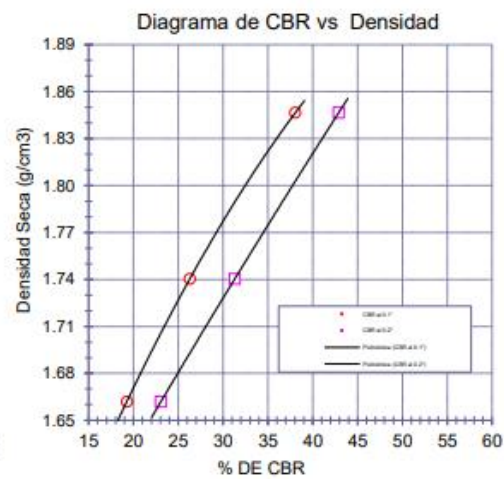
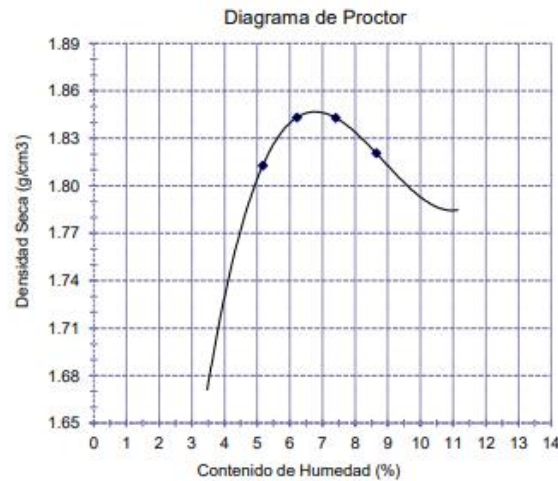
Muestra: M - 1 + 5% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.847 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	6.77 %

Espécimen	Número de golpes por capas	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	38.1	0.000	1.847	0.1"	100	38.1
02	25	26.3	0.000	1.740	0.1"	95	27.6
03	12	19.3	0.000	1.662	0.2"	100	42.9
					0.2"	95	32.8


OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



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

Figura 78: Ensayo de CBR para calicata C-03 (+5% de cenizas), Parte 2

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 01 de Junio 2020.

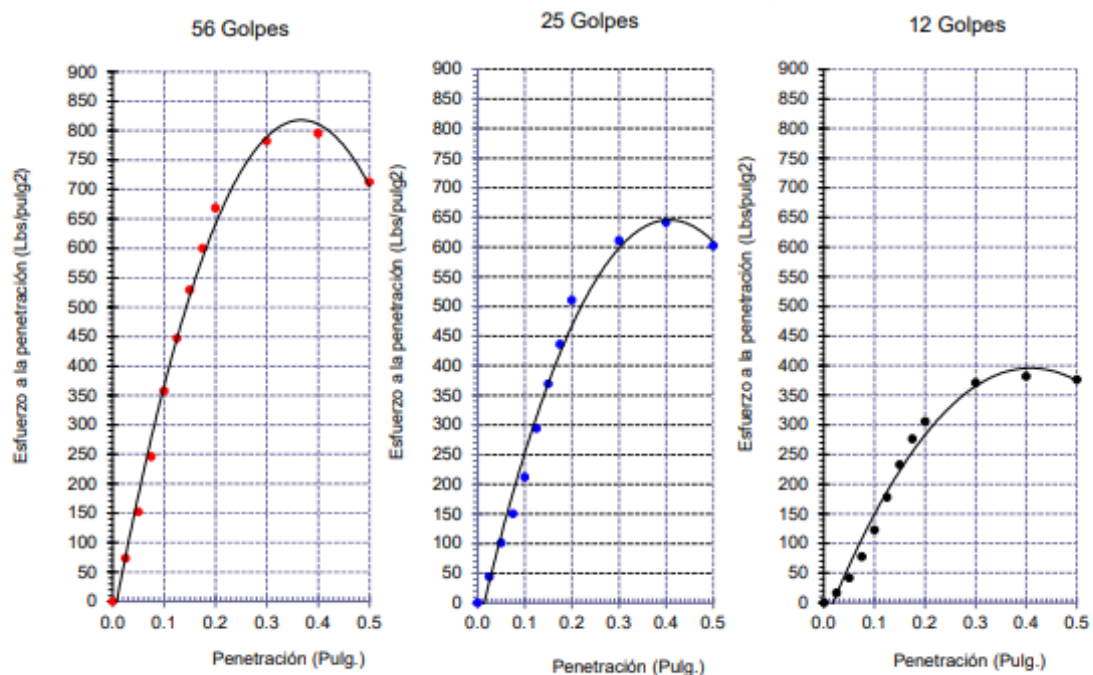
Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

Identificación de la muestra:

Calicata: C - 03

Muestra: M - 1 + 7% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

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

OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

Figura 79: Ensayo de CBR para calicata C-03 (+7% de cenizas), Parte 1

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021



INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
Fecha de recepción : 01 de Junio 2020.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
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 - 03

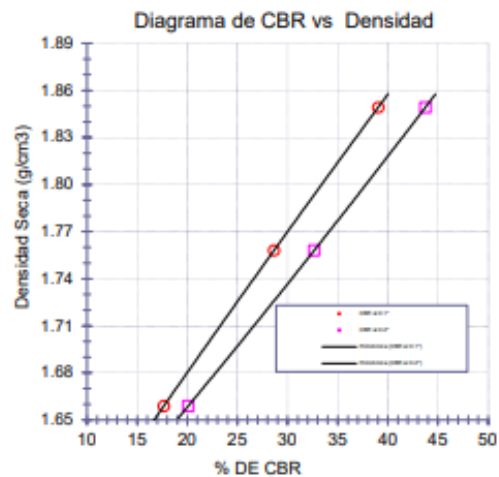
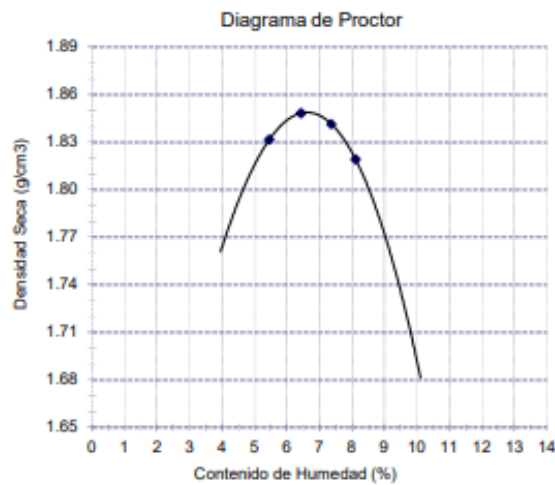
Muestra: M - 1 + 7% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.849 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	6.62 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expansión (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Fuig)	% de MDS	CBR (%)
01	56	39.0	0.044	1.849	0.1*	100	39.0
02	25	28.6	0.055	1.758	0.1*	95	28.5
03	12	17.7	0.088	1.659	0.2*	100	43.7
					0.2*	95	32.4



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

Figura 80: Ensayo de CBR para calicata C-03 (+7% de cenizas), Parte 2

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021



INFORME DE ENSAYO

(Pág. 01 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de apertura : 01 de Junio 2020.

Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 Norma : Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

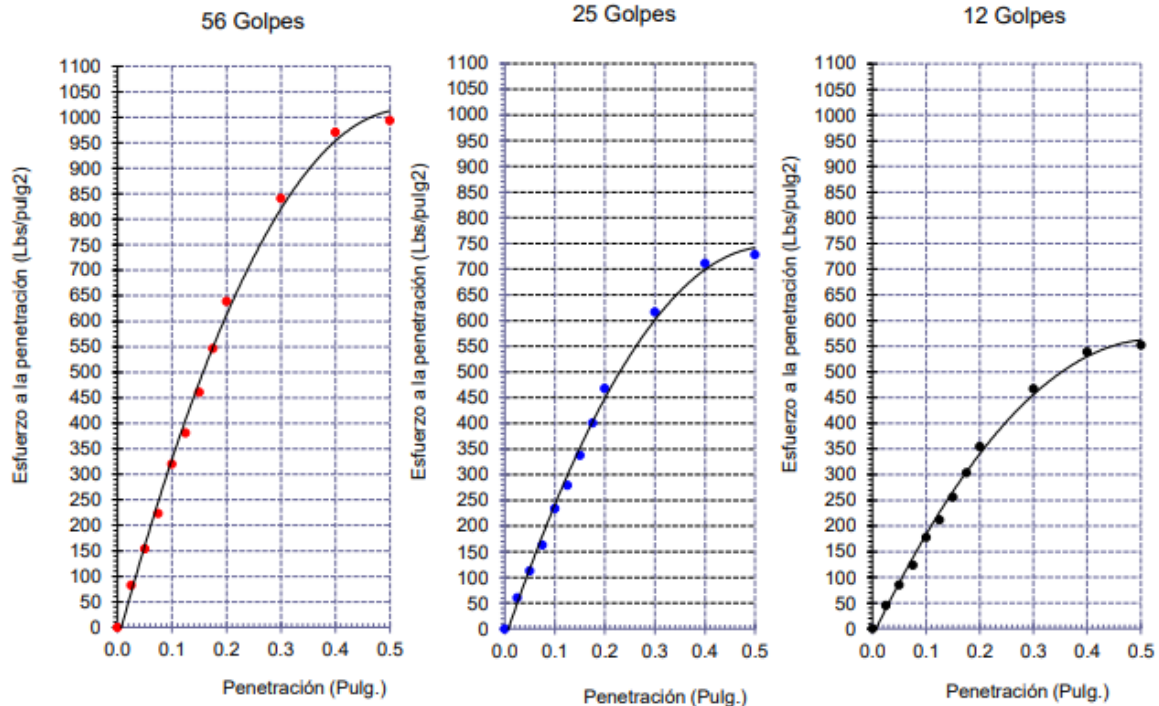
Identificación de la muestra:

Calicata: C - 03

Muestra: M - + 9% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

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



OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.

