

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

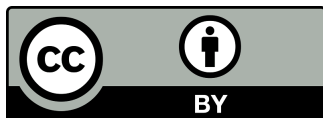
**Análisis del comportamiento mecánico del suelo
arcilloso reforzado con fibras de polipropileno en
la Merced - Junín 2021**

Fernando Bryan Solís León
Daniel Mauro Inga Salazar

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por estar presente en cada día de nuestras vidas. A nuestros padres por el apoyo y confianza constante. A nuestro asesor Mag. Ingeniero Enrique Eduardo Huaroto Casquillas por el soporte constante en el proceso de esta investigación. Finalmente, al laboratorio Geosciences por el patrocinio en la elaboración de los ensayos.

DEDICATORIA

A mis padres Cesar y Edita y a mis hermanas Karen y Kelly por apoyarme y alentar mis metas.

Fernando Bryan Solís León

A Dios, por guiarme y protegerme siempre,
A mis padres, por ser el pilar más importante en mi vida y por todo el apoyo incondicional durante mi formación profesional.

Daniel Mauro Inga Salazar

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos.....	4
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Justificación e importancia.....	5
1.4.1. Práctica	5
1.4.2. Metodología.....	5
1.4.3. Económica.....	5
1.5. Hipótesis.....	6
1.5.1. Hipótesis general.....	6
1.5.2. Hipótesis específicas	6
1.6. Descripción de variables	6
1.6.1. Variable independiente	6
1.6.2. Variable dependiente	7
1.6.3. Operacionalización de variables	7
CAPÍTULO II.....	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Antecedentes del problema.....	8
2.1.1. Antecedentes nacionales	8
2.1.2. Antecedentes internacionales.....	12
2.2. Bases teóricas	16

2.2.1.	Suelo	16
2.2.1.1.	Origen del suelo	17
2.2.1.2.	Distribución del tamaño de las partículas.....	18
2.2.1.3.	Principales tipos de suelo	18
2.2.1.4.	Pavimento	20
2.1.1.	Suelo arcilloso.....	21
2.1.1.1.	Características.....	21
2.1.1.2.	Composición	22
2.1.1.3.	Plasticidad	24
2.1.1.4.	Permeabilidad.....	24
2.1.2.	Características físicas del suelo.....	24
2.1.2.1.	Análisis granulométrico por tamizado (MTC E 107)	24
2.1.2.2.	Contenido de humedad (MTC E 108)	26
2.1.2.3.	Límites de Atterberg	27
2.1.2.4.	Clasificación del suelo	30
2.1.3.	Compactación de suelos	35
2.1.3.1.	Factores que afectan a la compactación de suelos.....	35
2.1.3.2.	Ensayo de Proctor modificado (MTC E 115)	36
2.1.4.	Características mecánicas del suelo	39
2.1.4.1.	Ensayo de CBR (MTC E 132)	39
2.1.5.	Estabilización de suelos arcillosos.....	42
2.1.5.1.	Definición de estabilización de suelos	42
2.1.5.2.	Métodos de estabilización de suelos	42
2.1.6.	Suelos reforzados con fibras	45
2.1.6.1.	Fibras sintéticas y naturales	45
2.1.6.2.	Fibra de polipropileno	47
2.2.	Definición de términos básicos	49
CAPÍTULO III.....		52
METODOLOGÍA.....		52
3.1.	Método y alcances de la investigación	52
3.1.1.	Método de investigación.....	52
3.1.2.	Tipo de investigación	52
3.1.3.	Nivel de investigación	52
3.2.	Diseño de investigación	53
3.3.	Población y muestra	53
3.3.1.	Población	53

3.3.2.	Muestra	53
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	54
3.4.1.	Técnica.....	54
3.4.2.	Instrumento de recolección de datos.....	54
3.5.	Procedimiento	54
CAPÍTULO IV		57
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		57
4.1.	Descripción de la zona de estudio.....	57
4.1.1.	Estudio de la zona	57
4.1.2.	Recolección de muestras del área seleccionada	58
4.1.3.	Obtención de la fibra de polipropileno	59
4.2.	Resultados	61
4.2.1.	Propiedades del Suelo Arcilloso Natural (SAN).....	61
4.2.1.1.	Análisis Granulométrico por Tamizado MTC E10	61
4.2.1.2.	Límites de Consistencia (MTC E107)	64
4.2.1.3.	Clasificación SUCS.....	68
4.2.1.4.	Clasificación AASHTO	70
4.2.1.5.	Proctor modificado	71
4.2.1.6.	CBR.....	73
4.2.2.	Propiedades del Suelo Arcilloso + 0.2% de Polipropileno	76
4.2.2.1.	Límites de Consistencia (MTC E107)	76
4.2.2.2.	Clasificación SUCS.....	80
4.2.2.3.	Clasificación AASHTO	82
4.2.2.4.	Proctor modificado	83
4.2.2.5.	CBR.....	85
4.2.3.	Propiedades del Suelo Arcilloso + 0.4% de Polipropileno	88
4.2.3.1.	Límites de Consistencia (MTC E107)	88
4.2.3.2.	Clasificación SUCS.....	92
4.2.3.3.	Clasificación AASHTO	94
4.2.3.4.	Proctor modificado	95
4.2.3.5.	CBR.....	97
4.2.4.	Propiedades del Suelo Arcilloso + 0.6% de Polipropileno	100
4.2.4.1.	Límites de Consistencia (MTC E107)	100
4.2.4.2.	Clasificación SUCS.....	104
4.2.4.3.	Clasificación AASHTO	106
4.2.4.4.	Proctor modificado	107

4.2.4.5.	CBR.....	109
4.2.5.	Propiedades del Suelo Arcilloso + 0.8% de Polipropileno	112
4.2.5.1.	Límites de Consistencia (MTC E107)	112
4.2.5.2.	Clasificación SUCS.....	116
4.2.5.3.	Clasificación AASHTO	118
4.2.5.4.	Proctor modificado	119
4.2.5.5.	CBR.....	121
4.2.6.	Precio estimado	124
4.3.	Análisis.....	125
4.3.1.	Límites de consistencia	125
4.3.1.1.	Límite líquido.....	125
4.3.1.2.	Límite plástico.....	125
4.3.1.3.	Índice de plasticidad	126
4.3.2.	Proctor modificado	129
4.3.3.	CBR	132
4.4.	Prueba de hipótesis	134
4.4.1.	Prueba de normalidad.....	134
4.4.2.	Hipótesis específica 1	135
4.4.3.	Hipótesis específica 2	137
4.4.4.	Hipótesis específica 3.....	138
4.5.	Discusión de resultados	140
	CONCLUSIONES.....	143
	RECOMENDACIONES	145
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	146
	ANEXOS.....	150
	ANEXO 1: PANEL FOTOGRÁFICO	150
	ANEXO 2: CERTIFICADOS DE LOS ENSAYOS	161
	ANEXO 3: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE LABORATORIO	213
	ANEXO 4: MATRIZ DE CONSISTENCIA	217

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Suelo arcilloso del distrito de San Luis de Shuaro.	3
Figura 2. Fases del suelo.	17
Figura 3. Categorías de subrasante.....	21
Figura 4. Composición mineralógica de la arcilla.....	22
Figura 5. Diagrama de las estructuras de la caolinita, la ilita y la monmorilonita	23
Figura 6. Carta de plasticidad de Casagrande.....	27
Figura 7. Clasificación de suelo según SUCS	33
Figura 8. Carta de plasticidad según AASHTO.....	34
Figura 9. Fotografía de una muestra de fibra de polipropileno	47
Figura 10. Efecto de la fibras de polipropileno en ensayos de compresión no confinadas	48
Figura 11. Procedimiento de la investigación	54
Figura 12. Zona de estudio	57
Figura 13. Recolección de la muestra.....	58
Figura 14. Muestras de fibras de polipropileno	60
Figura 15. Curva granulométrica del SAN de la calicata 1	62
Figura 16. Curva granulométrica del SAN de la calicata 2	64
Figura 17. Diagrama de fluidez del SAN de la calicata 1.....	66
Figura 18. Diagrama de fluidez del SAN de la calicata 2.....	68
Figura 19. Gráfica de clasificación SUCS del SAN de la calicata 1.....	69
Figura 20. Gráfica de clasificación SUCS del SAN de la calicata 2.....	69
Figura 21. Gráfica de clasificación AASHTO del SAN de la calicata 1.....	70
Figura 22. Gráfica de clasificación AASHTO del SAN de la calicata 2.....	71
Figura 23. Curva de compactación del SAN de la calicata 1	72
Figura 24. Curva de compactación del SAN de la calicata 2.....	73
Figura 25. Curvas de carga vs Penetración del SAN de la calicata 1	74
Figura 26. Curva de densidad seca vs CBR del SAN de la calicata 1.....	74
Figura 27. Curvas de carga vs Penetración del SAN de la calicata 2	75
Figura 28. Curva de densidad seca vs CBR del SAN de la calicata 2.....	76
Figura 29. Diagrama de fluidez del S99.8% - PP0.2% de la calicata 1	78
Figura 30. Diagrama de fluidez del S99.8% - PP0.2% de la calicata 2	80
Figura 31. Grafica de clasificación SUCS del S99.8% - PP0.2% de la calicata 1	81
Figura 32. Grafica de clasificación SUCS del S99.8% - PP0.2% de la calicata 2	81
Figura 33. Grafica de clasificación AASHTO del S99.8% - PP0.2% de la calicata 1	82
Figura 34. Grafica de clasificación AASHTO del S99.8% - PP0.2% de la calicata 2	83

Figura 35. Curva de compactación del S99.8% - PP0.2% de la calicata 1	84
Figura 36. Curva de compactación del S99.8% - PP0.2% de la calicata 2	85
Figura 37. Curvas de carga vs Penetración del S99.8% - PP0.2% de la calicata 1	86
Figura 38. Curva de densidad seca vs CBR del S99.8% - PP0.2% de la calicata 1	86
Figura 39. Curvas de carga vs Penetración del S99.8% - PP0.2% de la calicata 2	87
Figura 40. Curva de densidad seca vs CBR del S99.8% - PP0.2% de la calicata 2	88
Figura 41. Diagrama de fluidez del S99.6% - PP0.4% de la calicata 1	90
Figura 42. Diagrama de fluidez del S99.6% - PP0.4% de la calicata 2	92
Figura 43. Grafica de clasificación SUCS del S99.6% - PP0.4% de la calicata 1	93
Figura 44. Grafica de clasificación SUCS del S99.6% - PP0.4% de la calicata 2	93
Figura 45. Grafica de clasificación AASHTO del S99.6% - PP0.4% de la calicata 1	94
Figura 46. Grafica de clasificación AASHTO del S99.6% - PP0.4% de la calicata 2	95
Figura 47. Curva de compactación del S99.6% - PP0.4% de la calicata 1	96
Figura 48. Curva de compactación del S99.6% - PP0.4% de la calicata 2	97
Figura 49. Curvas de carga vs Penetración del S99.6% - PP0.4% de la calicata 1	98
Figura 50. Curva de densidad seca vs CBR del S99.6% - PP0.4% de la calicata 1	98
Figura 51. Curvas de carga vs Penetración del S99.6% - PP0.4% de la calicata 2	99
Figura 52. Curva de densidad seca vs CBR del S99.6% - PP0.4% de la calicata 2	100
Figura 53. Diagrama de fluidez del S99.4% - PP0.6% de la calicata 1	102
Figura 54. Diagrama de fluidez del S99.4% - PP0.6% de la calicata 2	104
Figura 55. Grafica de clasificación SUCS del S99.4% - PP0.6% de la calicata 1	105
Figura 56. Grafica de clasificación SUCS del S99.4% - PP0.6% de la calicata 2	105
Figura 57. Grafica de clasificación AASHTO del S99.4% - PP0.6% de la calicata 1	106
Figura 58. Grafica de clasificación AASHTO del S99.4% - PP0.6% de la calicata 2	107
Figura 59. Curva de compactación del S99.4% - PP0.6% de la calicata 1	108
Figura 60. Curva de compactación del S99.4% - PP0.6% de la calicata 2	109
Figura 61. Curvas de carga vs Penetración del S99.4% - PP0.6% de la calicata 1	110
Figura 62. Curva de densidad seca vs CBR del S99.4% - PP0.6% de la calicata 1	110
Figura 63. Curvas de carga vs Penetración del S99.4% - PP0.6% de la calicata 2	111
Figura 64. Curva de densidad seca vs CBR del S99.4% - PP0.6% de la calicata 2	112
Figura 65. Diagrama de fluidez del S99.2% - PP0.8% de la calicata 1	114
Figura 66. Diagrama de fluidez del S99.2% - PP0.8% de la calicata 2	116
Figura 67. Gráfica de clasificación SUCS del S99.2% - PP0.8% de la calicata 1	117
Figura 68. Gráfica de clasificación SUCS del S99.2% - PP0.8% de la calicata 2	117
Figura 69. Gráfica de clasificación AASHTO del S99.2% - PP0.8% de la calicata 1	118
Figura 70. Gráfica de clasificación AASHTO del S99.2% - PP0.8% de la calicata 2	118
Figura 71. Curva de compactación del S99.2% - PP0.8% de la calicata 1	119

Figura 72. Curva de compactación del S99.2% - PP0.8% de la calicata 2	121
Figura 73. Curvas de carga vs Penetración del S99.2% - PP0.8% de la calicata 1	122
Figura 74. Curva de densidad seca vs CBR del S99.2% - PP0.8% de la calicata 1	122
Figura 75. Curvas de carga vs Penetración del S99.2% - PP0.8% de la calicata 2	123
Figura 76. Curva de densidad seca vs CBR del S99.2% - PP0.8% de la calicata 2	124
Figura 77. Diagrama de límites de consistencia de la calicata 1	127
Figura 78. Diagrama de límites de consistencia de la calicata 2	128
Figura 79. Diagrama de curva de compactación unificado de la calicata 1	129
Figura 80. Diagrama de curva de compactación unificado de la calicata 2	129
Figura 81. Diagrama de densidad máxima unificado	131
Figura 82. Diagrama de humedad óptima unificado	130
Figura 83. Diagrama del CBR al 95% (0.1") unificado	133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	7
Tabla 2. Sistemas de identificación de partículas del suelo	18
Tabla 3. Identificación manual de los suelos finos.....	21
Tabla 4. Serie de tamices.....	25
Tabla 5. Clasificación de suelos según índice de plasticidad e índice de grupo	30
Tabla 6. Simbología y caracterización de materiales.....	31
Tabla 7. Tabla de clasificación de suelo según AASHTO	34
Tabla 8. Costo unitario de la cal.....	43
Tabla 9. Características de la fibra de polipropileno	49
Tabla 10. Simbología de los grupos de puntos	55
Tabla 11. Ensayos realizados	55
Tabla 12. Dosificación de la fibra de polipropileno.....	56
Tabla 13. Características de la fibra de polipropileno empleada	60
Tabla 14. Análisis granulométrico por tamizado del SAN de la calicata 1.....	61
Tabla 15. Análisis granulométrico por tamizado del SAN de la calicata 2.....	63
Tabla 16. Resultados del límite líquido del SAN de la calicata 1.....	65
Tabla 17. Resultados del límite plástico del SAN de la calicata 1	65
Tabla 18. Resultados del índice plástico del SAN de la calicata 1	65
Tabla 19. Resultados del límite líquido del SAN de la calicata 2	66
Tabla 20. Resultados del límite plástico del SAN de la calicata 2	67
Tabla 21. Resultados del índice plástico del SAN de la calicata 2	67
Tabla 22. Valores para la curva de compactación del SAN de la calicata 1	71
Tabla 23. Valores para la curva de compactación del SAN de la calicata 2	72
Tabla 24. Resultados del límite líquido del S99.8% - PP0.2% de la calicata 1	76
Tabla 25. Resultados del límite plástico del S99.8% - PP0.2% de la calicata 1.....	77
Tabla 26. Resultados del índice plástico del S99.8% - PP0.2% de la calicata 1.....	77
Tabla 27. Resultados del límite líquido del S99.8% - PP0.2% de la calicata 2.....	78
Tabla 28. Resultados del límite plástico del S99.8% - PP0.2% de la calicata 2.....	79
Tabla 29. Resultados del índice plástico del S99.8% - PP0.2% de la calicata 2.....	79
Tabla 30. Valores para la curva de compactación del S99.8% - PP0.2% de la calicata 1	83
Tabla 31. Valores para la curva de compactación del S99.8% - PP0.2% de la calicata 2.....	84
Tabla 32. Resultados del límite líquido del S99.6% - PP0.4% de la calicata 1	88
Tabla 33. Resultados del límite plástico del S99.6% - PP0.4% de la calicata 1.....	89
Tabla 34. Resultados del índice plástico del S99.6% - PP0.4% de la calicata 1.....	89

Tabla 35. Resultados del limite liquido del S99.6% - PP0.4% de la calicata 2.....	90
Tabla 36. Resultados del limite plástico del S99.6% - PP0.4% de la calicata 2.....	91
Tabla 37. Resultados del índice plástico del S99.6% - PP0.4% de la calicata 2.....	91
Tabla 38. Valores para la curva de compactación del S99.6% - PP0.4% de la calicata 1.....	95
Tabla 39. Valores para la curva de compactación del S99.6% - PP0.4% de la calicata 2.....	96
Tabla 40. Resultados del limite liquido del S99.4% - PP0.6% de la calicata 1.....	100
Tabla 41. Resultados del limite plástico del S99.4% - PP0.6% de la calicata 1.....	101
Tabla 42. Resultados del índice plástico del S99.4% - PP0.6% de la calicata 1.....	101
Tabla 43. Resultados del limite liquido del S99.4% - PP0.6% de la calicata 2.....	102
Tabla 44. Resultados del limite plástico del S99.4% - PP0.6% de la calicata 2.....	103
Tabla 45. Resultados del índice plástico del S99.4% - PP0.6% de la calicata 2.....	103
Tabla 46. Valores para la curva de compactación del S99.4% - PP0.6% de la calicata 1.....	107
Tabla 47. Valores para la curva de compactación del S99.4% - PP0.6% de la calicata 2.....	108
Tabla 48. Resultados del limite liquido del S99.2% - PP0.8% de la calicata 1.....	112
Tabla 49. Resultados del limite plástico del S99.2% - PP0.8% de la calicata 1.....	113
Tabla 50. Resultados del índice plástico del S99.2% - PP0.8% de la calicata 1.....	113
Tabla 51. Resultados del limite liquido del S99.2% - PP0.8% de la calicata 2.....	114
Tabla 52. Resultados del limite plástico del S99.2% - PP0.8% de la calicata 2.....	115
Tabla 53. Resultados del índice plástico del S99.2% - PP0.8% de la calicata 2.....	115
Tabla 54. Valores para la curva de compactación del S99.2% - PP0.8% de la calicata 1.....	119
Tabla 55. Valores para la curva de compactación del S99.2% - PP0.8% de la calicata 2.....	120
Tabla 56. Costo unitario de la fibra de PP	124
Tabla 57. Valores del límite líquido unificado.....	125
Tabla 58. Valores del límite plástico unificado	125
Tabla 59. Valores del índice de plasticidad unificado	126
Tabla 60. Valores del CBR al 95% (0.1") de la calicata 1.....	132
Tabla 61. Valores del CBR al 95% (0.1") de la calicata 2.....	132
Tabla 62. Prueba de normalidad - Shapiro Wilk	134
Tabla 63. Prueba ANOVA de un factor	135
Tabla 64. Prueba Tukey para comparaciones múltiples	136
Tabla 65. Prueba ANOVA de un factor	137
Tabla 66. Prueba Tukey para comparaciones múltiples	138
Tabla 67. Prueba ANOVA de un factor	139
Tabla 68. Prueba Tukey para comparaciones múltiples	140

RESUMEN

En la presente investigación se analizó el comportamiento mecánico del suelo arcilloso incorporando fibras de polipropileno en el Jirón Emancipación en el distrito de San Luis de Shuaro – Chanchamayo, con el propósito de mejorar las características físicas y mecánicas del suelo.

Esta investigación propone adicionar fibras de polipropileno como método de reforzamiento en porcentajes de 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8%, comparando cada uno de estas mezclas con el suelo en su estado natural. Para identificar las características físicas se realizó el ensayo de Límites de Consistencia y para las características mecánicas se realizaron los ensayos de Proctor modificado y CBR, estos ensayos se efectuaron a todas las mezclas incluyendo al suelo natural, para este último también se ejecutó el ensayo de granulometría por tamizado.

Como resultado se obtiene que, al incrementar el porcentaje de las fibras, las características físicas y mecánicas mejoran en comparación al suelo natural, ya que el suelo pasaría de tener una plasticidad alta a una plasticidad media y el suelo en su estado natural presentó una clasificación de subrasante pobre y a medida que se le incrementa las fibras esta llega a tener una clasificación de subrasante buena, también se demostró que existe una mezcla optima del 0.6% de fibra ya que esta mostró mejores resultados en comparación a las otras mezclas.

Palabras clave: suelo arcilloso, fibra de polipropileno, reforzamiento.

ABSTRACT

In this research, the mechanical behavior of clay soil was analyzed by incorporating polypropylene fibers in Jirón Emancipación in the district of San Luis de Shuaro - Chanchamayo, with the purpose of improving the physical and mechanical characteristics of the soil.

This research proposes adding polypropylene fibers as a reinforcement method in percentages of 0.2%, 0.4%, 0.6% and 0.8%, comparing each of these mixtures with the soil in its natural state. To identify the physical characteristics, the Consistency Limits test was carried out and for the mechanical characteristics the Modified Proctor and CBR tests were carried out, these tests were carried out on all mixtures including natural soil, for the latter the test of sieving granulometry.

As a result, it is obtained that, by increasing the percentage of fibers, the physical and mechanical characteristics improve compared to natural soil, since the soil would go from having a high plasticity to a medium plasticity and the soil in its natural state presented a classification of poor subgrade and as the fibers are increased it has a good subgrade classification, it was also shown that there is an optimal mixture of 0.6% of fiber since it presented better results compared to the other mixtures.

Keywords: clay soil, polypropylene fiber, reinforcement.

INTRODUCCIÓN

El suelo es considerado uno de los recursos naturales más importantes de la Tierra, por lo que es importante mantener un equilibrio entre las actividades que allí se desarrollan, incluida la construcción. El suelo tiene una estructura diferente según la ubicación, por razones climáticas estos cambios son lentos, excepto los provocados por desastres naturales. Dicho esto, los principales componentes del suelo son: roca, arena, arcilla o materia orgánica en descomposición, minerales y otros elementos en proporciones variables.

En el Perú, estos tipos de suelos se encuentran en la zona norte y nororiente, estos suelos no son aptos para soportar obras como carreteras, puentes o edificaciones. Por tanto, es una realidad sustituir este suelo por un material con mejores propiedades de resistencia y permeabilidad. Sin embargo, este método tiene un costo elevado y no es práctico para algunos proyectos. Por ejemplo, en el caso de la construcción de una carretera, el trazo no se limita a las propiedades del estrato de soporte, por lo que en ciertos tramos se tendrá que lidiar con suelos arcillosos. Además, cuando se reemplazan estos suelos con materiales gravosos, cuya extracción se hace de canteras de en cauces de río, se dañan los ecosistemas naturales.

Por tanto, es importante elegir otras soluciones que sean menos perjudiciales para el medio ambiente y la naturaleza. Otra solución consiste en mejorar las propiedades de estos suelos por adición de un agente estabilizante, una alternativa ampliamente utilizada es el estabilizador de cal, porque cuando se mezcla con el suelo, reduce la humedad del suelo, cambiando sus propiedades estabilizadoras y de retención de humedad. La adición de cal resulta ser una buena alternativa a este problema, pero la producción de este material implica procesos nocivos para el medio ambiente. Por esta razón, es importante evaluar alternativas adicionales para mejorar estas arcillas.

En la provincia de La Merced, específicamente en el distrito de San Luis de Shuaro y alrededores existen suelos arcillosos de alta y baja plasticidad las cuales no

cumplen con las exigencias de las normas técnicas para fundar estructuras. Por este motivo el presente trabajo se enfoca a evaluar los efectos de la fibra de polipropileno como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso.

Esta contribución permitirá la construcción sostenible de carreteras por considerar el empleo de fibras de polipropileno en la rehabilitación o construcción de nuevas vías de igual o mejor comportamiento mecánico frente a mejoramientos convencionales, persiguiendo los parámetros que rige el Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG 2013).

Para esto se ha considerado los siguientes capítulos.

Capítulo I: Trata sobre el planteamiento y formulación del problema, objetivos, justificación, delimitación de la investigación, hipótesis y descripción de variables

Capítulo II: Muestra a los antecedentes del problema que describe otros estudios relacionados con el trabajo de investigación y las bases teóricas que respaldan teóricamente la investigación

Capítulo III: Se da a conocer la metodología utilizada en la investigación, donde también se identifica el diseño, población, muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Capítulo IV: Trata sobre los resultados obtenidos en base a los objetivos, donde se analiza la adición de fibras de polipropileno en diferentes porcentajes al suelo arcilloso, ensayos que caracterizaron, dosificación, descripción de resultados, contrastación de hipótesis.

Finalmente se tiene las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento del Problema

En los últimos años, la gente ha desarrollado muchas formas de mejorar el suelo, incluida la adición de refuerzos. El propósito principal del refuerzo del suelo es aumentar la estabilidad, la capacidad de carga y reducir el hundimiento del suelo. Agregar fibras para reforzar el suelo es una técnica antigua (adobe es un ejemplo), pero el estudio solo ha sido de interés durante las últimas dos décadas. En los últimos años, diversos investigadores han estado estudiando el comportamiento del suelo reforzado por la adición de fibras (Vettorelo et al., 2014).

Los suelos arcillosos están ampliamente distribuidos en todo el mundo y pueden mejorarse con un refuerzo en forma de fibras distribuidas aleatoriamente de tipos naturales y sintéticos. Entre las fibras naturales, el Bonote y el Yute se producen en grandes cantidades en los países del sur de Asia y las fibras de polipropileno, poliéster, polietileno y vidrio que son fibras sintéticas para los cuales es necesario determinar el contenido y la longitud de fibra óptimos para cualquier tipo de fibra en el laboratorio antes de las aplicaciones de campo, ya que existe una variabilidad de características en su composición (Shivanand et al., 2014).

En general, los diferentes estudios concuerdan que la resistencia del suelo se incrementa al introducir fibras, a pesar de ello no hay acuerdo sobre el efecto de la adición de fibras sobre la rigidez del suelo reforzado. Para atenuar esta limitación, existen publicaciones en la que se ha propuesto el empleo de fibras de origen natural sin embargo estas tienen una desventaja ya que se caracterizan por una baja resistencia química y corrosión, bajo el riesgo de una eventual falla por degradación (Vettorelo et al, 2014).

En la búsqueda de la mejora en el comportamiento mecánico de suelos arcillosos se utilizó la suma de fibras naturales y fibras sintéticas, esta última recubriendo a la anterior (Cabezas et al., 2019), obteniéndose un mejoramiento mínimo de alguna de las propiedades mecánicas, sin embargo, con esta metodología no se llegó a cumplir con los requisitos normativos para este tipo de suelo.

Los estudios de suelos arcillosos reforzados con fibras sintéticas son muy escasos, cabe mencionar en la investigación (Akbulut, et al., 2007) donde los autores vieron el efecto de las fibras de polipropileno y polietileno sobre el comportamiento de suelos arcillosos. Se observó un incremento en los parámetros de resistencia, siendo más notorio en el suelo reforzado con fibras de polipropileno. Es por eso que se escogió este material ya que también tiene un buen comportamiento contra los agentes químicos y la corrosión.

En Perú, en toda la selva tropical se presentan estos tipos de suelos arcillosos y que por su condición de suelo expansivo sufren variaciones de volumen ante el cambio de humedad, ocasionado fallas y asentamientos, siendo demasiado débiles para ser utilizados como soportes estructurales para pavimentos y que no cumplen con los requisitos mínimos establecidos por las normas estándares de construcción como la del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), esta nos recomienda diferentes alternativas de mejoramiento de suelos como: cemento, cal, productos químicos, sales y emulsión asfáltica, pero no existe ninguna precisión en la adición de fibras sintéticas, siendo esta una nueva propuesta para el mejoramiento de las propiedades mecánicas en suelos cohesivos.

A nivel local la infraestructura vial del distrito de San Luis de Shuaro presentan una serie de fenómenos de inestabilidad de suelos, generando asentamientos y levantamientos el cual necesita ser mejorado o cambiado por otro material que cumpla los parámetros exigidos por el MTC, esta zona presenta suelos cohesivos con baja capacidad de soporte, este es un problema a nivel de subrasante, ya que en el proceso de expansión se debe a la absorción de agua

produciendo un aumento de volumen y relajación de los esfuerzos, con posible colapso, daños en la funcionalidad y estabilidad de la estructura del suelo, además de no cumplir con los indicadores económicos en la factibilidad de proyectos.



Figura 1. Suelo arcilloso del distrito de San Luis de Shuaro.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 1 se observa una calicata en una vía local del distrito en donde a simple vista se observa la composición de una arcilla de compacidad suelta. En vista de la problemática planteada es necesario la búsqueda de nuevas alternativas de estabilización de suelos arcillosos. Esta investigación trata de la inclusión de las fibras de polipropileno en la capa subrasante para su estabilización.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de la incorporación de fibras de polipropileno a suelos arcillosos en las propiedades mecánicas del suelo en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características físicas del suelo arcilloso en condiciones naturales y con la incorporación de fibras en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced?
- ¿Cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno a distintos porcentajes a las características de compactación de suelos arcillosos, en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced?
- ¿De qué manera influye a la capacidad de soporte del suelo la incorporación de fibras de polipropileno a distintos porcentajes en suelos arcillosos en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la incorporación de fibras de polipropileno a suelos arcillosos en las propiedades mecánicas del suelo en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características físicas del suelo arcilloso en condiciones naturales y con la incorporación de fibras en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced.
- Determinar la influencia de incorporación de fibras de polipropileno a distintos porcentajes a las características de compactación de suelos arcillosos en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced.
- Determinar de qué manera influye a la capacidad de soporte del suelo, la incorporación de fibras de polipropileno a distintos porcentajes en suelos arcillosos en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced.

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Práctica

Con la presente investigación se propone resolver los problemas existentes con respecto a las propiedades mecánicas que presentan los suelos arcillosos en el distrito de San Luis de Shuaro – La Merced. Se plantea usar fibras de polipropileno adicionando pequeños porcentajes en composición del suelo con el fin de analizar los resultados en sus propiedades mecánicas y así tener un suelo óptimo y estable para futuros proyectos viales a ejecutarse en la zona, pero primero se debe realizar un estudio del suelo con el fin de obtener información y saber con precisión el tipo de suelo existente.

1.4.2. Metodología

Este proyecto de investigación se realiza con el fin de obtener una mejora en el suelo arcilloso existente en la zona de estudio mediante la incorporación de fibras de polipropileno, teniendo como propósito conseguir un suelo totalmente mejorado y que este no presente problemas futuros. También se dará a conocer las principales propiedades del suelo a estudiar, esto ayudará a futuras investigaciones relacionadas a esta área de estudio.

1.4.3. Económica

El suelo arcilloso es uno de los suelos más problemáticos por ser inestable, ya que los cambios de volumen de este tipo de suelos pueden ocasionar daños perjudiciales a las estructuras que estén apoyadas sobre éste, como levantamiento de las capas de carretera o rajadura de bermas y entre otros.

Con la presente investigación se busca solucionar este problema, proponiendo incorporar fibras de polipropileno a suelos arcillosos como alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de este tipo de suelos, ya que es esencial que el terreno en donde se va a construir

cumpla las características para brindar estabilidad, por lo tanto, al estabilizar estos suelos, se dará un beneficio a la población al reducir los costos en mantenimiento de carreteras cercanas a la zona presentadas por futuras fallas.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La incorporación de fibras de polipropileno a suelos arcillosos mejora las propiedades mecánicas del suelo en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced.

1.5.2. Hipótesis específicas

- Las características físicas del suelo arcilloso con la incorporación de fibras, presentan mejoras ante las características del suelo arcilloso en condiciones naturales en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced.
- La incorporación de fibras de polipropileno a distintos porcentajes influye a las características de compactación disminuyendo la densidad seca del suelo arcilloso en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced.
- La capacidad de soporte del suelo mejora con la incorporación de fibras de polipropileno a distintos porcentajes en suelos arcillosos en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced.

1.6. Descripción de variables

1.6.1. Variable Independiente

Fibras de polipropileno

La fibra de polipropileno es uno de los materiales plásticos más utilizados, junto con el tereftalato de polietileno, esta se obtiene a partir

de la polimerización del propileno, un material que entra en la categoría de los termoplásticos (Mendoza et al., 2011).

1.6.2. Variable dependiente

Suelo arcilloso

La arcilla tiene propiedades como la absorción de agua, la plasticidad y la cohesión, una propiedad peculiar es la resistencia que posee al secarse al aire, la cual requiere un esfuerzo mayor para llegar a romperlo a diferencia de los limos (Peck et al., 1998).

1.6.3. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Fibras de polipropileno (Variable independiente)	El Polipropileno es un termoplástico obtenido por la polimerización del propileno, subproducto gaseoso de la refinación del petróleo, todo esto desarrollado bajo un cuidadoso control de presión y temperatura en presencia de un catalizador. (Puppala & Musenda, 2007)	El funcionamiento de estas fibras, según los estudios realizados, establece que el incremento en los porcentajes de fibras añadidas a un suelo resulta en el incremento del ángulo de fricción y en el de la ductilidad	Dosificación de fibras de polipropileno	Fibra de Polipropileno 0.0%	Razón
				Fibra de Polipropileno 0.2%	
				Fibra de Polipropileno 0.4%	
				Fibra de Polipropileno 0.6%	
				Fibra de Polipropileno 0.8%	
Suelo arcilloso (Variable dependiente)	La arcilla posee características físicas como la plasticidad, cohesión y capacidad de absorber agua. Una propiedad en particular es la resistencia al secarse al aire, que requiere un esfuerzo mayor a los limos para llegar a romperlo. (Peck, Hanson y Thornburn, 1998)	El suelo arcilloso es capaz de ser mejorado de diversas formas, como la adición de otros suelos o la incorporación de uno o más agentes estabilizantes con la finalidad de dotar a estos de resistencia mecánica y la prevalencia de estas propiedades en el tiempo	Características Físicas del suelo	Clasificación de suelos	Razón
				Limites Liquido	
				Limite Plástico	
				Índice de Plasticidad	
		Características de compactación del suelo arcilloso		Optimo contenido de humedad	Razón
				Máxima densidad seca	
		Capacidad de soporte		CBR al 0.1"	
				CBR al 0.2"	

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Las publicaciones e investigaciones que tiene relación al tema planteado con argumentos sólidos y un mayor aporte son las que se presentan a continuación:

2.1.1. Antecedentes nacionales

Según Carrillo (2018) en la investigación realizada se planteó como uno de sus objetivos realizar el estudio de la inclusión de fibras de polietileno tereftalato en el reforzamiento de suelos cohesivos para la viabilidad en la zona de La Libertad. Se aplicó como metodología la recolección de datos mediante la observación directa, y se registró todos los resultados en formatos estándares de cada estudio. Cuyos resultados obtenidos fueron: la densidad seca máxima disminuye de 1.28 g/cm³ a 1.01 g/cm³ para no curado y a 0.918 g/cm³ para muestras de suelo curado de 7 días con un contenido aumentado progresivamente los porcentajes de fibras. La disminución en la densidad seca máxima se debe principalmente a el reemplazo parcial de suelos comparativamente pesados con las fibras que son más ligeras; valor de gravedad específica comparativamente bajo (1.95) del PET que la del suelo reemplazado (2.79). El contenido de humedad óptimo aumenta de 32.24% a 51.12% para muestras de suelo curado sin curar y de 32.24% a 53.78% para 7 días aumentando progresivamente el porcentaje, en las pruebas realizadas con un confinamiento de 0.5 kg/cm², las probetas que usaron 0.4% y 0.8% de fibras de PET tuvieron menor desempeño que las probetas de suelo natural; por otro lado, las probetas que usaron 1.2% y 1.5% de fibras de PET tuvieron una mejora notable. Finalmente se llegó a la conclusión que, el porcentaje óptimo de fibras PET que se debe agregar a suelos cohesivos para viabilizar

su uso en terraplenes, es de 1.5% del peso seco del suelo con fibras de 30 mm, debido a que se logró un mezclado más uniforme y de fácil trabajabilidad.

Según Juan de Dios (2018) en la investigación realizada se planteó como uno de sus objetivos analizar las propiedades mecánicas de la subrasante al aplicar cal hidratada en suelos cohesivos en una avenida de San Juan de Lurigancho. Se aplicó como metodología de estudio, partiendo de la selección de muestras, el análisis de las propiedades, la determinación de cantidad de cal y la ejecución final de la estabilización. Los resultados obtenidos fueron: El suelo tiene clasificación según SUCS - suelo arenoso arcilloso; en clasificación ASHTO – A-2-6, la dosificación de cal hizo que aumente la resistencia, el suelo pasó de ser SC a ML, para el ensayo de Proctor modificado describe una variación leve de la densidad en los diferentes porcentajes de cal, para el CBR al 95% aumenta un valor progresivo de 5.7% a 26.4% este aumentó la resistencia de la sub rasante, a la vez elevó la densidad máxima seca y bajó su índice de plasticidad. Finalmente se llegó a la conclusión que, la cal hidratada mejora considerablemente las propiedades mecánicas de suelos cohesivos.

Según Ramos (2014) en la investigación realizada se planteó como uno de sus objetivos mejorar la subrasante de baja capacidad portante haciendo uso de polímeros reciclados. Se aplicó como metodología localizar y ubicar la muestra, luego seleccionar la muestra para realizar los ensayos de Proctor y CBR. Cuyos resultados obtenidos fueron: El tipo de suelo que presenta clasificación SUCS, CL y clasificación ASSHTO, A-4(1), el índice de plasticidad varía de un 7.1% a 13.07 %, Con la inclusión de polímeros el Proctor logró un incremento del contenido óptimo de humedad y disminución de la densidad máxima seca, para el CBR se incrementó en 26% y la expansión disminuyó en un 1.5% debido a que la mezcla suelo cemento es menos denso e

incruento la capacidad de filtración del suelo mezclado. Finalmente se llegó a la conclusión que, con las botellas descartables PET se mejoró las características físicas mecánicas del suelo como material de subrasante.

Según Arreluce y Solis (2021) en la investigación realizada se planteó como uno de sus objetivos determinar el comportamiento mecánico del suelo arcilloso con fibras de polipropileno en Huancayo. Se aplicó como metodología mezclar el suelo con cuatro diferentes porcentajes, detallando el procedimiento de los ensayos de caracterización física y mecánica. Cuyos resultados obtenidos fueron: según la clasificación ASSHTO este es un suelo de tipo A-6 que lo califica de CL - Suelo Arcilloso de baja plasticidad con arena, por otro lado, la densidad seca baja a medida que se va adicionando el PP de 1.82(gr/cm³) hasta 1.72(gr/cm³) y el óptimo contenido de humedad aumenta desde 15.19% hasta 19.41%, los parámetros de resistencia del suelo natural y reforzado aumenta de acuerdo al porcentaje de fibras adicionadas desde 3.05(kg/cm²) hasta 4.32(kg/cm²). La consistencia del suelo con un mayor de fibra se caracteriza como “dura” frente al estado inicial “fina”. Finalmente se arribó a la conclusión que, la resistencia última del suelo natural remoldeado es de 3.05 kg/cm² la cual incrementó en un 41.64% con la adición de 0.4% de fibras de polipropileno obteniendo una resistencia última de 4.32 kg/cm² demostrando así que los valores obtenidos mediante los ensayos mejoran las características mecánicas del suelo arcilloso de Palán.

Según Ruiz (2021) en la investigación realizada se planteó como uno de sus objetivos evaluar el resultado de la aplicación de la bolsa de polietileno reciclado para estabilizar la subrasante de una carretera en la provincia de Chupaca. Se aplicó como metodología la observación directa, para su posterior trabajo en campo comenzado con la recolección, extracción y determinación de los parámetros mecánicos

de las muestras, cuyos resultados obtenidos fueron: a medida que se va incrementando el polietileno la cantidad de finos disminuye de 90.75% a 75.63%, para la compactación la máxima densidad seca aumenta mientras el óptimo contenido de humedad disminuye una vez alcance el valor máximo, en el índice de soporte del suelo este se observa que con un 4% de la bolsa de polietileno fundido reciclado el suelo incrementa en un 14.39% valor suficiente para sobrepasar el valor mínimo de la Norma. Finalmente se llegó a la conclusión que, las bolsas de polietileno fundido reciclado mejoran las características físicas y mecánicas del suelo para la subrasante.

Según Pusari y Rodriguez (2020) en la investigación realizada se planteó como uno de sus objetivos demostrar que el uso de polvo de vidrio reciclado y la fibra de polipropileno se complementan logrando una gran mejora en el comportamiento de aumentar la resistencia al corte de un suelo expansivo, a comparación del uso de otros aditivos, como el cemento, cal y caucho reciclado, entre otros. Se aplicó como metodología la observación directa, para su posterior trabajo de campo comenzado con la recolección, extracción y determinación de los parámetros mecánicos de las muestras, cuyos resultados obtenidos a medida que se fueron incrementando la mezcla, los límites de consistencia presentaron una disminución del índice plástico de 0% a 6% de porcentaje de sustitución mientras que para el 7.5% de mezcla esta aumenta en valor mínimo, para la compactación la máxima densidad seca disminuye de igual manera que en el índice plástico hasta un 6% de mezcla y aumenta en el siguiente punto, mientras el óptimo contenido de humedad aumenta a medida que se va agregando la mezcla, y la cohesión a medida que se va añadiendo el porcentaje de sustitución esta se mantiene pero el ángulo de fricción aumenta progresivamente . Finalmente llegaron a la conclusión que, quedó demostrado que las propiedades de resistencia al corte mejoraron,

usando las dosificaciones de 5%, 6% y 7.5%. Incluso, se obtuvo que la expansividad se redujera tomando como referencia los criterios de expansión.

2.1.2. Antecedentes internacionales

Según Estabragh y Javadi (2018) en la investigación realizada se planteó como uno de sus objetivos mejorar el comportamiento mecánico de los suelos arcillosos reforzando con fibras naturales o sintéticas en diferentes longitudes y porcentajes también con muestras de cemento al 8% y 10%, mediante ensayos de compresión y a la tracción. Se aplicó como metodología mejorar el comportamiento mecánico como la resistencia y capacidad de carga del suelo, cuyos resultados obtenidos fueron: El peso unitario seco máximo y el óptimo contenido para muestras con longitud de fibra de 25mm y 0.5% de inclusión de fibra son 17.02Kn/m³ y 16.42% pero para una longitud de fibra de 25mm y la inclusión de fibra del 1% cambian a 16.87Kn/m³ y 15.82%, al agregar 0.5% de fibra, la fuerza máxima del suelo-cemento se cambió, durante estas etapas la plasticidad del suelo reduce y el cemento forma un tejido fuerte al unir las partículas de suelo evitando que se deslicen entre sí, lo que aumenta la resistencia del suelo Las variaciones de la tensión de tracción contra la longitud de la fibra para suelo-cemento reforzado con 10% de cemento e inclusiones de fibra de 0.5 y 1% para diferentes tiempos de curado el porcentaje de fibra aumenta la resistencia a la tracción. El efecto de la fibra en el aumento de la resistencia a la tracción del suelo reforzado con cemento es similar a la del suelo reforzado. los productos de hidratación del cemento tienen mayor resistencia que las partículas de arcilla. Por lo tanto. la mayor vinculación y la fricción entre la superficie de las fibras y el material de cementación hace que el aumento de la resistencia a la tracción del suelo-cemento reforzado, finalmente llegan a la conclusión que la inclusión de fibras puede aumentar en gran medida la resistencia a la tracción del suelo arcilloso

y del suelo – cemento a un porcentaje constante, para fibras de longitudes superiores a 10 mm, el aumento de la fuerza se vuelve muy lento. pero al aumentar aún más la longitud de la fibra, no hay efecto sobre la resistencia a la compresión.

Según Rosales (2014) en la investigación realizada se planteó como uno de sus objetivos conocer el comportamiento de un suelo expansivo con fibras y determinar las mejoras que este presenta en comparación al suelo en su estado natural. Se aplicó como metodología obtener la muestra del suelo para su posterior caracterización geotécnica del suelo mediante los ensayos de laboratorio, cuyos resultados obtenidos fueron: al agregar el porcentaje de fibras y la longitud el esfuerzo resistente varía desde 2.69 kg/cm² a 4.3 kg/cm², el contenido de humedad de 34% baja a 32% y la densidad seca varia en las diferentes dosificaciones, para el CBR en la penetración el suelo reforzado respecto al norma esta comienza a tomar más carga, la combinación óptima es con 9.5mm de longitud de fibra. Finalmente llegó a la conclusión que, la inclusión de las fibras genera un comportamiento más dúctil ante pruebas de tensión en comparación al suelo sin refuerzo, el cual se puede considerar como una técnica competente.

Según Celi (2021) en la investigación realizada se planteó como uno de sus objetivos analizar la capacidad de soporte (CBR) de suelos de subrasante mediante la adición de finos de tereftalato de polietileno (PET), polipropileno (PP) y polietileno (PE) para conseguir una mayor estabilidad. Se aplicó como metodología como paso inicial la inspección para la selección de puntos de calicatas para la excavación y recojo de muestras, para su posterior análisis mediante los ensayos de laboratorio, cuyos resultados obtenidos fueron: a mayor porcentaje de finos de (PET/PP/PE) la densidad seca máxima del suelo de Montalvo disminuye, con un porcentaje de finos del 0% se tiene una densidad seca máxima de 1.633g/cm³ y con un porcentaje del 15% de finos la

densidad seca máxima alcanzada es de 1.559g/cm³. Definiendo de esta manera que al añadir un 15% de finos la densidad seca máxima disminuye en un 4.53% con respecto a la muestra natural, para la parroquia de Montalvo la inclusión de finos del 7.80% a su muestra natural ayudó a incrementar su CBR de 10.40% a 16.30%, generando una estabilización del 57% a la subrasante, mientras que para la parroquia de Juan Benigno Vela con la inclusión de finos en su muestra natural sólo produjo un incremento de CBR del 1.8%, produciendo de esta manera una estabilización del 12% en la subrasante, la adición del 3.60% de finos a la muestra seca de Izamba también produjo una estabilización del 23% a la subrasante, permitiendo al CBR incrementar de 10.90% a 13.40%, finalmente llegó a la conclusión que al añadir fibras de tereftalato de Polietileno (PET), Polipropileno (PP) y Polietileno (PE) a la subrasante natural el valor de CBR incrementa hasta un 6.9%, consiguiendo de esta manera una estabilización de la subrasante de hasta el 57%.

Según Gomez y Guillin (2015) en la investigación realizada se planteó como uno de sus objetivos determinar la variación de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos entre la condición natural y estabilizada con cementantes. Se aplicó como metodología la recolección de la información de muestras mediante sondeo, las cuales se llevaron al laboratorio para su análisis, cuyos resultados obtenidos fueron: el límite líquido al adicionar porcentajes de cal del 2%, 3%, 4%, 5% y 6% presentaron una disminución del 2,83%, 2,00%, 1,97%, 2,62% y 2,92% respectivamente, con lo que se demuestra que la cal tiene un efecto en el material de estudio, ya que al adicionar este existe un descenso del contenido de humedad, el cual el suelo pasa de tener un estado plástico a un estado líquido; el suelo a una condición natural presenta un valor de la cohesión de 2.259 kPa y un valor para el ángulo de fricción de 19.66°, los cuales se obtuvieron al promediar los valores generales, por

otro lado, el índice máximo de resistencia a 0.1 y 0.2 pulgadas obtuvieron valores de 6.13% y 6.92% respectivamente, la resistencia a la compresión inconfiada presentó un valor de 135.61 kPa, el cual mostró dos tipos de fallas: cortante y tracción, al realizar las dosificaciones de 2%, 3%, 4%, 5% y 6% para analizar las características físicas, estas obtuvieron variaciones, dándose a conocer un incremento del límite plástico y una disminución del límite líquido, por otro lado el índice de plasticidad presentó porcentaje de 2.32%, -2.92% y -8.68% respectivamente con referencia al valor del IP en condición natural, lo cual se logra demostrar que al mezclar el suelo con cal, esta tiende a disminuir la plasticidad del suelo, concluyendo según los resultados de las pruebas físicas y mecánicas que existe una mejora considerable en el comportamiento del suelo con dosificaciones de cal entre 2% y 6%, y esta mejora es mejor en comparación con la obtenida al adicionar cemento al suelo para un mismo porcentaje de dosificaciones.

Según Parra (2018) en la investigación realizada se planteó como uno de sus objetivos realizar la estabilización química de un suelo a través del incremento de distintos porcentajes de cal y ceniza con el propósito de determinar la mezcla óptima de estabilizante a través de los ensayos de resistencia a la compresión y a la tracción. Se aplicó como metodología mejorar las características mecánicas, mediante ensayos dispuestos en la norma INVIAS 2013, cuyos resultados obtenidos fueron: En la gravedad específica, Ceniza(2.16 Gs), Cal(1.99 Gs) y Caolin(2.74Gs) donde los valores no tienen variación significativa, para el Proctor Estándar se obtuvo una densidad seca máxima de 1.90 g/cm³ y humedad óptima de 19.5% con dosificaciones de cal viva a 2%, 4%, 6% y 8% donde el principal efecto es la capacidad de absorber la humedad disuelta, en él se observó que la falla se dio al 7.2% de la deformación unitaria y con dosificaciones de ceniza volante a 2%, 4%, 6% y 8% donde el principal efecto es la capacidad de acumular

partículas, incrementando su capacidad de cohesión, por lo que su deformación al instante de la falla fue al 7% de la deformación unitaria, se pudo apreciar que la deformación en las muestras aplicada con ceniza al momento donde ocurre la falla es de 6.8% en promedio, otro dato que se observó es que la estabilización mediante cenizas no es muy efectiva para reducir las deformaciones unitarias en comparación con la cal, también al incrementar el porcentaje de estabilizante, aumenta su resistencia debido a la reacción exotérmica que se produce en la cal al contacto con la humedad disuelta en el suelo; mientras que en la ceniza volante ocurre un acomodamiento de partículas lo que aumenta la resistencia, finalmente llegó a la conclusión: la técnica usada para el mejoramiento de suelo en la presente investigación es viable desde el punto de vista técnico demostró satisfactoriamente que el suelo se puede mejorar in-situ, brindándole buenas condiciones de resistencia.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Suelo

La palabra suelo a nivel general de la ingeniería, se define como agregados no cohesivos de partículas minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas), líquidos y gases que ocupan el espacio libre entre partículas sólidas (Braja, 2001).

A continuación, una breve explicación sobre las fases del suelo:

La fase sólida puede ser mineral u orgánica; la primera está constituida de distintas formas, tamaños y su composición química; la segunda está constituida por residuos vegetales en distintas etapas de descomposición.

La fase líquida está compuesta por el agua en el suelo con algunas sustancias en solución y esta ocupa una menor parte de los poros entre las partículas sólidas.

La fase gaseosa corresponde al vapor que ocupa aquel espacio entre poros no ocupados por el agua.

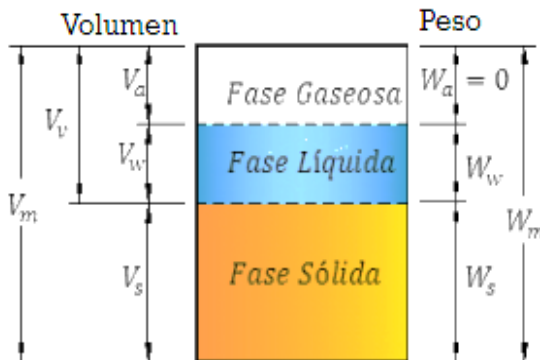


Figura 2. Fases del Suelo.

Fuente: Sáez (2017)

2.2.1.1. Origen del suelo

La mayoría de las capas de suelo que rodean la Tierra están formadas por la erosión de las rocas. Los geólogos usan el término meteorización de rocas para describir todos los procesos externos en los que una roca sufre descomposición química y física, es decir, el proceso por el cual un bloque de roca se rompe en pedazos más pequeños. Esta fragmentación continua también se conoce como cambio mecánico porque es un simple cambio físico.

El suelo es producido por intemperismo, es decir, por la fractura y rompimiento de varios tipos de rocas en piezas más pequeñas mediante procesos mecánicos y químicos. Algunos suelos permanecen donde se forman y cubren la superficie rocosa de la que se derivan y se llaman residuales (Braja, 2001).

El intemperismo consiste en un proceso de falla en pequeñas secciones, que ordena que el suelo sea removido del suelo y transportado rompiendo los escombros de roca. El transporte terrestre se puede realizar de las siguientes formas:

- Aluviales o fluviales: Esto sucede cuando el suelo entra en contacto con agua como lluvia o arroyos y lleva el material al río.
- Glaciales: Se debe a la aparición de una gran cantidad de hielo, el desplazamiento corta el suelo, lo que hace que el suelo se deslice.
- Eólicos: Esto se debe a la acción del viento, que carece de la mayor parte de agua y vegetación. Este fenómeno erosiona el material por lo que se transportan las partículas del suelo.

2.2.1.2. Distribución del tamaño de las partículas

Se instaure que el tamaño predominante de las partículas de un suelo, determina su clasificación y con esto pueden ser considerados como: grava, arena, limo, arcilla o una combinación de ellos.

Tabla 2. Sistemas de identificación de partículas del suelo

NOMBRE DE LA ORGANIZACIÓN	TAMAÑO DE GRANO			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT)	>2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	< 0.002
Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA)	>2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	< 0.003
Asociación Americana de funcionarios del Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	< 0.004
Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)	75 a 4.75	4.75 a 0.075	Finos (limos y arcillas) < 0.075	

Fuente: Braja (2001)

2.2.1.3. Principales tipos de suelo

A continuación, se describen los suelos más comunes con los nombres generalmente utilizados por el ingeniero civil para su identificación. (Lambe, et al.,2004)

- **Gravas**

Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas, dado el origen, cuando son acarreadas por las aguas las gravas sufren desgaste en sus aristas y son, por lo tanto, redondeadas. Como material suelto, se encuentra comúnmente en suelos, riberas de ríos, conos de descarga de ríos y muchos otros lugares donde se han transportado muchas depresiones de suelo y grava depositada por ríos.

- **Arenas**

La existencia de las arenas es similar al de las gravas, las dos se pueden encontrar juntas en el mismo depósito. La arena de río por lo general contiene proporciones grandes de arcilla y grava. Esta última estando limpias no se pueden contraer al estar secas, tampoco son plásticas, generalmente son mucho menos comprensibles que la arcilla y al aplicarse cualquier carga a su superficie, estas se pueden comprimir de una forma casi instantánea.

- **Limos**

Estos son suelos de granos finos con casi poca o ninguna plasticidad, pudiendo ser limo orgánico casi como el que suele hallarse en los ríos o también puede ser limo inorgánico como el que se encuentra en canteras, pero en el caso de este último, estas presentan características plásticas.

- **Arcillas**

La arcilla a nivel químico son un silicato de alúmina hidratado, aunque en no raras ocasiones estas también presentan magnesio hidratado o silicatos de hierro. Generalmente la estructura de estos minerales es cristalina y sus átomos están dispuestos en forma laminar.

2.2.1.4. Pavimento

El Pavimento es una estructura formada por varias capas, la cual está construida sobre la subrasante con la finalidad de resistir y distribuir los esfuerzos causados por los vehículos. Generalmente está conformada por estas capas: base, subbase y capa de rodadura (MTC, 2013).

2.2.1.4.1. Subrasante

La subrasante, descrita como el fondo de las excavaciones en terreno natural o como la capa superior del terraplén, la cual soporta la estructura del pavimento, y está conformada por suelos específicos de características aceptables y estas están compactados por capas con el objetivo de formar un cuerpo en un estado óptimo y a la vez estable, para que de esta forma no sea afectada por la carga de diseño proveniente del tránsito. Las características de los materiales de construcción juntamente con la capacidad de soporte y el tránsito de la son las variables fundamentales para el diseño de la estructura del pavimento (MTC, 2013).

- **Clasificación**

Según la (MTC, 2013), una vez definida el CBR de diseño, la subrasante se clasificará de acuerdo a qué categoría pertenece, según:

Categorías de Subrasante	CBR
S ₀ : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Figura 3. Categorías de Subrasante

Fuente: MTC (2013)

2.1.1. Suelo arcilloso

La arcilla es un término que se utiliza para describir la variedad de minerales complejos que poseen una estructura laminar. La arcilla solo se puede estudiar mediante el microscopio porque se conforma de minerales de grano muy fino. Mayormente las arcillas se originan mediante la meteorización química de otros silicatos. En consecuencia, un gran porcentaje del suelo está constituido por estos minerales (Tarbuck, 2005).

2.1.1.1. Características

Según (Duque, y otros, 2002), los suelos finos presentan diferentes características, las cuales se describe en la tabla 3:

Tabla 3. Identificación manual de los suelos finos

Suelo fino	Resistencia en estado seco	Dilatancia	Tenacidad	Tiempo de asentamiento
Limo arenoso	Muy baja	Rápida	Debilidad a fiable	30seg - 60min
Limo	Muy baja	Rápida	Débil a fiable	15min - 60min
Limo arcilloso	Baja a media	Rápida a lenta	Media	15min - varias horas
Arcilla arenosa	Baja a alta	Lenta a nada	Media	30seg - varias horas
Arcilla limosa	Media alta	Lenta a nada	Media	15min - varias horas
Arcilla	Alta a muy A	Ninguna	Alta	Varias horas a días
Limo orgánico	Baja a muy alta	lenta	Débil a fiable	15min - varias horas
Arcilla orgánica	Media a muy alta	Ninguna	alta	Varias horas a días

Fuente: Duque y Escobar (2002)

2.1.1.2. Composición

Los minerales arcillosos están conformados por silicatos de aluminio y de magnesio hidratados estructurados en capas. Éstas son el resultado de combinar tetraedros de silicio (SiO_4) y otra capa resultada de combinar octaedros de aluminio unido a seis oxígenos o a seis grupos hidroxilo ($-\text{OH}$) (Flórez y otros, 2008).

En la figura 4 se observa las formaciones de silicatos de aluminio compuestos de una o dos unidades básicas: octaedro de alúmina y tetraedro de sílice.

- (a) Tetraedro de sílice; (b) Lámina de sílice; (c) Octaedro de alúmina (óxido de aluminio); (d) Lámina octaédrica (gibbsita); (e) Lámina elemental de sílice-gibssita.

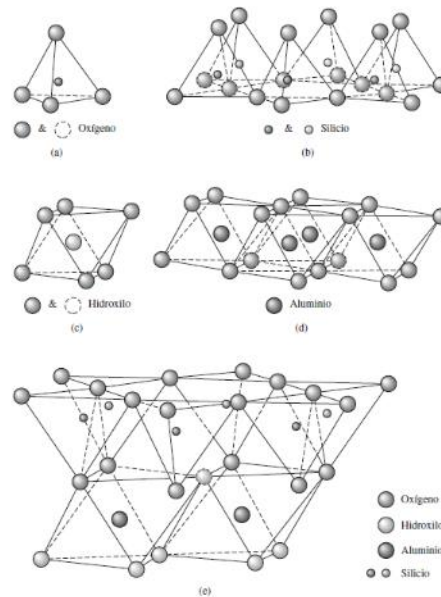


Figura 4. Composición mineralógica de la arcilla

Fuente: Braja (2015)

Por lo general hay una enorme variedad de minerales de arcilla relacionada con la estructura de minerales como se muestra en la figura 5, estas se dividen en tres grupos las cuales se detallan a continuación:

- La caolinita es una capa repetida de láminas de sílice-gibbsita elementales, estas capas son de 7.2 Å de espesor aproximadamente. El área superficial de la superficie de las partículas de caolinita por masa unitaria o superficie específica es de 15 m²/g aproximadamente.
- La illita o mica arcillosa es una lámina de gibbsita unida a dos láminas de sílice, una presente en la parte inferior y la otra en la parte superior. Las capas presentes en la illita están enlazadas entre sí por iones de potasio, en la cual la carga negativa proviene de la sustitución de aluminio por alguno de silicio en las láminas tetraédricas para equilibrar los iones de potasio. Las partículas de illita presentan espesores de 50 a 500 Å y tienen una superficie específica aproximadamente de 80 m²/g.
- La montmorillonita presenta una estructura parecida a la de la illita, Este grupo mineral presenta una sustitución isomorfa de hierro y magnesio por aluminio en las láminas octaédricas. Como en el caso de la illita, aquí los iones de potasio no están presentes y gran parte del agua es atraída al vacío entre las capas. Las partículas tienen espesores de 10 a 50 Å y su superficie específica es de 800 m²/g aproximadamente.

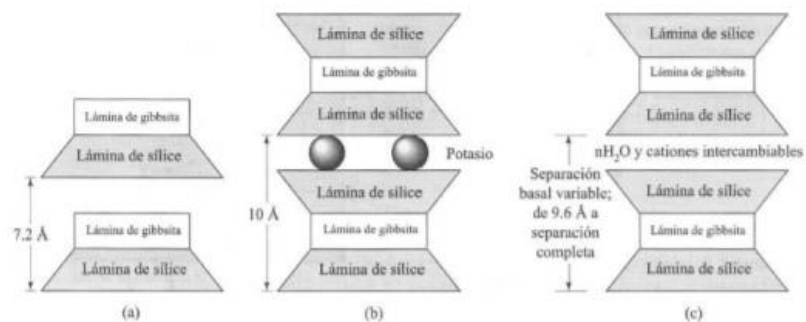


Figura 5. Diagrama de las estructuras de la caolinita, la illita y la monmorilonita

Fuente: Braja (2015)

2.1.1.3. Plasticidad

La plasticidad de un suelo es atribuida a la deformación de la capa de agua que es adsorbida alrededor de los minerales; trasladándose como una sustancia viscosa en la superficie mineral. La plasticidad en las arcillas, por su pequeño tamaño y su forma aplanada similar a las lentejas, es alta. La plasticidad que el suelo presenta está sujeta al contenido de arcilla. En esta, la alta plasticidad es dada por la presencia de agua, debido a que esta permite convertir de un estado sólido a plástico, y por lo tanto a un estado líquido. Por tal motivo la consistencia de la arcilla seca es alta (Duque et al., 2002).

2.1.1.4. Permeabilidad

La permeabilidad en suelos está sujeto a estos factores: distribución del tamaño de los poros, viscosidad del fluido, distribución granulométrica, rugosidad de las partículas minerales, relación de vacíos y grado de saturación del suelo. En suelos arcillosos la estructura presenta un rol importante en la permeabilidad. El espesor de las capas de agua adheridas a las partículas de arcilla y la concentración iónica son otros factores que afectan la permeabilidad de estas (Braja, 2001).

2.1.2. Características físicas del suelo

2.1.2.1. Análisis granulométrico por tamizado (MTC E 107)

Según la norma MTC E 107, este ensayo tiene como fin determinar de manera cuantitativa la distribución de tamaños de las partículas del suelo haciendo uso de distintos tamices, determinando los porcentajes de suelo pasantes hasta el tamiz N°200. Para realizar este ensayo se utilizó los siguientes equipos y materiales:

Equipos:

- Balanza con sensibilidad de 0.1 g.
- Balanza con sensibilidad de 0,1% del peso de la muestra.
- Estufa capaz de mantener una temperatura uniforme.

Materiales:

- Tamices según la tabla 5.
- Envases para el manejo y sacado de muestras.
- Cepillo y brocha. Para limpiar las mallas de los tamices.

Tabla 4. Serie de tamices

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
⅝"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 10	2,000
Nº 20	0,840
Nº 40	0,425
Nº 60	0,260
Nº 140	0,106
Nº 200	0,075

Fuente: MTC (2016)

Para realizar el ensayo, se efectuó el siguiente procedimiento:

- Separa la muestra en dos partes, la primera retenida sobre el tamiz de Nº 4 y la segunda que pasa dicho tamiz.
- Separar la parte de muestra retenida en el tamiz Nº 4 en una serie de porciones usando los tamices desde el Nº 4 hasta el de 3".
- Para el tamizado manual mover los tamices de un lado a otro, formando circunferencias, haciendo que la muestra esté en constante movimiento sobre la malla.
- Con la balanza de sensibilidad de 0,1% determinar el peso de cada porción

2.1.2.2. Contenido de humedad (MTC E 108)

Según la norma MTC E 108, este ensayo tiene como finalidad determinar el contenido de humedad de un suelo secando el suelo húmedo en un horno, con el objetivo de comparar el peso inicial y final y así obtener el peso del agua. Para realizar este ensayo se utilizó los siguientes equipos y materiales:

Equipos:

- Horno de secado capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Balanza de 0,01 g para muestras de menos de 200 g o de 0.1 g para muestras de más de 200 g.

Materiales:

- Recipientes resistentes al cambio de temperatura y a la corrosión.
- Guantes, tenazas o un sujetador para la manipulación de los recipientes.
- Otros utensilios como: cuchillos, espátulas, cucharas, divisores de muestras, etc.

Para realizar el ensayo, se efectuó el siguiente procedimiento:

- Determinar la masa de un contenedor limpio y seco.
- Colocar una muestra húmeda en el contenedor, colocar la tapa y determinar el peso de ambos usando una balanza.
- Retirar la tapa y colocar el contenedor junto con la muestra en el horno, secar el material hasta alcanzar una masa constante, el tiempo variara dependiendo del material.
- Una vez secado, se removerá el contenedor manipulado cuidadosamente para determinar el peso del contenedor y la muestra secada usando una balanza.

2.1.2.3. Límites de Atterberg

En el año de 1900, Atterberg realizó un método donde determina el grado de consistencia del suelo fino además del contenido diverso de humedad, por lo tanto, se puede mencionar que a mayor contenido de agua en suelo esta se comporta como un líquido.

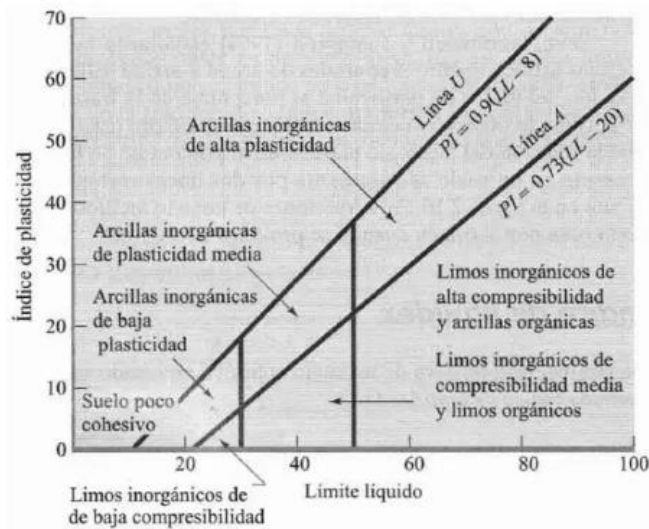


Figura 6. Carta de plasticidad de Casagrande

Fuente: Braja (2001)

2.1.2.3.1. Limite líquido (MTC E 110)

Según la norma MTC E 110, este ensayo se realiza para determinar el contenido de humedad, usando una copa llamada también “cuchara de Casagrande”, la cual se deja caer la 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo.

Equipos:

- Recipiente de porcelana para almacenaje
- Aparato de límite líquido o de Casagrande
- Acanalador
- Calibrador

- Recipientes resistentes al cambio de temperatura y a la corrosión
- Balanza con sensibilidad de 0,01 g.
- Estufa capaz de mantener una temperatura uniforme

Materiales:

- Espátula de hoja flexible

Insumos:

- Agua destilada

Para realizar el ensayo, se efectuó el siguiente procedimiento:

- Se coloca una porción de la muestra en la copa del dispositivo de límite líquido, presionándola, y esparciéndola hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm.
- Se cubre el plato de mezcla con un paño húmedo para retener la humedad en la muestra.
- Utilizando el acanalador se divide la muestra, siguiendo una línea desde el punto más alto al punto más bajo, se realiza una ranura a través del suelo.
- Se verifica que no existen restos de la muestra debajo de la copa, luego se levanta y suelta la copa girando el manubrio a una velocidad hasta que las dos mitades de la muestra estén en contacto en la base de la ranura.
- Se separa una tajada de la muestra de un ancho pequeño, esparciéndola de extremo a extremo de la torta de suelo en ángulos rectos a la ranura e incluyendo la porción de la ranura en la cual el suelo se deslizó, se coloca en un recipiente y se cubre.
- Se regresa el suelo remanente de la copa al plato de mezclado. Se lava y seca la copa y el acanalador para fijar

la copa nuevamente como preparación para la siguiente prueba.

- Se mezcla nuevamente todo el espécimen de suelo en el plato de mezclado añadiéndole agua.
- Se determina el contenido de humedad, del espécimen de suelo de cada prueba.

2.1.2.3.2. Limite plástico (MTC E 111)

Según la norma MTC E 111, este ensayo es realizado en laboratorio para determinar el límite plástico de un suelo formando barritas con la muestra de unos 3,2 mm de diámetro, rodando dicha porción de muestra entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que estas barritas se desmoronen.

Equipos:

- Espátula de hoja flexible
- Recipiente de porcelana para almacenaje
- Balanza con aproximación a 0.01 g.
- Horno o estufa
- Tamiz N° 40
- Agua destilada
- Balanza con sensibilidad de 0.01 g.
- Superficie de rodadura lisa

Para realizar el ensayo, se efectuó el siguiente procedimiento:

- Aproximadamente se separa 20 g de la muestra que pase por el tamiz N° 40 para el ensayo de límite líquido.
- Se amasa con agua hasta formar una pequeña esfera con la masa, de esta tomar una porción de 1.5 g para el ensayo.
- Se moldea la muestra en forma de pequeños gusanitos y se rueda con la palma de la mano sobre una superficie lisa hasta un diámetro de 3.2 mm.

2.1.2.3.3. Índice de plasticidad (MTC E 111)

Según la norma. El IP es la diferencia numérica entre los límites líquidos y plásticos, siendo el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico.

$$IP = LL - LP$$

Siendo:

- IP: Índice de plasticidad
- LL: Limite líquido
- LP: Limite plástico

En la tabla 5, el MTC nos indica la característica que existe entre el suelo y el índice de plasticidad y en la tabla 6 la clasificación del suelo según el índice de grupo.

Tabla 5. Clasificación de suelos según índice de plasticidad e índice de grupo

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

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

Fuente: MTC (2013)

2.1.2.4. Clasificación del suelo

Campos y Guardia (2005) se indican que: la gran variedad de suelos que se pueden encontrarse en la corteza terrestre se

puede clasificar por dos sistemas: clasificación unificado SUCS y el sistema de clasificación AASHTO, que son los sistemas de clasificación más utilizados por la mayor parte de los ingenieros de todo el mundo.

2.1.2.4.1. Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

Este sistema fue propuesto por Casagrande en 1942 durante la segunda guerra mundial. El sistema SUCS en la actualidad es muy usado para clasificar los suelos dependiendo del tamaño de las partículas y su textura y estas son representados mediante una simbología con dos letras.

La clasificación mediante el SUCS diferencia los suelos granulares de los finos separándolos mediante el tamizado en la malla N° 200, los materiales que pasen esta malla se consideran como finos, mientras que aquellos que son retenidos son considerados partículas gruesas, pero un suelo será considerado fino o grueso si más del 50% de sus partículas son de uno u otro material.

Tabla 6. Simbología y caracterización de materiales

SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS GENERALES		
GW	Gravas (> 50% en N°4)	Limpias (Finos < 5%)	Bien graduadas
GP			Pobrementemente graduadas
GM		Con finos (Finos > 12%)	Componente limoso
GC			Componente arcilloso
SW	Arenas (< 50% en N°4)	Limpias (Finos < 5%)	Bien graduadas
SP			Pobrementemente graduadas
SM		Con finos (Finos > 12%)	Componente limoso
SC			Componente arcilloso
ML	Limos		Baja plasticidad (LL<50)
MH			Alta plasticidad (LL>50)
CL	Arcillas		Baja plasticidad (LL<50)
CH			Alta plasticidad (LL>50)
OL	Suelos Orgánicos		Baja plasticidad (LL<50)
OH			Alta plasticidad (LL>50)
Pt	Turba		Suelos altamente orgánicos

Fuente: Norma ASTM D2487

Con los parámetros de granulometría y los límites de Atterberg se puede clasificar un suelo mediante SUCS. Según la norma ASTM D-2787 clasifica a los suelos en cuatro categorías, las cuales cada una de estas utiliza una simbología que define la naturaleza del suelo, a continuación, se describe cada una de estas:

- Suelo de grano grueso

Son de naturaleza tipo grava y arena con menos del 50% pasando por el tamiz N° 200. Los símbolos de este grupo comienzan con un prefijo G para la grava o suelo gravoso y una S para la arena o suelo arenoso.

- Suelos de grano fino

Son aquellos que tienen 50% o más pasando por el tamiz N° 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M para limo inorgánico y C para arcilla inorgánica.

- Suelos orgánicos

Son limos y arcillas que contienen materia orgánica importante, a estos se los denomina con el prefijo O.

- Turbas

El símbolo Pt se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos. Para este sistema de clasificación son también usados sufijos que identifican algunas características particulares del suelo: W: Bien graduado o P: Mal graduado.

Entre las normas existentes que regulan este ensayo se encuentran la norma ASTM D2487

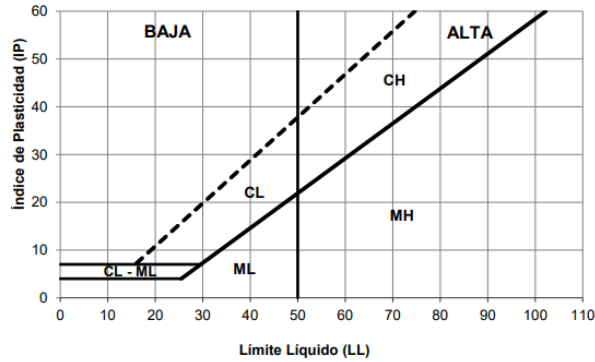


Figura 7. Clasificación de suelo según SUCS

Fuente: Norma ASTM -2487

2.1.2.4.2. Sistema de clasificación AASHTO

Según la ASTM D-3282 este sistema es uno de los primeros sistemas de clasificación de suelos, el cual fue desarrollado por Hogentogler y Terzaghi en 1928. Este sistema es utilizado actualmente para propósitos ingenieriles generalmente más orientado en el campo de las carreteras como la construcción de subrasantes, sub bases y bases.

- **Suelos granulares**
Son aquellos suelos que pasan la malla Nº 200, siendo menores o igual al 35% del total de la muestra y estos se pueden clasificar en los grupos A-1, A-2 o A-3.
- **Suelos limo-arcilla o material fino**
Son aquellos suelos que pasan la malla Nº 200, siendo menores o igual al 35% del total de la muestra y estos se pueden clasificar en los grupos A-4, A-5, A-6 o A-7.
- **Suelos orgánicos**
Son aquellos suelos conformados por materia orgánica principalmente, este tipo de suelos forma parte del grupo A-8.
- **Suelos arcillosos**

Limoso es el término aplicado a la porción fina del suelo que tiene un IP de 10 o menos. El término arcilloso es aplicado cuando la porción fina tiene un IP de 11 o más.

Tabla 7. Tabla de clasificación de suelo según AASHTO

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0,08mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm				
Grupo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
Símbolo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Análisis Granulométrico % que pasa por el tamiz												
N° 10	máx.50											
N° 40	máx.30	máx.50	máx.50									
N° 200	máx.15	máx.25	máx.10	máx.35	máx.35	máx.35	máx.35	min.35	min.35	min.35	min.35	min.35
Limites Atterberg	máx.6	máx.6		máx.40	min.40	máx.40	min.40	máx.40	máx.40	máx.40	min.40	min.40
Límite de liquidez índice de plasticidad				máx.10	máx.10	min.10	min.10	máx.10	máx.10	min.10	min.10	min.10
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx.4	máx.4	máx.8	máx.12	máx.16	máx.20	máx.20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcilloso		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno						De pasable a malo					

Fuente: MTC (2013)

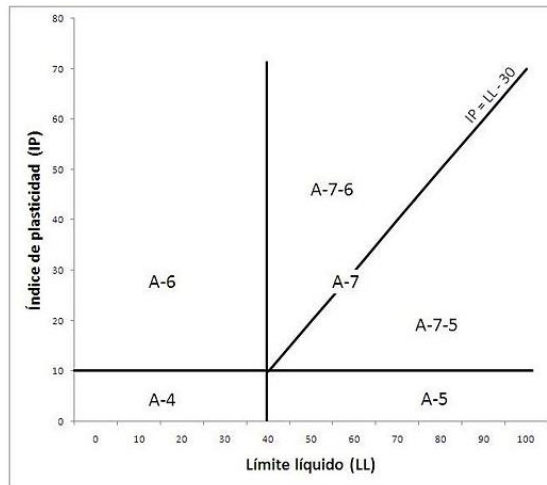


Figura 8. Carta de plasticidad según AASHTO

Fuente: Asociación Española de la Carretera (2011)

2.1.3. Compactación de suelos

La compactación de suelos es el proceso mecánico el cual se aplica a los suelos con el fin de mejorar de manera artificial el comportamiento esfuerzo deformación, juntamente con las características de resistencia y compresibilidad. Mediante el proceso se produce una reducción de los vacíos, teniendo como consecuencia que en el suelo ocurran cambios volumétricos importantes como la pérdida de aire (Rosetti et al., 2005).

Según la norma (Norma CE. 0.20, 2018), la estabilización por compactación debe ser empleada en todas las obras donde la materia prima es el suelo, teniendo en cuenta que debe apuntar a lo siguiente:

- Aumentar la resistencia al corte con el fin de obtener un suelo más estable.
- Reducir la compresibilidad para disminuir los asentamientos.
- Reducir la relación de vacíos con el propósito de reducir el potencial de expansión, exposición o contracción por congelamiento y la permeabilidad.

2.1.3.1. Factores que afectan a la compactación de suelos

2.1.3.1.1. Factores naturales

El tipo de suelo trabajado influye en el proceso de compactación, la naturaleza geológica de esta caracteriza sus propiedades mecánicas y físicas, las cuales influyen en su compactibilidad y compresibilidad, estas dependen de: la estructura, textura, humedad del suelo y contenido de materia orgánica (González y otros, 2009).

2.1.3.1.2. Contenido de humedad

El contenido de agua con que se compacta el suelo tiene una gran importancia, tanto en el laboratorio como en los procesos de compactación de campo. Cuando el contenido óptimo es

mayor al contenido de humedad de la muestra, el suelo es considerado difícil y rígido de comprimir por la presencia de altos vacíos en el suelo. Si el porcentaje óptimo es menor a la humedad, estos vacíos se mantienen, no obstante, la máxima densidad seca baja debido al aumento de la humedad (Rico et al.,1992).

2.1.3.1.3. Energía de compactación

Otra de las variables que afectan en la compactación del suelo es la energía de compactación es sobre el mismo; no obstante, no es fácil conocer el valor preciso que se está empleando en un momento dado, por eso es más fácil evaluar la energía en un laboratorio, dado que se puede compactar el suelo por cargas aplicadas por un pisón compactador (Rico et al.,1992).

El valor de la energía específica es expresado con la siguiente ecuación:

$$Ee = \frac{NnWh}{V}$$

Donde:

- Ee: Energía Específica
- N: Número de golpes del pisón compactador por capa
- n: Número de capas
- W: Peso del pisón compactador
- h: Altura de caída del pisón al aplicar los impactos al suelo
- V: Volumen del molde

2.1.3.2. Ensayo de proctor modificado (MTC E 115)

Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada, la norma proporciona 3 métodos alternativos

Método “A”

- Un molde de 101,6 mm de diámetro aproximadamente.
- Material que pasa por el tamiz N° 4.
- Número de capas: 5
- Golpes por capa: 25
- Uso: Cuando el 20% o menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (N° 4).
- Otros Usos: Si el método no es especificado; los materiales que cumplen estos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando el método B o C.

Método “B”

- Un molde de 101,6 mm de diámetro aproximadamente.
- Material que pasa por el tamiz de $\frac{3}{8}$ pulg.
- Número de capas: 5
- Golpes por capa: 25
- Usos: Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (N°4) y 20% o menos de peso del material es retenido en el tamiz 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg).
- Otros Usos: Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando el método C.

Método “C”

- Un molde de 152,4 mm de diámetro.
- Material que pasa por el tamiz de $\frac{3}{4}$ pulg.
- Número de capas: 5
- Golpes por Capa: 56
- Uso: Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg).

- El molde de 152,4 mm (6 pulg) de diámetro no será usado con los métodos A o B.

Para este ensayo se utiliza los siguiente equipos, herramientas e insumos:

- Molde de 4 plg o 6 plg
- Pisón o martillo
- Extractor de muestras
- Balanza de 0.1 gr
- Horno de secado T° uniforme de 110+- 5 C°
- Regla
- Tamices o mallas
- Herramientas de mezcla

Según el procedimiento:

- Realizar el secado previamente, para luego proceder al cuarteo y obtener una muestra representativa.
- A esta muestra se le incorpora agua para que el contenido de humedad sea 3%, se procede a mezclar de manera uniforme.
- Se determina la masa del molde cilíndrico.
- La muestra se coloca en el molde cilíndrico en cinco (5) capas, cada capa se llena en un 1/5 de su altura aproximadamente.
- Se ubica el pistón dentro del molde, se eleva hasta una altura considerable y se suelta con tal de que tenga una caída libre de 50 cm, se levanta y se deja caer nuevamente el pistón, se repite el procedimiento con 25 golpes cubriendo la superficie.

- Al finalizar la compactación se procede a realizar el enrasado de la muestra con una regla metálica al nivel superior del cilindro.
- Se limpia el cilindro por la parte exterior para proceder a pesar la muestra compactada juntamente con el cilindro y anotar los datos.
- Se pasa a retirar el material del molde, de la parte central se toma en promedio unos 200 gr para llevarlo a pesar en la balanza de 0.1 gr y luego colocarlo en el horno a una temperatura de 100 a 110° C por un tiempo de 24 horas. Después de este período se determina el peso seco de la muestra.
- Una vez retirado el material del cilindro, se pasa a desmenuzar y se añade agua agregando 2% mayor al anterior.
- Este ensayo repite hasta obtener los resultados con los cuales se trazará una curva con un pico el cual pertenecerá a la máxima densidad para un óptimo contenido de humedad.

2.1.4. Características mecánicas del suelo

2.1.4.1. Ensayo de CBR (MTC E 132)

Este ensayo es descrito como la relación entre la carga unitaria necesaria para lograr a una cierta profundidad de penetración dentro de una muestra de suelo compactada mediante su contenido de humedad y densidad. La carga unitaria patrón es comparado con el valor obtenido para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material de piedra triturada. En esta investigación

se sigue la norma ASTM D 1883. Para este ensayo se utiliza los siguiente equipos, herramientas e insumos:

- Equipo de CBR conformado por el molde de compactación (con collar y base) o disco espaciador
- Máquina de compresión equipada con pistón de penetración CBR capaz de penetrar a una velocidad de 1.27 mm/min
- Martillo de compactación
- Pesos para sobrecarga
- Aparato para medir la expansión con deformímetro con precisión de 0.01 mm
- Balanzas, con sensibilidad de 0.1 gr. 51
- Cápsulas de secado, fabricadas en un material resistente a la corrosión y al cambio de peso debido al calentamiento repetitivo del secado en horno.
- Horno, necesario para conservar las muestras luego del secado, evitan la absorción de la humedad del ambiente.
- Equipo para compactar
- Agua destilada.
- Cronómetro.
- Envases, cucharas y espátula

Para este ensayo se utiliza los siguiente equipos, herramientas e insumos:

- Seleccionar una muestra, menor que el tamiz #4, una cantidad suficiente de la cual se puedan hacer 6 probetas. Se debe colocar dichas muestras con el óptimo contenido de humedad del suelo calculado con anterioridad en el proctor modificado.

- Antes de proceder a la compactación separar una muestra representativa para determinar su contenido de humedad.
- Antes de iniciar se pesa los moldes sin tomar en cuenta el collar ni la base. Al colocar el disco espaciador en el molde, se debe cubrir con un papel filtro.
- Realizar 6 probetas de 5 capas cada una: 2 probetas de 12 golpes por capa, 2 probetas de 26 golpes por capa y 2 probetas de 56 golpes por capa; dejar saturando una muestra de 12, de 26 y de 56 golpes por capa.
- Se retira la base, el collar y el disco espaciador, luego se pasa a pesar molde juntamente con el suelo compactado para determinar el peso unitario.
- Colocar un de papel filtro sobre la base e invertir la muestra asegurando el molde a la base, de tal manera que el suelo este en contacto con el papel filtro.
- Pasamos a colocar la placa perforada y a aplicar suficientes pesas cuidando que no sea inferior a 4.5kg con el fin de obtener la sobrecarga deseada.
- Sumergir el molde juntamente con las pesas en un recipiente de agua asegurándonos que el agua tenga acceso a la parte superior.
- Retirar el molde del agua, ajustar el deformímetro de carátula marcando en el molde los puntos donde se apoyará el soporte de tal manera que pueda removerse y volver a colocarlo en el mismo sitio para realizar otra lectura.
- Ajustar en cero el deformímetro, registrando el tiempo de inicio del ensayo. Se tomará lecturas registrándolo a cada 0, 1, 2, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72 y 96 horas, después de 48

horas este ensayo de expansión puede terminarse si las lecturas son constantes durante 24 horas por lo menos.

2.1.5. Estabilización de suelos arcillosos

2.1.5.1. Definición de estabilización de suelos

Se define como el mejoramiento de las características físicas de un suelo con la incorporación de productos naturales, sintéticos o químicos mediante procedimientos mecánicos. La estabilización se basa en dotar de resistencia mecánica y otorgar permanencia de estas propiedades en el tiempo a los suelos. Las técnicas para estabilizar son variadas, como la adición de otro suelo o la incorporación de uno o más agentes estabilizantes (MTC, 2013).

2.1.5.2. Métodos de estabilización de suelos

Según el Manual de Carreteras, indica los siguientes métodos de estabilización de suelos:

2.1.5.2.1. Suelos estabilizados con cemento

Este método consiste en la construcción de una o más capas de suelos estabilizados con cemento Portland, el cemento debe ser estabilizado con material de afirmado o ser un suelo natural proveniente de: agregados locales, zonas de préstamo o mezclas de ellos. De emplear cualquier material, este deberá estar libre de materia orgánica u otro material que pueda perjudicar el fraguado del concreto.

2.1.5.2.2. Suelos estabilizados con cal

Este método consiste en la construcción de una o más capas de suelos estabilizados con cal, donde la cal puede ser cal hidratada o cal viva, también debe satisfacer los requisitos

establecidos en la especificación ASTM C-977 o AASHTO M-216.

En la investigación de Lizarbe (2019), se comparó los precios de distintos métodos de estabilización de suelos, siendo el más económico el óxido de calcio (cal), y se llegó a tener un valor de 28.94 soles como se muestra en la Tabla 8

Tabla 8. Costo unitario de la cal

ESTABILIZACION CON CAL POR 1 m2					
Rendimiento	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial
Descripción Recurso	hh	0.5	0.0017	21.89	0.04
CAPATAZ OPERARIO	hh	1	0.0033	18.24	0.06
PEON	hh	7	0.0233	13.74	0.32
AGUA	m3		0.0247	7	0.17
MATERIAL AFIRMADO	m3		0.2	48.75	9.75
ÓXIDO DE CALCIO	ton		0.0126	1185	14.93
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3	0.42	1.26
PISCINA METALICA	hm	1	0.0033	2.5	0.01
MOTOBOMBA	hm	2	0.0067	3	0.02
CAMION VOLQUETE	hm	1	0.0033	180	0.59
CAMION CISTERNA	hm	1	0.0033	180	0.59
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1	0.0033	200	0.66
RODILLO LISO	hm	1	0.0033	160	0.53
					28.94

Fuente: Lizarbe (2019)

2.1.5.2.3. Suelos estabilizados con productos químicos

Este método consiste en la construcción de una o más capas de suelos estabilizados con productos químicos, las cuales son estabilizadores originados de la fabricación industrial de productos químicos u orgánicos, estas pueden ser aplicables a capas de afirmado, mejoramiento de suelos u otros, siempre se debe tener en consideración el clima, la ubicación, y el tipo de material predominante en lugar a emplearse.

2.1.5.2.4. Suelos estabilizados con sales

Este método consiste en la construcción de una o más capas de suelos estabilizados con sales, entre estas hallan el cloruro de sodio, cloruro de calcio y cloruro de magnesio. Generalmente se recomienda usar este tipo de estabilizadores en carreteras donde existan altitudes hasta 500 m.s.n.m. y precipitaciones pluviales bajas de hasta 150 mm/año.

2.1.5.2.5. Suelos estabilizados con cloruro de sodio

En este método se hace uso de una o más capas compuestas de suelos mezclados con cloruro de sodio y agua. La sal es un estabilizante natural, su principal propiedad, es absorber la humedad del aire, con el fin de mejorar la cohesión del suelo.

2.1.5.2.6. Suelos estabilizados con cloruro de calcio

Este método consiste en la construcción de una o más capas compuestas de suelos mezclado con cloruro de calcio y agua. El cloruro de calcio utilizado proviene de la reacción del hidrógeno con el cloro, resultando un ácido clorhídrico con de mayor pureza, cuya propiedad fundamental es absorber la humedad del aire, y así reducir el punto de evaporación.

2.1.5.2.7. Suelos estabilizados con cloruro magnesio

Este método consiste en la construcción de una o más capas compuestas de suelos mezclado con cloruro de magnesio y agua. El cloruro de magnesio, al ser compuesto, cuyo poder coagulante implica a un menor esfuerzo mecánico para alcanzar la densificación esperada, esto sucede debido al intercambio iónico entre el magnesio y los minerales de los materiales, produciéndose una acción parecida al cemento.

2.1.5.2.8. Suelos estabilizados con emulsión asfáltica

Este método consiste en la construcción de una o más capas de suelos estabilizados con emulsión asfáltica catiónica, esta emulsión utilizada para la estabilización deriva de la composición de tres elementos fundamentales: asfalto, agua y un agente emulsificante. La emulsión asfáltica puede ser alterada con polímeros o con otros aditivos, las cuales pueden depender de la formulación del fabricante. El asfalto es el componente principal de la emulsión, porque constituye del 60 al 75% del total.

2.1.6. Suelos reforzados con fibras

2.1.6.1. Fibras sintéticas y naturales

2.1.6.1.1. Fibras sintéticas

Existen muchas las posibilidades al momento de seleccionar el tipo de fibra a incorporar en el suelo a reforzar, generalmente se pretende usar materiales sintéticos caracterizados por una alta durabilidad y alta resistencia mecánica.

Las fibras más usadas comúnmente son las de polipropileno, también se usan fibras de monofilamento de poliamida y alcohol de polivinilo. Existen también materiales usados de la reutilización de materiales reciclados como las fibras de polietileno tereftalato (PET), polietileno de alta densidad y fibras de gomas de neumático.

Respecto a los contenidos de fibras usadas en el suelo, algunas publicaciones utilizan pequeños porcentajes que varían entre el 0.25% y el 3% teniendo en cuenta el peso de suelo seco. Las longitudes de fibra más usadas

frecuentemente van desde los 10 mm a los 60 mm., este valor está relacionado directamente al tamaño de los granos del suelo, por otro lado, también se presenta la dificultad de lograr una muestra de suelo con fibras distribuidas homogéneamente (Vettorelo et al., 2014).

2.1.6.1.2. Fibras naturales

El refuerzo de suelos mediante el uso de fibras naturales establece una técnica de mejoramiento de suelos de muy bajo presupuesto y contribuye con el medio ambiente, el uso de estas parece ser favorable en los países subdesarrollados, ya que estas fibras son obtenidas a partir de los restos de plantas y frutas usadas en la industria alimenticia.

Actualmente se utiliza fibras naturales para reforzar el suelo como fibras de sisal, fibras de coco, fibras de palmera, fibras de celulosa procesada, entre otras. No obstante, estas fibras se caracterizan por presentar una baja resistencia química y a la corrosión, y sumado a la biodegradación, se limita su uso a estructuras provisionarias y de bajo riesgo ante una eventual falla por degradación, pero frente a esta limitación, algunos investigadores sugieren usar fibras las naturales recubiertas con materiales sintéticos (Vettorelo et al., 2014).

Según (Ahmad et al.,2010), se usaron fibras naturales de la cáscara de frutas de palma recubiertas con termoplástico ABS. Se determinó que las fibras naturales al ser recubiertas por estas otras incrementaron la resistencia al corte del suelo de manera más significativa en comparación a las fibras sin recubrir. La cantidad y la longitud de fibras naturales a usar para el mejoramiento de suelos son similares a los usados en las fibras sintéticas.

2.1.6.2. Fibra de polipropileno

Las fibras de polipropileno se usan mayormente como refuerzo en el concreto para evitar posibles grietas que se da en el proceso del fraguado y para mejorar otras características como la de la resistencia al fuego. Sin embargo, se han desarrollado investigaciones que involucran a este material con el mejoramiento de las propiedades geotécnicas de los suelos como la resistencia a la compresión no confinada, la reducción de la contracción volumétrica, así como la expansión de las arcillas expansivas.

El uso de las fibras de polipropileno también podría tener un efecto negativo para el medio ambiente ya que este al ser considerado como plástico son materiales no biodegradables y su descomposición podía tardar varios años dejando sustancias toxicas, por este motivo es recomendable tratarlas con un antioxidante de tal forma que sea amigable con el medio ambiente.



Figura 9. Fotografía de una muestra de fibra de polipropileno

Fuente: Tang (2007)

Según (Akbulut, 2007), se realizó un estudio sobre el reforzamiento de suelos arcillosos mediante la adición de fibras sintéticas variadas donde incluía la fibra de polipropileno, para estas se consideraron un diámetro de 1 mm con longitudes de 5, 10 y 15 mm. Según los resultados, la incorporación de fibras de polipropileno demuestra que en las tres longitudes aumentan la resistencia al corte con un 2% de adición de fibras como máximo, dado que al incrementar fibras su resistencia disminuye. Se concluye que con fibras de longitud de 10 mm se alcanzan valores máximos de cohesión.

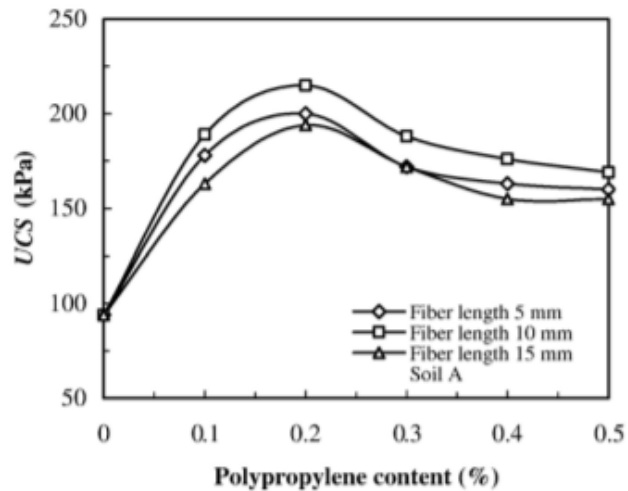


Figura 10. Efecto de las fibras de polipropileno en ensayos de compresión no confinadas

Fuente: Akbulut (2007)

Se tiene las siguientes características de la fibra de polipropileno según la ficha técnica de la fibra ultrafina Chema.

Tabla 9. Características de la fibra de polipropileno

Material	Polipropileno 100% Virgen
Diseño	Filamento monolaminar
Gravedad específica	0.91 gr/cm ³
Punto de fusión	160°C (320°F)
Punto de ignición	590°C (1094°F)
Absorción de agua	No
Resistencia ácidos y álcalis	Excelente
Resistencia a la tensión	70 ksi (480 MPa)
Longitud	0.5" (13 mm) & 0.75" (19mm)
Módulo de elasticidad	1230 ksi (4.48 GPa)

Fuente: Ficha técnica de fibra ultrafina Chema

2.2. Definición de términos básicos

Arcilla: Se trata de pequeñas partículas de 0,005 mm o menos, la masa de estas tiene como característica volverse plástica al ser combinado con agua. Químicamente es un silicato de alúmina hidratado, también en raras ocasiones contiene magnesio hidratado o silicatos de hierro (Villalaz, 2004).