SOILS E.I.R.L.
 WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM

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

Figura 81: Ensayo de CBR para calicata C-03 (+9% de cenizas), Parte 1

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

INFORME DE ENSAYO

(Pág. 02 de 02)

Solicitante : REQUEJO CARRILLO RICARDO SAHIR
 Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DEL SUELOS ARENOSOS UTILIZANDO ORYZA SATIVA (ARROZ), PUEBLO JOVEN LAS DUNAS - LAMBAYEQUE - PERÚ 2019"
 Ubicación : P.J. Las Dunas; Distrito Lambayeque, Provi. Lambayeque, Depto. Lambayeque.
 Fecha de recepción : 01 de Junio 2020.
 Código : N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 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 - 03

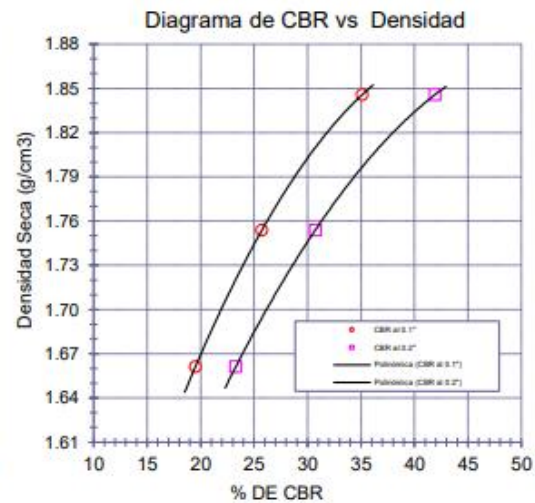
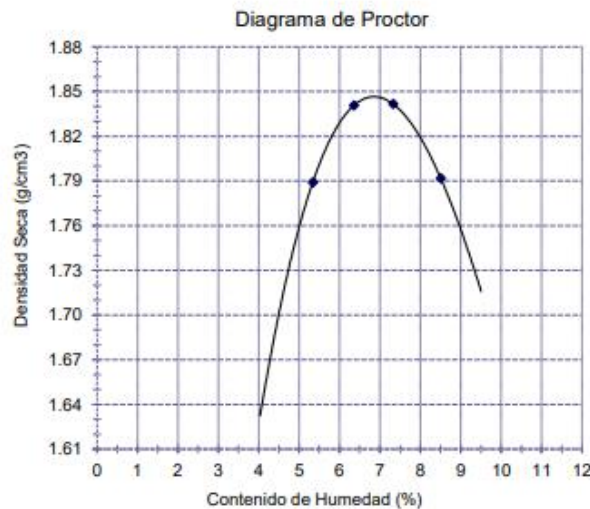
Muestra: M - + 9% de Cenizas

Profundidad: 0.00 - 1.20 m

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

Máxima densidad seca	1.847 g/cm ³
Óptimo contenido de humedad	6.86 %

Espécimen	Número de golpes por capa	CBR (%)	Expan. (%)	Densidad seca (g/cm ³)	CBR a la penetración (Pulg)	% de MDS	CBR (%)
01	56	35.1	0.0	1.846	0.1"	100	35.2
02	25	25.7	0.0	1.754	0.1"	95	25.8
03	12	19.5	0.0	1.661	0.2"	100	42.0
					0.2"	95	30.8


OBSERVACIONES :

- Identificación realizado por el solicitante.



SOILS E.I.R.L.
 WILSON OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA LEM



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

Figura 82: Ensayo de CBR para calicata C-03 (+9% de cenizas), Parte 2

Fuente: Laboratorio SOILS E.I.R.L., 2021

Anexo 04: Evidencias fotográficas



Figura 83. Extracción de la muestra de estudio.

Fuente: Elaboración propia



Figura 84. Calicata 01 a una profundidad de 1.20m.

Fuente: Elaboración propia



Figura 85. Separación de muestras de diferentes calicatas.

Fuente: Elaboración propia



Figura 86. Ceniza de Oryza Sativa.

Fuente: Elaboración propia



Figura 87. Mezcla de suelo, ceniza y agua.

Fuente: Elaboración propia



Figura 88. Extracción de la muestra de estudio.

Fuente: Elaboración propia



Figura 89. Ejecución del ensayo para determinar resistencia suelo ceniza.

Fuente: Elaboración propia



Figura 90. Toma de datos en laboratorio.

Fuente: Elaboración propia