Base: Se conoce como la capa inferior a la capa de rodadura, la cual tiene como función sostener y transmitir las cargas ocasionadas por los vehículos (MTC, 2013).

Capa de rodadura: Definida como la parte superior del pavimento, la cual puede ser de tipo flexible o de tipo rígido, teniendo como función principal soportar el tránsito directamente (MTC, 2013).

Capacidad de cargas: La capacidad de carga es la presión última o de falla por corte del suelo y se determina utilizando las fórmulas aceptadas por la mecánica de suelos (Norma CE. 0.20, 2018).

Cohesión: Esta es la fuerza de atracción entre las partículas causada por la fuerza molecular, por lo que a medida que cambia el contenido de agua del

suelo, cambia la fuerza adhesiva del suelo. La adherencia se mide en kilogramos / centímetro cuadrado. La arcilla tiene una alta fuerza de cohesión de 0,25 kilogramos por cm (Ruano, 2012).

Estabilización mecánica: Es un proceso que tiene como objetivo mejorar el suelo existente sin cambiar su estructura o composición básica y sin requerir reemplazo por compactación. Esto reduce los vacíos en el suelo (MTC, 2014).

Humedad: Porcentaje de agua en suelo o material (MTC, 2016).

Muestreo: Técnica para la selección de una muestra a partir de una población (MTC, 2013).

Punto de exploración: Lugar en el que se ejecuta cualquiera de las técnicas de exploración (Norma Técnica E.050, 2018).

Rasante: Nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía.

Subbase: Es una capa de material especificado y con un espesor calculado para el diseño, la subbase es la que soporta a la base y a la carpeta, además puede ser utilizado como capa de drenaje (MTC, 2013).

Suelo: Es una capa delgada en la corteza terrestre que resulta de la descomposición o transformación física o química de rocas y escombros de actividad biológica (Crespo, 1980).

Suelo cohesivo: Son suelos con partículas muy pequeñas donde predominan los efectos electroquímicos superficiales. Las partículas tienden a juntarse en suelos plásticos como las arcillas (Juárez et al, 2005).

Suelos estabilizados: Son suelos pobres o inadecuados de baja estabilidad a lo cual es necesario adicionarles un estabilizador como cal, cemento o un aditivo químico o iónico (Manual de carreteras, 2014).

Suelos expansivos: Suelos que al ser humedecidos sufren una expansión que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos (Norma Técnica E.050, 2018).

Subrasante: Es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras, sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.

Vacíos: Espacios en una mezcla compactada rodeados de partículas cubiertas de asfalto (MTC, 2016).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcances de la investigación

3.1.1. Método de Investigación

Para la siguiente investigación se recurrió al método científico, que según (Sánchez, et al., 2017), describe que es el camino a seguir mediante una serie de operaciones y reglas prefijada que nos permite lograr un resultado o una meta, en otras palabras, es el camino para llegar a un fin. El método específico de la investigación fue el método inductivo, que según (Sánchez, et al., 2017), indica que la inducción, como forma de razonamiento, se aplica cuando se pasa de una proposición singular o particular, para llegar a principios y proposiciones generales, pues la investigación partió de lo específico a lo general, basándose en la recopilación de datos y conclusiones tomadas.

3.1.2. Tipo de Investigación

La siguiente investigación fue de tipo aplicada, que según (Carrasco, 2007), indica que este tipo de investigación se distingue por tener propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad, y en esta investigación se busca resolver un problema de estabilidad al analizar el comportamiento mecánico del suelo al incorporar fibras de polipropileno en su composición con el fin de mejorar los suelos arcillosos en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced.

3.1.3. Nivel de investigación

La investigación tuvo un nivel descriptivo, que, según (Hernández, et al., 2014), la investigación descriptiva busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos,

comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis, basada en esta definición, la investigación pretende analizar si la incorporación de fibras de polipropileno en suelos arcillosos mejora las propiedades mecánicas del suelo con el fin de poder realizar proyectos constructivos en el futuro en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced.

3.2. Diseño de Investigación

El diseño propuesto para la investigación es experimental, que, según (Hernández, et al., 2014), indica que los diseños cuasiexperimentales manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes. Teniendo en cuenta esta descripción, la investigación plantea analizar si la adición de fibras de polipropileno en suelos arcillosos presenta una mejora significativa en las propiedades mecánicas del suelo en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población que se toma en cuenta es el suelo arcilloso en las vías locales del distrito de San Luis de Shuaro, provincia de Chanchamayo, región de Junín. Mediante el trabajo de reconocimiento de zona se observó que en el suelo de este lugar se tenía la presencia de arcilla, por tal motivo se eligió esta como zona de estudio.

3.3.2. Muestra

Aleatoriamente para la investigación se elige dos puntos de exploración del suelo ubicado en la vía del Jirón Emancipación del distrito de San Luis de Shuaro-Chanchamayo-Junín.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnica

La técnica de recolección de datos es mediante la observación directa. Los datos de campo fueron procesados en laboratorios en la ciudad de Huancayo, se adjunta los certificados de calibración de los laboratorios. Esta observación directa incluye el registro de las calicatas para la obtención de las muestras que fueron enviadas al laboratorio.

3.4.2. Instrumento de recolección de datos

El formato de registro de exploración fue proporcionado por el laboratorio de mecánicas de suelos, donde se detalla las características visuales del suelo arcilloso.

3.5. Procedimiento

En la figura 11 se detalla el procedimiento seguido para ambas muestras.

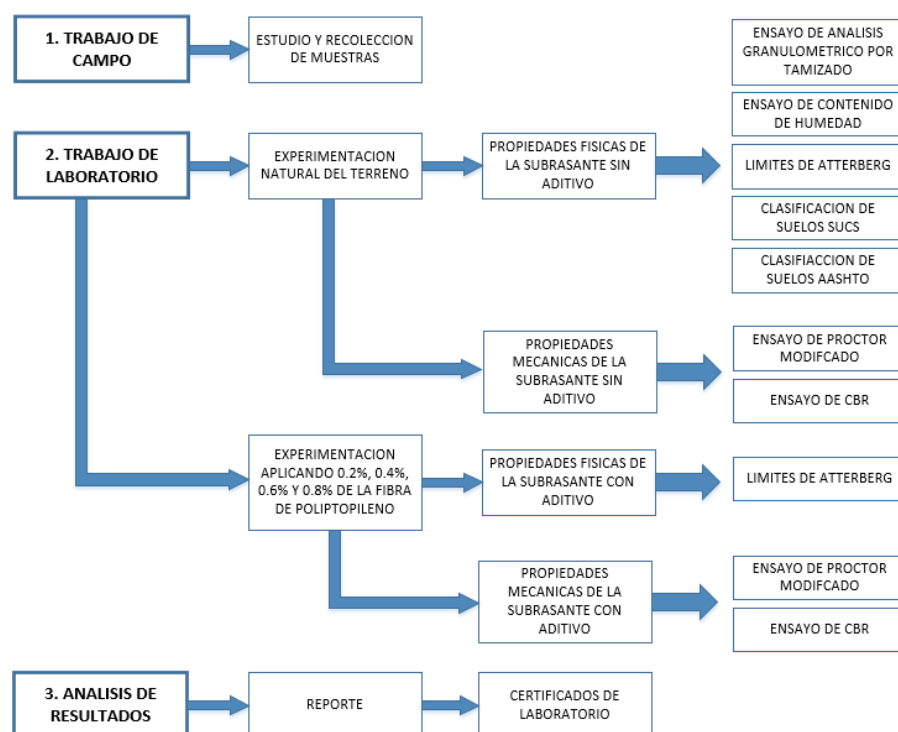


Figura 11. Procedimiento de la Investigación

Fuente: Elaboración propia

Cada una de las 2 muestras se dividió en 5 grupos, a los cuales se le dio una simbología para simplificar el nombre de cada grupo, tal y como se muestra en la tabla 10 y en la tabla 11, a continuación, se detalla los ensayos realizados.

Tabla 10. Simbología de los grupos de puntos

Grupo	Simbología
Suelo Arcilloso Natural	SAN
Suelo con 0.2% de Polipropileno	S99.8% - PP0.2%
Suelo con 0.4% de Polipropileno	S99.6% - PP0.4%
Suelo con 0.6% de Polipropileno	S99.4% - PP0.6%
Suelo con 0.8% de Polipropileno	S99.2% - PP0.8%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Ensayos realizados

Ensayo	Descripción	Normas		Parámetros
		MTC	ASTM	
Análisis Granulométrico	Determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo	E 107	D 422	Arcilla: < 0,005 mm Limo: 0,005 mm – 0,075 mm Arena: 0,075 mm – 4.75 mm Grava: 4.75 mm – 75 mm
Contenido de Humedad	Mide el contenido de humedad del suelo	E 108	D 2216	Suelo Saturado Suelo Parcialmente Saturado
Límites de Atterberg	Mide el contenido de humedad del suelo entre los estados líquido y plástico	E 110 E 111	D 4318	Suelos muy arcillosos: (IP > 20) Suelos arcillosos: (7 < IP < 20) Suelos poco arcillosos: (IP < 7) Suelos exentos de arcilla: (IP = 0)
Proctor Modificado	Determina la relación entre el contenido de agua y Peso Unitario Seco del suelo	E 115	D 1557	Curva de Proctor
CBR	Determina el índice de resistencia del suelo	E 132	D 1883	Sub rasante inadecuada: CBR < 3% Sub rasante insuficiente: 3% < CBR < 6 % Sub rasante regular: 6% < CBR < 10% Sub rasante buena: 10% < CBR < 20% Sub rasante muy buena: 20% < CBR < 30% Sub rasante excelente: CBR > 30%

Para el desarrollo del análisis Granulométrico del suelo arcilloso no se alteró con la inclusión de las fibras debido a que el laboratorio en cuál se trabajó no nos permitió porque detallaba que las fibras se iban a quedar impregnadas e iban a dañar las mallas más pequeñas.

En la tabla 12 se muestra el porcentaje usado para cada grupo y la cantidad de suelo y fibra empleado en cada ensayo.

Tabla 12. Dosificación de la fibra de polipropileno

Grupo	G1		G2		G3		G4		G5	
	SAN		S 99.8% - PP 0.2%		S 99.6% - PP 0.4%		S 99.4% - PP 0.6%		S 99.2% - PP 0.8%	
Tipo	Suelo	Fibra	Suelo	Fibra	Suelo	Fibra	Suelo	Fibra	Suelo	Fibra
Ensayo de límites de consistencia	150 gr	0 gr	149.7 gr	0.3 gr	149.4 gr	0.6 gr	149.1 gr	0.9 gr	148.8 gr	1.2 gr
Ensayo de proctor modificado	5500 gr	0 gr	5489 gr	11 gr	5478 gr	22 gr	5467 gr	33 gr	5456 gr	44 gr
CBR	5500 gr	0 gr	5489 gr	11 gr	5478 gr	22 gr	5467 gr	33 gr	5456 gr	44 gr

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de la zona de estudio

4.1.1. Estudio de la zona

La zona de estudio está ubicada en la vía del Jirón Emancipación en el distrito San Luis de Shuaro, provincia de Chanchamayo, región de Junín. Esta zona se encuentra ubicada a 30 minutos de la Merced, como se muestra en la figura 12, la vía se encuentra sin asfaltar en 2 cuadras y se pudo observar un tránsito medio. Se escogió esta zona ya que a través del trabajo de campo de reconocimiento de la zona se pudo visualizar la presencia de un suelo arcilloso.



Figura 12. Zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Recolección de muestras del área seleccionada

Para la recolección de datos se realizó la extracción de 2 muestras ubicadas en el jirón Emancipación del distrito San Luis de Shuaro, La Merced. La muestra 1 está ubicada en las coordenadas este 468444.12 y norte 8796294.09 con una profundidad de 1.50m, el cual se encontró hasta los 0.30m presencia de material orgánico, a partir de los 0.300 m se encontró un material de suelo arcilloso de color rojizo más limpio y representativo. La extracción de la muestra 2 está ubicado en las coordenadas este 468496.89 y norte 8796273.52 con una profundidad de 1.50m, se encontró hasta los 0.40m presencia de material orgánico, a partir de los 0.40 m se halló un material de suelo arcilloso de color rojizo más limpio y representativo. En la figura 13 y 14 se observa la excavación realizada en cada calicata para luego recolectar el material, se consiguió alrededor de 400 kg de arcilla para cada muestra.



Figura 13. Recolección de la muestra 1

Fuente: Elaboración propia



Figura 14. Recolección de la muestra 2

Fuente: Elaboración propia

Esta zona de estudio se caracteriza por ser una zona arcillosa y la vía antes mencionada se encuentra en estudio para su posible pavimentación

4.1.3. Obtención de la fibra de polipropileno

La fibra de polipropileno se adquirió mediante la compra en un distribuidor de la empresa CHEMA, ubicado en el distrito de El Tambo. El producto “Chema Fibra Ultrafina” son microfibras sintéticas de polipropileno usadas principalmente como refuerzo del concreto, también es recomendado usar en construcción de losa sobre suelo, pavimento de hormigón, prefabricados arquitectónicos, elementos a base de cemento, blanqueado y superposiciones, hormigón proyectado, decorativo, estuco, tarrajeos, etc.



Figura 15. Muestras de Fibras de Polipropileno

Fuente: Elaboración propia

Según la ficha técnica del producto, en la tabla 13 se detalla las características que presenta:

Tabla 13. Características de la fibra de polipropileno empleada

Material	Polipropileno 100% Virgen
Diseño	Filamento monolaminar
Gravedad específica	0.91 gr/cm ³
Punto de fusión	160°C (320°F)
Punto de Ignición	590°C (1094°F)
Absorción de agua	No
Resistencia ácidos y álcalis	Excelente
Resistencia a la tensión	70 ksi (480 MPa)
Longitud	0.5" (13 mm) & 0.75" (19mm)
Módulo de elasticidad	1230 ksi (4.48 GPa)

Fuente: Ficha Técnica de fibra ultrafina Chema

4.2. Resultados

4.2.1. Propiedades del suelo arcilloso natural (SAN)

4.2.1.1. Análisis granulométrico por tamizado MTC E10

Calicata 1

Para determinar las partículas retenidas en cada malla se realizó el análisis granulométrico de forma manual. En la Tabla 14 se muestra los resultados obtenidos en el ensayo realizado.

Tabla 14. Análisis Granulométrico por tamizado del SAN de la Calicata 1

Malla	Abertura (mm)	Porcentaje que pasa (%)
3"	76.200	
2 1/2"	60.350	
2"	50.800	
1 1/2"	38.100	
1"	25.400	
3/4"	19.000	
1/2"	12.500	
3/8"	9.500	
1/4"	6.350	100
Nº 4	4.750	98.9
Nº 8	2.360	95.3
Nº 10	2.000	93.9
Nº 16	1.190	86.3
Nº 20	0.840	80.7
Nº 30	0.600	76.6
Nº 40	0.425	71.6
Nº 50	0.300	67.3
Nº 80	0.177	61.5
Nº 100	0.150	59.8
Nº 200	0.075	52

Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos en la Tabla 14 son usados para graficar la curva granulométrica tal y como se muestra en la Figura 16, siendo este la representación gráfica de los resultados

sacados del laboratorio durante en análisis la composición del suelo, tomando en consideración el tamaño de las partículas.

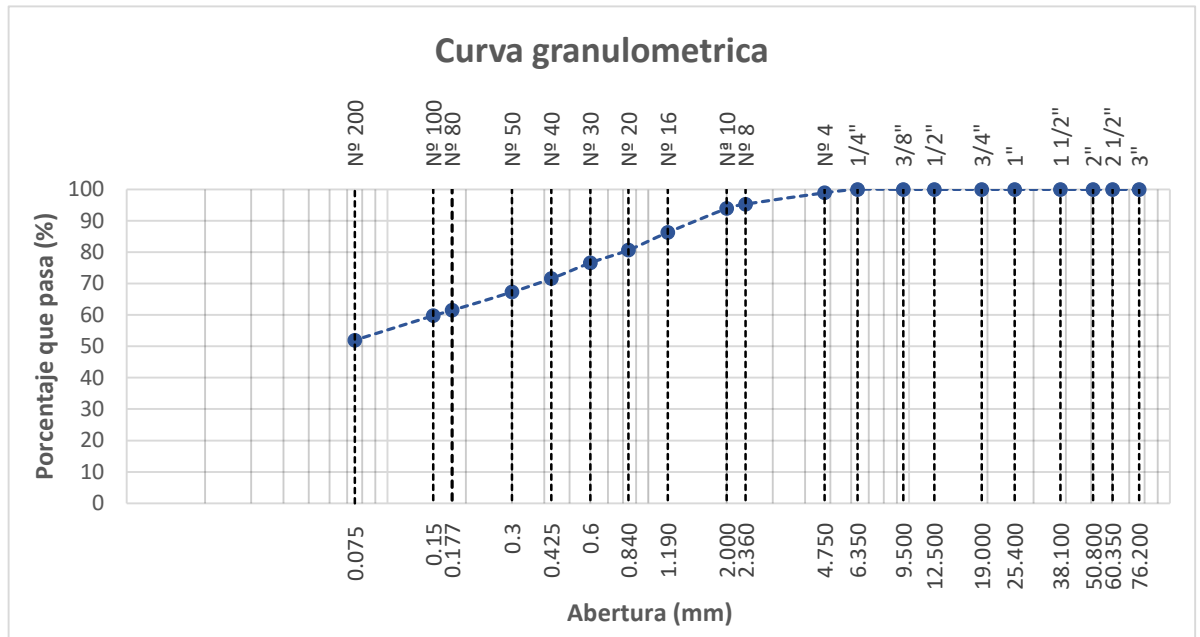


Figura 16. Curva granulométrica del SAN de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 16 se tiene la curva granulométrica correspondiente a la arcilla conforme a la norma de ensayo MTC E107. Según el ensayo realizado se pudo identificar que el porcentaje de grava ($3'' > N^{\circ}4$) es de 1.1% para la arena ($N^{\circ}200 < N^{\circ}4$) es de 46.9% y para los finos (pasante $N^{\circ}200$) fue de 52.0%.

Calicata 2

El análisis granulométrico se realizó de forma manual, para determinar las partículas retenidas por cada malla. En la Tabla 15 se muestra los resultados obtenidos en el ensayo realizado.

Tabla 15. Análisis granulométrico por tamizado del SAN de la calicata 2

Malla	Abertura (mm)	Porcentaje que pasa (%)
3"	76.200	
2 1/2"	60.350	
2"	50.800	
1 1/2"	38.100	
1"	25.400	
3/4"	19.000	
1/2"	12.500	
3/8"	9.500	
1/4"	6.350	100
Nº 4	4.750	92.1
Nº 8	2.360	89.1
Nº 10	2.000	86.0
Nº 16	1.190	80.8
Nº 20	0.840	75.9
Nº 30	0.600	70.8
Nº 40	0.425	64.9
Nº 50	0.300	59.6
Nº 80	0.177	56.4
Nº 100	0.150	54.3
Nº 200	0.075	50.9

Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos en la Tabla 15 son usados para graficar la curva granulométrica tal y como se muestra en la Figura 17, siendo este la representación gráfica de los resultados sacados del laboratorio durante en análisis la composición del suelo, tomando en consideración el tamaño de las partículas.

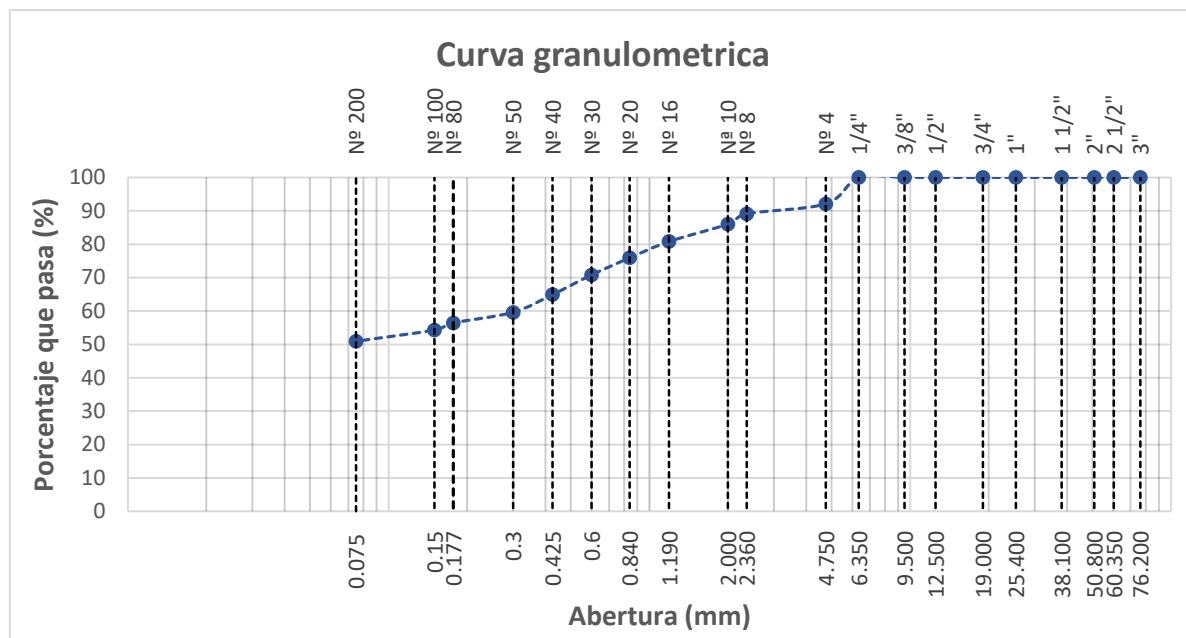


Figura 17. Curva granulométrica del SAN de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 17 se tiene la curva granulométrica correspondiente a la arcilla conforme a la norma de ensayo MTC E107. Según el ensayo realizado se pudo identificar que el porcentaje de grava (3" > N°4) es de 7.9% para la arena (N°200 < N°4) es de 41.2% y para los finos (pasante N°200) fue de 50.9%.

4.2.1.2. Límites de consistencia (MTC E107)

Calicata 1

Los ensayos de consistencia: Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se realizaron tomando en cuenta la Norma ASTM D4318, siendo esta necesaria para la clasificación de la muestra de suelo.

Tabla 16. Resultados del límite líquido del SAN de la calicata 1

Límite líquido			
Nº Tarro	34	12	10
Peso tarro + Suelo húmedo	48.15	43.31	49.07
Peso tarro + Suelo seco	44.01	38.5	41.9
Peso agua	4.14	4.86	7.17
Peso tarro	32.46	27.23	28.39
Peso suelo seco	11.55	11.22	13.51
Contenido de humedad	35.84	43.32	53.07
Nº de Golpes	33	24	16

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 16 se observa los datos recolectados del ensayo de límite líquido, se realizaron 3 muestras en total, teniendo como resultado 42.4% como el LL.

Tabla 17. Resultados del límite plástico del SAN de la calicata 1

Límite plástico		
Nº Tarro	30	40
Peso Tarro + Suelo Húmedo	22.72	30.38
Peso Tarro + Suelo Seco	22.41	29.99
Peso Agua	0.31	0.39
Peso Tarro	20.91	28.12
Peso Suelo Seco	1.5	1.9
Contenido de Humedad	20.7	20.9

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 17 se observa los resultados recolectados del ensayo de límite plástico, se realizaron 2 muestras en total, teniendo como resultado 20.8% como el LP.

Tabla 18. Resultados del índice plástico del SAN de la calicata 1

Constantes físicas de la muestra	
Límite líquido	42.4
Límite plástico	20.8
Índice de plasticidad	21.6

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 18 se observa el resultado del índice plástico, al realizar la resta entre el LL y el LP, teniendo como diferencia el 21.6%.

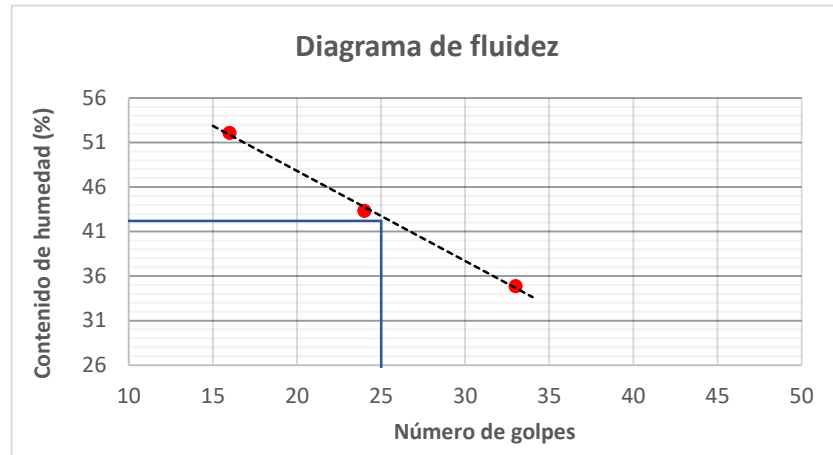


Figura 18. Diagrama de fluidez del SAN de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 18 se observa el diagrama de fluidez donde se detalla los números de golpes en relación con el contenido de humedad.

Calicata 2

Los ensayos de consistencia: Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se realizaron tomando en cuenta la Norma ASTM D4318, siendo esta necesaria para la clasificación de la muestra de suelo.

Tabla 19. Resultados del límite líquido del SAN de la calicata 2

Límite líquido			
Nº Tarro	32	49	57
Peso tarro + Suelo húmedo	48.79	43.29	48.13
Peso tarro + Suelo seco	41.88	38.43	43.99
Peso agua	6.91	4.86	4.14
Peso tarro	28.35	27.18	32.41
Peso suelo seco	13.53	11.25	11.58
Contenido de humedad	51.07	43.2	35.75
Nº de Golpes	17	23	32

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 19 se observa los datos recolectados del ensayo de límite líquido, se realizaron 3 muestras en total, teniendo como resultado 41.6% como el LL.

Tabla 20. Resultados del límite plástico del SAN de la calicata 2

Límite plástico (MTC E111)		
Nº Tarro	35	22
Peso tarro + Suelo húmedo	24.71	28.37
Peso tarro + Suelo seco	24.4	27.98
Peso agua	0.31	0.39
Peso tarro	22.91	26.12
Peso suelo seco	1.5	1.9
Contenido de humedad	20.8	21

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 20 se observa los resultados recolectados del ensayo de límite plástico, se realizaron 2 muestras en total, teniendo como resultado 20.9% como el LP.

Tabla 21. Resultados del índice plástico del SAN de la calicata 2

Constantes físicas de la muestra	
Límite líquido	41.6
Límite plástico	20.9
Índice de plasticidad	20.7

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 21 se observa el resultado del índice plástico, al realizar la resta entre el LL y el LP, teniendo como diferencia el 20.7%.

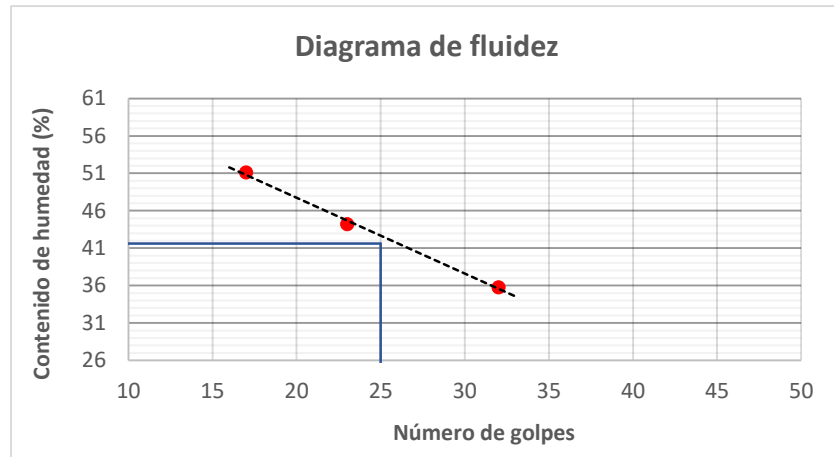


Figura 19. Diagrama de fluidez del SAN de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 19 se observa el diagrama de fluidez donde se detalla los números de golpes en relación con el contenido de humedad.

4.2.1.3. Clasificación SUCS

Calicata 1

Con los resultados obtenidos en la Tabla 18, se realiza la clasificación SUCS usando la Figura 20, teniendo en cuenta las siguientes características:

- Límite líquido menor a 50%: **(42.4%)**
- Índice de plasticidad mayor a 7%: **(21.6%)**

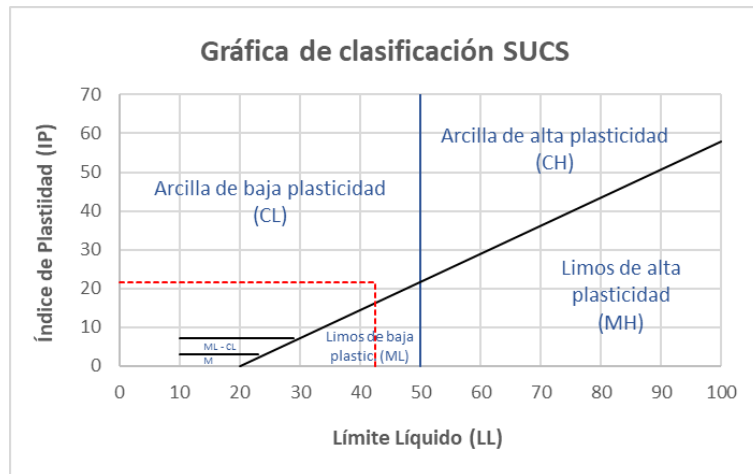


Figura 20. Grafica de clasificación SUCS del SAN de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos se clasifico el suelo como una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL).

Calicata 2

Con los resultados obtenidos en la Tabla 21, se realiza la clasificación SUCS usando la Figura 20, teniendo en cuenta las siguientes características:

- Límite líquido menor a 50%: **(41.6%)**
- Índice de plasticidad mayor a 7%: **(20.7%)**

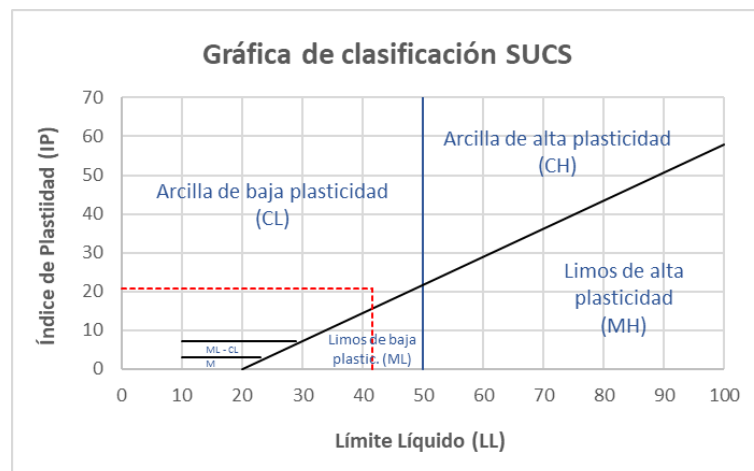


Figura 21. Grafica de clasificación SUCS del SAN de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos se clasificó el suelo como una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL).

4.2.1.4. Clasificación AASHTO

Calicata 1

Se realizó la clasificación AASHTO, teniendo en cuenta la Tabla 18 y la Figura 22, siendo el suelo de clasificación A-7-6 con IG=8.

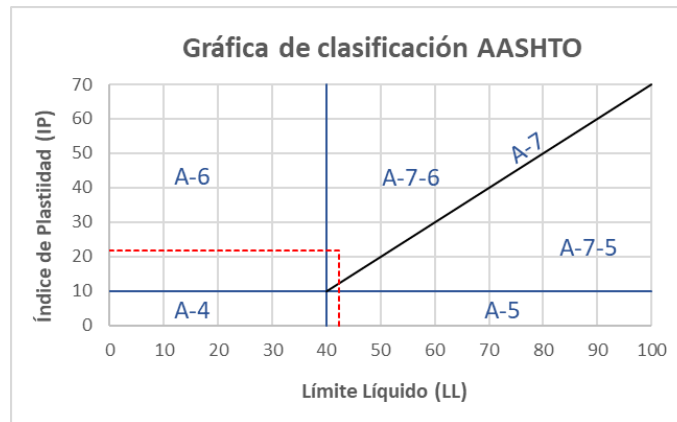


Figura 22. Grafica de clasificación AASHTO del SAN de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

Calicata 2

Se realizó la clasificación AASHTO, teniendo en cuenta la Tabla 21 y la Figura 23, siendo el suelo de clasificación A-7-6 con IG=7.

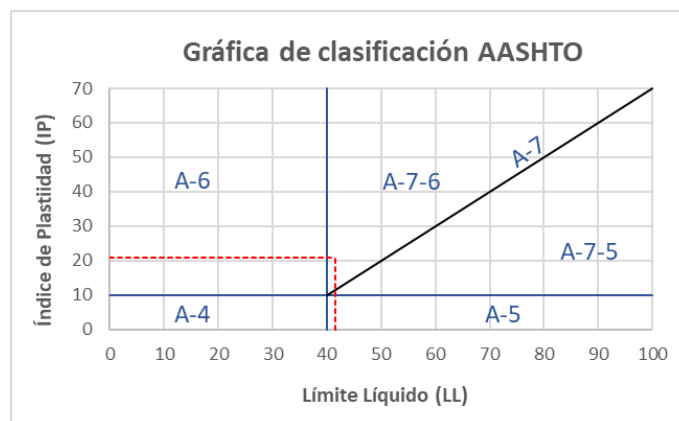


Figura 23. Gráfica de clasificación AASHTO del SAN de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.5. Proctor modificado

Calicata 1

En la Tabla 22 se observa los porcentajes de humedad que se utilizó: 12.16% 14.03%, 16.15% y 18.18%. Con estos valores se pudo obtener las siguientes densidades: 1.77 gr/cm³, 1.87 gr/cm³, 1.87 gr/cm³ y 1.74 gr/cm³ respectivamente.

Tabla 22. Valores para la curva de compactación del SAN de la calicata 1

Numero de Ensayo		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	10002	9859	10100.8428	9702.5511
Peso molde	gr	5581	5581	5581	5581
Peso suelo húmedo compactado	gr	4421	4278	4519.8428	4121.5511
Volumen del molde	cm ³	2077.31	2077.31	2077.31	2077.31
Peso volumétrico húmedo	gr	2.13	2.06	2.18	1.98
Recipiente N°		54	38	4	44
Peso del suelo húmedo+tara	gr	45.14	69.63	54.69	60.95
Peso del suelo seco + tara	gr	41.8	63.27	50.7	57.55
Tara	gr	18	28.29	26	29.58
Peso de agua	gr	3.34	6.36	3.99	3.4
Peso del suelo seco	gr	23.8	34.98	24.7	27.97
Contenido de agua	%	14.03	18.18	16.15	12.16
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.87	1.74	1.87	1.77

Fuente: Elaboración propia

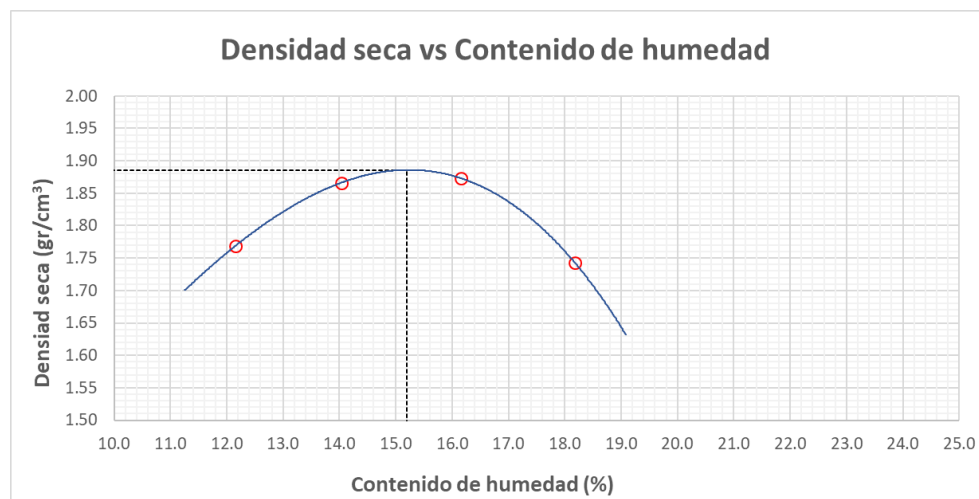


Figura 24. Curva de compactación del SAN de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

De la curva de compactación mostrada en la Figura 24 se obtiene una máxima densidad seca de 1.886 gr/cm³ y un máximo contenido de humedad de 15.20%.

Calicata 2

En la Tabla 23 se observa los porcentajes de humedad que se utilizó: 12.10% 13.60%, 16.67% y 17.71%. Con estos valores se pudo obtener las siguientes densidades: 1.80 gr/cm³, 1.82 gr/cm³, 1.86 gr/cm³ y 1.88 gr/cm³ respectivamente.

Tabla 23. Valores para la curva de compactación del SAN de la calicata 2

Numero de Ensayo		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	10299	10425	10355	10100
Peso molde	gr	5910	5910	5910	5910
Peso suelo húmedo compactado	gr	4389	4515	4445	4190
Volumen del molde	cm ³	2077.31	2077.31	2077.31	2077.31
Peso volumétrico húmedo	gr	2.11	2.17	2.14	2.02
Recipiente N°		42	39	13	51
Peso del suelo húmedo+tara	gr	61.38	48.08	47.02	83.08
Peso del suelo seco + tara	gr	57.41	45.52	44.08	77.2
Tara	gr	28.22	29.18	27.48	28.6
Peso de agua	gr	3.97	2.56	2.94	5.88
Peso del suelo seco	gr	29.19	16.34	16.6	48.6
Contenido de agua	%	13.60	15.67	17.71	12.10

Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.86	1.88	1.82	1.80
-----------------------	--------------------	------	------	------	------

Fuente: Elaboración propia

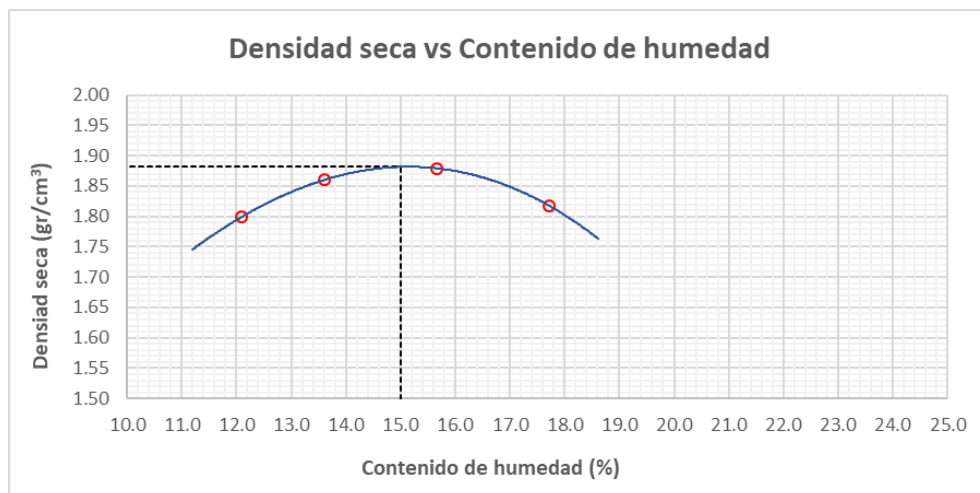


Figura 25. Curva de compactación del SAN de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

De la curva de compactación mostrada en la Figura 25 se obtiene una máxima densidad seca de 1.882 gr/cm³ y un máximo contenido de humedad de 15.10%.

4.2.1.6. CBR

Calicata 1

En la Figura 26 se observa los tres especímenes a diferentes energías considerando el contenido óptimo de humedad obtenido en el ensayo de proctor modificado.

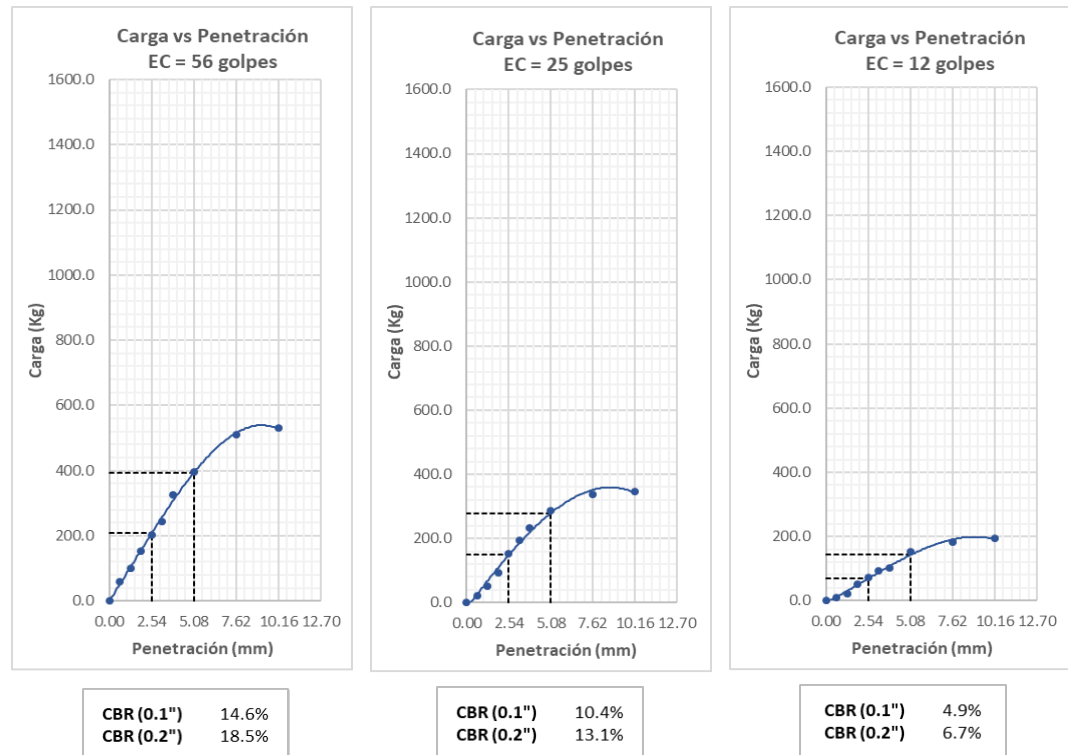


Figura 26. Curvas de carga vs penetración del SAN de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 27 se puede describir como el CBR al 95% de la máxima densidad seca es de 5.0 % con 0.1" de penetración, de igual manera el CBR al 100% de la máxima densidad seca es de 8.8 % con 0.1" de penetración.

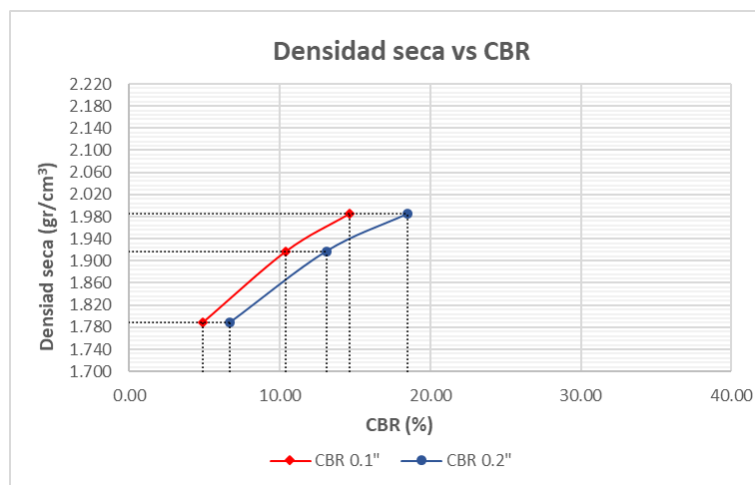


Figura 27. Curva de densidad seca vs CBR del SAN de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

Calicata 2

En la Figura 28 se observa los tres especímenes a diferentes energías considerando el contenido óptimo de humedad obtenido en el ensayo de proctor modificado.

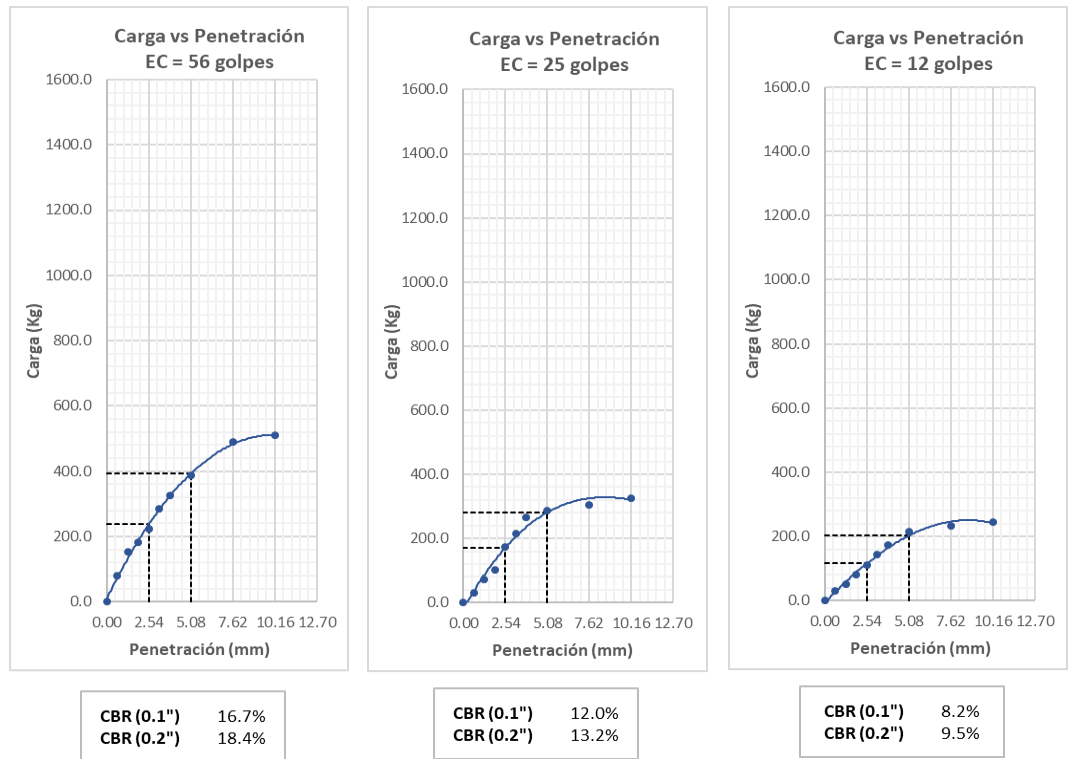


Figura 28. Curvas de carga vs penetración del SAN de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 29 se puede describir como el CBR al 95% de la máxima densidad seca es de 5.3 % con 0.1" de penetración, de igual manera el CBR al 100% de la máxima densidad seca es de 9.0 % con 0.1" de penetración.

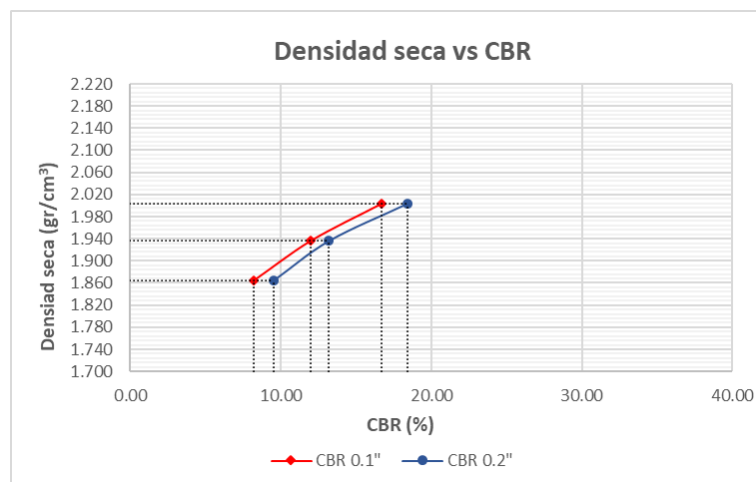


Figura 29. Curva de densidad seca vs CBR del SAN de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Propiedades del suelo arcilloso + 0.2% de polipropileno

4.2.2.1. Límites de consistencia (MTC E107)

Calicata 1

Los ensayos de consistencia: Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se realizaron tomando en cuenta la Norma ASTM D4318, siendo esta necesaria para la clasificación de la muestra de suelo.

Tabla 24. Resultados del límite líquido del S99.8% - PP0.2% de la calicata 1

Límite líquido (MTC E110)			
Nº Tarro	33	35	36
Peso tarro + Suelo húmedo	45.08	51.17	43.71
Peso tarro + Suelo seco	40.99	44.86	38.05
Peso agua	4.09	6.31	5.66
Peso tarro	27.32	28.15	26.52
Peso suelo seco	13.67	16.71	11.53
Contenido de humedad	29.92	37.76	49.1
Nº de golpes	34	27	19

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 24 se observa los datos recolectados del ensayo de límite líquido, se realizaron 3 muestras en total, teniendo como resultado 40.1% como el LL.

Tabla 25. Resultados del límite plástico del S99.8% - PP0.2% de la calicata 1

Límite plástico (MTC E111)		
Nº Tarro	6	15
Peso tarro + Suelo húmedo	29.11	25.16
Peso tarro + Suelo seco	28.63	24.76
Peso agua	0.48	0.40
Peso tarro	26.42	22.89
Peso suelo seco	2.2	1.9
Contenido de humedad	21.7	21.4

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 25 se observa los resultados recolectados del ensayo de límite plástico, se realizaron 2 muestras en total, y se tiene como resultado 21.6% como el LP.

Tabla 26. Resultados del índice plástico del S99.8% - PP0.2% de la calicata 1

Constantes físicas de la muestra	
Límite líquido	40.1
Límite plástico	21.6
Índice de plasticidad	18.5

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 26 se observa el resultado del índice plástico, al realizar la resta entre el LL y el LP, teniendo como diferencia el 18.5%.

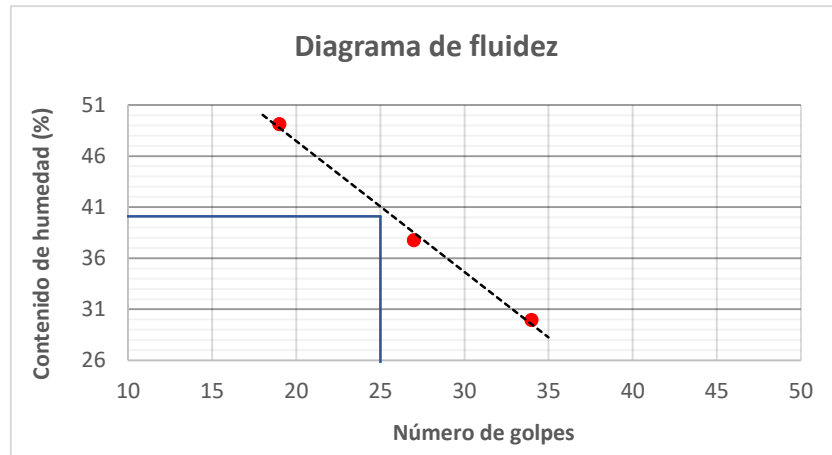


Figura 30. Diagrama de fluidez del S99.8% - PP0.2% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 30 se observa el diagrama de fluidez donde se detalla los números de golpes en relación con el contenido de humedad.

Calicata 2

Los ensayos de consistencia: Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se realizaron tomando en cuenta la Norma ASTM D4318, siendo esta necesaria para la clasificación de la muestra de suelo.

Tabla 27. Resultados del límite líquido del S99.8% - PP0.2% de la calicata 2

Limite Liquido (MTC E110)			
Nº Tarro	52	25	56
Peso tarro + Suelo húmedo	42.69	50.18	44.03
Peso tarro + Suelo seco	37.07	43.85	39.97
Peso agua	5.62	6.33	4.06
Peso tarro	25.51	27.14	26.31
Peso suelo seco	11.56	16.71	13.66
Contenido de humedad	48.62	37.88	29.72
Nº de Golpes	18	26	35

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 27 se observa los datos recolectados del ensayo de límite líquido, se realizaron 3 muestras en total, teniendo como resultado 39.2% como el LL.

Tabla 28. Resultados del límite plástico del S99.8% - PP0.2% de la calicata 2

Límite plástico (MTC E111)		
Nº Tarro	48	28
Peso Tarro + Suelo húmedo	28.13	24.17
Peso Tarro + Suelo seco	27.64	23.74
Peso agua	0.49	0.43
Peso tarro	25.41	21.8
Peso suelo seco	2.2	1.9
Contenido de humedad	22	22.2

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 28 se observa los resultados recolectados del ensayo de límite plástico, se realizaron 2 muestras en total, teniendo como resultado 22.1% como el LP.

Tabla 29. Resultados del límite plástico del S99.8% - PP0.2% de la calicata 2

Constantes físicas de la muestra	
Límite líquido	39.2
Límite plástico	22.1
Índice de plasticidad	17.1

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 29 se observa el resultado del índice plástico, al realizar la resta entre el LL y el LP, teniendo como diferencia el 17.1%.

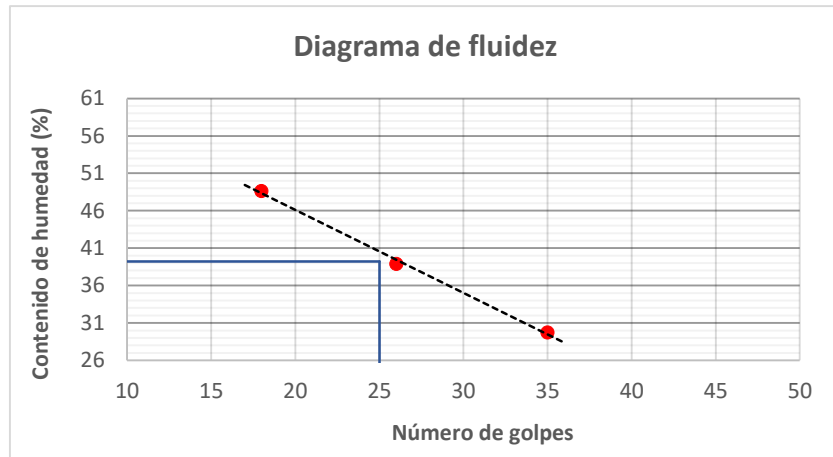


Figura 31. Diagrama de fluidez del S99.8% - PP0.2% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 31 se observa el diagrama de fluidez donde se detalla los números de golpes en relación con el contenido de humedad.

4.2.2.2. Clasificación SUCS

Calicata 1

Con los resultados obtenidos en la Tabla 26, se realiza la clasificación SUCS usando la Figura 32, teniendo en cuenta las siguientes características:

- Límite líquido menor a 50%: **(40.1%)**
- Índice de plasticidad mayor a 7%: **(18.5%)**

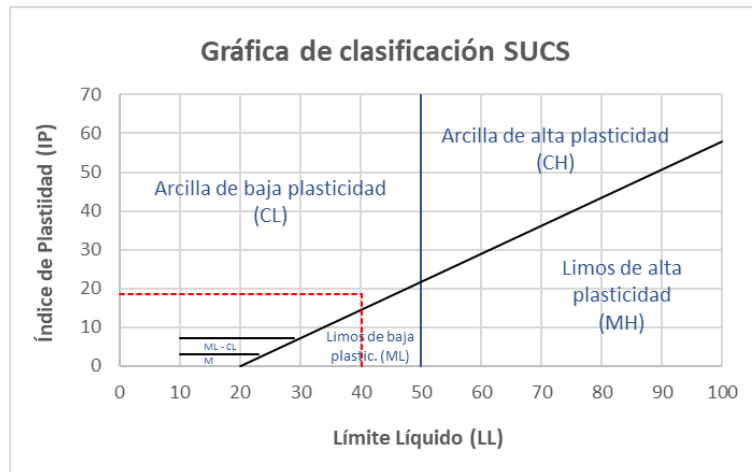


Figura 32. Gráfica de clasificación SUCS del S99.8% - PP0.2% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos se clasificó el suelo como una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL).

Calicata 2

Con los resultados obtenidos en la Tabla 29, se realiza la clasificación SUCS usando la Figura 33, teniendo en cuenta las siguientes características:

- Límite líquido menor a 50%: **(39.2%)**
- Índice de plasticidad mayor a 7%: **(17.1%)**

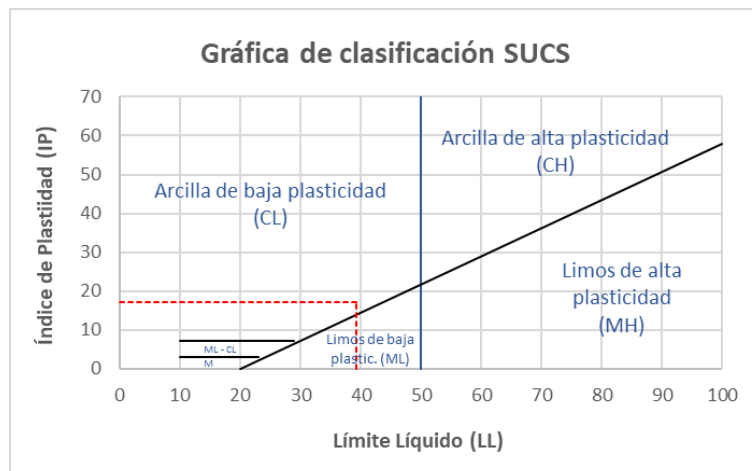


Figura 33. Gráfica de clasificación SUCS del S99.8% - PP0.2% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos se clasificó el suelo como una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL).

4.2.2.3. Clasificación AASHTO

Calicata 1

Se realizó la clasificación AASHTO, teniendo en cuenta la Tabla 26 y la Figura 34, siendo el suelo de clasificación A-7-6 con IG=7.

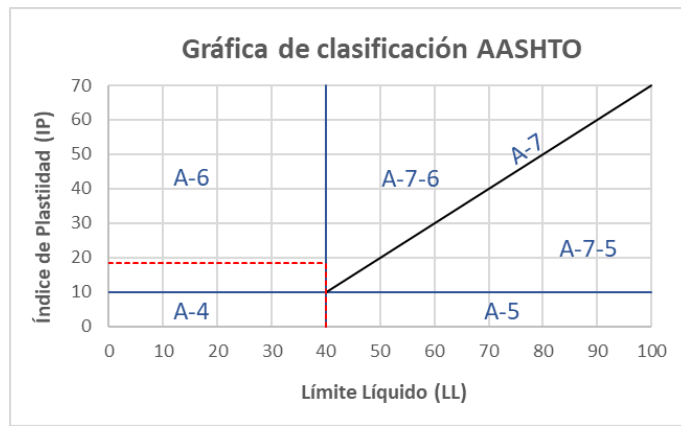


Figura 34. Grafica de clasificación AASHTO del S99.8% - PP0.2% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

Calicata 2

Se realizó la clasificación AASHTO, teniendo en cuenta la Tabla 29 y la Figura 35, siendo el suelo de clasificación A-6 con IG=6.

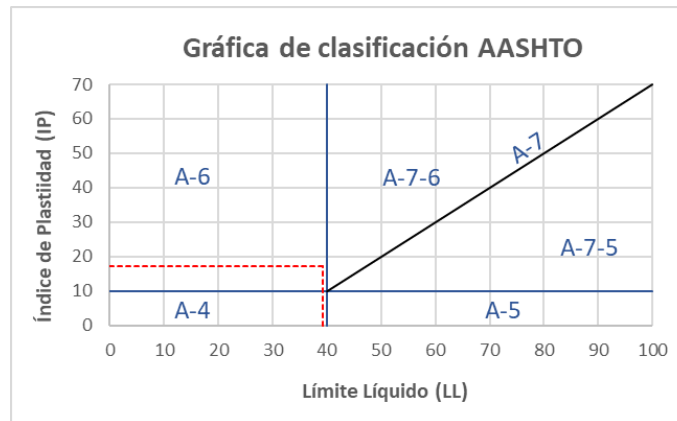


Figura 35. Gráfica de clasificación AASHTO del S99.8% - PP0.2% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.4. Proctor modificado

Calicata 1

En la Tabla 30 se observa los porcentajes de humedad que se utilizó: 12.58% 14.47%, 16.82% y 18.30%. Con estos valores se pudo obtener las siguientes densidades: 1.72 gr/cm³, 1.83 gr/cm³, 1.87 gr/cm³ y 1.75 gr/cm³ respectivamente.

Tabla 30. Valores para la curva de compactación del S99.8% - PP0.2% de la calicata 1

Numero de ensayo		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	9595	9929.025	10113	9890
Peso molde	gr	5581	5581	5581	5581
Peso suelo húmedo compactado	gr	4014	4348.025	4532	4309
Volumen del molde	cm ³	2077.31	2077.31	2077.31	2077.31
Peso volumétrico húmedo	gr	1.93	2.09	2.18	2.07
Recipiente N°		54	33	58	44
Peso del suelo húmedo+tara	gr	43.33	67.36	74.99	88.01
Peso del suelo seco + tara	gr	40.5	62.4	67.19	78.97
Tara	gr	18.01	28.12	20.83	29.57
Peso de agua	gr	2.83	4.96	7.8	9.04
Peso del suelo seco	gr	22.49	34.28	46.36	49.4
Contenido de agua	%	12.58	14.47	16.82	18.30
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.72	1.83	1.87	1.75

Fuente: Elaboración propia

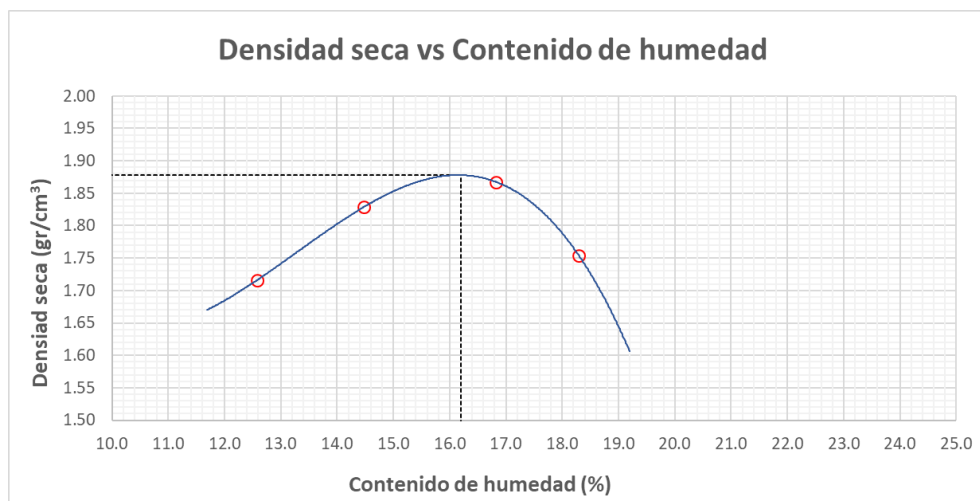


Figura 36. Curva de compactación del S99.8% - PP0.2% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

De la curva de compactación mostrada en la Figura 36 se obtiene una máxima densidad seca de 1.878 gr/cm³ y un máximo contenido de humedad de 16.20%.

Calicata 2

En la Tabla 31 se observa los porcentajes de humedad que se utilizó: 12.04%, 14.22%, 16.04% y 18.18%. Con estos valores se pudo obtener las siguientes densidades: 1.77 gr/cm³, 1.83 gr/cm³, 1.86 gr/cm³ y 1.84 gr/cm³ respectivamente.

Tabla 31. Valores para la curva de compactación del S99.8% - PP0.2% de la calicata 2

Numero de ensayo		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	9930.00	10066.46	10091.17	9699.65
Peso molde	gr	5581	5581	5581	5581
Peso suelo húmedo compactado	gr	4349.00	4485.46	4510.17	4118.65
Volumen del molde	cm ³	2077.31	2077.31	2077.31	2077.31
Peso volumétrico húmedo	gr	2.09	2.16	2.17	1.98
Recipiente N°		5	12	65	99
Peso del suelo húmedo+tara	gr	47.24	59.43	65.15	83.15
Peso del suelo seco + tara	gr	43.6	55.15	59.62	77.11
Tara	gr	18	28.46	29.21	26.94
Peso de agua	gr	3.64	4.28	5.53	6.04
Peso del suelo seco	gr	25.6	26.69	30.41	50.17
Contenido de agua	%	14.22	16.04	18.18	12.04

Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.83	1.86	1.84	1.77
-----------------------	--------------------	------	------	------	------

Fuente: Elaboración propia

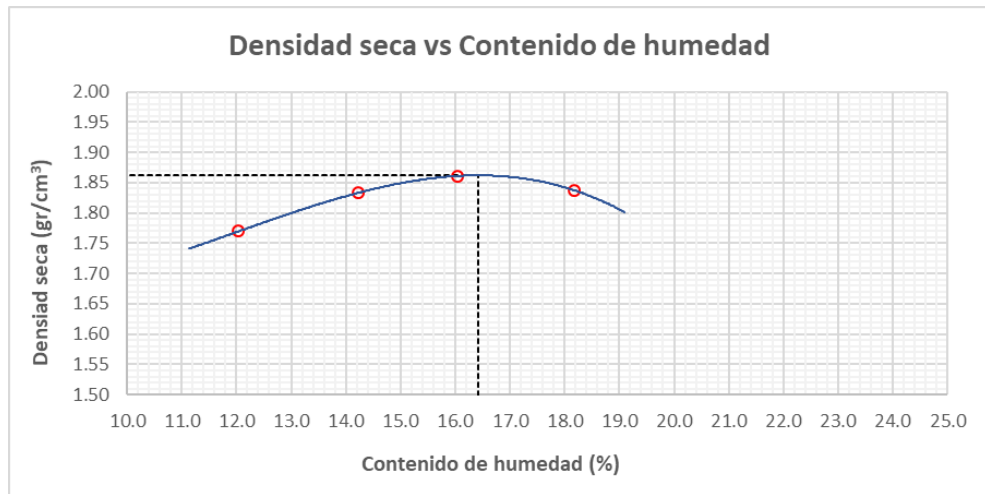


Figura 37. Curva de compactación del S99.8% - PP0.2% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

De la curva de compactación mostrada en la Figura 37 se obtiene una máxima densidad seca de 1.862 gr/cm³ y un máximo contenido de humedad de 16.40%.

4.2.2.5. CBR

Calicata 1

En la Figura 38 se observa los tres especímenes a diferentes energías considerando el contenido óptimo de humedad obtenido en el ensayo de proctor modificado.

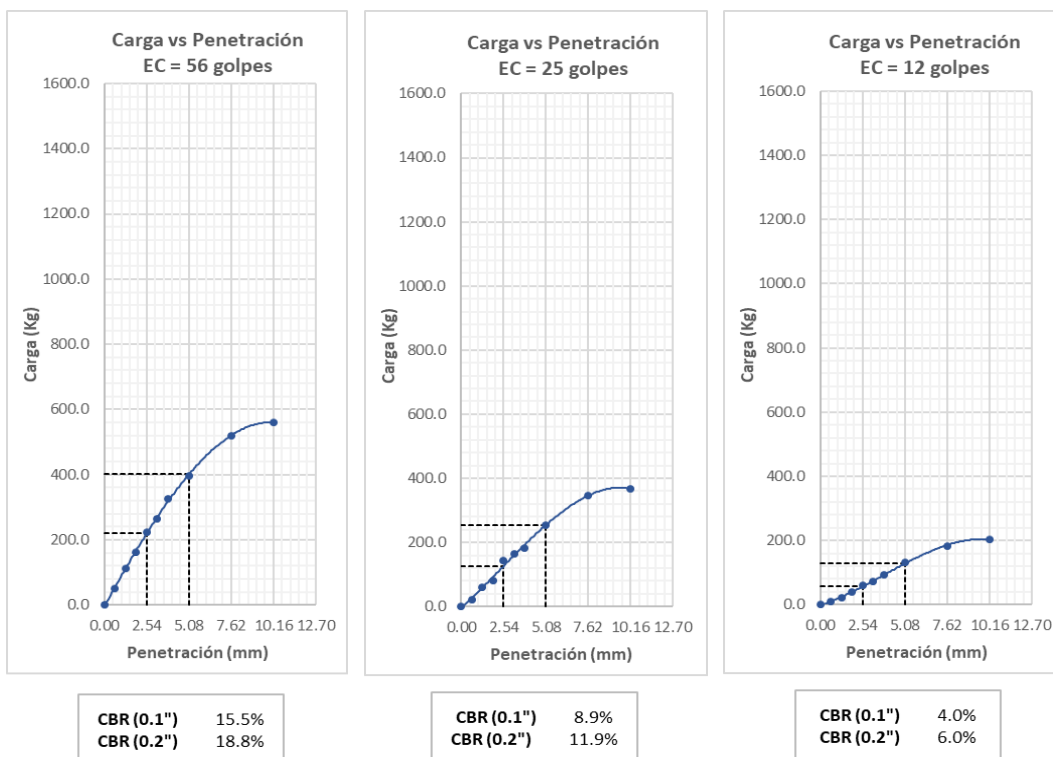


Figura 38. Curvas de Carga vs Penetración del S99.8% - PP0.2% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 39 se puede describir como el CBR al 95% de la máxima densidad seca es de 9.0 % con 0.1" de penetración, de igual manera el CBR al 100% de la máxima densidad seca es de 11.6 % con 0.1" de penetración.

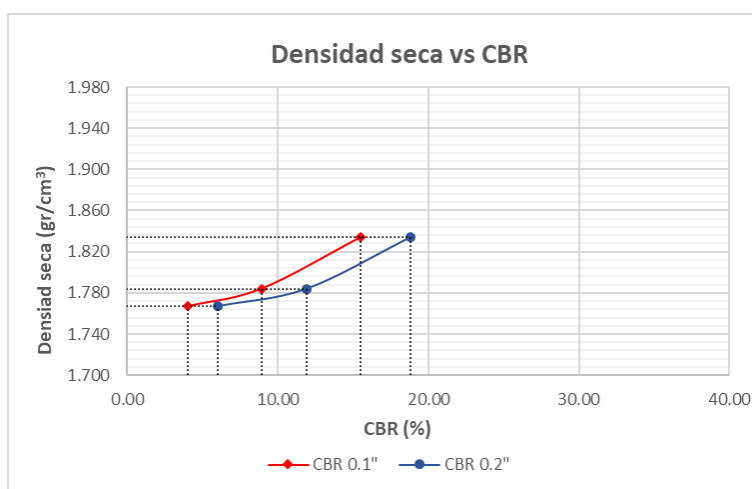


Figura 39. Curva de densidad seca vs CBR del S99.8% - PP0.2% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

Calicata 2

En la Figura 40 se observa los tres especímenes a diferentes energías considerando el contenido óptimo de humedad obtenido en el ensayo de proctor modificado.

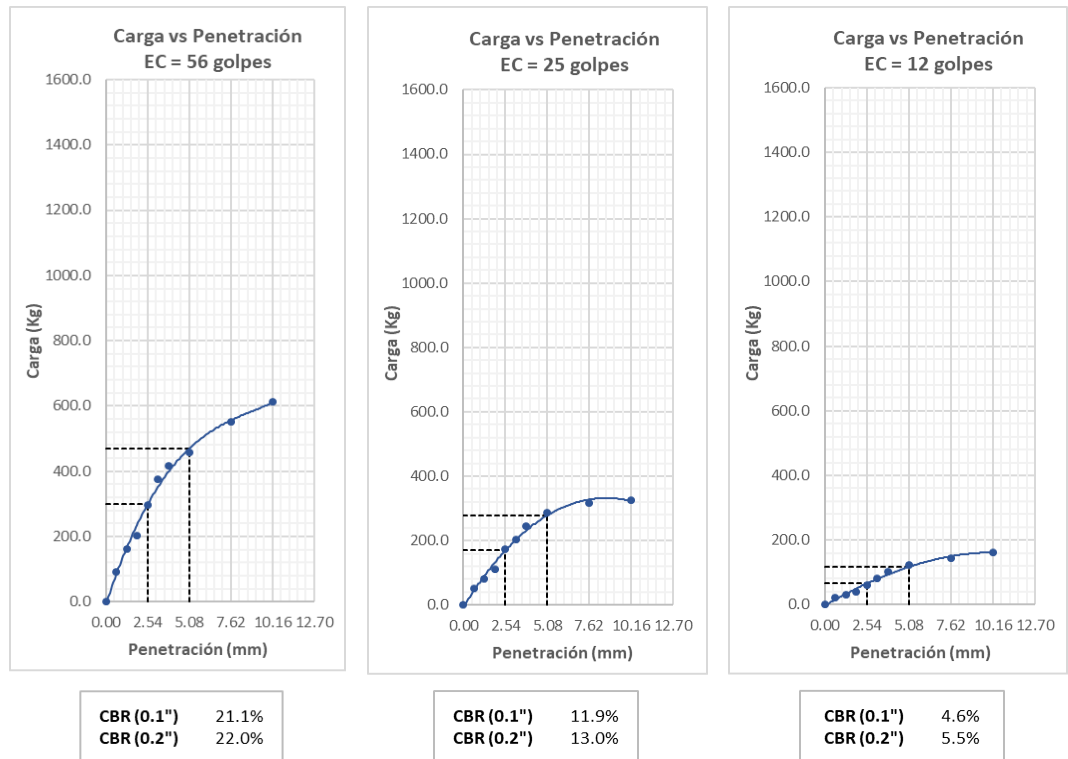


Figura 40. Curvas de carga vs Penetración del S99.8% - PP0.2% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 41 se puede describir como el CBR al 95% de la máxima densidad seca es de 7.3 % con 0.1" de penetración, de igual manera el CBR al 100% de la máxima densidad seca es de 12.5 % con 0.1" de penetración.

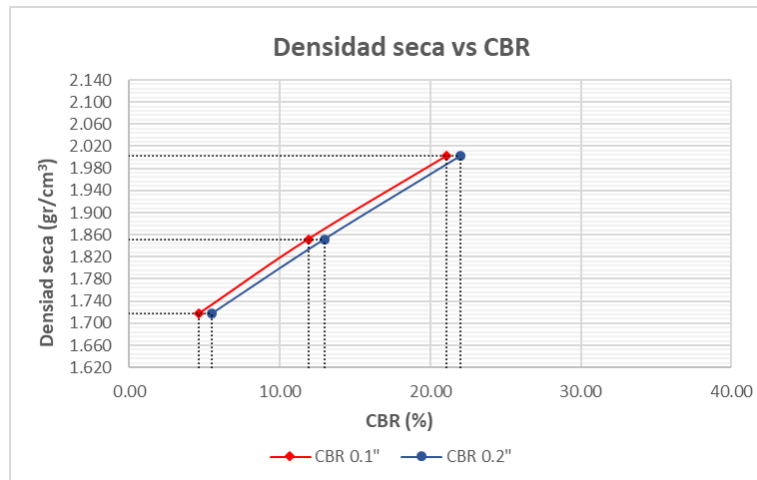


Figura 41. Curva de densidad seca vs CBR del S99.8% - PP0.2% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Propiedades del suelo arcilloso + 0.4% de polipropileno

4.2.3.1. Límites de consistencia (MTC E107)

Calicata 1

Los ensayos de consistencia: Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se realizaron tomando en cuenta la Norma ASTM D4318, siendo esta necesaria para la clasificación de la muestra de suelo.

Tabla 32. Resultados del límite líquido del S99.6% - PP0.4% de la Calicata 1

Límite líquido (MTC E110)			
Nº Tarro	1	3	5
Peso Tarro + Suelo húmedo	45.97	41.32	43.71
Peso Tarro + Suelo seco	41.21	37.26	37.86
Peso agua	4.76	4.06	5.85
Peso tarro	25.85	27.09	25.55
Peso suelo seco	15.36	10.17	12.31
Contenido de humedad	30.99	39.92	47.52
Nº de Golpes	34	24	18

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 32 se observa los datos recolectados del ensayo de límite líquido, se realizaron 3 muestras en total, teniendo como resultado 38.9% como el LL.

Tabla 33. Resultados del límite plástico del S99.6% - PP0.4% de la calicata 1

Límite plástico (MTC E111)		
Nº Tarro	16	29
Peso tarro + Suelo húmedo	29.00	22.49
Peso tarro + Suelo seco	28.57	22.2
Peso agua	0.43	0.29
Peso tarro	26.67	20.94
Peso suelo seco	1.9	1.3
Contenido de humedad	22.6	23

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 33 se observa los resultados recolectados del ensayo de límite plástico, se realizaron 2 muestras en total, teniendo como resultado 22.8% como el LP.

Tabla 34. Resultados del índice plástico del S99.6% - PP0.4% de la calicata 1

Constantes físicas de la muestra	
Límite líquido	38.9
Límite plástico	22.8
Índice de plasticidad	16.1

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 34 se observa el resultado del índice plástico, al realizar la resta entre el LL y el LP, teniendo como diferencia el 16.1%.

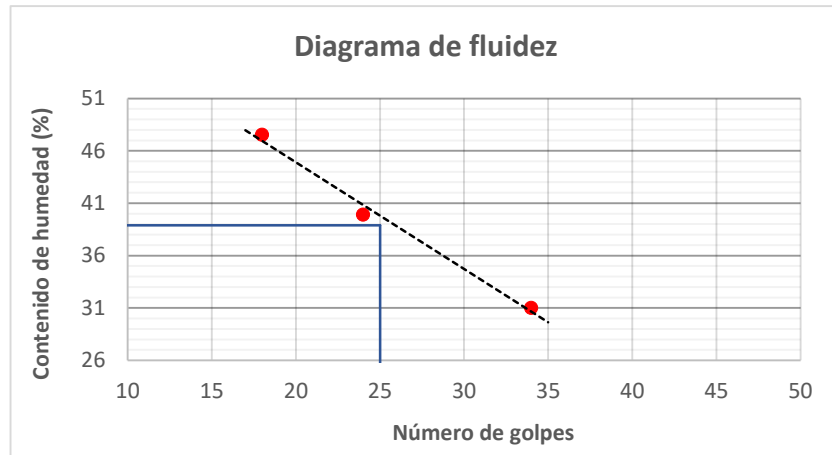


Figura 42. Diagrama de fluidez del S99.6% - PP0.4% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 42 se observa el diagrama de fluidez donde se detalla los números de golpes en relación con el contenido de humedad.

Calicata 2

Los ensayos de consistencia: Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se realizaron tomando en cuenta la Norma ASTM D4318, siendo esta necesaria para la clasificación de la muestra de suelo.

Tabla 35. Resultados del límite líquido del S99.6% - PP0.4% de la calicata 2

Límite líquido (MTC E110)			
Nº Tarro	3	12	6
Peso tarro + Suelo húmedo	42.71	40.32	44.97
Peso tarro + Suelo seco	36.86	36.26	40.21
Peso agua	5.85	4.06	4.76
Peso tarro	24.53	26.07	24.83
Peso suelo seco	12.33	10.19	15.38
Contenido de humedad	47.45	39.84	30.95
Nº de Golpes	17	23	33

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 35 se observa los datos recolectados del ensayo de límite líquido, se realizaron 3 muestras en total, teniendo como resultado 37.8% como el LL.

Tabla 36. Resultados del límite plástico del S99.6% - PP0.4% de la calicata 2

Límite Plástico (MTC E111)		
Nº Tarro	14	5
Peso tarro + Suelo húmedo	30	23.49
Peso tarro + Suelo seco	29.57	23.2
Peso agua	0.43	0.29
Peso tarro	27.69	21.92
Peso suelo seco	1.9	1.3
Contenido de humedad	22.9	22.7

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 36 se observa los resultados recolectados del ensayo de límite plástico, se realizaron 2 muestras en total, teniendo como resultado 22.8% como el LP.

Tabla 37. Resultados del índice plástico del S99.6% - PP0.4% de la calicata 2

Constantes físicas de la muestra	
Límite líquido	37.8
Límite plástico	22.8
Índice de plasticidad	15.0

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 37 se observa el resultado del índice plástico, al realizar la resta entre el LL y el LP, teniendo como diferencia el 15.0%.

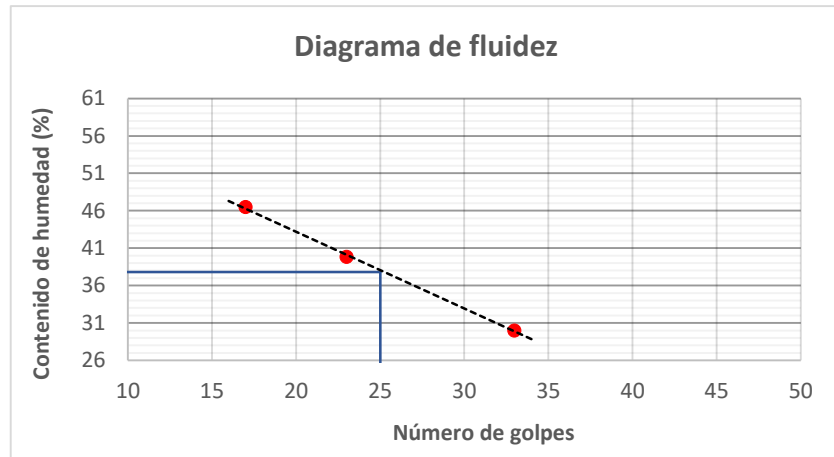


Figura 43. Diagrama de fluidez del S99.6% - PP0.4% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 43 se observa el diagrama de fluidez donde se detalla los números de golpes en relación con el contenido de humedad.

4.2.3.2. Clasificación SUCS

Calicata 1

Con los resultados obtenidos en la Tabla 34 se realiza la clasificación SUCS usando la Figura 44, teniendo en cuenta las siguientes características:

- Límite líquido menor a 50%: **(38.9%)**
- Índice de plasticidad mayor a 7%: **(16.1%)**

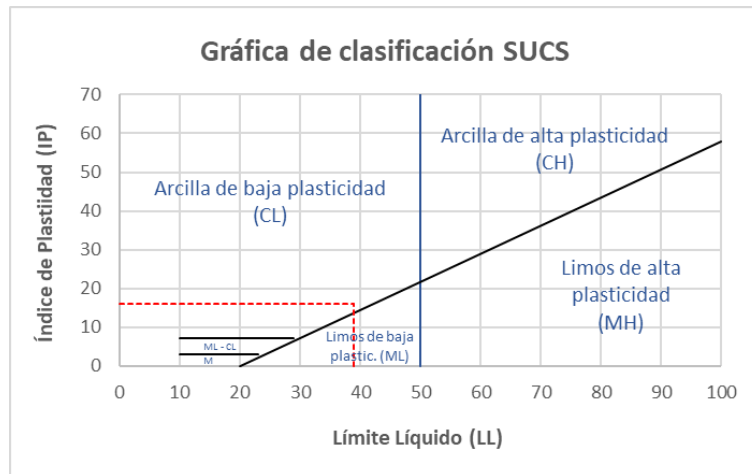


Figura 44. Grafica de clasificación SUCS del S99.6% - PP0.4% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos se clasificó el suelo como una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL).

Calicata 2

Con los resultados obtenidos en la Tabla 37 se realiza la clasificación SUCS usando la Figura 45, teniendo en cuenta las siguientes características:

- Límite líquido menor a 50%: **(37.8%)**
- Índice de plasticidad mayor a 7%: **(15.0%)**

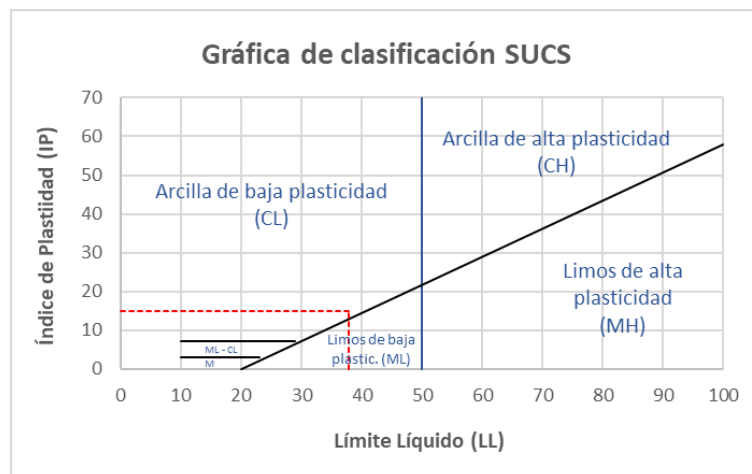


Figura 45. Grafica de clasificación SUCS del S99.6% - PP0.4% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos se clasificó el suelo como una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL).

4.2.3.3. Clasificación AASHTO

Calicata 1

Se realizó la clasificación AASHTO, teniendo en cuenta la Tabla 34 y la Figura 46, siendo el suelo de clasificación A-6 con IG=6.

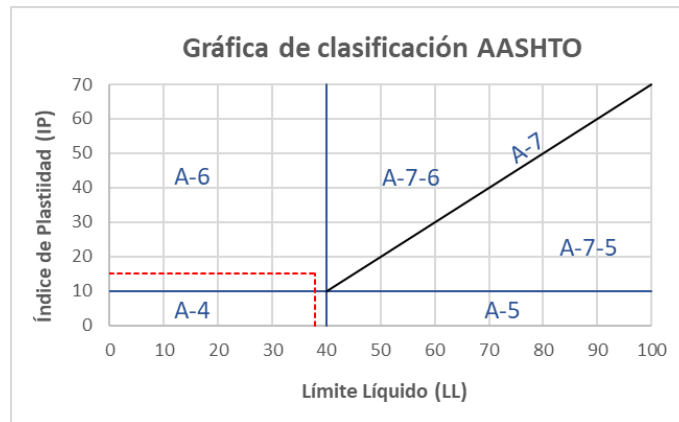


Figura 46. Grafica de clasificación AASHTO del S99.6% - PP0.4% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

Calicata 2

Se realizó la clasificación AASHTO, teniendo en cuenta la Tabla 37 y la Figura 47, siendo el suelo de clasificación A-6 con IG=5.

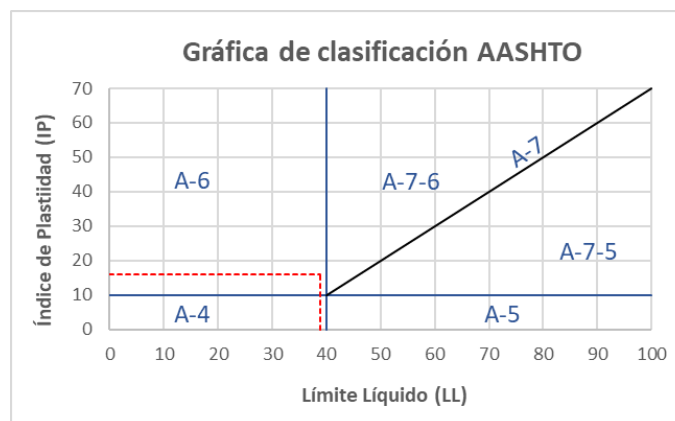


Figura 47. Gráfica de Clasificación AASHTO del S99.6% - PP0.4% de la calicata 2

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3.4. Proctor modificado

Calicata 1

En la Tabla 38 se observa los porcentajes de humedad que se utilizó: 14.19% 16.41%, 18.09% y 19.29%. Con estos valores se pudo obtener las siguientes densidades: 1.76 gr/cm³, 1.87 gr/cm³, 1.84 gr/cm³ y 1.74 gr/cm³ respectivamente.

Tabla 38. Valores para la curva de compactación del S99.6% - PP0.4% de la Calicata 1

Numero de ensayo		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	10091.20	10090.27	9889.42	9763.32
Peso molde	gr	5581	5581	5581	5581
Peso suelo húmedo compactado	gr	4510.20	4509.27	4308.42	4182.32
Volumen del molde	cm ³	2077.31	2077.31	2077.31	2077.31
Peso volumétrico húmedo	gr	2.17	2.17	2.07	2.01
Recipiente N°		11	87	8	4
Peso del suelo húmedo+tara	gr	89.69	107.9	125.8	102.89
Peso del suelo seco + tara	gr	79.95	95.34	110.08	93.32
Tara	gr	20.6	25.9	28.6	25.9
Peso de agua	gr	9.74	12.56	15.72	9.57
Peso del suelo seco	gr	59.35	69.44	81.48	67.42
Contenido de agua	%	16.41	18.09	19.29	14.19
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.87	1.84	1.74	1.76

Fuente: Elaboración propia

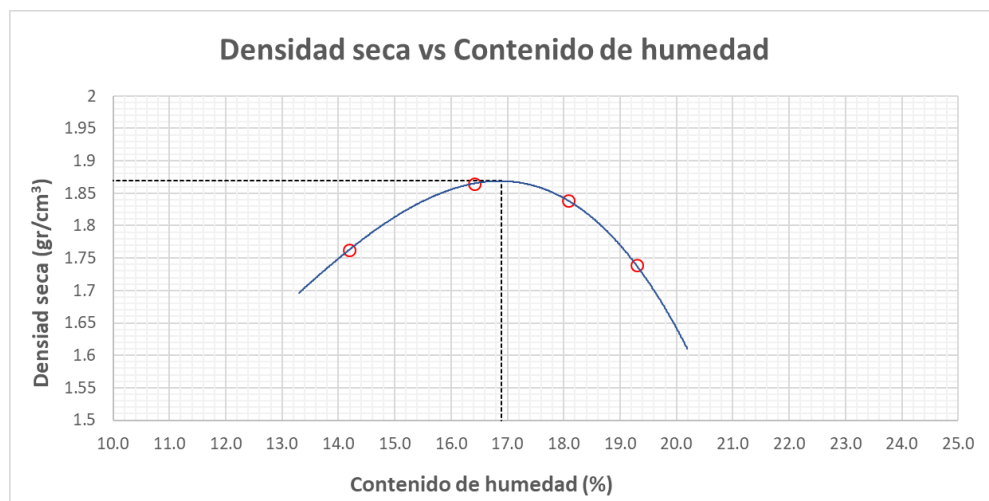


Figura 48. Curva de compactación del S99.6% - PP0.4% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

De la curva de compactación mostrada en la Figura 48 se obtiene una máxima densidad seca de 1.889 gr/cm³ y un máximo contenido de humedad de 16.90%.

Calicata 2

En la Tabla 39 se observa los porcentajes de humedad que se utilizó: 13.50% 15.83%, 17.87% y 20.23%. Con estos valores se pudo obtener las siguientes densidades: 1.71 gr/cm³, 1.84 gr/cm³, 1.85 gr/cm³ y 1.73 gr/cm³ respectivamente.

Tabla 39. Valores para la curva de compactación del S99.6% - PP0.4% de la calicata 2

Numero de ensayo		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	9609.02	9999.00	10099.00	9902.00
Peso molde	gr	5581	5581	5581	5581
Peso suelo húmedo compactado	gr	4028.02	4418	4518	4321
Volumen del molde	cm ³	2077.31	2077.31	2077.31	2077.31
Peso volumétrico húmedo	gr	1.94	2.13	2.17	2.08
Recipiente N°		5	37	86	47
Peso del suelo húmedo+tara	gr	55.15	56.25	48.56	47.52
Peso del suelo seco + tara	gr	51.92	52.39	45.14	44.5
Tara	gr	28	28	26	29.57
Peso de agua	gr	3.23	3.86	3.42	3.02
Peso del suelo seco	gr	23.92	24.39	19.14	14.93
Contenido de agua	%	13.50	15.83	17.87	20.23

Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.71	1.84	1.85	1.73
-----------------------	--------------------	------	------	------	------

Fuente: Elaboración Propia

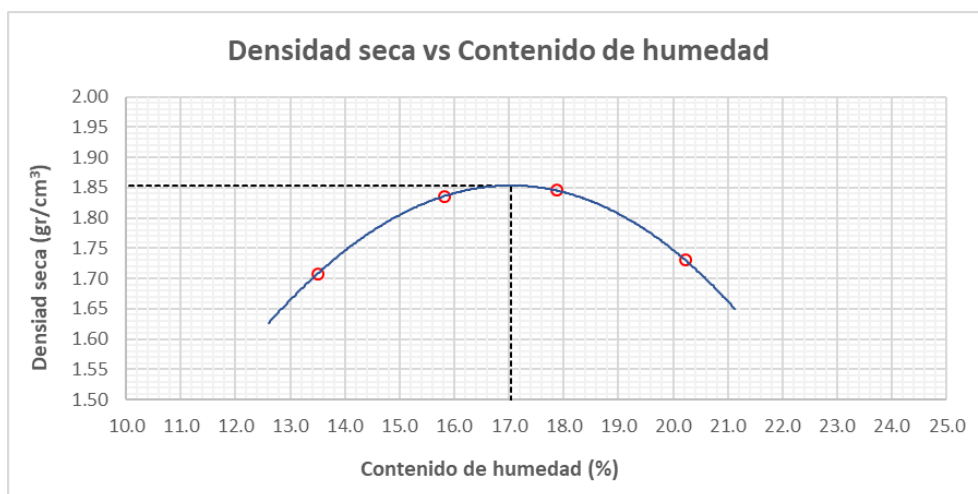


Figura 49. Curva de compactación del S99.6% - PP0.4% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

De la curva de compactación mostrada en la Figura 49 se obtiene una máxima densidad seca de 1.853 gr/cm³ y un máximo contenido de humedad de 17.00%.

4.2.3.5. CBR

Calicata 1

En la Figura 50 se observa los tres especímenes a diferentes energías considerando el contenido óptimo de humedad obtenido en el ensayo de proctor modificado.

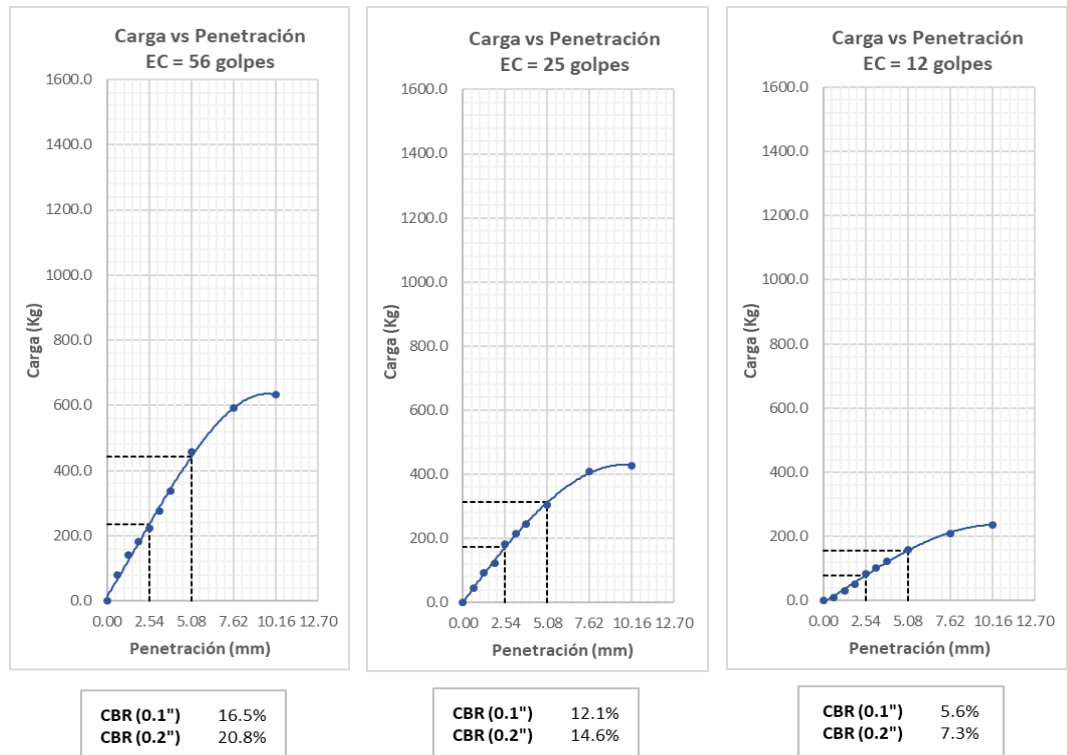


Figura 50. Curvas de carga vs Penetración del S99.6% - PP0.4% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 51 se puede describir como el CBR al 95% de la máxima densidad seca es de 10.50 % con 0.1" de penetración, de igual manera el CBR al 100% de la máxima densidad seca es de 15.1 % con 0.1" de penetración.

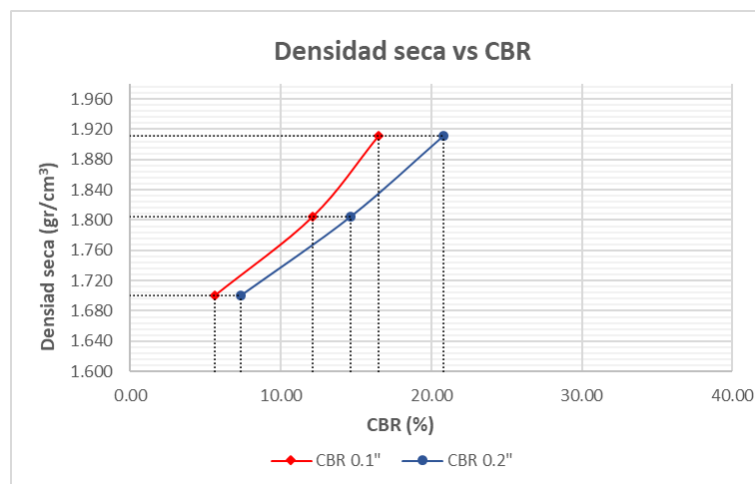


Figura 51. Curva de densidad seca vs CBR del S99.6% - PP0.4% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

Calicata 2

En la Figura 52 se observa los tres especímenes a diferentes energías considerando el contenido óptimo de humedad obtenido en el ensayo de proctor modificado.

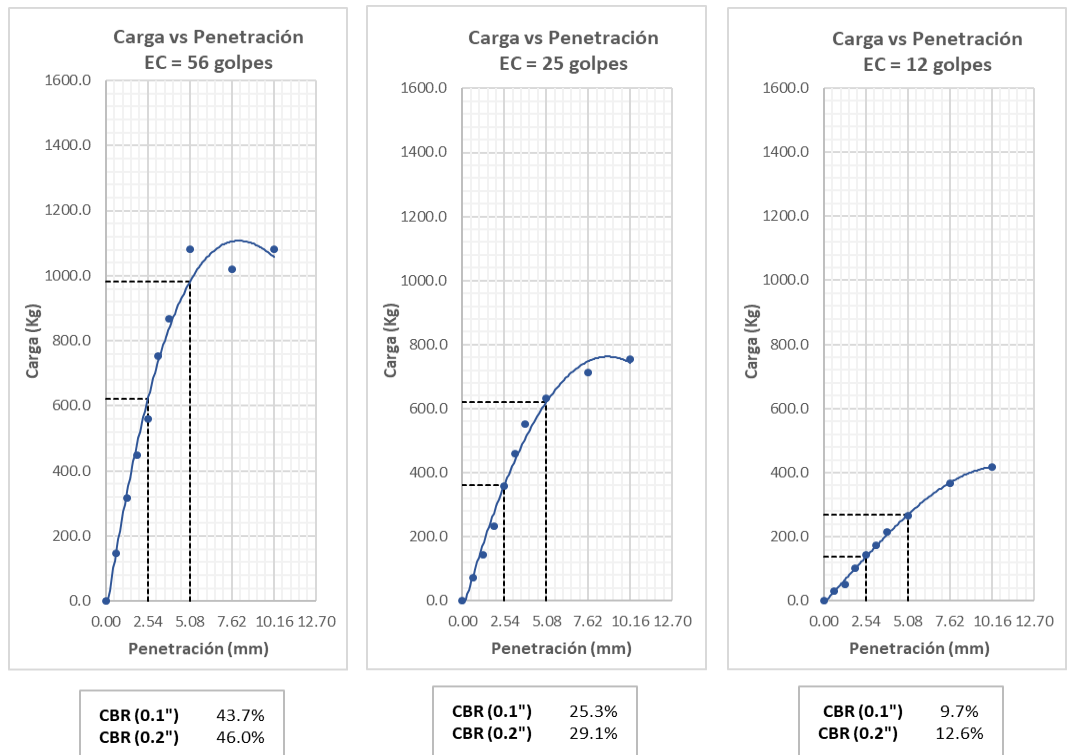


Figura 52. Curvas de carga vs Penetración del S99.6% - PP0.4% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 53 se puede describir como el CBR al 95% de la máxima densidad seca es de 8.1 % con 0.1" de penetración, de igual manera el CBR al 100% de la máxima densidad seca es de 16.9 % con 0.1" de penetración.

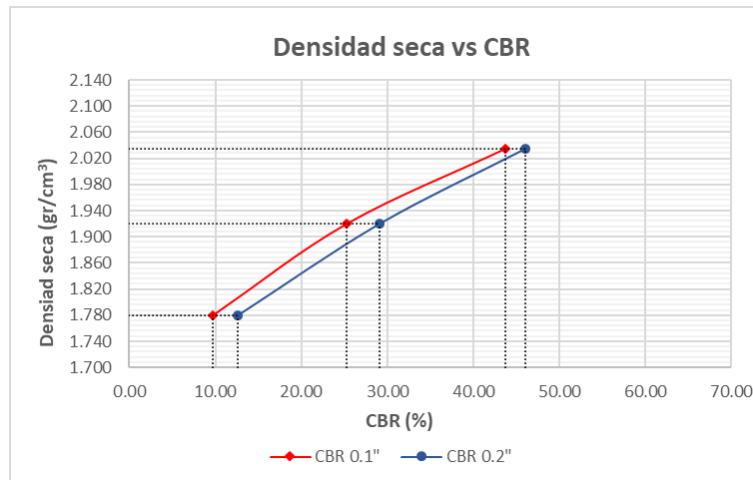


Figura 53. Curva de densidad seca vs CBR del S99.6% - PP0.4% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Propiedades del suelo arcilloso + 0.6% de polipropileno

4.2.4.1. Límites de consistencia (MTC E107)

Calicata 1

Los ensayos de consistencia: Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se realizaron tomando en cuenta la Norma ASTM D4318, siendo esta necesaria para la clasificación de la muestra de suelo.

Tabla 40. Resultados del límite líquido del S99.4% - PP0.6% de la calicata 1

Límite líquido (MTC E110)			
Nº Tarro	18	14	37
Peso tarro + Suelo húmedo	39.09	48.77	44.3
Peso tarro + Suelo seco	34.72	43.02	39.55
Peso agua	4.37	5.75	4.75
Peso tarro	22.28	28.21	27.88
Peso suelo seco	12.44	14.81	11.67
Contenido de humedad	35.13	38.83	40.7
Nº de Golpes	34	23	19

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 40 se observa los datos recolectados del ensayo de límite líquido, se realizaron 3 muestras en total, teniendo como resultado 38.1% como el LL.

Tabla 41. Resultados del límite plástico del S99.4% - PP0.6% de la calicata 1

Limite Plástico (MTC E111)		
Nº Tarro	17	27
Peso Tarro + Suelo Húmedo	31.09	23.88
Peso Tarro + Suelo Seco	30.61	23.41
Peso Agua	0.48	0.47
Peso Tarro	28.62	21.49
Peso Suelo Seco	2.0	1.9
Contenido de Humedad	24.1	24.5

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 41 se observa los resultados recolectados del ensayo de límite plástico, se realizaron 2 muestras en total, teniendo como resultado 24.3% como el LP.

Tabla 42. Resultados del índice plástico del S99.4% - PP0.6% de la calicata 1

Constantes físicas de la muestra	
Límite líquido	38.1
Límite plástico	24.3
Índice de plasticidad	13.8

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 42 se observa el resultado del índice plástico, al realizar la resta entre el LL y el LP, teniendo como diferencia el 13.8%.

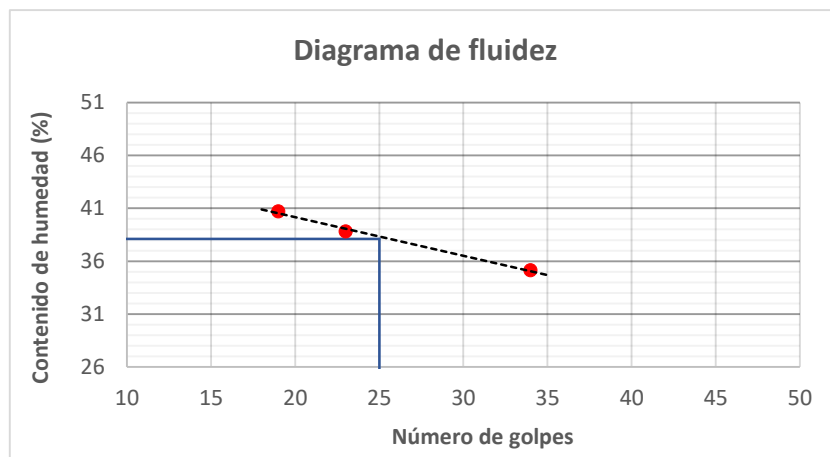


Figura 54. Diagrama de fluidez del S99.4% - PP0.6% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 54 se observa el diagrama de fluidez donde se detalla los números de golpes en relación con el contenido de humedad.

Calicata 2

Los ensayos de consistencia: Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se realizaron tomando en cuenta la Norma ASTM D4318, siendo esta necesaria para la clasificación de la muestra de suelo.

Tabla 43. Resultados del límite líquido del S99.4% - PP0.6% de la calicata 2

Limite Liquido (MTC E110)			
Nº Tarro	44	2	15
Peso tarro + Suelo húmedo	45.22	49.69	40.08
Peso tarro + Suelo seco	40.55	44.02	35.72
Peso agua	4.67	5.67	4.36
Peso tarro	28.88	29.21	23.28
Peso suelo seco	11.67	14.81	12.44
Contenido de humedad	40.02	38.28	35.05
Nº de Golpes	18	22	33

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 43 se observa los datos recolectados del ensayo de límite líquido, se realizaron 3 muestras en total, teniendo como resultado 37.3% como el LL.

Tabla 44. Resultados del límite plástico del S99.4% - PP0.6% de la calicata 2

Limite plástico (MTC E111)		
Nº Tarro	55	24
Peso tarro + Suelo húmedo	30.08	22.87
Peso tarro + Suelo seco	29.62	22.42
Peso agua	0.46	0.45
Peso tarro	27.66	20.51
Peso suelo seco	2.0	1.9
Contenido de humedad	23.5	23.6

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 44 se observa los resultados recolectados del ensayo de límite plástico, se realizaron 2 muestras en total, teniendo como resultado 23.5% como el LP.

Tabla 45. Resultados del índice plástico del S99.4% - PP0.6% de la calicata 2

Constantes físicas de la muestra	
Límite líquido	37.3
Límite plástico	23.5
Índice de plasticidad	13.8

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 45 se observa el resultado del índice plástico, al realizar la resta entre el LL y el LP, teniendo como diferencia el 13.8%.

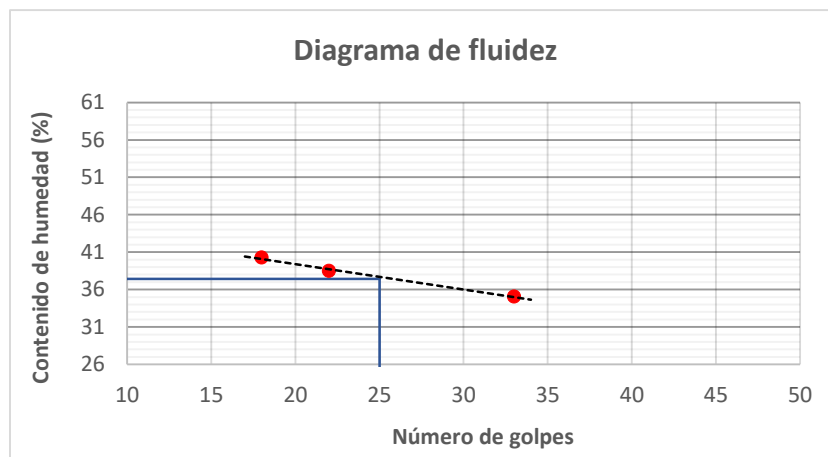


Figura 55. Diagrama de fluidez del S99.4% - PP0.6% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 55 se observa el diagrama de fluidez donde se detalla los números de golpes en relación con el contenido de humedad.

4.2.4.2. Clasificación SUCS

Calicata 1

Con los resultados obtenidos en la Tabla 42, se realiza la clasificación SUCS usando la Figura 56, teniendo en cuenta las siguientes características:

- Límite líquido menor a 50%: **(38.1%)**
- Índice de plasticidad mayor a 7%: **(13.8%)**

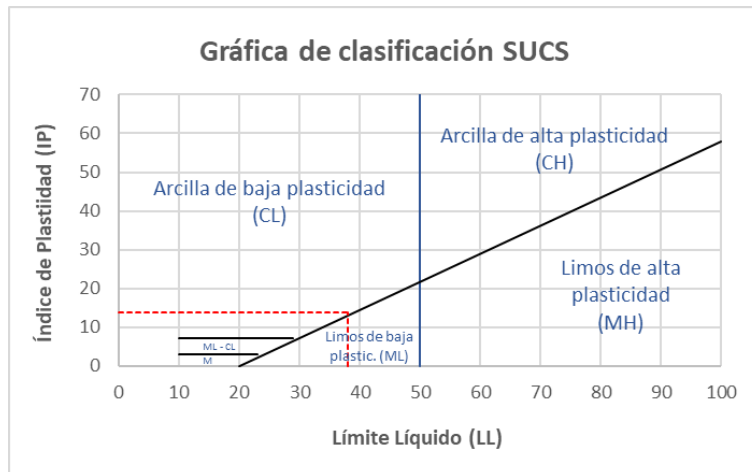


Figura 56. Grafica de clasificación SUCS del S99.4% - PP0.6% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos se clasifico el suelo como una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL).

Calicata 2

Con los resultados obtenidos en la Tabla 45, se realiza la clasificación SUCS usando la Figura 57, teniendo en cuenta las siguientes características:

- Límite líquido menor a 50%: **(37.3%)**
- Índice de plasticidad mayor a 7%: **(13.8%)**

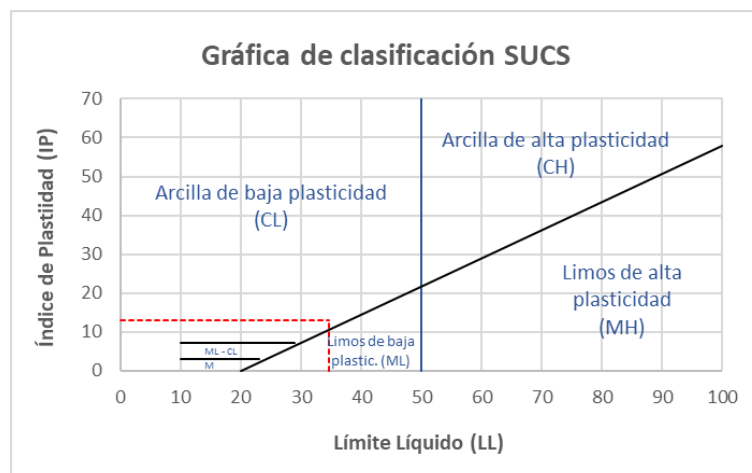


Figura 57. Grafica de clasificación SUCS del S99.4% - PP0.6% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos se clasificó el suelo como una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL).

4.2.4.3. Clasificación AASHTO

Calicata 1

Para la clasificación según AASHTO, teniendo en cuenta la Tabla 42 y la Figura 58, siendo el suelo de clasificación A-6 con IG=5.

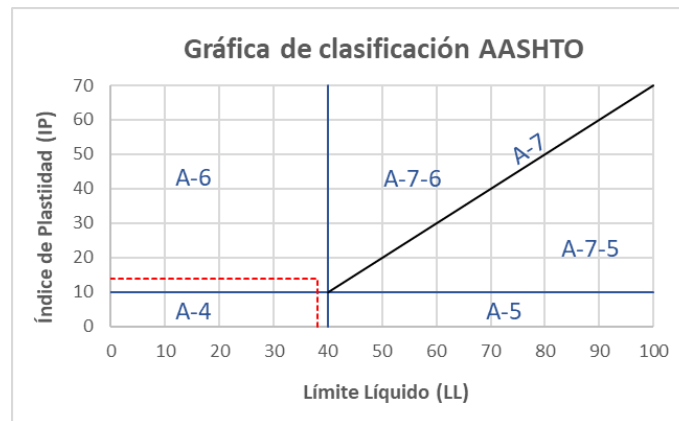


Figura 58. Grafica de clasificación AASHTO del S99.4% - PP0.6% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

Calicata 2

Se realizó la clasificación AASHTO, teniendo en cuenta la Tabla 45 y la Figura 59, siendo el suelo de clasificación A-6 con IG=4.

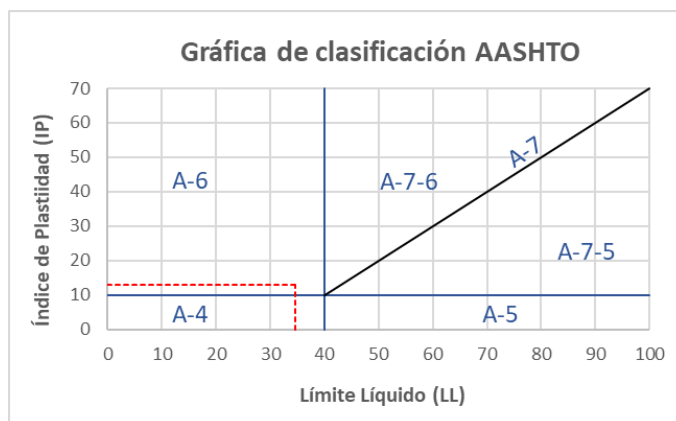


Figura 59. Gráfica de clasificación AASHTO del S99.4% - PP0.6% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

4.2.4.4. Proctor modificado

Calicata 1

En la Tabla 46 se observa los porcentajes de humedad que se utilizó: 13.63% 16.62%, 18.19% y 20.25%. Con estos valores se pudo obtener las siguientes densidades: 1.70 gr/cm³, 1.85 gr/cm³, 1.84 gr/cm³ y 1.72 gr/cm³ respectivamente.

Tabla 46. Valores para la curva de compactación del S99.4% - PP0.6% de la calicata 1

Numero de ensayo		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	9869.61	10051.33	9590.40	10109.61
Peso molde	gr	5581	5581	5581	5581
Peso suelo húmedo compactado	gr	4288.61	4470.33	4009.40	4528.61
Volumen del molde	cm ³	2077.31	2077.31	2077.31	2077.31
Peso volumétrico húmedo	gr	2.06	2.15	1.93	2.18
Recipiente N°		65	71	46	6
Peso del suelo húmedo+tara	gr	69.1	54.4	56.1	97.8
Peso del suelo seco + tara	gr	61.17	49.64	52.13	87.3
Tara	gr	22	21	23	29.57
Peso de agua	gr	7.93	4.76	3.97	10.5
Peso del suelo seco	gr	39.17	28.64	29.13	57.73
Contenido de agua	%	20.25	16.62	13.63	18.19
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.72	1.85	1.70	1.84

Fuente: Elaboración propia

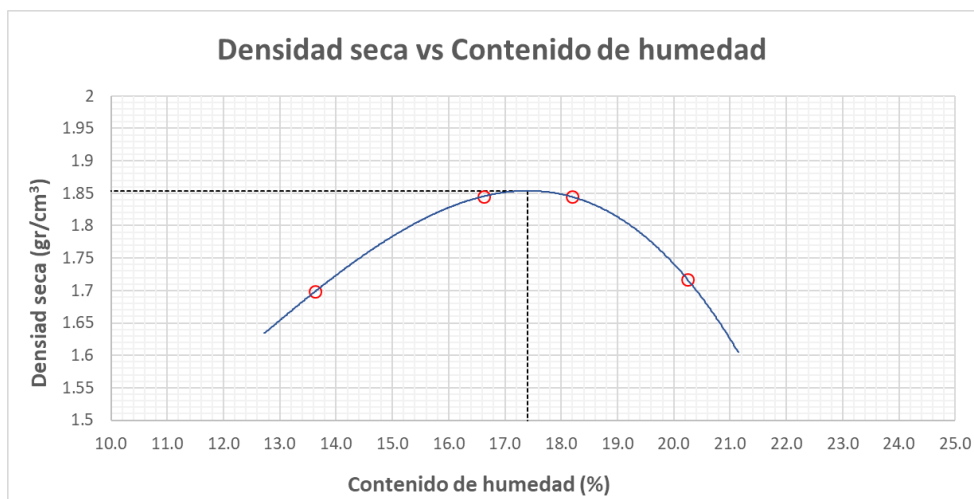


Figura 60. Curva de compactación del S99.4% - PP0.6% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

De la curva de compactación mostrada en la Figura 60 se obtiene una máxima densidad seca de 1.854 gr/cm³ y un máximo contenido de humedad de 17.4%.

Calicata 2

En la Tabla 47 se observa los porcentajes de humedad que se utilizó: 14.22%, 16.43%, 18.61% y 20.35%. Con estos valores se pudo obtener las siguientes densidades: 1.76 gr/cm³, 1.83 gr/cm³, 1.84 gr/cm³ y 1.77 gr/cm³ respectivamente.

Tabla 47. Valores para la curva de compactación del S99.4% - PP0.6% de la calicata 2

Numero de ensayo		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	9755.75	10006.50	10108.35	9999.25
Peso molde	gr	5581	5581	5581	5581
Peso suelo húmedo compactado	gr	4174.75	4425.50	4527.35	4418.25
Volumen del molde	cm ³	2077.31	2077.31	2077.31	2077.31
Peso volumétrico húmedo	gr	2.01	2.13	2.18	2.13
Recipiente N°		56	26	54	35
Peso del suelo húmedo+tara	gr	39.91	61.48	55.31	56.18
Peso del suelo seco + tara	gr	36.56	55.93	49.38	50.68
Tara	gr	13	22.16	17.52	23.65
Peso de agua	gr	3.35	5.55	5.93	5.5
Peso del suelo seco	gr	23.56	33.77	31.86	27.03
Contenido de agua	%	14.22	16.43	18.61	20.35

Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.76	1.83	1.84	1.77
-----------------------	--------------------	------	------	------	------

Fuente: Elaboración propia

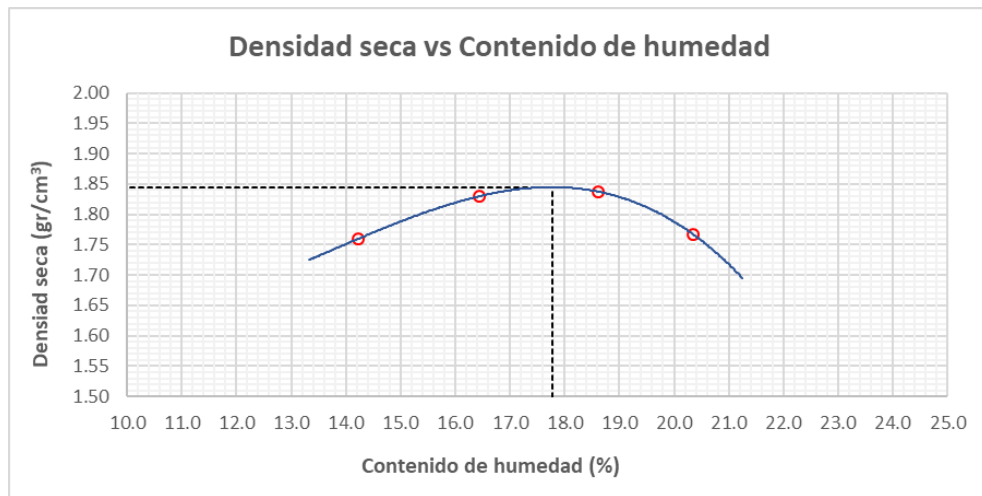


Figura 61. Curva de compactación del S99.4% - PP0.6% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

De la curva de compactación mostrada en la Figura 61 se obtiene una máxima densidad seca de 1.845 gr/cm³ y un máximo contenido de humedad de 17.8%.

4.2.4.5. CBR

Calicata 1

En la Figura 62 se observa los tres especímenes a diferentes energías considerando el contenido óptimo de humedad obtenido en el ensayo de proctor modificado.

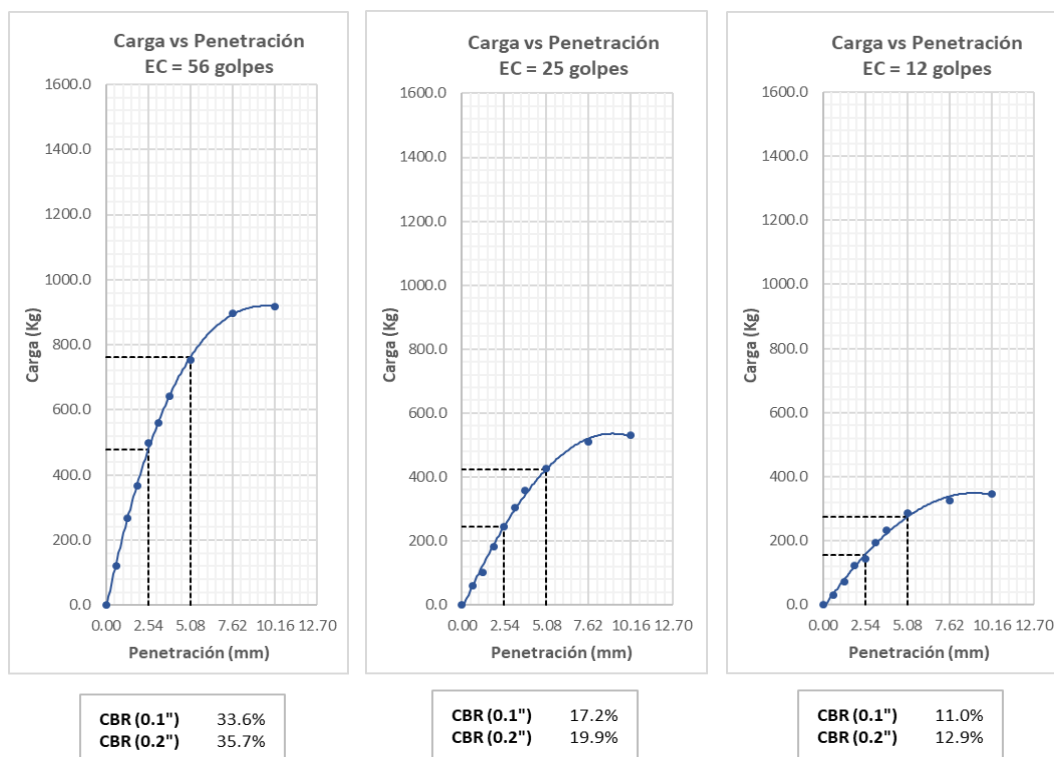


Figura 62. Curvas de carga vs Penetración del S99.4% - PP0.6% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 63 se puede describir como el CBR al 95% de la máxima densidad seca es de 11.2 % con 0.1" de penetración, de igual manera el CBR al 100% de la máxima densidad seca es de 20.3 % con 0.1" de penetración.

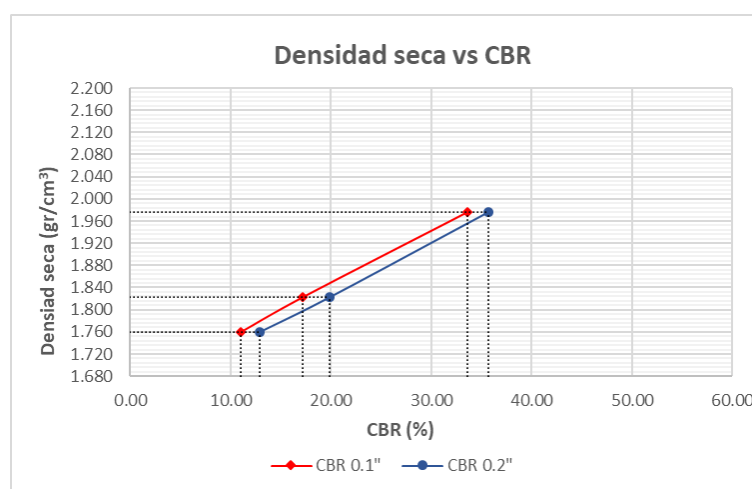


Figura 63. Curva de densidad seca vs CBR del S99.4% - PP0.6% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

Calicata 2

En la Figura 64 se observa los tres especímenes a diferentes energías considerando el contenido óptimo de humedad obtenido en el ensayo de proctor modificado.

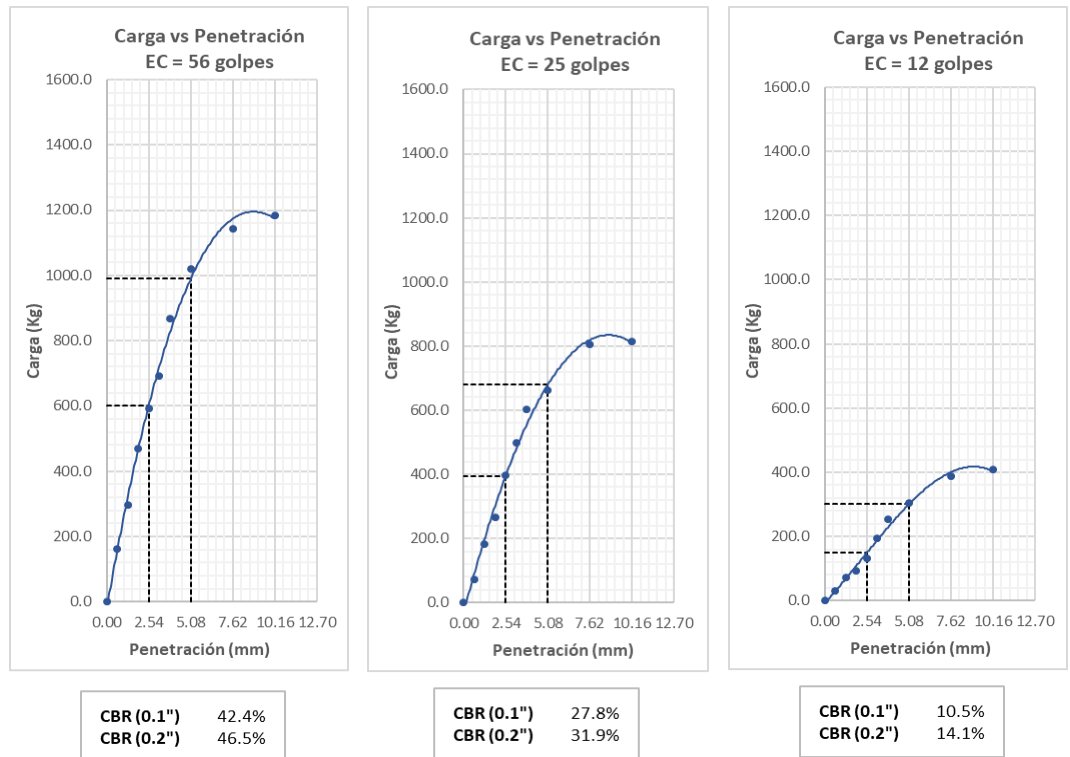


Figura 64. Curvas de carga vs Penetración del S99.4% - PP0.6% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 65 se puede describir como el CBR al 95% de la máxima densidad seca es de 10.8 % con 0.1" de penetración, de igual manera el CBR al 100% de la máxima densidad seca es de 21.4 % con 0.1" de penetración.

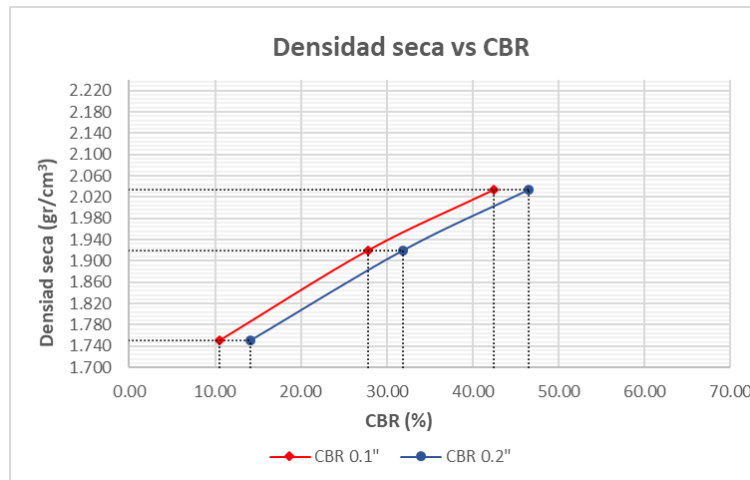


Figura 65. Curva de densidad seca vs CBR del S99.4% - PP0.6% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

4.2.5. Propiedades del suelo arcilloso + 0.8% de polipropileno

4.2.5.1. Límites de consistencia (MTC E107)

Calicata 1

Los ensayos de consistencia: Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se realizaron tomando en cuenta la Norma ASTM D4318, siendo esta necesaria para la clasificación de la muestra de suelo.

Tabla 48. Resultados del límite líquido del S99.2% - PP0.8% de la calicata 1

Limite liquido (MTC E110)			
Nº Tarro	26	14	37
Peso tarro + Suelo húmedo	38.59	46.61	38.73
Peso tarro + Suelo seco	33.31	40.63	35.52
Peso agua	5.28	5.98	3.21
Peso tarro	21.31	25.28	26.33
Peso suelo seco	12	15.35	9.19
Contenido de humedad	16	23	31
Nº de Golpes	44	38.96	34.93

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 48 se observa los datos recolectados del ensayo de límite líquido, se realizaron 3 muestras en total, teniendo como resultado 37.9% como el LL.

Tabla 49. Resultados del límite plástico del S99.2% - PP0.8% de la calicata 1

Límite plástico (MTC E111)		
Nº Tarro	53	40
Peso tarro + Suelo húmedo	20.53	21.34
Peso tarro + Suelo seco	20.08	20.68
Peso agua	0.45	0.66
Peso tarro	18.27	18.01
Peso suelo seco	1.8	2.7
Contenido de humedad	24.9	24.7

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 49 se observa los resultados recolectados del ensayo de límite plástico, se realizaron 2 muestras en total, teniendo como resultado 24.8% como el LP.

Tabla 50. Resultados del índice plástico del S99.2% - PP0.8% de la calicata 1

Constantes físicas de la muestra	
Límite líquido	37.9
Límite plástico	24.8
Índice de plasticidad	13.1

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 50 se observa el resultado del índice plástico, al realizar la resta entre el LL y el LP, teniendo como diferencia el 13.1%.

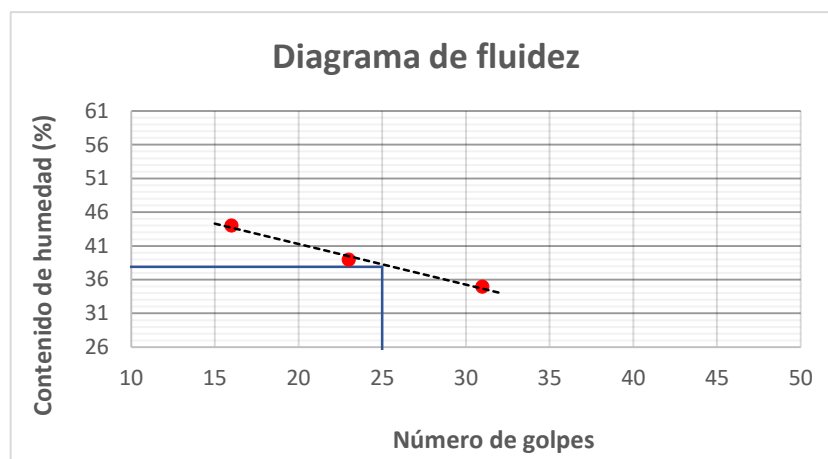


Figura 66. Diagrama de fluidez del S99.2% - PP0.8% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 66 se observa el diagrama de fluidez donde se detalla los números de golpes en relación con el contenido de humedad.

Calicata 2

Los ensayos de consistencia: Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se realizaron tomando en cuenta la Norma ASTM D4318, siendo esta necesaria para la clasificación de la muestra de suelo.

Tabla 51. Resultados del límite líquido del S99.2% - PP0.8% de la calicata 2

Límite líquido (MTC E110)			
Nº Tarro	7	30	9
Peso tarro + Suelo húmedo	39.72	47.48	39.48
Peso tarro + Suelo seco	36.52	41.63	34.31
Peso agua	3.2	5.85	5.17
Peso tarro	27.33	26.28	21.31
Peso suelo seco	9.19	15.35	13
Contenido de humedad	34.82	38.11	39.77
Nº de Golpes	33	22	18

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 51 se observa los datos recolectados del ensayo de límite líquido, se realizaron 3 muestras en total, teniendo como resultado 37.1% como el LL.

Tabla 52. Resultados del límite plástico del S99.2% - PP0.8% de la calicata 2

Límite plástico (MTC E111)		
Nº Tarro	18	41
Peso tarro + Suelo húmedo	22.5	23.3
Peso tarro + Suelo seco	22.07	22.66
Peso agua	0.43	0.64
Peso tarro	20.29	20.06
Peso suelo seco	1.8	2.6
Contenido de humedad	24.2	24.6

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 52 se observa los resultados recolectados del ensayo de límite plástico, se realizaron 2 muestras en total, teniendo como resultado 24.4% como el LP.

Tabla 53. Resultados del índice plástico del S99.2% - PP0.8% de la calicata 2

Constantes físicas de la muestra	
Límite líquido	37.1
Límite plástico	24.4
Índice de plasticidad	12.7

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 53 se observa el resultado del índice plástico, al realizar la resta entre el LL y el LP, teniendo como diferencia el 12.7%.

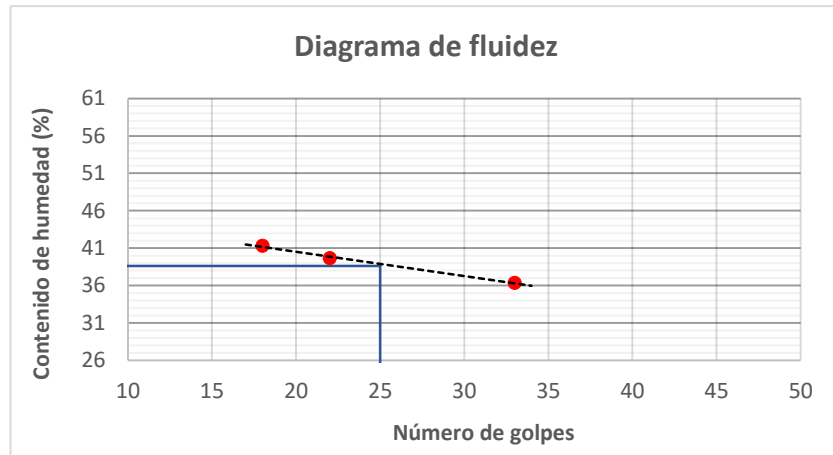


Figura 67. Diagrama de Fluidez del S99.2% - PP0.8% de la Calicata 2

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 67 se observa el diagrama de fluidez donde se detalla los números de golpes en relación con el contenido de humedad.

4.2.5.2. Clasificación SUCS

Calicata 1

Con los resultados obtenidos en la Tabla 50, se realiza la clasificación SUCS usando la Figura 68, teniendo en cuenta las siguientes características:

- Límite líquido menor a 50%: **(37.9%)**
- Índice de plasticidad mayor a 7%: **(13.1%)**

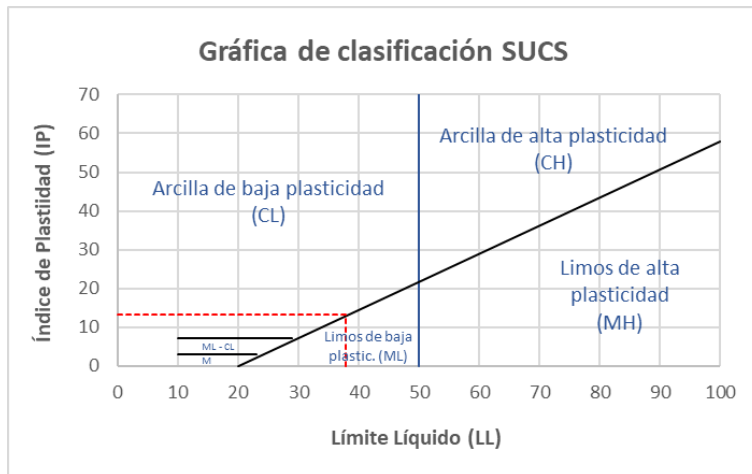


Figura 68. Gráfica de clasificación SUCS del S99.2% - PP0.8% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos se clasificó el suelo como una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL).

Calicata 2

Con los resultados obtenidos en la Tabla 53, se realiza la clasificación SUCS usando la Figura 69, teniendo en cuenta las siguientes características:

- Límite líquido menor a 50%: **(37.1%)**
- Índice de plasticidad mayor a 7%: **(12.7%)**

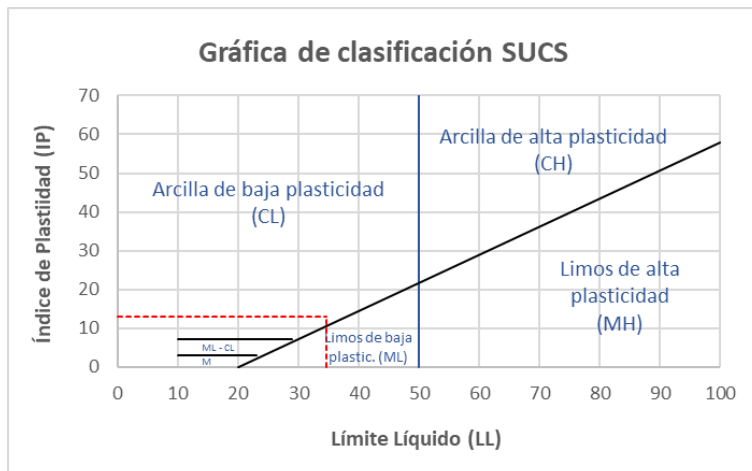


Figura 69. Gráfica de clasificación SUCS del S99.2% - PP0.8% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos se clasificó el suelo como una arcilla arenosa de baja plasticidad (CL).

4.2.5.3. Clasificación AASHTO

Calicata 1

Para la clasificación según AASHTO, teniendo en cuenta la Tabla 50 y la Figura 70, el suelo se considera A-6 con IG=5.

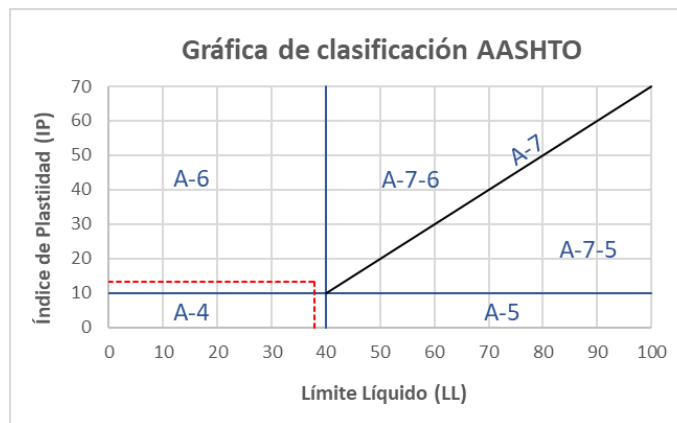


Figura 70. Gráfica de clasificación AASHTO del S99.2% - PP0.8% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

Calicata 2

Para la clasificación según AASHTO, teniendo en cuenta la Tabla 53 y la Figura 71, el suelo se considera A-6 con IG=4.

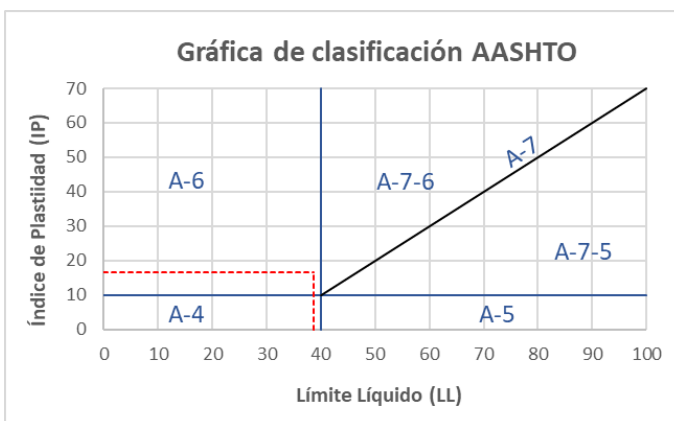


Figura 71. Gráfica de clasificación AASHTO del S99.2% - PP0.8% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

4.2.5.4. Proctor modificado

Calicata 1

En la Tabla 54 se observa los porcentajes de humedad que se utilizó: 14.05%, 15.76%, 18.12% y 20.37%. Con estos valores se pudo obtener las siguientes densidades: 1.73 gr/cm³, 1.81 gr/cm³, 1.84 gr/cm³ y 1.69 gr/cm³ respectivamente.

Tabla 54. Valores para la curva de compactación del S99.2% - PP0.8% de la calicata 1

Numero de ensayo		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	9680	10100	9810	9925
Peso molde	gr	5581	5581	5581	5581
Peso suelo húmedo compactado	gr	4099	4519	4229	4344
Volumen del molde	cm ³	2077.31	2077.31	2077.31	2077.31
Peso volumétrico húmedo	gr	1.97	2.18	2.04	2.09
Recipiente N°		29	9	4	44
Peso del suelo húmedo+tara	gr	48.13	52.88	50.91	89.21
Peso del suelo seco + tara	gr	44.78	48.79	46.74	81.09
Tara	gr	20.93	26.22	26.27	29.57
Peso de agua	gr	3.35	4.09	4.17	8.12
Peso del suelo seco	gr	23.85	22.57	20.47	51.52
Contenido de agua	%	14.05	18.12	20.37	15.76
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.73	1.84	1.69	1.81

Fuente: Elaboración propia

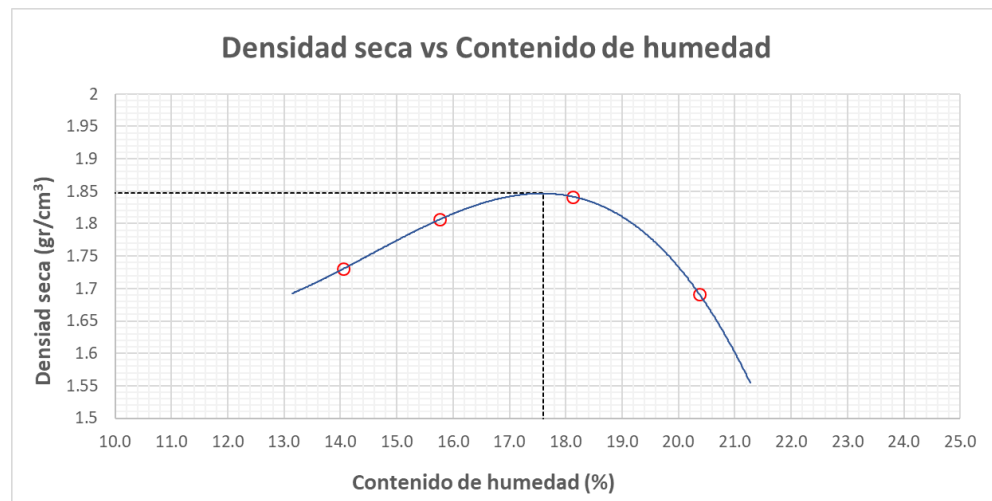


Figura 72. Curva de compactación del S99.2% - PP0.8% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

De la curva de compactación mostrada en la Figura 72 se obtiene una máxima densidad seca de 1.847 gr/cm³ y un máximo contenido de humedad de 17.60%.

Calicata 2

En la Tabla 55 se observa los porcentajes de humedad que se utilizó: 14.10% 16.08%, 18.01% y 20.24%. Con estos valores se pudo obtener las siguientes densidades: 1.74 gr/cm³, 1.81 gr/cm³, 1.84 gr/cm³ y 1.76 gr/cm³ respectivamente.

Tabla 55. Valores para la curva de compactación del S99.2% - PP0.8% de la Calicata 2

Numero de ensayo		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	9966.72	9700.85	9945.15	10095.72
Peso molde	gr	5581	5581	5581	5581
Peso suelo húmedo compactado	gr	4385.72	4119.85	4364.15	4514.72
Volumen del molde	cm ³	2077.31	2077.31	2077.31	2077.31
Peso volumétrico húmedo	gr	2.11	1.98	2.10	2.17
Recipiente N°		33	19	26	66
Peso del suelo húmedo+tara	gr	57.14	90.55	59.88	87.35
Peso del suelo seco + tara	gr	50.99	81.78	54.86	77.2
Tara	gr	20.6	19.564	23.65	20.85
Peso de agua	gr	6.15	8.77	5.02	10.15
Peso del suelo seco	gr	30.39	62.216	31.21	56.35
Contenido de agua	%	20.24	14.10	16.08	18.01
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.76	1.74	1.81	1.84

Fuente: Elaboración propia

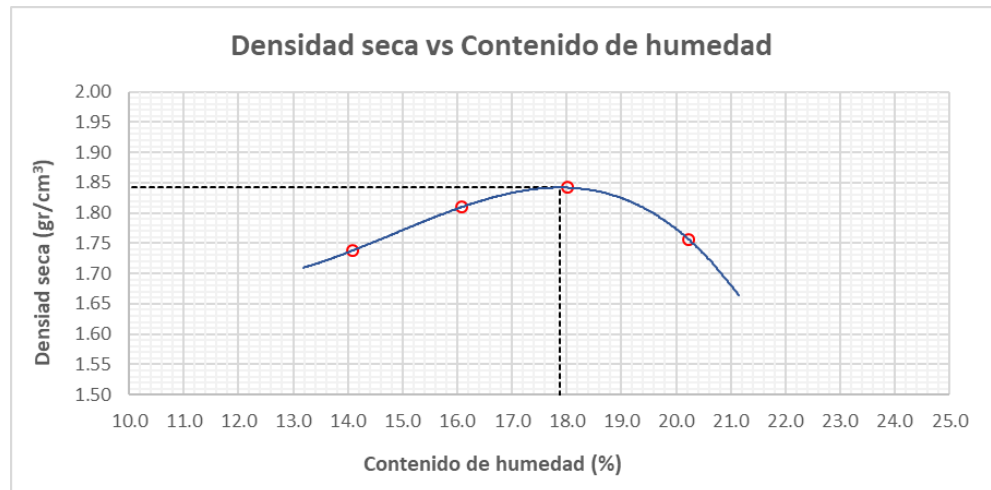


Figura 73. Curva de compactación del S99.2% - PP0.8% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

De la curva de compactación mostrada en la Figura 73 se obtiene una máxima densidad seca de 1.842 gr/cm³ y un máximo contenido de humedad de 17.9%.

4.2.5.5. CBR

Calicata 1

En la Figura 74 se observa los tres especímenes a diferentes energías considerando el contenido óptimo de humedad obtenido en el ensayo de proctor modificado.

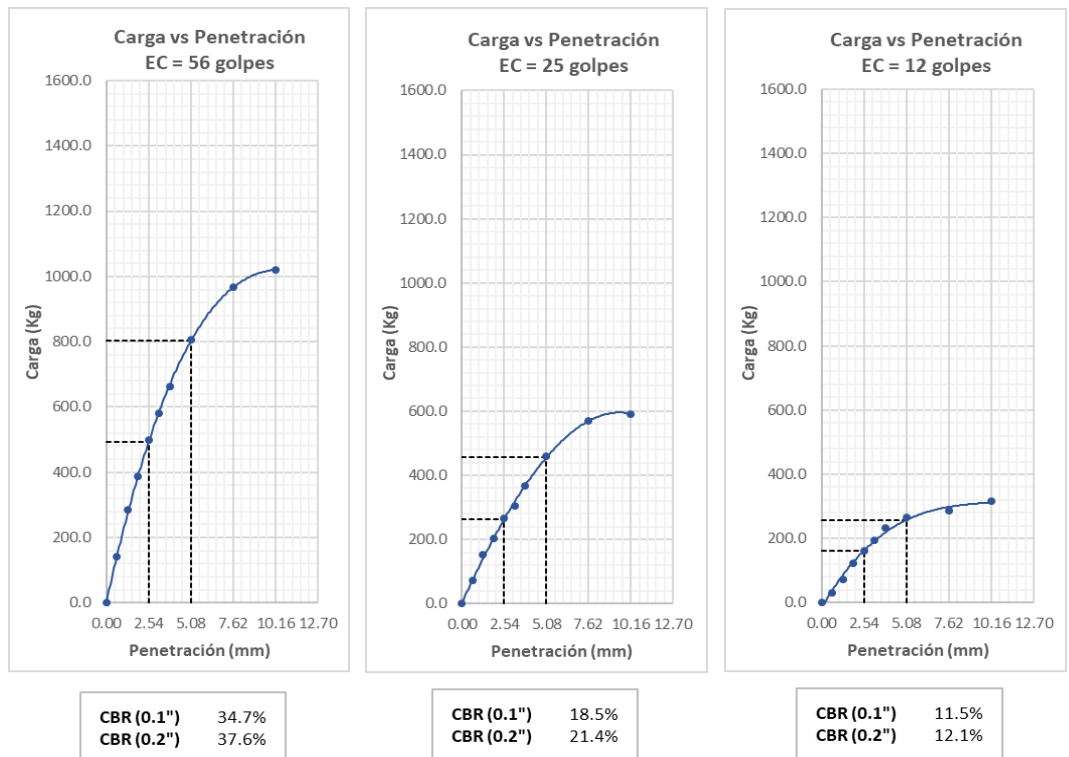


Figura 74. Curvas de carga vs Penetración del S99.2% - PP0.8% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 75 se puede describir como el CBR al 95% de la máxima densidad seca es de 12.8 % con 0.1" de penetración, de igual manera el CBR al 100% de la máxima densidad seca es de 21.7 % con 0.1" de penetración.

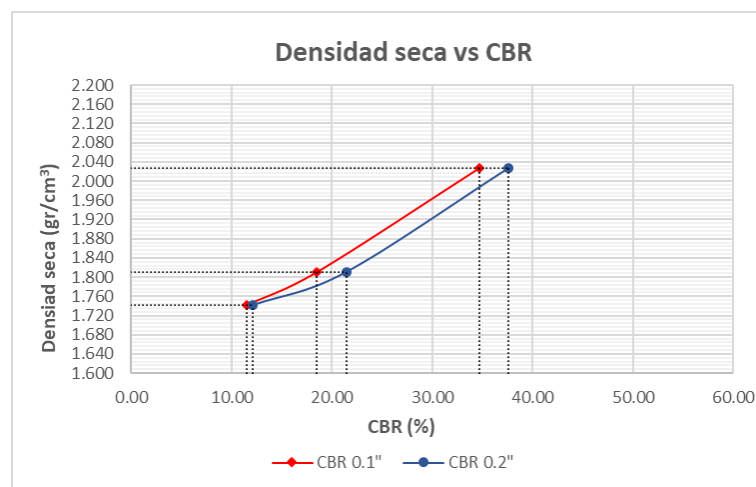


Figura 75. Curva de densidad seca vs CBR del S99.2% - PP0.8% de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

Calicata 2

En la Figura 76 se observa los tres especímenes a diferentes energías considerando el contenido óptimo de humedad obtenido en el ensayo de proctor modificado.

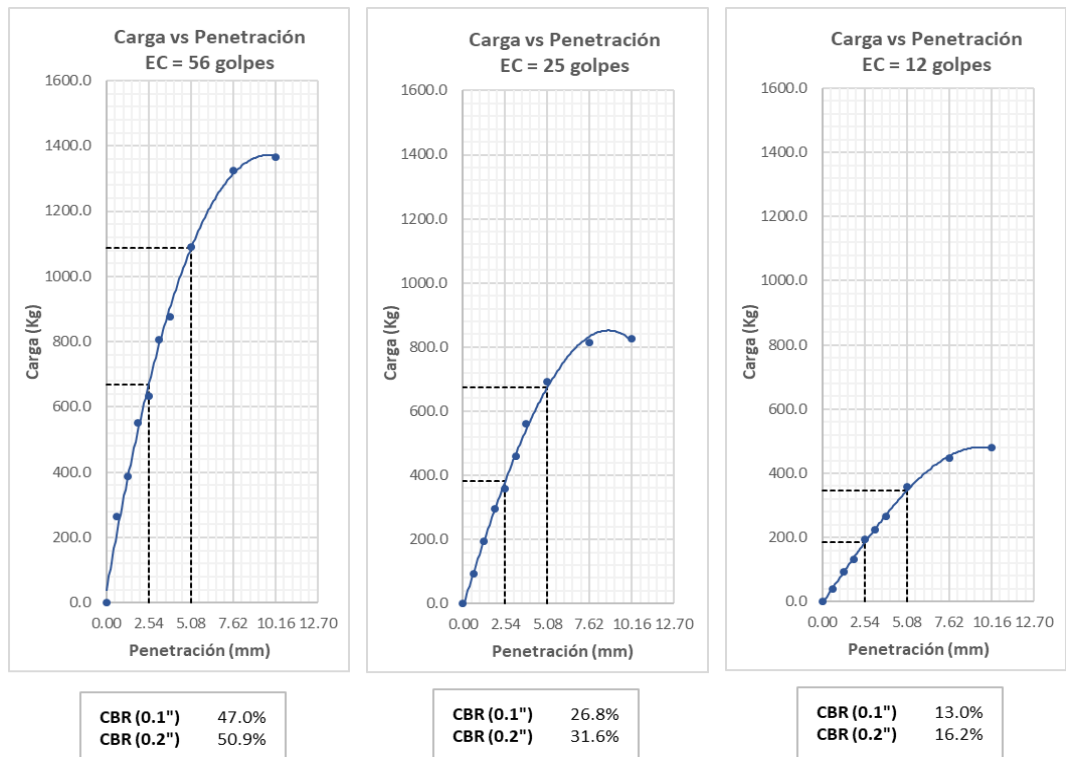


Figura 76. Curvas de carga vs Penetración del S99.2% - PP0.8% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 77 se puede describir como el CBR al 95% de la máxima densidad seca es de 14.1 % con 0.1" de penetración, de igual manera el CBR al 100% de la máxima densidad seca es de 22.7 % con 0.1" de penetración.

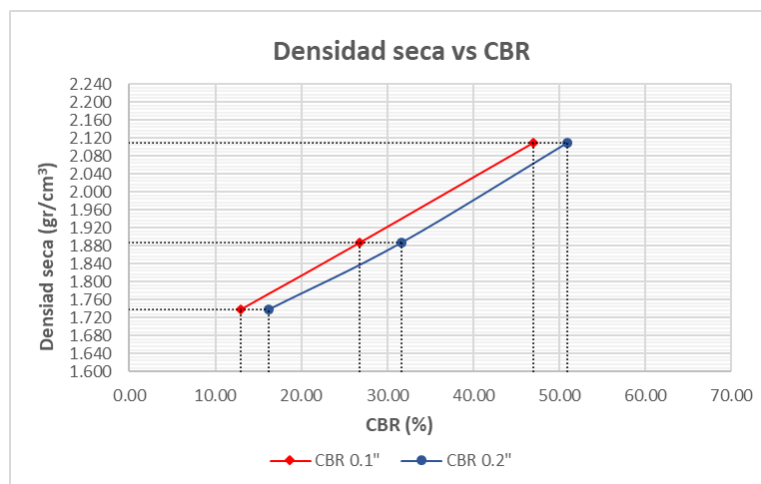


Figura 77. Curva de densidad seca vs CBR del S99.2% - PP0.8% de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

4.2.6. Precio estimado

Se recolectaron datos para estimar un precio del uso de las fibras de polipropileno por metro cuadrado como se muestra en la tabla 56

Tabla 56. Costo unitario de la fibra de PP

ESTABILIZACIÓN CON PP POR 1 m2					
Rendimiento	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial
Descripción Recurso	hh	0.5	0.0017	21.89	0.04
CAPATAZ OPERARIO	hh	1	0.0033	18.24	0.06
PEON	hh	7	0.0233	13.74	0.32
AGUA	m3		0.0247	7	0.17
MATERIAL AFIRMADO	m3		0.2	48.75	9.75
FIBRA PP	m2		1	16.16	16.16
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3	0.42	1.26
MOTOBOMBA	hm	2	0.0067	3	0.02
CAMION VOLQUETE	hm	1	0.0033	180	0.59
CAMION CISTERNA	hm	1	0.0033	180	0.59
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1	0.0033	200	0.66
RODILLO LISO	hm	1	0.0033	160	0.53
					30.16

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar se tiene un valor aproximado de 30.16 soles por metro cuadrado.

4.3. Análisis

4.3.1. Límites de consistencia

4.3.1.1. Límite líquido

Tabla 57. Valores del límite líquido unificado

Limite liquido (%)		
Grupo	Calicata 1	Calicata 2
SAN	42.4	41.6
S99.8% - PP0.2%	40.1	39.2
S99.6% - PP0.4%	38.9	37.8
S99.4% - PP0.6%	38.1	37.4
S99.2% - PP0.8%	37.9	37.1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 57, se aprecia los resultados unificados obtenidos para el límite líquido, para la calicata 1 se observa que el suelo natural presenta un límite líquido de 42.4%, mientras que para los grupos S99.8% - PP0.2%, S99.6% - PP0.4%, S99.4% - PP0.6% y S99.2% - PP0.8% los valores del límite líquido bajan considerablemente respecto al suelo natural en 40.1%, 38.9%, 38.1% y 37.9% respectivamente. En la calicata 2 se observa algo parecido, donde el suelo natural presenta un límite líquido de 41.6%, mientras que para los grupos S99.8% - PP0.2%, S99.6% - PP0.4%, S99.4% - PP0.6% y S99.2% - PP0.8% los valores del límite líquido bajan de igual manera respecto al suelo natural en 39.2%, 37.8%, 37.4% y 37.1% respectivamente.

4.3.1.2. Límite plástico

Tabla 58. Valores del límite plástico unificado

Limite plástico (%)		
Grupo	Calicata 1	Calicata 2
SAN	20.8	20.9
S99.8% - PP0.2%	21.6	22.1
S99.6% - PP0.4%	22.8	22.8

S99.4% - PP0.6%	24.3	23.5
S99.2% - PP0.8%	24.8	24.4

Fuente: Elaboración propia

Para el caso el caso del límite plástico sucede algo diferente, en la calicata 1, para el grupo S99.8% - PP0.2%, aumenta a 21.6% en comparación al grupo del SAN que tiene un valor de 20.8% y para los grupos S99.6% - PP0.4%, S99.4% - PP0.6% y S99.2% - PP0.8%, estos incrementan a 22.8%, 24.3% y 24.8% respectivamente en comparación del suelo natural. En la calicata 2 ocurre lo mismo, para el grupo S99.8% - PP0.2%, aumenta a 22.1% en comparación al grupo del SAN con valor de 20.9% y para los grupos S99.6% - PP0.4%, S99.4% - PP0.6% y S99.2% - PP0.8% incrementa a 22.8%, 23.5% y 24.4% respectivamente en relación al grupo del SAN.

4.3.1.3. Índice de plasticidad

Tabla 59. Valores del Índice de plasticidad unificado

Índice de plasticidad (%)		
Grupo	Calicata 1	Calicata 2
SAN	21.6	20.7
S99.8% - PP0.2%	18.5	17.1
S99.6% - PP0.4%	16.1	15.0
S99.4% - PP0.6%	13.8	13.8
S99.2% - PP0.8%	13.1	12.7

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 59 se observa valores del índice de plasticidad, el cual sale de la diferencia entre el LL y el LP. Los valores de la calicata 1 para una sustitución de 0.2% disminuye a 18.5% de un valor inicial del suelo natural de 21.6%, con una sustitución del 0.4%, disminuye a 16.1%, para una sustitución de 0.6% disminuye a 13.8% y para un 0.8% disminuye a 13.1%. En el caso de la calicata 2 ocurre lo mismo, ya que el valor inicial del Índice de plasticidad para el suelo natural es de 20.7% y a

medida que la sustitución con fibras de polipropileno aumenta en 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8% el IP disminuye progresivamente en 17.1%, 15.0%, 13.8%, 12.7% respectivamente.

A continuación, en las Figuras 78 y 79 se presenta los diagramas unificados del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo arcilloso natural y del suelo con adición de 0.2%, 0.4% 0.6% y 0.8% de fibra de polipropileno de la calicata 1 y de la calicata 2 respectivamente.

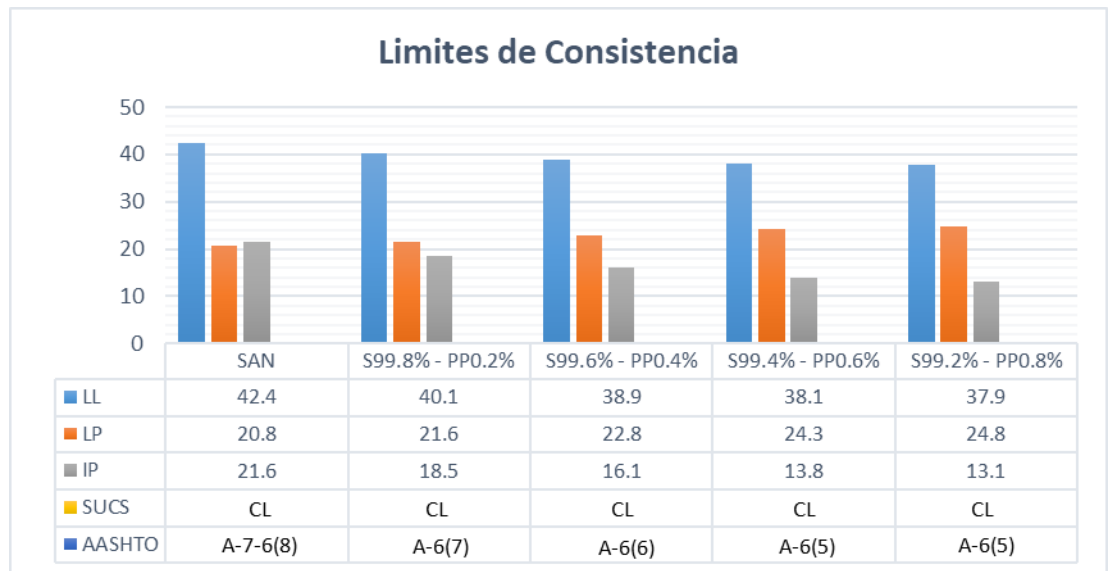


Figura 78. Diagrama de límites de consistencia de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

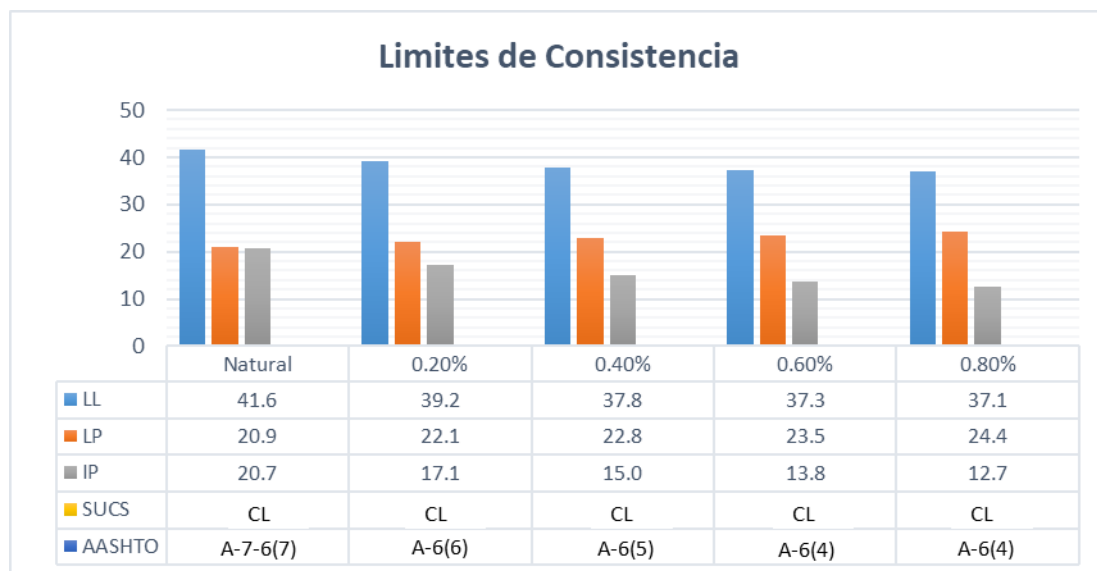


Figura 79. Diagrama de límites de consistencia de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

Al observar estos dos gráficos, se puede concluir que el Índice de plasticidad disminuye en comparación a la muestra natural, la cual referenciándonos en la norma del MTC, indica que pasaría de una plasticidad alta a una plasticidad media y para la clasificación del suelo según el índice de grupo, esta disminuye de pobre a regular en su clasificación de suelo a nivel de subrasante. También se pudo apreciar que las mezcla desde el SAN al S99.4% - PP0.6% baja el porcentaje del índice plástico de manera considerable, mientras que en la mezcla S99.2% - PP0.8% baja de una manera mínima; entonces la mezcla S99.4% - PP0.6% es la que tiene mejor comportamiento frente a las demás.

Con esto se puede deducir que se mejoró las características físicas y se empleó los límites de consistencia al utilizar el material estabilizante planteado en esta investigación.

4.3.2. Proctor modificado

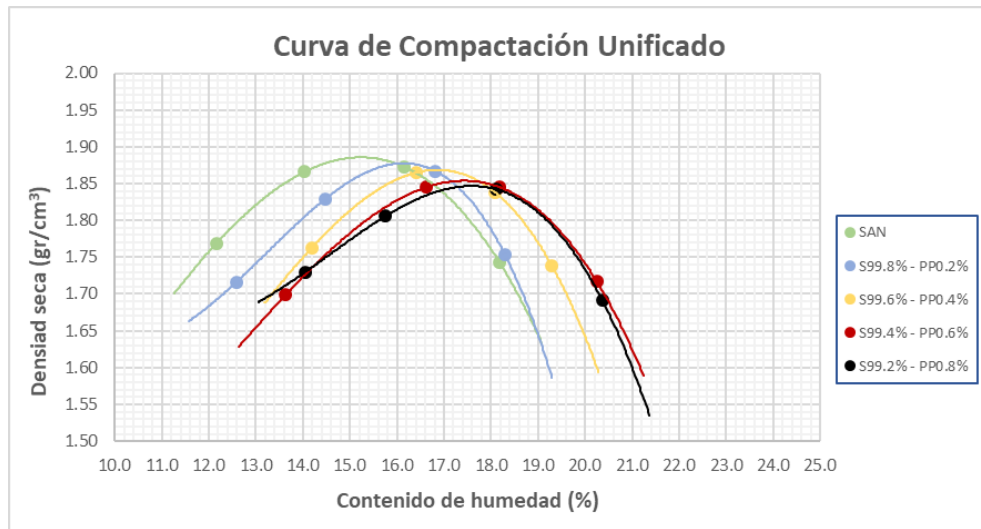


Figura 80. Diagrama de curva de compactación unificado de la calicata 1

Fuente: Elaboración propia

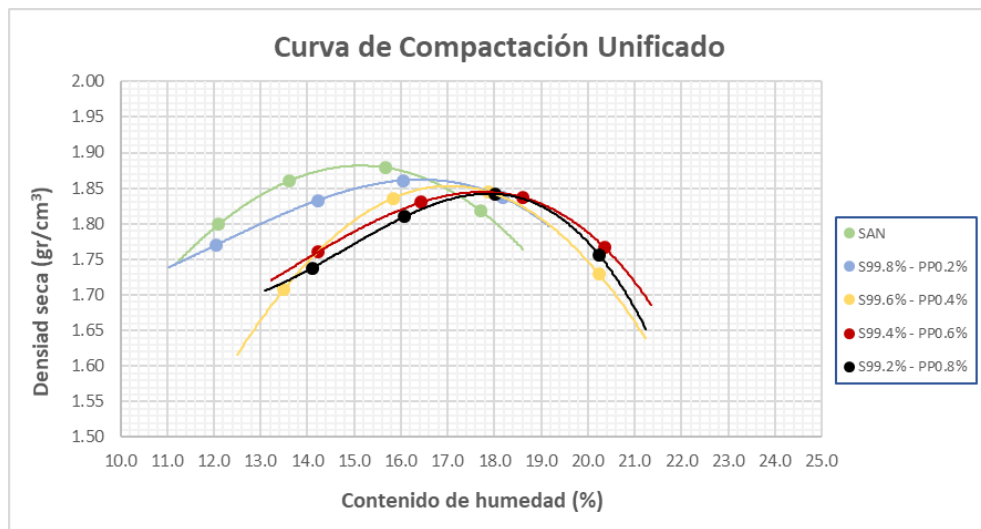


Figura 81. Diagrama de curva de compactación unificado de la calicata 2

Fuente: Elaboración propia

En las Figuras 80 y 81 se observan las curvas de compactación tanto de la calicata 1 y de la calicata 2 respectivamente según el porcentaje de mezcla para cada grupo observando que la densidad seca disminuye y el contenido de humedad aumenta en ambos casos.

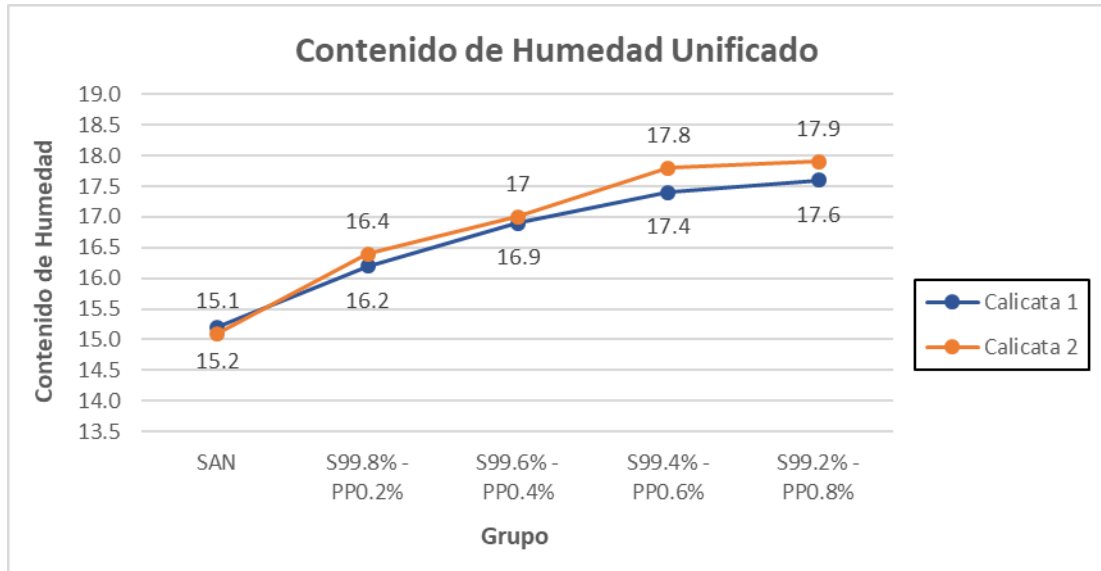


Figura 82. Diagrama de humedad óptima unificado

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 82 se puede apreciar que el óptimo contenido de humedad para la calicata 1 en las mezclas de S99.8% - PP0.2%, S99.6% - PP0.4%, S99.4% - PP0.6% y S99.2% - PP0.8% aumentan progresivamente a 16.2, 16.9, 17.4 y 17.6 respectivamente de un valor inicial de 15.1% perteneciente al suelo natural. También se puede apreciar que en la calicata 2, las mezclas de S99.8% - PP0.2%, S99.6% - PP0.4%, S99.4% - PP0.6% y S99.2% - PP0.8% aumentan a 16.4, 17.0, 17.8 y 17.9 respectivamente del suelo natural con valor de 15.2%.

El aumento progresivo del óptimo contenido de humedad. Se da debido a que las partículas del suelo son reemplazadas por fibras cuya gravedad específica es menor y que no presentan capacidad de absorción de agua, lo que supone un suelo del igual volumen, pero menor masa.

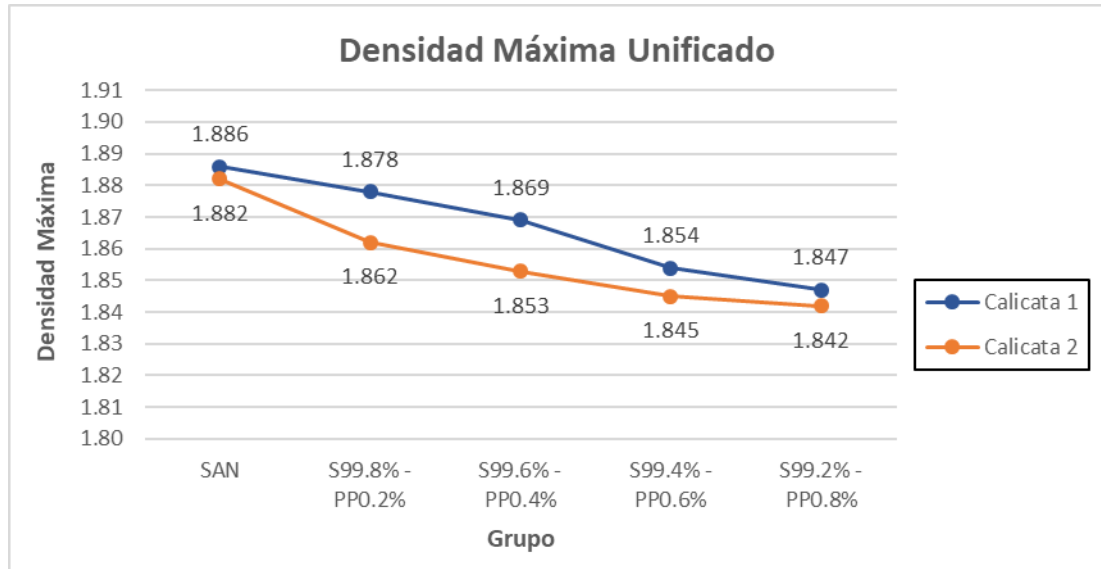


Figura 83. Diagrama de densidad máxima unificado

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 83 se puede observar que la máxima densidad seca de la calicata 1 en las mezclas S99.8% - PP0.2%, S99.6% - PP0.4%, S99.4% - PP0.6% y S99.2% - PP0.8% disminuye en 1.878, 1.869, 1.854 y 1.847 respectivamente del suelo natural. En la calicata 2, la máxima densidad seca de las mezclas S99.8% - PP0.2%, S99.6% - PP0.4%, S99.4% - PP0.6% y S99.2% - PP0.8% disminuye en 1.862, 1.853, 1.845 y 1.842 respectivamente del suelo natural.

Con los valores ya mencionados se concluyó que los valores de la densidad seca disminuyen con el aumento de las fibras de polipropileno debido a que las partículas del suelo son sustituidas por las fibras, y estas al presentar una gravedad específica menor al del suelo natural la densidad seca tiene a disminuir de esa manera. Entonces se puede

concluir que la incorporación de fibras de polipropileno mejora las características de compactación

4.3.3. CBR

Tabla 60. Valores del CBR al 95% (0.1") de la calicata 1

Calicata 1	
Grupo	CBR al 95% (0.1")
SAN	5.0
S99.8% - PP0.2%	9.0
S99.6% - PP0.4%	10.5
S99.4% - PP0.6%	11.20
S99.2% - PP0.8%	12.8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61. Valores del CBR al 95% (0.1") de la calicata 2

Calicata 2	
Grupo	CBR al 95% (0.1")
SAN	5.3
S99.8% - PP0.2%	7.3
S99.6% - PP0.4%	8.1
S99.4% - PP0.6%	10.80
S99.2% - PP0.8%	14.1

Fuente: Elaboración propia

En la Tablas 60 y 61 se detallan los valores del CBR al 95% con 0.1" de penetración del suelo natural y de las mezclas tanto de la calicata 1 como de la calicata 2 respectivamente

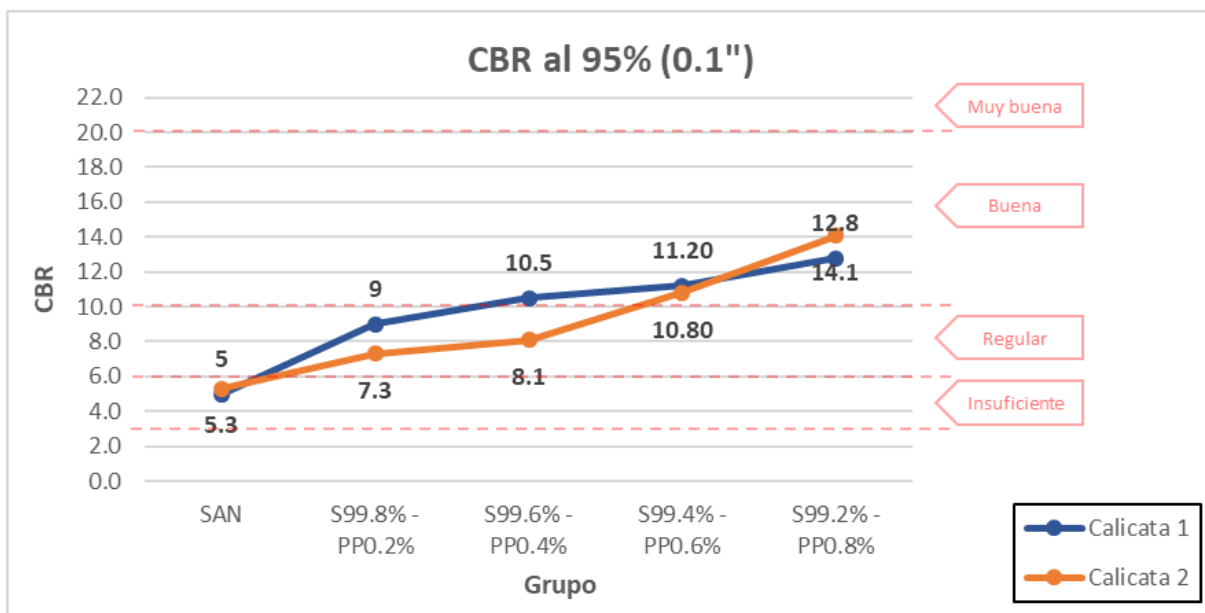


Figura 84. Diagrama del CBR al 95% (0.1") unificado

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 84 se puede apreciar que el CBR a un 95% y con una penetración de carga de 0.1" (2.54mm) incrementa tanto en la calicata 1 como en la calicata 2; en el primero se ve que parte de 5% para un suelo natural y llega al valor de 10.5% para la mezcla S99.6% - PP0.4% lo cual hace ver que se incrementó de manera considerable y en las mezclas de S99.4% - PP0.6% y S99.8% - PP0.2% el incremento es menor en referencia a las dos primeras mezclas; ahora en la calicata 2 el CBR para el suelo natural parte de 5.3% y sube a 8.1% para la mezcla S99.6% - PP0.4%, este incremento es mínimo a comparación con las dos siguientes mezclas de S99.4% - PP0.6% y S99.8% - PP0.2%, donde presentan un mayor incremento de 10.8% y 12.8% respectivamente.

Haciendo referencia al MTC (2013), donde indica que el CBR para una subrasante al ser menor que el 6% es considerado como pobre o inadecuada si es menor que el 3% y esta no debe usarse como soporte para una carretera ya que puede ser vulnerable a una erosión o deformación, en nuestro caso se aprecia que el CBR para ambas

calicatas parte de valores menores al 6%, siendo consideradas como subrasante pobres, pero a medida que se va incrementando el porcentaje de sustitución por polipropileno los valores incrementan hasta alcanzar valores mayores al 10% y según la MTC al tener valores dentro del rango del 10% al 20%, estas son consideradas como subrasante buenas, lo cual aplica en nuestro caso y concluyendo que las adición de fibras mejoró la capacidad de carga del suelo.

4.4. Prueba de hipótesis

Se trabajaron los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio a través del uso del programa IBM SPSS Statistics, ya que mediante el análisis estadístico se validaron las hipótesis planteadas.

4.4.1. Prueba de normalidad

Formulación de H_0 y H_1

H_0 : Los datos provienen de una distribución normal

H_1 : Los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 62. Prueba de normalidad - Shapiro Wilk

Variables	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Límite líquido	0,894	10	0,186
Límite plástico	0,935	10	0,498
Índice de plasticidad	0,909	10	0,277
Contenido de humedad (%)	0,906	10	0,258
Densidad máxima	0,894	10	0,188
CBR al 95% con 0,1	0,964	10	0,826

Fuente: Elaborado con el programa IBM SPSS Statistics

Regla de decisión:

Se acepta H_0 si $p\text{-valor} \geq 0,05$

Se rechaza H_0 si $p\text{-valor} < 0,05$

Conclusión: Los datos en cada una de las 6 variables si provienen de una distribución normal, debido a que el p-valor en cada caso es mayor a la significancia ($\alpha=0,0=5\%$)

4.4.2. Hipótesis específica 1

Las características físicas del suelo arcilloso, con la incorporación de fibras, presentan mejoras ante las características del suelo arcilloso en condiciones naturales en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced.

Formulación de H0 y H1

H0: No hay diferencias en el índice de plasticidad poblacional del suelo arcilloso natural y las mezclas a diferentes porcentajes de fibras de polipropileno.

H0: $\mu_1=\mu_2=\mu_3=\mu_4=\mu_5$

H1: Las medias poblacionales del índice de plasticidad poblacional del suelo arcilloso natural y las mezclas a diferentes porcentajes de fibras de polipropileno son diferentes.

Nivel de significancia: $\alpha=0,05$

Estadístico de prueba: Prueba ANOVA de un factor debido a que se tiene cinco grupos independientes, con datos normales y que cumplen la homocedasticidad.

Tabla 63. Prueba ANOVA de un factor

ANOVA					
Índice de plasticidad					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	88,254	4	22,063	53,293	0,000
Dentro de grupos	2,070	5	0,414		
Total	90,324	9			

Fuente: Elaborado con el programa IBM SPSS Statistics

Regla de decisión:

Si el $p\text{-valor} \geq 0,05$ se concluye H_0

Si el $p\text{-valor} < 0,05$ se concluye H_1

Conclusión: Para un 95% de nivel de confianza se rechaza H_0 y se acepta H_1 , es decir se acepta que: Las medias poblacionales del índice

de plasticidad poblacional del suelo arcilloso natural y las mezclas a diferentes porcentajes de fibras de polipropileno son diferentes.

Tabla 64. Prueba Tukey para comparaciones múltiples

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Índice de plasticidad

HSD Tukey

(I) Muestras	(J) Muestras	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
SAN	S998PP02	3,35000*	,64343	,018	,7689	5,9311
	S996PP04	5,60000*	,64343	,002	3,0189	8,1811
	S994PP06	7,35000*	,64343	,000	4,7689	9,9311
	S992PP08	8,25000*	,64343	,000	5,6689	10,8311
S998PP02	SAN	-3,35000*	,64343	,018	-5,9311	-,7689
	S996PP04	2,25000	,64343	,082	-,3311	4,8311
	S994PP06	4,00000*	,64343	,008	1,4189	6,5811
	S992PP08	4,90000*	,64343	,003	2,3189	7,4811
S996PP04	SAN	-5,60000*	,64343	,002	-8,1811	-3,0189
	S998PP02	-2,25000	,64343	,082	-4,8311	,3311
	S994PP06	1,75000	,64343	,181	-,8311	4,3311
	S992PP08	2,65000*	,64343	,045	,0689	5,2311
S994PP06	SAN	-7,35000*	,64343	,000	-9,9311	-4,7689
	S998PP02	-4,00000*	,64343	,008	-6,5811	-1,4189
	S996PP04	-1,75000	,64343	,181	-4,3311	,8311
	S992PP08	,90000	,64343	,654	-1,6811	3,4811
S992PP08	SAN	-8,25000*	,64343	,000	-10,8311	-5,6689
	S998PP02	-4,90000*	,64343	,003	-7,4811	-2,3189
	S996PP04	-2,65000*	,64343	,045	-5,2311	-,0689
	S994PP06	-,90000	,64343	,654	-3,4811	1,6811

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaborado con el programa IBM SPSS Statistics

Conclusión: La prueba de Tukey indica que la plasticidad del suelo arcilloso natural (SAN) difiere significativamente de las mezclas a diferentes porcentaje de fibras de polipropileno, a mayor porcentaje de fibras mejor índice de plasticidad.

4.4.3. Hipótesis específica 2

La incorporación de fibras de polipropileno a distintos porcentajes influye a las características de compactación disminuyendo la densidad seca del suelo arcilloso en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced.

Formulación de H0 y H1

H0: No hay diferencias en la media poblacional de la densidad seca del suelo arcilloso natural y las mezclas a diferentes porcentajes de fibras de polipropileno.

H0: $\mu_1=\mu_2=\mu_3=\mu_4=\mu_5$

H1: Las medias poblacionales de la densidad seca del suelo arcilloso natural y las mezclas a diferentes porcentajes de fibras de polipropileno son diferentes.

Nivel de significancia: $\alpha=0,05$

Estadístico de prueba: Prueba ANOVA de un factor debido a que se tiene cinco grupos independientes, con datos normales y que cumplen la homocedasticidad.

Tabla 65. Prueba ANOVA de un factor

ANOVA					
Densidad máxima					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,004	4	0,001	6,607	0,031
Dentro de grupos	0,001	5	0,000		
Total	0,004	9			

Fuente: Elaborado con el programa IBM SPSS Statistics

Regla de decisión:

Si el $p\text{-valor} \geq 0,05$ se concluye H_0

Si el $p\text{-valor} < 0,05$ se concluye H_1

Conclusión: Para un 95% de nivel de confianza se rechaza H_0 y se acepta H_1 , es decir se acepta que: Las medias poblacionales de la densidad seca poblacional del suelo arcilloso natural y las mezclas a diferentes porcentajes de fibras de polipropileno son diferentes

Tabla 66. Prueba Tukey para comparaciones múltiples

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Densidad máxima

HSD Tukey

(I) Muestras	(J) Muestras	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
SAN	S998PP02	,02000	,01183	,511	-,0275	,0675
	S996PP04	,03000	,01183	,219	-,0175	,0775
	S994PP06	,04500	,01183	,061	-,0025	,0925
	S992PP08	,05500*	,01183	,028	,0075	,1025
S998PP02	SAN	-,02000	,01183	,511	-,0675	,0275
	S996PP04	,01000	,01183	,905	-,0375	,0575
	S994PP06	,02500	,01183	,339	-,0225	,0725
	S992PP08	,03500	,01183	,141	-,0125	,0825
S996PP04	SAN	-,03000	,01183	,219	-,0775	,0175
	S998PP02	-,01000	,01183	,905	-,0575	,0375
	S994PP06	,01500	,01183	,720	-,0325	,0625
	S992PP08	,02500	,01183	,339	-,0225	,0725
S994PP06	SAN	-,04500	,01183	,061	-,0925	,0025
	S998PP02	-,02500	,01183	,339	-,0725	,0225
	S996PP04	-,01500	,01183	,720	-,0625	,0325
	S992PP08	,01000	,01183	,905	-,0375	,0575
S992PP08	SAN	-,05500*	,01183	,028	-,1025	-,0075
	S998PP02	-,03500	,01183	,141	-,0825	,0125
	S996PP04	-,02500	,01183	,339	-,0725	,0225
	S994PP06	-,01000	,01183	,905	-,0575	,0375

*, La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaborado con el programa IBM SPSS Statistics

Conclusión: La prueba de Tukey indica que la densidad seca del suelo natural arcilloso (SAN) difiere significativamente de las mezclas a diferentes porcentaje de fibras de polipropileno, a mayor porcentaje de fibras la densidad seca disminuye.

4.4.4. Hipótesis específica 3

La incorporación de fibras de polipropileno en el suelo arcilloso en su estado natural mejora la capacidad de soporte del suelo en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced.

Formulación de H0 y H1

H0: No hay diferencias en la capacidad de soporte poblacional del suelo arcilloso natural y las mezclas a diferentes porcentajes de fibras de polipropileno.

H0: $\mu_1=\mu_2=\mu_3=\mu_4=\mu_5$

H1: Las medias poblacionales de la capacidad de soporte poblacional del suelo arcilloso natural y las mezclas a diferentes porcentajes de fibras de polipropileno son diferentes.

Nivel de significancia: $\alpha=0,05$

Estadístico de prueba: Prueba ANOVA de un factor debido a que se tiene cinco grupos independientes, con datos normales y que cumplen la homocedasticidad.

Tabla 67. Prueba ANOVA de un factor

ANOVA

Índice de plasticidad

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	77,194	4	19,298	18,223	0,003
Dentro de grupos	5,295	5	1,059		
Total	82,489	9			

Fuente: Elaborado con el programa IBM SPSS Statistics

Regla de decisión:

Si el p-valor $\geq 0,05$ se concluye H_0

Si el p-valor $< 0,05$ se concluye H_1

Conclusión: Para un 95% de nivel de confianza se rechaza H_0 y se acepta H_1 , es decir se acepta que: Las medias poblacionales de la capacidad de soporte poblacional del suelo arcilloso natural y las mezclas a diferentes porcentajes de fibras de polipropileno son diferentes.

Tabla 68. Prueba Tukey para comparaciones múltiples

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Índice de plasticidad

HSD Tukey

(I) Muestras	(J) Muestras	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
SAN	S998PP02	-3,00000	1,02908	,148	-7,1281	1,1281
	S996PP04	-4,15000*	1,02908	,049	-8,2781	-,0219
	S994PP06	-5,85000*	1,02908	,012	-9,9781	-1,7219
	S992PP08	-8,30000*	1,02908	,003	-12,4281	-4,1719
S998PP02	SAN	3,00000	1,02908	,148	-1,1281	7,1281
	S996PP04	-1,15000	1,02908	,793	-5,2781	2,9781
	S994PP06	-2,85000	1,02908	,172	-6,9781	1,2781
	S992PP08	-5,30000*	1,02908	,019	-9,4281	-1,1719
S996PP04	SAN	4,15000*	1,02908	,049	,0219	8,2781
	S998PP02	1,15000	1,02908	,793	-2,9781	5,2781
	S994PP06	-1,70000	1,02908	,529	-5,8281	2,4281
	S992PP08	-4,15000*	1,02908	,049	-8,2781	-,0219
S994PP06	SAN	5,85000*	1,02908	,012	1,7219	9,9781
	S998PP02	2,85000	1,02908	,172	-1,2781	6,9781
	S996PP04	1,70000	1,02908	,529	-2,4281	5,8281
	S992PP08	-2,45000	1,02908	,258	-6,5781	1,6781
S992PP08	SAN	8,30000*	1,02908	,003	4,1719	12,4281
	S998PP02	5,30000*	1,02908	,019	1,1719	9,4281
	S996PP04	4,15000*	1,02908	,049	,0219	8,2781
	S994PP06	2,45000	1,02908	,258	-1,6781	6,5781

*, La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaborado con el programa IBM SPSS Statistics

Conclusión: La prueba de Tukey indica que la capacidad de soporte del suelo arcilloso natural (SAN) difiere significativamente de las meclas a diferentes porcentaje de fibras de polipropileno, a mayor porcentaje de fibras mejor capacidad de soporte.

4.5. Discusión de resultados

Del análisis de resultados se puede aseverar que las fibras de polipropileno es un material estabilizante que modifica las propiedades de los suelos cohesivos. Para evaluar las características físicas del suelo se realizó los ensayos de límites de consistencia, los valores de estos resultados se muestran en las tablas 57, 58 y 59, donde el comportamiento del límite líquido presenta una forma descendiente a medida que se incrementa la cantidad de

la fibra, esto indica que la cantidad de agua que separa el estado líquido del plástico es menor. Respecto al límite plástico se observó un comportamiento opuesto al del límite líquido, pero en el índice de plasticidad a medida que se incrementa el porcentaje de adición de fibras esta va disminuyendo, también cabe precisar que a pesar que existe una disminución considerable, esta sigue perteneciendo a la misma clasificación de plasticidad según la MTC (2014). Con estos resultados se puede inferir que las características físicas de los suelos cohesivos mejoran al añadir las fibras de polipropileno, este comportamiento también se puede contrastar con Pusari y Rodriguez (2020), donde según los resultados obtenidos en su investigación realizada en Talara, Piura, estos coinciden pero no de forma exacta, esto es debido a que aparte de las fibras de polipropileno también utilizo polvo de vidrio reciclado, otro motivo es que la dosificación propuesta por los autores hace que los límites de consistencia al llegar a un punto máximo de 7.5% de adición de mezcla este aumente considerablemente, sin embargo no es posible establecer una semejanza directa con respecto a este parámetro, pues en esta investigación solo se ha considerado proporciones de hasta 0.8% de adición de fibras, dejando así el estudio a futuras investigación con porcentajes mayores para un análisis más completo.

Para evaluar el comportamiento de las propiedades mecánicas del suelo con la adicción de fibras de polipropileno se consideró la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad determinados mediante el ensayo de proctor modificado. En la figura 82 de los análisis de resultados se evidencia que el contenido de humedad a medida que se va incrementando el porcentaje de fibras este requiere mayor cantidad de agua en comparación al suelo en su estado natural, esto señala que las mezclas con mayor porcentaje de fibra requieren mucho más agua para alcanzar su máxima densidad seca, además se aprecia según la figura 83 que a mayor porcentaje de fibras las densidades máximas disminuyen, ya que la densidad de este material es menor al del suelo natural, esto sin afectar a las otras propiedades, de igual manera esto

se constata con Arreluce y Solis (2021), donde según los resultados obtenidos en su estudio realizado en Palian, Huancayo, indica que el contenido de humedad aumenta y la densidad seca disminuye en forma constante a medida que se incrementa las fibras hasta alcanzar un porcentaje de 0.4% de adición de fibras .

De acuerdo al ensayo de CBR, las cifras obtenidas según la figura 84 se afirma que para las calicatas 1 y 2 al presentar valores iniciales de 5% y 5.3% para el suelo en su estado natural, estas se clasifican en un suelo a nivel de subrasante pobre según la MTC (2013), pero a medida que se incrementa las fibras de polipropileno el CBR tiende a aumentar hasta un valor de 14.1% y 12.8% respectivamente, clasificándolo así como un suelo a nivel de subrasante bueno, esto coincide con los valores determinados por Ruiz (2021), en el cual según los resultados obtenidos también tuvo un aumento en el CBR, pero solo un aumento ligero, esto se justifica a que la investigación uso otra fibra sintética muy parecida a la fibra planteada en este estudio y también la dosificación que usaron es diferente al nuestro.

Según la tabla 56, un precio estimado del uso de las fibras de polipropileno por metro cuadrado es de 30.16 soles, al comparar con otro estabilizante usado en el mercado como la cal según Lizarbe (2019), el precio de esta es de 28.94 soles aproximadamente; siendo por poco más económico la cal. Los precios podrían variar dependiendo de la zona, el material o la cantidad usada para la estabilización.

CONCLUSIONES

En general, la adición de fibras de polipropileno modificó las características físicas y mecánicas del suelo. Se logró cumplir con los objetivos y se concluyó lo siguiente:

- El suelo arcilloso natural evaluado se clasificó como un material (CL) arcilla arenosa de baja plasticidad según la clasificación SUCS y un suelo arcilloso regular a malo de categoría A-7-6 según la clasificación AASHTO, teniendo una baja capacidad portante e inestabilidad volumétrica, la problemática se debe a que es un suelo plástico y de mala granulometría, pero con la adición de las fibras de polipropileno se logró disminuir el índice de plasticidad del suelo, pasando de un suelo arcilloso de plasticidad alta a un suelo arcilloso de plasticidad media según la clasificación del MTC (2013).
- Según los valores obtenidos del ensayo de compactación modificada se demostró una disminución progresiva en la densidad máxima seca de las mezclas desde 1.886 gr/cm³ hasta 1.847 gr/cm³, debido a que las partículas del suelo son remplazadas por las fibras, donde estas al presentar una gravedad específica menor al del suelo natural y al no poseer capacidad de absorción de agua, hace que el suelo presente un mismo volumen, pero la masa sea menor a la inicial, disminuyendo así su densidad. Los valores en el contenido de humedad aumentan de 15.1% a 17.6% al adicionar las fibras, se logró comprobar que por teoría para hallar el contenido de humedad se divide el peso del agua entre el peso del suelo, al emplear las fibras de polipropileno, estas desplazan al suelo por lo que el peso del suelo disminuye, esto hace que la relación agua/suelo aumente y esto se observa en la presente investigación.
- Los resultados muestran que las fibras de polipropileno mejoran las propiedades mecánicas de la subrasante, puesto que el CBR al 95% se incrementó de 5.0% (suelo patrón) a 12.8% (S99.2% - PP0.8%), debido a que el polipropileno es un material resistente y al mezclarla con el suelo hace que tenga una mayor fricción y por ende una mayor resistencia al corte, pasando de tener una clasificación de

suelo a nivel de subrasante pobre a un nivel de subrasate bueno según el manual de carreteras del MTC.

- La dosificación adecuada para la incorporación de fibras de polipropileno a nivel de subrasante que alcanzó mayor porcentaje de mejoramiento de la densidad y CBR es la mezcla de S99.4% - PP0.6%, ya que es la que tuvo mejor comportamiento en comparación al resto de mezclas.

RECOMENDACIONES

- Evaluar el comportamiento del suelo incorporando mayores porcentajes de fibras de polipropileno al planteado en esta investigación con la finalidad de identificar un porcentaje límite de fibras adicionadas.
- Se recomienda combinar estas fibras sintéticas con fibras naturales para reducir costos y contribuir con el medio ambiente.
- Se recomienda tener en cuenta las ventajas económicas frente a los demás tipos de estabilizaciones que recomienda la normativa del MTC.
- Es necesario realizar más investigaciones sobre la incorporación de fibras de polipropileno para estabilizaciones a nivel de subrasante y con otros tipos de suelos, ya que en nuestra región existe una variedad de suelos y así obtener más información para el uso de mejoramiento de suelos y obtener la dosificación adecuada para cada tipo de suelo.
- Los resultados de la adición de fibra de polipropileno en el suelo en esta investigación son en condiciones de laboratorio, se recomienda realizar ensayos en campo para afirmar que se obtienen los mismos resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahmad, Fauziah, Bateni, Farshid y Azmi, Mastura. 2010. *Performance evaluation of silty sand reinforced with fibres*. Malaysia: Elsevier, Vol. 28 (1), 2010.

Akbulut, Suat, Arasan, Seracettin y Kalkan, Ekrem. 2007. *Modification of clayey soils using scrap tire rubber and synthetic fibers*. Turkey: Applied Clay Science, Vol. 1 (1), 2007.

Alva, Jorge. 2007. *Diseño de Cimentaciones*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia, 2007.

Alvarez, Anthony y Sosa, Jose. 2020. *Mejoramiento de las propiedades mecanicas de un suelo arcilloso de alta plasticidad del Caserio Bello Horizonte, distrito de Curimaná, departamento de Ucayali, adicionando pet reciclado*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2020.

Arreluce, Sebastian y Solis, Grecia. 2021. *Incorporación de fibras de polipropileno como método de reforzamiento de suelos arcillosos en Palian - Huancayo*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2021.

Asociacion Española de la Carretera. 2011. Wikivia. Wikivia. [En línea] Wikivia, 25 de Julio de 2011. [Citado el: 25 de 07 de 2021.] <http://www.wikivia.org/wikivia/index.php?title=Portada>.

Bahar, R, Benazzoug, M y Kenai, S. 2004. *Performance of compacted cement-stabilised soil*. Argelia: Elsevier, Vol. 26 (7), 2004.

Braja, Das. 2010. *Fundamentos de Ingenieria Geotecnica*. Mexico: Ediciones OVA, 2010.

Braja, Das. 2001. *Fundamentos de Ingeniería Geotecnica*. México: International Thomson, 2001.

Braja, Das. 2015. *Fundamentos de Ingenieria Geotecnica*. México: Cengage Learning Editores, S.A., 2015.

Cabezas, Erick y Serrato, Yesica. 2019. *Evaluacion de la resistencia de un suelo grueso reforzado con fibras de coco(cocotero, cocos nucifera)*. Cundinamarca: Universidad Piloto de Colombia Seccional de Alto Magdalena, 2019.

Carrasco, Sergio. 2007. *Metodologia de la Investigacion Cientifica*. Lima: San Marcos E.I.R.L., 2007.

Carrillo, Carlos. 2018. *Estudio de la inclusion de fibras PET en el reforzamiento de suelos cohesivos para terraplenes de obras viales, La Libertad 2018*. Trujillo: Universidad Privada de Trujillo, 2018.

Celi, Kevin. 2021. *Estabilización de suelos granulares de subrasante con finos de tereftalato de polietileno (PET), polipropileno (PP) y polietileno (PE).* Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2021.

Crespo, Carlos. 1980. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. Monterrey: Limusa Noriega Editores, 1980.

Duque, Gonzalo y Escobar, Enriique. 2002. *Mecánica de suelos*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2002.

Estabragh, AR, Ranjbari, S y Javadi, AA. 2018. *Properties of Clay Soil and Soil Cement Reinforced with Polypropylene Fiber*. Devon: ACI Materials Journal, 2018.

Flórez, Carlos, y otros. 2008. *Estabilización química de suelos expansivos de San José de Cúcuta (Colombia) usando cenizas volantes*. San José de Cúcuta: Fundación Dialnet, Vol. 13 (2), 2008.

González, Omar, Iglesias, Ciro y Herrera, Miguel. 2009. *Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola*. La Habana: Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 18 (2), 2009.

Gonzales de Vallejo, Luis, y otros. 2002. *Ingeniería geológica*. Madrid: Prentice hall, 2002.

Gomez, Luis y Guillin, William. 2015. *Determinación de la variación de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos compresibles en condición natural y estabilizados con cementantes*. Ocaña: Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, 2015.

Hernández, Roberto, Fernández, Roberto y Baptista, Pilar. 2014. *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill Education, 2014.

Juan de Dios, Junior. 2018. *Análisis de las propiedades mecánicas de la subrasante aplicando cal hidratada en suelos cohesivos, Cantoral - San Juan de Lurigancho, 2018*. Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018.

Juárez, Eulalio y Rico, Alonso. 2005. *Fundamentos de Mecánica de Suelos*. México: Limusa, 2005.

Lambe, William y Whitman, Robert. 2004. *Mecánica de suelos*. México: Editorial Limusa S.A., 2004.

Lizarbe, Hemerson. 2019. *Metodologías de estabilización de suelos arcillosos en la construcción de carreteras*. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, 2019.

Mendoza, Carlos, Aire, Carlos y Dávila, Paula. 2011. *Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido*. México: Scielo, Vol. 2 (2), 2011.

MTC. 2016. *Manual de ensayo de materiales*. Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016.

MTC. 2013. *Suelos, Geología, geotecnia y pavimentos*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2013.

Norma CE. 0.20. 2018. *Estabilizacion de suelos y taludes*. Lima: Ministerio de Vivienda, 2018.

Norma Tecnica E.050. 2018. *Suelos y cimentaciones*. Lima: Ministerio de Vivienda, 2018.

Parra, Manuel. 2018. *Estabilizacion de un suelo con cal y ceniza volante*. Bogota D.C: Universidad Catolica de Colombia , 2018.

Peck, Ralph, Hanson, Walter y Thornburn, Thomas. 1998. *Ingenieria de Cimentaciones*. México: Limusa Noriega Editores, 1998.

Pusari, Oscar y Rodriguez, Joa. 2020. *Estudio experimental del mejoramiento de las propiedades de resistencia al corte de un suelo expansico con polvo de vidrio reciclado y fibras de polipropileno en la ciudad de Talara, departamento de Piura*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2020.

Ramos, Gabriel. 2014. *Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polimero reciclados en carreteras, Paucará Huancavelica 2014*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro , 2014.

Redacción Geoquantics. 2020. *Geoquantics. Geoquantics*. [En línea] Geoquantics, 5 de Febrero de 2020. [Citado el: 24 de Julio de 2021.] <https://geoquantics.com/2020/02/05/esfuerzo-cortante-suelos/>.

Rico, Alfonso y Del Castillo, Hermilo. 1992. *Consideraciones sobre compactacion de suelos en obras de infraestructura de transporte*. Mexico: Instituto Mexicano del Transporte, 1992.

Rimachi, Ivan y Sánchez, Robert. 2019. *Estabilización de suelos con adición de ceniza de cáscara de coco al 0.5%, 1.5%, 3%, 5% y 8%, a nivel de subrasante en el sector de Lampanin Distrito de Cáceres del Perú Provincia del Santa, Ancash – 2019*. Chimbote: Universidad César Vallejo, 2019.

Rivera, Jhonathan, y otros. 2020. *Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente*. Cali: Informador Tecnico, Vol. 84 (2), 2020.

Rodriguez, Jose , Serra, Jesus y Oteo, Carlos. 1995. *Curso aplicado de cimentaciones*. Madrid: COAM, 1995.

Rosales, David. 2014. *Mejoramiento de suelos expansivos mediante inclusiones de fibras*. México: Universidad Autonoma de Querétaro, 2014.

Rosetti, Rubén y Begliardo, Hugo. 2005. *Generalidades sobre compactacion de suelos*. Rafaela: Universidad Tecnologica Nacional , 2005.

Ruano, D. 2012. *Estabilización de suelos cohesivos por medio de arenas volcanicas y cal viva*. Guatemala: Universidad San Carlos Guatemala, 2012.

Ruiz, Dany. 2021. *Aplicacion de la bolsa de polietileno fundido reciclado en la estabilizacion de la subrasante de la Provincia de Chupaca - Junin*. Huncayo: Universidad Peruana los Andes, 2021.

Sáez, Inmaculada. 2017. Slideplayer. [En línea] 2017. [Citado el: 04 de Agosto de 2021.] <https://slideplayer.es/slide/11506221/>.

Sánchez, Hugo y Reyes, Carlos. 2017. *Metodologia y diseños en la investigacion cientifica*. Lima: Business Support Aneth S.R.L, 2017.

Shivanand, Mali y Baleshwar, Singh. 2014. *Strength Behaviour of Cohesive Soils Reinforced with Fibers*. India : Revista Internacional de Investigación en Ingeniería Civil, Vol. 5 (4), 2014.

Skempton y Hutchison. 1969. *Stability of Natural Slopes and Embankment Founfatios*. Mexico: State of the art, 1969.

Soğancı, Ali. 2015. *The Effect of Polypropylene Fiber in the Stabilization of Expansive Soils*. Virginia: International Journal of Geological and Environmental Engineering, Vol. 9 (8), 2015.

Suarez, Jaime. 1998. *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucamaranga: Ingeniería de Suelos Ltda, 1998.

Tang, Chao-Sheng, y otros. 2007. *Strength and mechanical behavior of short polypropylene fiber reinforced and cement stabilized clayey soil*. Nanjing: Elsevier, Vol. 25 (3), 2007.

Tarbuck, Edward. 2005. *Ciencias de la Tierra*. Madrid: Pearson Prentice Hall, 2005.

Vettorelo, Paula y Clariá, Juan. 2014. *Suelos reforzados con fibras: Estado del arte y aplicaciones*. Córdoba: Revista FCWFYN, Vol. 1 (1), 2014.

Villalaz, R. 2004. *Principales tipos de suelo*. México: Limusa, 2004.

ANEXOS

ANEXO 1: PANEL FOTOGRAFICO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Fotografía 1. Cuarteo de la muestra



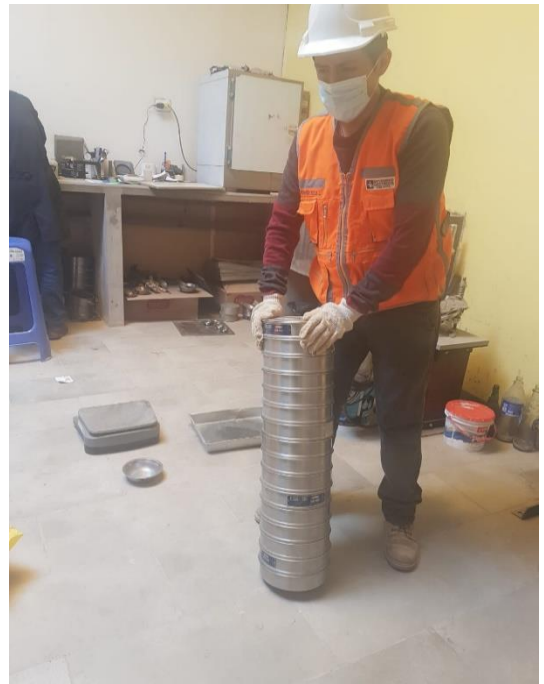
Fotografía 2. Pesado de la muestra



Fotografía 3. Lavado de la muestra



Fotografía 4. Tamizaje de la muestra 1



Fotografía 5. Tamizaje de la muestra 2



Fotografía 6. Granulometría de la muestra 1



Fotografía 7. Granulometría de la muestra 2

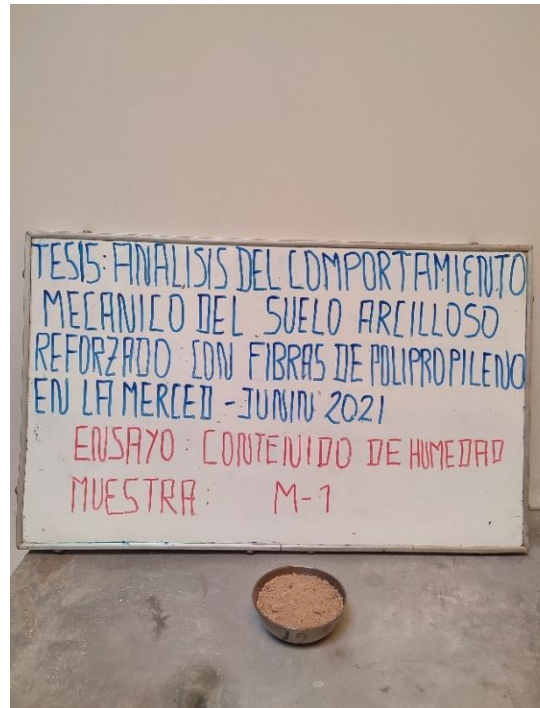


DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO HUMEDAD

Fotografía 8. Colocación de la muestra en el horno



Fotografía 9. Muestra 1 retirada del horno



DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO

Fotografía 10. Mezcla del suelo y la fibra de polipropileno



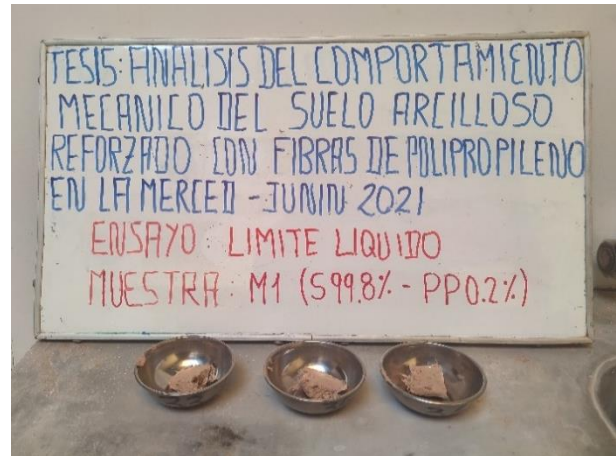
Fotografía 11. Uso de la Copa de Casagrande



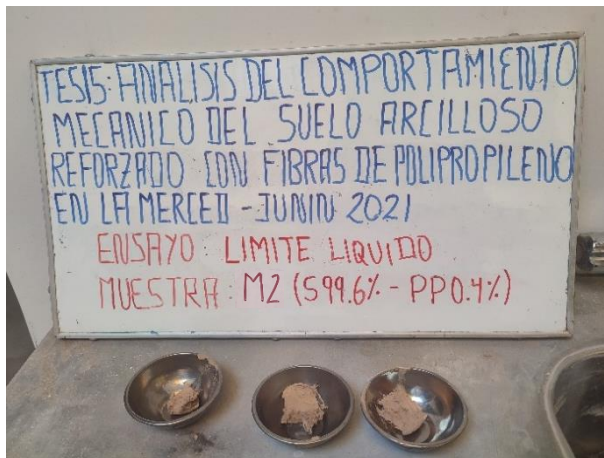
Fotografía 12. Colocación de la muestra en el horno



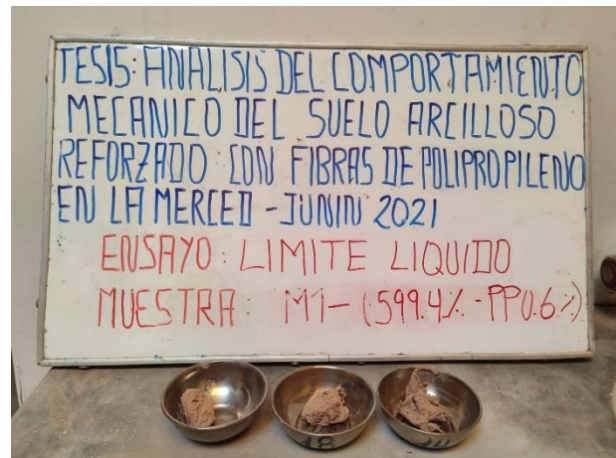
Fotografía 13. Límite Líquido de la muestra 1



Fotografía 14. Límite Líquido de la muestra 2



Fotografía 15. Límite Líquido de la muestra 1



DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO

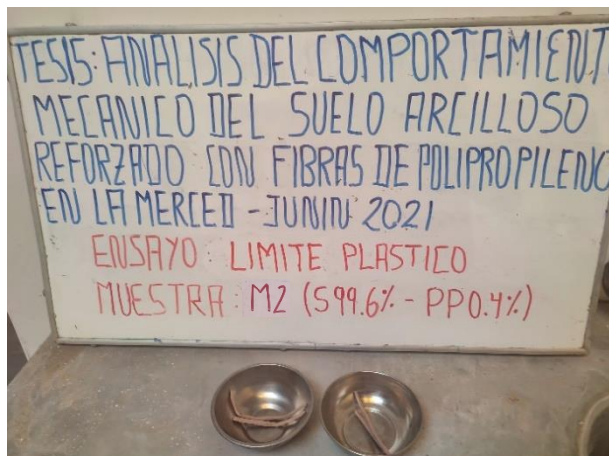
Fotografía 16. Comprobando la plasticidad



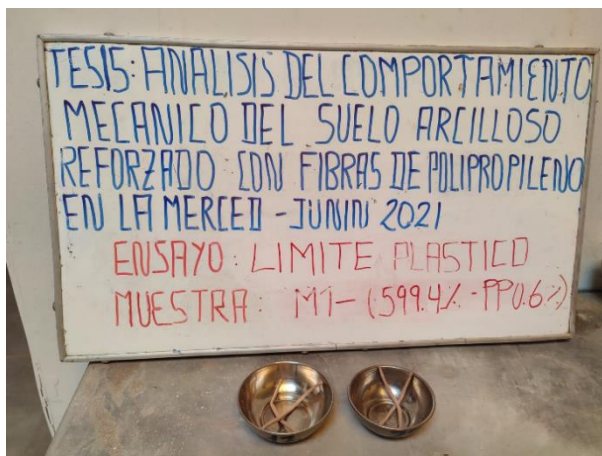
Fotografía 17. Límite Plástico de la muestra 1



Fotografía 18. Límite Plástico de la muestra 2



Fotografía 19. Límite Plástico de la muestra 1



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Fotografía 20. Mezcla del suelo y la fibra de polipropileno



Fotografía 21. Agregando muestra al molde



Fotografía 22. Compactando la muestra



Fotografía 23. Retirando collar del molde



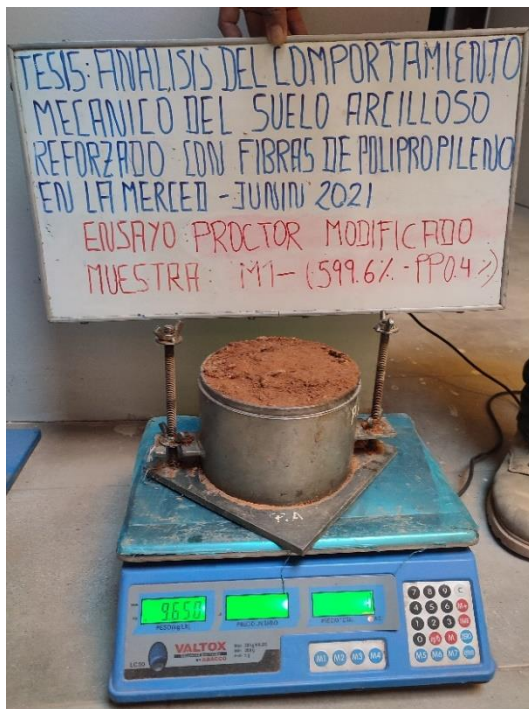
Fotografía 24. Enrasado de la muestra



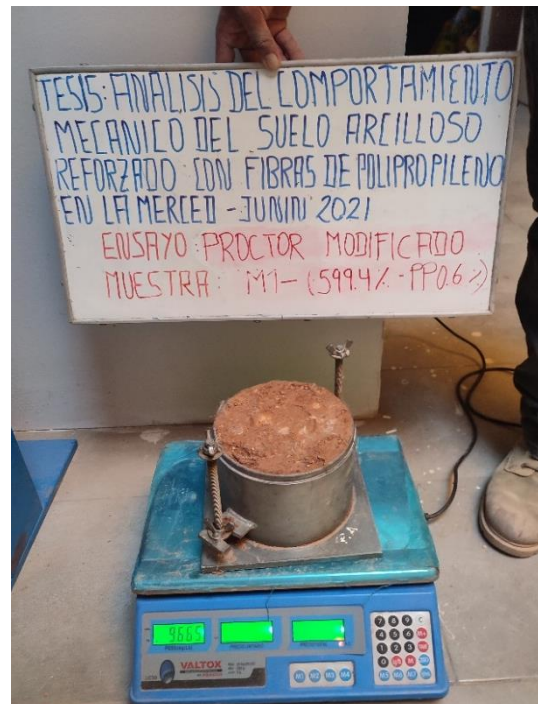
Fotografía 25. Adherencia de la fibra al suelo



Fotografía 26. Pesado de la muestra 1 con el molde



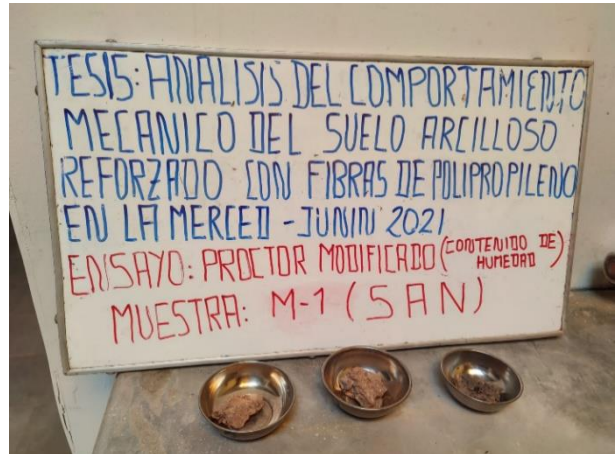
Fotografía 27. Pesado de la muestra 1 con el molde



Fotografía 28. Muestra llevada al horno



Fotografía 29. Muestra 1 retirada del horno

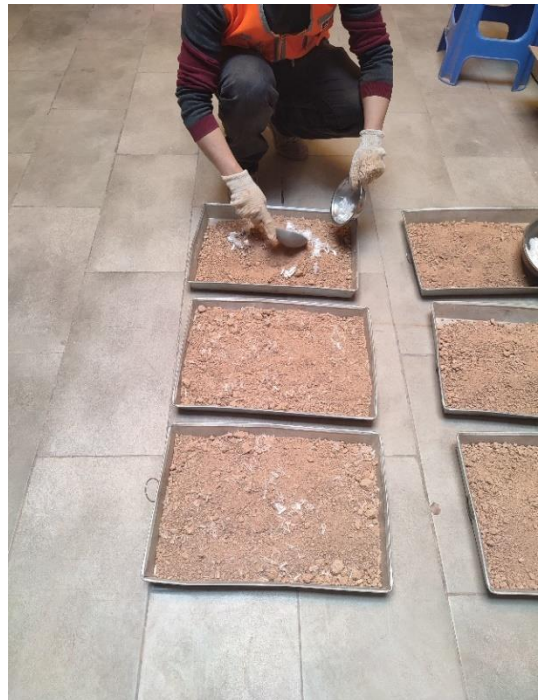


ENSAYO DE CBR

Fotografía 30. Suelo y fibra listo para mezclar



Fotografía 31. Mezclado del suelo y fibra



Fotografía 32. Agregando muestra al molde



Fotografía 33. Compactando la muestra



Fotografía 34. Enrasado de la muestra



Fotografía 35. Medición de expansión de la muestra 1



Fotografía 36. Medición de expansión de la muestra 2



Fotografía 37. Uso de la máquina para ensayo de CBR



Fotografía 38. Uso de la máquina para ensayo de CBR



Fotografía 39. Ensayo de CBR en la muestra 1



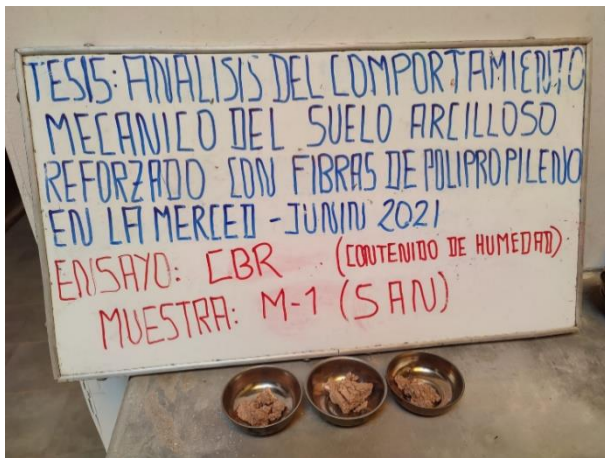
Fotografía 40. Ensayo de CBR en la muestra 1



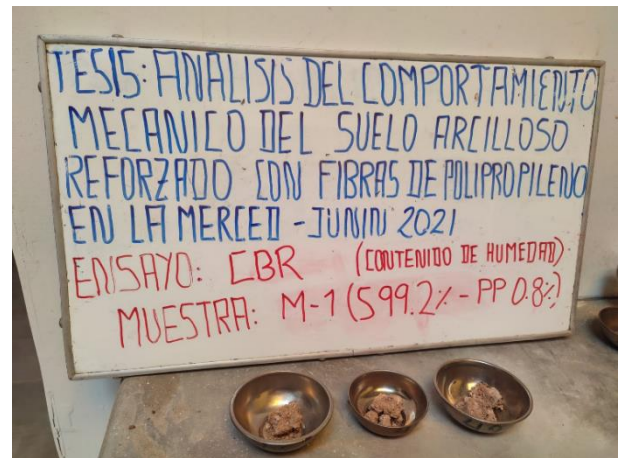
Fotografía 41. Colocación de la muestra en el horno



Fotografía 42. Muestra 1 retirada del horno



Fotografía 43. Muestra 1 retirada del horno



ANEXO 2: CERTIFICADOS DE LOS ENSAYOS

		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS							
REGISTRO DE EXCAVACIÓN									
CALICATA : C - 01									
PROYECTO	"ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"								
SOLICITANTE	Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solis Leon			REVISADO	S.S.S.				
UBICACIÓN	San Luis de Shuaro - La Merced			FECHA DE EXCAVACIÓN	07/09/2021				
COORDENADAS	E: 0468444.120 N: 8796294.090			PROFUNDIDAD (m)	1.50 m.				
PROF. (m)	B R A S I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; índice de plasticidad/ compresibilidad; grado de compactación/ consistencia / contenido de humedad / color Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de bolones / cantos, etc.	SUCS	% de suelo	% de bolones	Unidades de consistencia			N° DE MUESTRA
						humedad natural			
						L.L. %	U.P. %	N.L. %	
0.00		PRESENCIA DE TERRENO AGRICOLA CON PRESENCIA DE RAICES Y BOLONERIAS MEDIANAS	PT						
1.25		ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD, CON INDICE DE PLASTICIDAD MEDIA, CON CONTENIDO DE HUMEDAD BAJA, DE COMPACTACION SUELTA. COLOR MARRON ROJIZO, CON PRESENCIA DE PIEDRAS ANGULARES	CL	95%	5%	39.50%	18.40%	5.28%	
1.50									
									
Referencias NTP 339.150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-transecto" NTP 339.136 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"									
  Stevens A. Sanabria Sosa INGENIERO CIVIL CIP. 204003									
(511) 986901815 geosciencesas@Outlook.com Jr. Arcuipa Mz. 50 Lot. 05 A.H. La Victoria - Huancayo - El Tambo									



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C - 02

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

SOLICITANTE : Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solis Leon

UBICACIÓN : San Luis de Shuaro - La Merced

COORDENADAS : E: 0468496.890 N: 8796273.520

REVISADO : S.S.S.

FECHA DE EXCAVACIÓN : 07/09/2021

PROFUNDIDAD (m) : 1.50 m.

PROF. (m)	URAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; índice de plasticidad/ compresibilidad, grado de compactad/ consistencia / contenido de humedad / color Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleros / cantos, etc.	SUCS	% de suelo	% de bolones	Límites de consistencia			N° DE MUESTRA
						humedad natural			
						LL %	LP %	HL %	
0.00		PRESENCIA DE TERRENO AGRICOLA CON PRESENCIA DE RAICES Y BOLONERIAS MEDIANAS	PT						0.10
0.50		ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD, CON INDICE DE PLASTICIDAD MEDIA, CON CONTENIDO DE HUMEDAD BAJA, DE COMPACTAD SUELTA, COLOR MARRON ROJIZO, CON PRESENCIA DE PIEDRAS ANGULARES	CL	95%	5%	41.60%	20.90%	4.67%	0.20
1.00									0.30
1.50									0.40
2.00									0.50
2.50									0.60
3.00									0.70
3.50									0.80
4.00									0.90
4.50									1.00
5.00									1.10
5.50									1.20
6.00									1.30
6.50									1.40
7.00									1.50
7.50									1.60
8.00									1.70
8.50									1.80
9.00									1.90
9.50									2.00
10.00									2.10
10.50									2.20
11.00									2.30
11.50									2.40
12.00									2.50
12.50									2.60
13.00									2.70
13.50									2.80
14.00									2.90
14.50									3.00
15.00									3.10
15.50									3.20
16.00									3.30
16.50									3.40
17.00									3.50
17.50									3.60
18.00									3.70
18.50									3.80
19.00									3.90
19.50									4.00
20.00									4.10
20.50									4.20
21.00									4.30
21.50									4.40
22.00									4.50
22.50									4.60
23.00									4.70
23.50									4.80
24.00									4.90
24.50									5.00
25.00									5.10
25.50									5.20
26.00									5.30
26.50									5.40
27.00									5.50
27.50									5.60
28.00									5.70
28.50									5.80
29.00									5.90
29.50									6.00
30.00									6.10
30.50									6.20
31.00									6.30
31.50									6.40
32.00									6.50
32.50									6.60
33.00									6.70
33.50									6.80
34.00									6.90
34.50									7.00
35.00									7.10
35.50									7.20
36.00									7.30
36.50									7.40
37.00									7.50
37.50									7.60
38.00									7.70
38.50									7.80
39.00									7.90
39.50									8.00
40.00									8.10
40.50									8.20
41.00									8.30
41.50									8.40
42.00									8.50
42.50									8.60
43.00									8.70
43.50									8.80
44.00									8.90
44.50									9.00
45.00									9.10
45.50									9.20
46.00									9.30
46.50									9.40
47.00									9.50
47.50									9.60
48.00									9.70
48.50									9.80
49.00									9.90
49.50									10.00
50.00									10.10
50.50									10.20
51.00									10.30
51.50									10.40
52.00									10.50
52.50									10.60
53.00									10.70
53.50									10.80
54.00									10.90
54.50									11.00
55.00									11.10
55.50									11.20
56.00									11.30
56.50									11.40
57.00									11.50
57.50									11.60
58.00									11.70
58.50									11.80
59.00									11.90
59.50									12.00
60.00									12.10
60.50									12.20
61.00									12.30
61.50									12.40
62.00									12.50
62.50									12.60
63.00									12.70
63.50									12.80
64.00									12.90
64.50									13.00
65.00									13.10
65.50									13.20
66.00									13.30
66.50									13.40
67.00									13.50
67.50									13.60
68.00									13.70
68.50									13.80
69.00									13.90
69.50									14.00
70.00									14.10
70.50									14.20
71.00									14.30
71.50									14.40
72.00									14.50
72.50									14.60
73.00									14.70
73.50									14.80
74.00									14.90
74.50									15.00
75.00									15.10
75.50									15.20
76.00									15.30
76.50									15.40
77.00									15.50
77.50									15.60
78.00									15.70
78.50									15.80
79.00									15.90
79.50									16.00
80.00									16.10
80.50									16.20
81.00									16.30
81.50									16.40
82.00									16.50
82.50									16.60
83.00									16.70
83.50									16.80
84.00									16.90
84.50									17.00
85.00									17.10
85.50									17.20
86.00									17.30
86.50									17.40
87.00									17.50
87.50									17.60
88.00									17.70
88.50									17.80
89.00									17.90
89.50									18.00
90.00									18.10
90.50									18.20
91.00									18.30
91.50									18.40
92.00									18.50
92.50									18.60
93.00									18.70
93.50									18.80
94.00									18.90
94.50									19.00
95.00									19.10
95.50									19.20
96.00									19.30
96.50									19.40
97.00									19.50
97.50									19.60
98.00									19.70
98.50									19.80
99.00									19.90
99.50									20.00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)

REALIZADO POR : H.C.S

REVISADO POR : S.S.S.

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

Fecha: 08/09/2021

UBICACIÓN : San Luis de Shuaro - La Merced

SOLICITANTE : Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solis Leon

I. Datos Generales

CALICATA : C-01 (SAN)

PROFUND. : 0.20-1.50 m.

COORDENADAS : 468444.12 E - 8796294.09 N

MUESTRA : M - 1

PESO INICIAL SECO : 202.08 gr.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL GRUESO, FINO Y GLOBAL
MTC E 204 - 2016

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200				
2 1/2"	60.350				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
1/4"	6.350				100.0
N° 4	4.750	2.21	1.1	1.1	98.9
N° 8	2.360	7.24	3.6	4.7	95.3
N° 10	2.000	2.82	1.4	6.1	93.9
N° 16	1.190	15.36	7.6	13.7	86.3
N° 20	0.840	11.32	5.6	19.3	80.7
N° 30	0.600	8.27	4.1	23.4	76.6
N° 40	0.425	10.20	5.0	28.4	71.6
N° 50	0.300	8.62	4.3	32.7	67.3
N° 80	0.177	11.74	5.8	38.5	61.5
N° 100	0.150	3.45	1.7	40.2	59.8
N° 200	0.075	15.75	7.8	48.0	52.0
< N° 200	FONDO	105.10	52.0	100.0	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
MTC E 108 - 2016

Peso del Recipiente + Suelo Húmedo	(g)	125.82
Peso del Recipiente + Suelo Seco	(g)	120.95
Peso del Agua	(g)	4.87
Peso del Recipiente	(g)	28.71
Peso de Suelo Seco	(g)	92.24
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	5.28

FRACCIONES DE GRAVA, ARENA Y FINOS DE MUESTRA ENSAYO

Tamaño Máximo	(mm-pulg)	1/4"
Porcentaje de Grava 3" > N° 4	(%)	1.1
Porcentaje de Arena N° 200 < N° 4	(%)	46.9
Porcentaje que Pasa la Malla N° 200	(%)	52.0

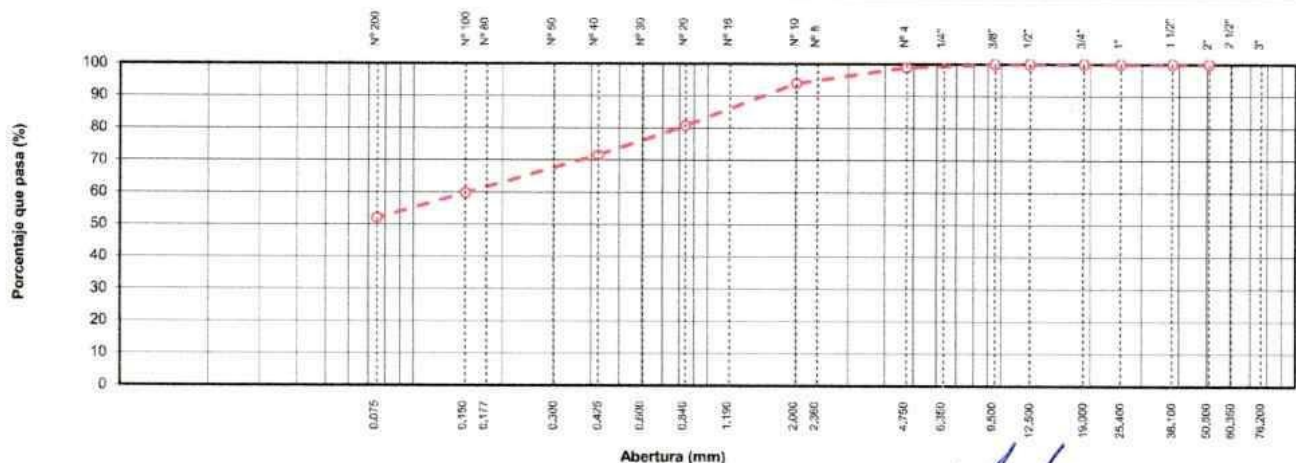
CLASIFICACIÓN DE SUELOS

SUCS	ASTM D 2487:	CL	DESCRIPCION SUCS
AASHTO	ASTM D 3282:	A-7-6 (S)	Arcilla arenosa de baja plasticidad

L. LIQUIDO, L. PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
MTC E 110 - 2016 / MTC E 111 - 2016

Límite Líquido (LL):	42.4
Límite Plástico (LP):	20.8
Índice Plástico (IP):	21.6

CURVA GRANULOMÉTRICA



	UNA NUEVA VISIÓN DE INGENIERÍA	INF. ENSAYO N° 00198
	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	REALIZADO POR : H.C.S REVISADO POR : S.S.S.
PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"	Fecha: 08/09/2021	
UBICACIÓN : San Luis de Shuaro - La Merced		
SOLICITANTE : Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solis Leon		

I. Datos Generales

CALICATA : C-01 (SAN)	COORDENADAS : 468444.12 E - 8796294.09 N
PROFUND. : 0.20-1.50 m.	MUESTRA : M - 1

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)				
N° TARRO		34	12	10
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		48.15	43.31	49.07
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		44.01	38.45	41.90
PESO DE AGUA (g)		4.14	4.86	7.17
PESO DEL TARRO (g)		32.46	27.23	28.39
PESO DEL SUELO SECO (g)		11.55	11.22	13.51
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		35.84	43.32	53.07
NUMERO DE GOLPES		33	24	16

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)				
N° TARRO		30	40	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		22.72	30.38	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		22.41	29.99	
PESO DE AGUA (g)		0.31	0.39	
PESO DEL TARRO (g)		20.91	28.12	
PESO DEL SUELO SECO (g)		1.5	1.9	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		20.7	20.9	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	42.4
LIMITE PLASTICO	20.8
INDICE DE PLASTICIDAD	21.6



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003



Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



geosciencesac@Outlook.com
Jr. Arquipa Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Tambo

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)

REALIZADO POR : H.C.S

REVISADO POR : S.S.S.

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

Fecha: 08/09/2021

UBICACIÓN : San Luis de Shuaro - La Merced

SOLICITANTE : Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solis Leon

I. Datos Generales

CALICATA : C-01 (S99.8% - PP 0.2%)

PROFUND. : 0.20-1.50 m.

COORDENADAS : 468444.12 E - 8796294.09 N

MUESTRA : M - 1

PESO INICIAL SECO : 202.08 gr.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL GRUESO, FINO Y GLOBAL MTC E 204 - 2016

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200				
2 1/2"	60.350				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
1/4"	6.350				100.0
N° 4	4.750	2.21	1.1	1.1	98.9
N° 8	2.360	7.24	3.6	4.7	95.3
N° 10	2.000	2.82	1.4	6.1	93.9
N° 16	1.190	15.36	7.6	13.7	86.3
N° 20	0.840	11.32	5.6	19.3	80.7
N° 30	0.600	8.27	4.1	23.4	76.6
N° 40	0.425	10.20	5.0	28.4	71.6
N° 50	0.300	8.62	4.3	32.7	67.3
N° 80	0.177	11.74	5.8	38.5	61.5
N° 100	0.150	3.45	1.7	40.2	59.8
N° 200	0.075	15.75	7.8	48.0	52.0
< N° 200	FONDO	105.10	52.0	100.0	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO MTC E 108 - 2016

Peso del Recipiente + Suelo Húmedo	(g)	125.82
Peso del Recipiente + Suelo Seco	(g)	120.95
Peso del Agua	(g)	4.87
Peso del Recipiente	(g)	28.71
Peso de Suelo Seco	(g)	92.24
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	5.28

FRACCIONES DE GRAVA, ARENA Y FINOS DE MUESTRA ENSAYO

Tamaño Máximo	(mm-pulg)	1/4"
Porcentaje de Grava 3" > N° 4	(%)	1.1
Porcentaje de Arena N° 200 < N° 4	(%)	46.9
Porcentaje que Pasa la Malla N° 200	(%)	52.0

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

SUCS	ASTM D 2487-7-05	CL
AASHTO	ASTM D 3282:	A-6 (7)

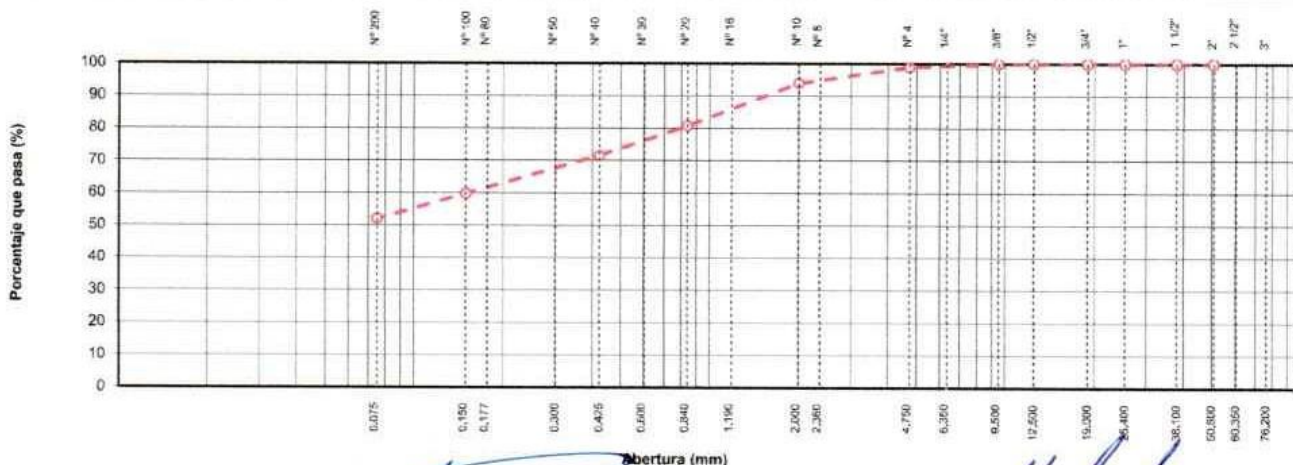
DESCRIPCION SUCS

Arcilla arenosa de baja plasticidad

L. LIQUIDO, L. PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 - 2016 / MTC E 111 - 2016

Límite Líquido (LL):	40.1
Límite Plástico (LP):	21.6
Índice Plástico (IP):	18.5

CURVA GRANULOMETRICA



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003



Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



geosciencesasos@Outlook.com
Jr. Arequipa Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Tambo

**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40
(ASTM D 4318)**

INF. ENSAYO N° 00198

REALIZADO POR : H.C.S

REVISADO POR : S.S.S.

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

Fecha: 08/09/2021

UBICACIÓN : San Luis de Shuaro - La Merced

SOLICITANTE : Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solís Leon

I. Datos Generales
CALICATA : C-01 (S99.8% - PP 0.2%)
PROFUND. : 0.20-1.50 m.

COORDENADAS : 468444.12 E - 8796294.09 N
MUESTRA : M - 1

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)

N° TARRO		33	35	36
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	45.08	51.17	43.71
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	40.99	44.86	38.05
PESO DE AGUA	(g)	4.09	6.31	5.66
PESO DEL TARRO	(g)	27.32	26.15	26.52
PESO DEL SUELO SECO	(g)	13.67	16.71	11.53
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	29.92	37.76	49.09
NUMERO DE GOLPES		34	27	19

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

N° TARRO		6	15	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	29.11	25.16	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	28.63	24.76	
PESO DE AGUA	(g)	0.48	0.40	
PESO DEL TARRO	(g)	26.42	22.89	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	2.2	1.9	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	21.7	21.4	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	40.1
LIMITE PLASTICO	21.6
INDICE DE PLASTICIDAD	18.5


Hernan A. Cano Sosa
 TEC. LABORATORIO


Stevens A. Sanabria Sosa
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 204003

OBSERVACIONES

 geosciencesac@Outlook.com
 Jr. Arequipa Mz. 50 Lote. 05 A.H.
 La Victoria - Huancayo - El Tambo

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)

REALIZADO POR : H.C.S

REVISADO POR : S.S.S.

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

Fecha: 08/09/2021

UBICACIÓN : San Luis de Shuaro - La Merced

SOLICITANTE : Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solis Leon

I. Datos Generales

CALICATA : C-01 (S99.6% - PP0.4%)

PROFUND. : 0.20-1.50 m.

COORDENADAS : 468444.12 E - 8796294.09 N

MUESTRA : M - 1

PESO INICIAL SECO : 202.08 gr.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL GRUESO, FINO Y GLOBAL MTC E 204 - 2016

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200				
2 1/2"	60.350				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
1/4"	6.350				100.0
N° 4	4.750	2.21	1.1	1.1	98.9
N° 8	2.360	7.24	3.6	4.7	95.3
N° 10	2.000	2.82	1.4	6.1	93.9
N° 16	1.190	15.36	7.6	13.7	86.3
N° 20	0.840	11.32	5.6	19.3	80.7
N° 30	0.600	8.27	4.1	23.4	76.6
N° 40	0.425	10.20	5.0	28.4	71.6
N° 50	0.300	8.62	4.3	32.7	67.3
N° 80	0.177	11.74	5.8	38.5	61.5
N° 100	0.150	3.45	1.7	40.2	59.8
N° 200	0.075	15.75	7.8	48.0	52.0
< N° 200	FONDO	105.10	52.0	100.0	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO MTC E 108 - 2016

Peso del Recipiente + Suelo Húmedo	(g)	125.82
Peso del Recipiente + Suelo Seco	(g)	120.95
Peso del Agua	(g)	4.87
Peso del Recipiente	(g)	28.71
Peso de Suelo Seco	(g)	92.24
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	5.28

FRACCIONES DE GRAVA, ARENA Y FINOS DE MUESTRA ENSAYO

Tamaño Máximo	(mm-pulg)	1/4"
Porcentaje de Grava 3" > N° 4	(%)	1.1
Porcentaje de Arena N° 200 < N° 4	(%)	46.9
Porcentaje que Pasa la Malla N° 200	(%)	52.0

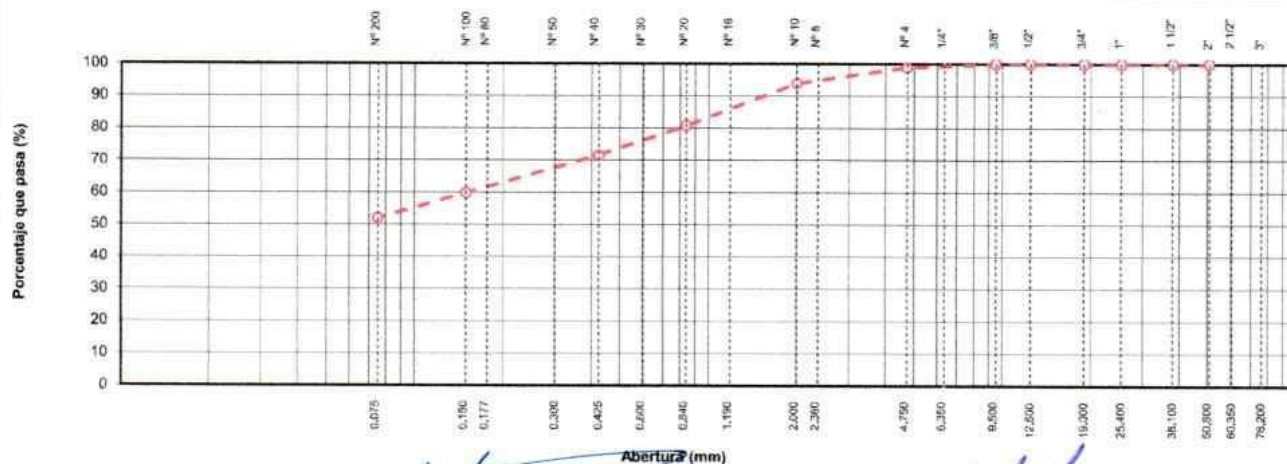
CLASIFICACION DE SUELOS

SUCS	ASTM D 2487:	CL	DESCRIPCION SUCS
AASHTO	ASTM D 3282:	A-6 (6)	Arcilla arenosa de baja plasticidad

L. LIQUIDO, L. PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 - 2016 / MTC E 111 - 2016

Límite Líquido (LL):	38.9
Límite Plástico (LP):	22.8
Índice Plástico (IP):	16.1

CURVA GRANULOMETRICA



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003

Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO

	UNA NUEVA VISIÓN DE INGENIERÍA	INF. ENSAYO N° 00198
	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	REALIZADO POR : H.C.S. REVISADO POR : S.S.S.
PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"		Fecha: 08/09/2021
UBICACIÓN : San Luis de Shuaro - La Merced		
SOLICITANTE : Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solís Leon		

I. Datos Generales

CALICATA : C-01 (S99.6% - PP0.4%)	COORDENADAS : 468444.12 E - 8796294.09 N
PROFUND. : 0.20-1.50 m.	MUESTRA : M - 1

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)				
N° TARRO		1	3	5
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		45.97	41.32	43.71
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		41.21	37.26	37.86
PESO DE AGUA (g)		4.76	4.06	5.85
PESO DEL TARRO (g)		25.85	27.09	25.55
PESO DEL SUELO SECO (g)		15.36	10.17	12.31
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		30.99	39.92	47.52
NUMERO DE GOLPES		34	24	18

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)				
N° TARRO		16	29	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		29.00	22.49	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		28.57	22.20	
PESO DE AGUA (g)		0.43	0.29	
PESO DEL TARRO (g)		26.67	20.94	
PESO DEL SUELO SECO (g)		1.9	1.3	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		22.6	23.0	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	38.9
LIMITE PLASTICO	22.8
INDICE DE PLASTICIDAD	16.1



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003

OBSERVACIONES



Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



geosciences@Outlook.com
Jr. Arequipa Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Tambo

	UNA NUEVA VISIÓN DE INGENIERÍA	INF. ENSAYO N° 00198
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)	REALIZADO POR : H.C.S
		REVISADO POR : S.S.S.
PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"		Fecha: 08/09/2021
UBICACIÓN : San Luis de Shuaro - La Merced		
SOLICITANTE : Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solis Leon		
I. Datos Generales CALICATA : C-01 (S99.4% - PP 0.6%) PROFUND. : 0.20-1.50 m.		COORDENADAS : 468444.12 E - 8796294.09 N MUESTRA : M - 1 PESO INICIAL SECO : 202.08 gr.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL GRUESO, FINO Y GLOBAL MTC E 204 - 2016					
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200				
2 1/2"	60.350				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
1/4"	6.350				100.0
N° 4	4.750	2.21	1.1	1.1	98.9
N° 8	2.360	7.24	3.6	4.7	95.3
N° 10	2.000	2.82	1.4	6.1	93.9
N° 16	1.190	15.36	7.6	13.7	86.3
N° 20	0.840	11.32	5.6	19.3	80.7
N° 30	0.600	8.27	4.1	23.4	76.6
N° 40	0.425	10.20	5.0	28.4	71.6
N° 50	0.300	8.62	4.3	32.7	67.3
N° 80	0.177	11.74	5.8	38.5	61.5
N° 100	0.150	3.45	1.7	40.2	59.8
N° 200	0.075	15.75	7.8	48.0	52.0
< N° 200	FONDO	105.10	52.0	100.0	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO MTC E 108 - 2016	
Peso del Recipiente + Suelo Húmedo (g)	125.82
Peso del Recipiente + Suelo Seco (g)	120.95
Peso del Agua (g)	4.87
Peso del Recipiente (g)	28.71
Peso de Suelo Seco (g)	92.24
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.28

FRACCIONES DE GRAVA, ARENA Y FINOS DE MUESTRA ENSAYO		
Tamaño Máximo (mm-pulg)	1/4"	
Porcentaje de Grava 3" > N° 4 (%)	1.1	
Porcentaje de Arena N° 200 < N° 4 (%)	46.9	
Porcentaje que Pasa la Malla N° 200 (%)	52.0	

CLASIFICACIÓN DE SUELOS		DESCRIPCION SUCS
SUCS	ASTM D 2487: CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad
AASHTO	ASTM D 3282: A-6 (5)	

L. LIQUIDO, L. PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 - 2016 / MTC E 111 - 2016	
Limite Líquido (LL):	38.1
Limite Plástico (LP):	24.3
Indice Plástico (IP):	13.8

CURVA GRANULOMETRICA	
	 Stevens A. Sanabria Sosa INGENIERO CIVIL CIP. 204003 Hernan A. Cano Sosa TEC. LABORATORIO

	UNA NUEVA VISIÓN DE INGENIERÍA	INF. ENSAYO N° 00198
	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	REALIZADO POR : H.C.S. REVISADO POR : S.S.S.
PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"		Fecha: 08/09/2021
UBICACIÓN : San Luis de Shuaro - La Merced		
SOLICITANTE : Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solis Leon		

I. Datos Generales

CALICATA : C-01 (\$99.4% - PP 0.6%)	COORDENADAS : 468444.12 E - 8796294.09 N
PROFUND. : 0.20-1.50 m.	MUESTRA : M - 1

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)				
N° TARRO	18	14	37	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	39.09	48.77	44.30	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	34.72	43.02	39.55	
PESO DE AGUA (g)	4.37	5.75	4.75	
PESO DEL TARRO (g)	22.28	28.21	27.88	
PESO DEL SUELO SECO (g)	12.44	14.81	11.67	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	35.13	38.83	40.70	
NUMERO DE GOLPES	34	23	19	

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)				
N° TARRO	17	27		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	31.09	23.88		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	30.61	23.41		
PESO DE AGUA (g)	0.48	0.47		
PESO DEL TARRO (g)	28.62	21.49		
PESO DEL SUELO SECO (g)	2.0	1.9		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)	24.1	24.5		

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

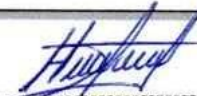


CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	38.1
LIMITE PLASTICO	24.3
INDICE DE PLASTICIDAD	13.8

OBSERVACIONES



Stevens A. Sanabria Sosa
 INGENIERO CIVIL
 CIP 204003



Hernan A. Cano Sosa
 TEC. LABORATORIO

	UNA NUEVA VISIÓN DE INGENIERÍA	INF. ENSAYO N° 00198
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)	REALIZADO POR : H.C.S
		REVISADO POR : S.S.S.
PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"		Fecha: 08/09/2021
UBICACIÓN : San Luis de Shuaro - La Merced		
SOLICITANTE : Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solis Leon		
I. Datos Generales		
CALICATA : C-01 (S99.4% - PP 0.8%)	COORDENADAS : 468444.12 E - 8796294.09 N	
PROFUND. : 0.20-1.50 m.	MUESTRA : M - 1	
	PESO INICIAL SECO : 202.08 gr.	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL GRUESO, FINO Y GLOBAL MTC E 204 - 2016					
TAMIZ	ASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200				
2 1/2"	60.350				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
1/4"	6.350				100.0
N° 4	4.750	2.21	1.1	1.1	98.9
N° 8	2.360	7.24	3.6	4.7	95.3
N° 10	2.000	2.82	1.4	6.1	93.9
N° 16	1.190	15.36	7.6	13.7	86.3
N° 20	0.840	11.32	5.6	19.3	80.7
N° 30	0.600	8.27	4.1	23.4	76.6
N° 40	0.425	10.20	5.0	28.4	71.6
N° 50	0.300	8.62	4.3	32.7	67.3
N° 80	0.177	11.74	5.8	38.5	61.5
N° 100	0.150	3.45	1.7	40.2	59.8
N° 200	0.075	15.75	7.8	48.0	52.0
< N° 200	FONDO	105.10	52.0	100.0	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO MTC E 108 - 2016	
Peso del Recipiente + Suelo Húmedo (g)	125.82
Peso del Recipiente + Suelo Seco (g)	120.95
Peso del Agua (g)	4.87
Peso del Recipiente (g)	28.71
Peso de Suelo Seco (g)	92.24
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.28

FRACCIONES DE GRAVA, ARENA Y FINOS DE MUESTRA ENSAYO	
Tamaño Máximo (mm-pulg)	1/4"
Porcentaje de Grava 3" > N° 4 (%)	1.1
Porcentaje de Arena N° 200 < N° 4 (%)	46.9
Porcentaje que Pasa la Malla N° 200 (%)	52.0

CLASIFICACIÓN DE SUELOS		DESCRIPCION SUCS
SUCS	ASTM D 2487: CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad
AASHTO	ASTM D 3282: A-6 (5)	

L. LIQUIDO, L. PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 - 2016 / MTC E 111 - 2016	
Límite Líquido (LL):	37.9
Límite Plástico (LP):	24.8
Índice Plástico (IP):	13.1

CURVA GRANULOMÉTRICA	
	Stevens A. Sanabria Sosa INGENIERO CIVIL CIP. 204003 Hernán A. Cano Sosa TEC. LABORATORIO



geosciencesas@Outlook.com
Jr. Arequipa Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Tambo



UNA NUEVA VISIÓN DE INGENIERÍA

**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40
(ASTM D 4318)**

INF. ENSAYO N° 00198

REALIZADO POR : H.C.S

REVISADO POR : S.S.S.

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"**Fecha:** 08/09/2021**UBICACIÓN :** San Luis de Shuaro - La Merced**SOLICITANTE :** Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solis Leon**I. Datos Generales****CALICATA :** C-01 (S99.4% - PP 0.8%)**COORDENADAS :** 468444.12 E - 8796294.09 N**PROFUND. :** 0.20-1.50 m.**MUESTRA :** M - 1**LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)**

N° TARRO		26	14	37
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		38.59	46.61	38.73
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		33.31	40.63	35.52
PESO DE AGUA (g)		5.28	5.98	3.21
PESO DEL TARRO (g)		21.31	25.28	26.33
PESO DEL SUELO SECO (g)		12.00	15.35	9.19
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		44.00	38.96	34.93
NUMERO DE GOLPES		16	23	31

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

N° TARRO		53	40	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		20.53	21.34	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		20.08	20.68	
PESO DE AGUA (g)		0.45	0.66	
PESO DEL TARRO (g)		18.27	18.01	
PESO DEL SUELO SECO (g)		1.8	2.7	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		24.9	24.7	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA**

LIMITE LIQUIDO	37.9
LIMITE PLASTICO	24.8
INDICE DE PLASTICIDAD	13.1

OBSERVACIONES**Stevens A. Sanabria Sosa**
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003**Hernan A. Cano Sosa**
TEC. LABORATORIO

geosciencesac@Outlook.com

Jr. Arequipa Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Tambo

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)

REALIZADO POR : H.C.S.

REVISADO POR : S.S.S.

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

Fecha: 10/09/2021

UBICACIÓN : San Luis de Shuaro - La Merced

SOLICITANTE : Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solis Leon

I. Datos Generales

CALICATA : C-02 (SAN)

PROFUND. : 0.20-1.50 m.

COORDENADAS : 0468496.89.00 E - 8796273.52 N

MUESTRA : M - 1

PESO INICIAL SECO : 201.87 gr.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL GRUESO, FINO Y GLOBAL

MTC E 204 - 2016

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200				
2 1/2"	60.350				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
1/4"	6.350				100.0
Nº 4	4.750	15.98	7.9	7.9	92.1
Nº 8	2.360	6.02	3.0	10.9	89.1
Nº 10	2.000	6.32	3.1	14.0	86.0
Nº 16	1.190	10.50	5.2	19.2	80.8
Nº 20	0.840	9.81	4.9	24.1	75.9
Nº 30	0.600	10.36	5.1	29.2	70.8
Nº 40	0.425	11.87	5.9	35.1	64.9
Nº 50	0.300	10.67	5.3	40.4	59.6
Nº 80	0.177	6.54	3.2	43.6	56.4
Nº 100	0.150	4.25	2.1	45.7	54.3
Nº 200	0.075	6.87	3.4	49.1	50.9
< Nº 200	FONDO	102.68	50.9	100.0	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

MTC E 108 - 2016

Peso del Recipiente + Suelo Húmedo	(g)	121.74
Peso del Recipiente + Suelo Seco	(g)	117.45
Peso del Agua	(g)	4.29
Peso del Recipiente	(g)	25.54
Peso de Suelo Seco	(g)	91.91
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	4.67

FRACCIONES DE GRAVA, ARENA Y FINOS DE MUESTRA ENSAYO

Tamaño Máximo	(mm-pulg)	1/4"
Porcentaje de Grava 3" > Nº 4	(%)	7.9
Porcentaje de Arena Nº 200 < Nº 4	(%)	41.2
Porcentaje que Pasa la Malla Nº 200	(%)	50.9

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

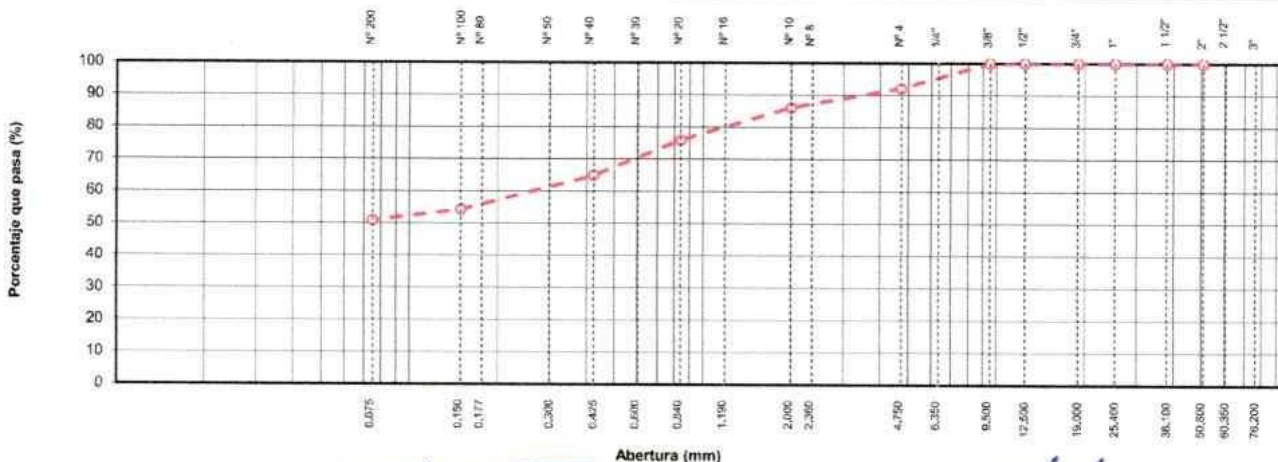
SUCS	ASTM D 2487:	CL	DESCRIPCION SUCS
AASHTO	ASTM D 3282:	A-7-6 (7)	Arcilla arenosa de baja plasticidad

L. LIQUIDO, L. PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

MTC E 110 - 2016 / MTC E 111 - 2016

Limite Líquido (LL):	41.6
Limite Plástico (LP):	20.9
Indice Plástico (IP):	20.7

CURVA GRANULOMÉTRICA



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003



Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



geosciencesac@Outlook.com

Jr. Arequipa Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Tambo

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

Fecha: 10/09/2021

UBICACIÓN : San Luis de Shuaro - La Merced

SOLICITANTE : Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solis Leon

I. Datos Generales

CALICATA : C-02 (SAN)
PROFUND. : 0.20-1.50 m.

COORDENADAS : 0468496.89.00 E - 8796273.52 N
MUESTRA : M - 1

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)

N° TARRO		32	49	57
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		48.79	43.29	48.13
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		41.88	38.43	43.99
PESO DE AGUA (g)		6.91	4.86	4.14
PESO DEL TARRO (g)		28.35	27.18	32.41
PESO DEL SUELO SECO (g)		13.53	11.25	11.58
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		51.07	43.20	35.75
NUMERO DE GOLPES		17	23	32

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

N° TARRO		35	22
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		24.71	28.37
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		24.40	27.98
PESO DE AGUA (g)		0.31	0.39
PESO DEL TARRO (g)		22.91	26.12
PESO DEL SUELO SECO (g)		1.5	1.9
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		20.8	21.0

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	41.6
LIMITE PLASTICO	20.9
INDICE DE PLASTICIDAD	20.7

OBSERVACIONES

Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003

Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



	UNA NUEVA VISIÓN DE INGENIERÍA	INF. ENSAYO N° 00198
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)	REALIZADO POR : H.C.S
		REVISADO POR : S.S.S.
PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"		Fecha: 08/09/2021
UBICACIÓN : San Luis de Shuaro - La Merced		
SOLICITANTE : Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solis Leon		
I. Datos Generales		
CALICATA : C-02 (S99.8% - PP 0.2%)	COORDENADAS : 0468496.89.00 E - 8796273.52 N	MUESTRA : M - 1
PROFUND. : 0.20-1.50 m.	PESO INICIAL SECO : 201.87 gr.	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL GRUESO, FINO Y GLOBAL MTC E 204 - 2016					
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200				
2 1/2"	60.350				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
1/4"	6.350				100.0
N° 4	4.750	15.98	7.9	7.9	92.1
N° 8	2.360	6.02	3.0	10.9	89.1
N° 10	2.000	6.32	3.1	14.0	86.0
N° 16	1.190	10.50	5.2	19.2	80.8
N° 20	0.840	9.81	4.9	24.1	75.9
N° 30	0.600	10.36	5.1	29.2	70.8
N° 40	0.425	11.87	5.9	35.1	64.9
N° 50	0.300	10.67	5.3	40.4	59.6
N° 80	0.177	6.54	3.2	43.6	56.4
N° 100	0.150	4.25	2.1	45.7	54.3
N° 200	0.075	6.87	3.4	49.1	50.9
< N° 200	FONDO	102.68	50.9	100.0	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO MTC E 108 - 2016	
Peso del Recipiente + Suelo Húmedo (g)	121.74
Peso del Recipiente + Suelo Seco (g)	117.45
Peso del Agua (g)	4.29
Peso del Recipiente (g)	25.54
Peso de Suelo Seco (g)	91.91
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.67

FRACCIONES DE GRAVA, ARENA Y FINOS DE MUESTRA ENSAYO	
Tamaño Máximo (mm-pulg)	1/4"
Porcentaje de Grava 3" > N° 4 (%)	7.9
Porcentaje de Arena N°200 < N°4 (%)	41.2
Porcentaje que Pasa la Malla N° 200 (%)	50.9

CLASIFICACIÓN DE SUELOS		DESCRIPCION SUCS
SUCS	ASTM D 2487-7-05 CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad
AASHTO	ASTM D 3282: A-6 (E)	

L. LIQUIDO, L. PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 - 2016 / MTC E 111 - 2016	
Límite Líquido (LL):	39.2
Límite Plástico (LP):	22.1
Índice Plástico (IP):	17.1

CURVA GRANULOMÉTRICA	
----------------------	--

Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003

Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO

**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40
(ASTM D 4318)**

REALIZADO POR : H.C.S

REVISADO POR : S.S.S.

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

Fecha: 08/09/2021

UBICACIÓN : San Luis de Shuaro - La Merced

SOLICITANTE : Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solis Leon

I. Datos Generales
CALICATA : C-02 (S99.8% - PP 0.2%)
PROFUND. : 0.20-1.50 m.

COORDENADAS : 0468496.89.00 E - 8796273.52 N
MUESTRA : M - 1

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)

N° TARRO		52	25	56
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	42.69	50.18	44.03
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	37.07	43.85	39.97
PESO DE AGUA	(g)	5.62	6.33	4.06
PESO DEL TARRO	(g)	25.51	27.14	26.31
PESO DEL SUELO SECO	(g)	11.56	16.71	13.66
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	48.62	37.88	29.72
NUMERO DE GOLPES		18	26	35

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

N° TARRO		48	28	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	28.13	24.17	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	27.64	23.74	
PESO DE AGUA	(g)	0.49	0.43	
PESO DEL TARRO	(g)	25.41	21.80	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	2.2	1.9	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	22.0	22.2	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	39.2
LIMITE PLASTICO	22.1
INDICE DE PLASTICIDAD	17.1

OBSERVACIONES

Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003

Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO

geosciencesac@Outlook.com
Jr. Arequipa Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Tambo

	UNA NUEVA VISIÓN DE INGENIERÍA	INF. ENSAYO N° 00198
	ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)	REALIZADO POR : H.C.S
		REVISADO POR : S.S.S.
PROYECTO :	"ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"	
UBICACIÓN :	San Luis de Shuaro - La Merced	
SOLICITANTE :	Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solis Leon	
I. Datos Generales		COORDENADAS :
CALICATA :	C-02 (S99.6% - PP0.4%)	MUESTRA :
PROFUND. :	0.20-1.50 m.	PESO INICIAL SECO :
		0468496.89.00 E - 8796273.52 N
		M - 1
		201.87 gr.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL GRUESO, FINO Y GLOBAL MTC E 204 - 2016					
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200				
2 1/2"	60.350				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
1/4"	6.350				100.0
N° 4	4.750	15.98	7.9	7.9	92.1
N° 8	2.360	6.02	3.0	10.9	89.1
N° 10	2.000	6.32	3.1	14.0	86.0
N° 16	1.190	10.50	5.2	19.2	80.8
N° 20	0.840	9.81	4.9	24.1	75.9
N° 30	0.600	10.36	5.1	29.2	70.8
N° 40	0.425	11.87	5.9	35.1	64.9
N° 50	0.300	10.67	5.3	40.4	59.6
N° 80	0.177	6.54	3.2	43.6	56.4
N° 100	0.150	4.25	2.1	45.7	54.3
N° 200	0.075	6.87	3.4	49.1	50.9
< N° 200	FONDO	102.68	50.9	100.0	

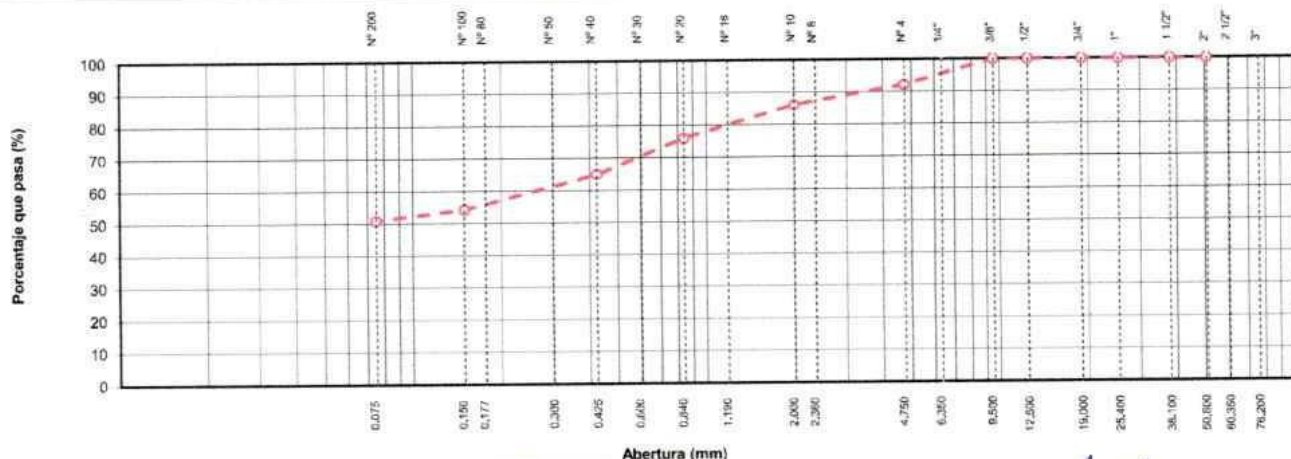
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO MTC E 108 - 2016	
Peso del Recipiente + Suelo Húmedo	(g) 121.74
Peso del Recipiente + Suelo Seco	(g) 117.45
Peso del Agua	(g) 4.29
Peso del Recipiente	(g) 25.54
Peso de Suelo Seco	(g) 91.91
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%) 4.67

FRACCIONES DE GRAVA, ARENA Y FINOS DE MUESTRA ENSAYO	
Tamaño Máximo	(mm-pulg) 1/4"
Porcentaje de Grava 3" > N° 4	(%) 7.9
Porcentaje de Arena N° 200 < N° 4	(%) 41.2
Porcentaje que Pasa la Malla N° 200	(%) 50.9

CLASIFICACIÓN DE SUELOS		DESCRIPCION SUCS
SUCS	ASTM D 2487: CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad
AASHTO	ASTM D 3282: A-6 (5)	

L. LIQUIDO, L. PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 - 2016 / MTC E 111 - 2016	
Límite Líquido (LL):	37.8
Límite Plástico (LP):	22.8
Índice Plástico (IP):	15.0

CURVA GRANULOMETRICA




Stevens A. Sanabria Sosa
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 204003


Hernan A. Cano Sosa
 TEC. LABORATORIO

	UNA NUEVA VISIÓN DE INGENIERÍA	INF. ENSAYO N° 00198
	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	REALIZADO POR : H.C.S REVISADO POR : S.S.S.

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"	Fecha: 10/09/2021
UBICACIÓN : San Luis de Shuaro - La Merced	
SOLICITANTE : Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solis Leon	

I. Datos Generales

CALICATA : C-02 (S99.6% - PP0.4%) PROFUND. : 0.20-1.50 m.	COORDENADAS : 0468496.89.00 E - 8796273.52 N MUESTRA : M - 1
--	---

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)				
N° TARRO		3	12	6
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		42.71	40.32	44.97
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		36.86	36.26	40.21
PESO DE AGUA (g)		5.85	4.06	4.76
PESO DEL TARRO (g)		24.53	26.07	24.83
PESO DEL SUELO SECO (g)		12.33	10.19	15.38
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		47.45	39.84	30.95
NUMERO DE GOLPES		17	23	33

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)				
N° TARRO		14	5	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		30.00	23.49	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		29.57	23.20	
PESO DE AGUA (g)		0.43	0.29	
PESO DEL TARRO (g)		27.69	21.92	
PESO DEL SUELO SECO (g)		1.9	1.3	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		22.9	22.7	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	37.8
LIMITE PLASTICO	22.8
INDICE DE PLASTICIDAD	15.0

OBSERVACIONES



Silvius A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003



Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)

REALIZADO POR : H.C.S.

REVISADO POR : S.S.S.

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

Fecha: 10/09/2021

UBICACIÓN : San Luis de Shuaro - La Merced

SOLICITANTE : Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solis Leon

I. Datos Generales

CALICATA : C-02 (S99.4% - PP 0.6%)

PROFUND. : 0.20-1.50 m.

COORDENADAS : 0468496.89.00 E - 8796273.52 N

MUESTRA : M - 1

PESO INICIAL SECO : 201.87 gr.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL GRUESO, FINO Y GLOBAL MTC E 204 - 2016

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200				
2 1/2"	60.350				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
1/4"	6.350				100.0
N° 4	4.750	15.98	7.9	7.9	92.1
N° 8	2.360	6.02	3.0	10.9	89.1
N° 10	2.000	6.32	3.1	14.0	86.0
N° 16	1.190	10.50	5.2	19.2	80.8
N° 20	0.840	9.81	4.9	24.1	75.9
N° 30	0.600	10.36	5.1	29.2	70.8
N° 40	0.425	11.87	5.9	35.1	64.9
N° 50	0.300	10.67	5.3	40.4	59.6
N° 80	0.177	6.54	3.2	43.6	56.4
N° 100	0.150	4.25	2.1	45.7	54.3
N° 200	0.075	6.87	3.4	49.1	50.9
< N° 200	FONDO	102.68	50.9	100.0	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO MTC E 108 - 2016

Peso del Recipiente + Suelo Húmedo	(g)	121.74
Peso del Recipiente + Suelo Seco	(g)	117.45
Peso del Agua	(g)	4.29
Peso del Recipiente	(g)	25.54
Peso de Suelo Seco	(g)	91.91
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	4.67

FRACCIONES DE GRAVA, ARENA Y FINOS DE MUESTRA ENSAYO

Tamaño Máximo	(mm-pulg)	1/4"
Porcentaje de Grava 3" > N° 4	(%)	7.9
Porcentaje de Arena N° 200 < N° 4	(%)	41.2
Porcentaje que Pasa la Malla N° 200	(%)	50.9

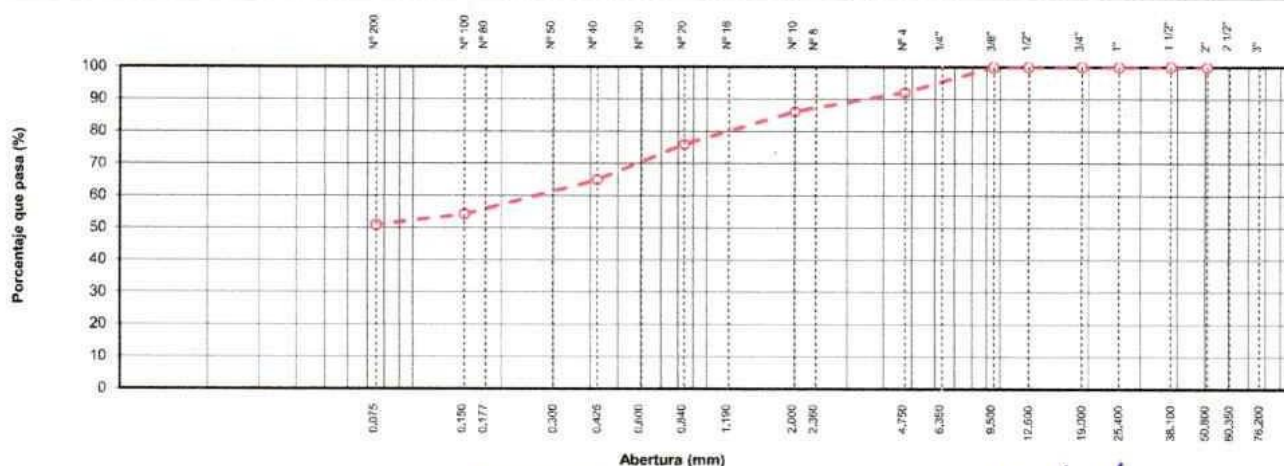
CLASIFICACIÓN DE SUELOS

SUCS	ASTM D 2487	CL	DESCRIPCION SUCS
AASHTO	ASTM D 3282	A-6 (4)	Arcilla arenosa de baja plasticidad

L. LIQUIDO, L. PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 - 2016 / MTC E 111 - 2016

Límite Líquido (LL):	37.3
Límite Plástico (LP):	23.5
Índice Plástico (IP):	13.8

CURVA GRANULOMÉTRICA



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003



Hernán A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



geosciencesuac@Outlook.com
Jr. Arcuipa Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Tambo

	UNA NUEVA VISIÓN DE INGENIERÍA	INF. ENSAYO N° 00198
	LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40 (ASTM D 4318)	REALIZADO POR : H.C.S REVISADO POR : S.S.S.

PROYECTO :	"ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"	Fecha:	10/09/2021
UBICACIÓN :	San Luis de Shuaro - La Merced		
SOLICITANTE :	Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solis Leon		

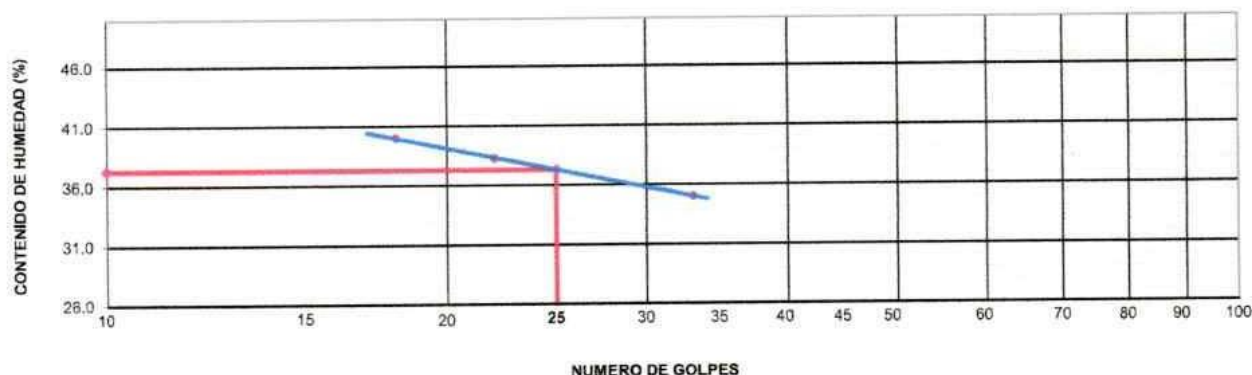
I. Datos Generales

CALICATA :	C-02 (S99.4% - PP 0.6%)	COORDENADAS :	0468496.89.00 E - 8796273.52 N
PROFUND. :	0.20-1.50 m.	MUESTRA :	M - 1

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)				
N° TARRO		44	2	15
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		45.22	49.69	40.08
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		40.55	44.02	35.72
PESO DE AGUA (g)		4.67	5.67	4.36
PESO DEL TARRO (g)		28.88	29.21	23.28
PESO DEL SUELO SECO (g)		11.67	14.81	12.44
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		40.02	38.28	35.05
NUMERO DE GOLPES		18	22	33

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)				
N° TARRO		55	24	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		30.08	22.87	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		29.62	22.42	
PESO DE AGUA (g)		0.46	0.45	
PESO DEL TARRO (g)		27.66	20.51	
PESO DEL SUELO SECO (g)		2.0	1.9	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		23.5	23.6	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	37.3
LIMITE PLASTICO	23.5
INDICE DE PLASTICIDAD	13.8

OBSERVACIONES


 Stevens A. Sanabria Sosa
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 204003


 Hernan A. Cano Sosa
 TEC. LABORATORIO

	UNA NUEVA VISIÓN DE INGENIERÍA	INF. ENSAYO N° 00198
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)	REALIZADO POR : H.C.S.
		REVISADO POR : S.S.S.
PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"		Fecha: 10/09/2021
UBICACIÓN : San Luis de Shuar - La Merced		
SOLICITANTE : Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solis Leon		
I. Datos Generales		COORDENADAS : 0468496.89.00 E - 8796273.52 N
CALICATA : C-02 (S99.4% - PP 0.8%)		MUESTRA : M - 1
PROFUND. : 0.20-1.50 m.		PESO INICIAL SECO : 201.87 gr.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL GRUESO, FINO Y GLOBAL MTC E 204 - 2016					
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76.200				
2 1/2"	60.350				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
1/4"	6.350				100.0
N° 4	4.750	15.98	7.9	7.9	92.1
N° 8	2.360	8.02	3.0	10.9	89.1
N° 10	2.000	6.32	3.1	14.0	86.0
N° 16	1.190	10.50	5.2	19.2	80.8
N° 20	0.840	9.81	4.9	24.1	75.9
N° 30	0.600	10.36	5.1	29.2	70.8
N° 40	0.425	11.87	5.9	35.1	64.9
N° 50	0.300	10.67	5.3	40.4	59.6
N° 80	0.177	6.54	3.2	43.6	56.4
N° 100	0.150	4.25	2.1	45.7	54.3
N° 200	0.075	6.87	3.4	49.1	50.9
< N° 200	FONDO	102.68	50.9	100.0	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO MTC E 108 - 2016	
Peso del Recipiente + Suelo Húmedo (g)	125.82
Peso del Recipiente + Suelo Seco (g)	120.95
Peso del Agua (g)	4.87
Peso del Recipiente (g)	28.71
Peso de Suelo Seco (g)	92.24
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.67

FRACCIONES DE GRAVA, ARENA Y FINOS DE MUESTRA ENSAYO		
Tamaño Máximo (mm-pulg)	1/4"	
Porcentaje de Grava 3" > N° 4 (%)	7.9	
Porcentaje de Arena N° 200 < N° 4 (%)	41.2	
Porcentaje que Pasa la Malla N° 200 (%)	50.9	

CLASIFICACION DE SUELOS		DESCRIPCION SUCS
SUCS	ASTM D 2487-7-05 CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad
AASHTO	ASTM D 3282: A-6 (4)	

L. LIQUIDO, L. PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 - 2016 / MTC E 111 - 2016	
Límite Líquido (LL):	37.1
Límite Plástico (LP):	24.4
Índice Plástico (IP):	12.7

CURVA GRANULOMETRICA	
----------------------	--

Stevens A. Sanabria Sosa
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 204003

Hernan A. Cano Sosa
 TEC. LABORATORIO



**LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40
(ASTM D 4318)**

INF. ENSAYO N° 00196

REALIZADO POR : H.C.S

REVISADO POR : S.S.S.

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

Fecha: 10/09/2021

UBICACIÓN : San Luis de Shuaro - La Merced

SOLICITANTE : Daniel Mauro Inga Salazar - Fernando Bryan Solis Leon

I. Datos Generales

CALICATA : C-02 (S99.4% - PP 0.8%)

PROFUND. : 0.20-1.50 m.

COORDENADAS : 0468496.89.00 E - 8796273.52 N

MUESTRA : M - 1

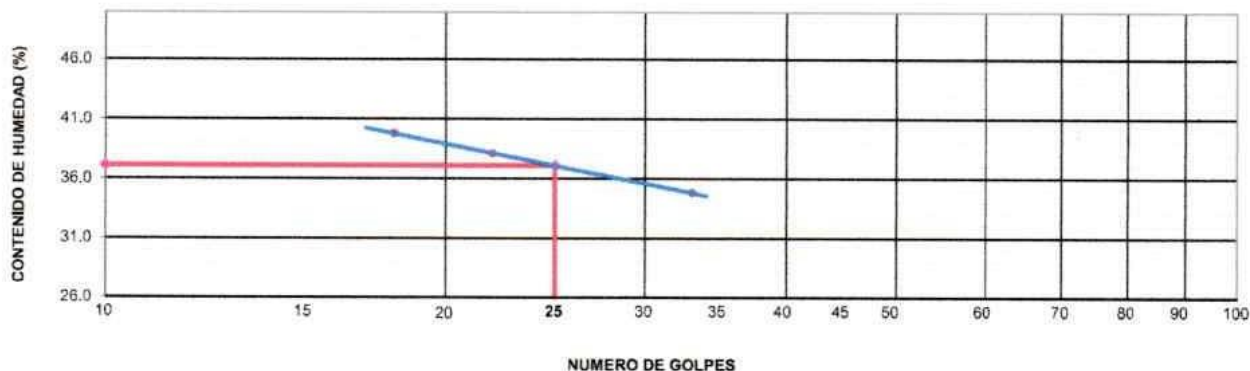
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)

N° TARRO		7	30	9
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	39.72	47.48	39.48
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	36.52	41.63	34.31
PESO DE AGUA	(g)	3.20	5.85	5.17
PESO DEL TARRO	(g)	27.33	26.28	21.31
PESO DEL SUELO SECO	(g)	9.19	15.35	13.00
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	34.82	38.11	39.77
NUMERO DE GOLPES		33	22	18

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

N° TARRO		18	41
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	22.50	23.30
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	22.07	22.66
PESO DE AGUA	(g)	0.43	0.64
PESO DEL TARRO	(g)	20.29	20.06
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1.8	2.6
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	24.2	24.6

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	37.1
LIMITE PLASTICO	24.4
INDICE DE PLASTICIDAD	12.7

OBSERVACIONES



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003



Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



geosciencesa@Outlook.com
Jr. Arequipa Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Tambo

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : C-01 (SAN) / C-01/ M-01

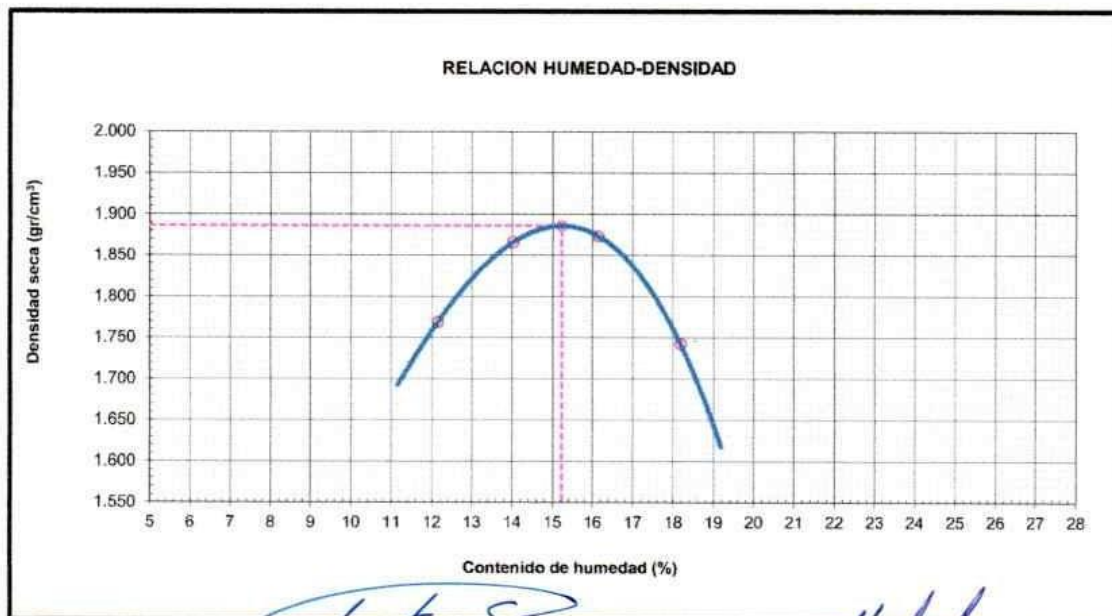
CLASF. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASF. (AASHTO) : A-7-6(8)

COORDENADAS UTM : 468444.12 E - 8796294.09 N

		Metodo C				
Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	10,002.0	9,859.0	10,100.8	9,702.6	
Peso molde	gr	5,581.0	5,581.0	5,581.0	5,581.0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4,421.0	4,278.0	4,519.8	4,121.6	
Volumen del molde	cm ³	2,077.3	2,077.3	2,077.3	2,077.3	
Peso volumétrico húmedo	gr	2,128	2,059	2,176	1,984	
Recipiente N°		54	38	4	44	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	45.14	69.63	54.69	60.95	
Peso del suelo seco + tara	gr	41.80	63.27	50.70	57.55	
Tara	gr	18.00	28.29	26.00	29.58	
Peso de agua	gr	3.34	6.36	3.99	3.40	
Peso del suelo seco	gr	23.80	34.98	24.70	27.97	
Contenido de agua	%	14.03	18.18	16.15	12.16	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.866	1.743	1.873	1.769	
Densidad máxima (gr/cm ³)					1.886	
Humedad óptima (%)					15.2	



OBSERVACIONES :



Stevens A. Sanabria Sosa
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 204003



Hernan A. Cano Sosa
 TEC. LABORATORIO



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : C-01 (SAN) / C-01/ M-01

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

COORDENADAS UTM : 468444.12 E - 8796294.09 N

CLASF. (SUCS) : CL

CLASF. (AASHTO) : A-7-6(8)

Molde N°	29		76		27	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11,508.5	10,999.8	11,569.3	11,297.6	11,351.8	11,093.4
Peso de molde (g)	6,730.0	6,730.0	6,915.0	6,915.0	6,982.0	6,982.0
Peso del suelo húmedo (g)	4,778.5	4,269.8	4,654.3	4,382.6	4,369.8	4,111.4
Volumen del molde (cm³)	2,104.2	2,104.2	2,106.7	2,106.7	2,129.0	2,129.0
Densidad húmeda (g/cm³)	2.271	2.029	2.209	2.080	2.052	1.931
Tara (N°)	56	25	63	35	18	78
Peso suelo húmedo + tara (g)	81.1	45.1	82.6	48.3	81.0	47.7
Peso suelo seco + tara (g)	74.5	42.7	75.5	45.2	73.3	44.4
Peso de tara (g)	26.8	28.1	29.0	28.0	21.5	27.8
Peso de agua (g)	6.58	2.36	7.09	3.14	7.68	3.27
Peso de suelo seco (g)	45.72	14.59	46.57	17.17	51.87	16.61
Contenido de humedad (%)	14.39	16.14	15.22	18.26	14.80	19.70
Densidad seca (g/cm³)	1.985	1.747	1.917	1.759	1.788	1.613

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
13/09/2021	11:10	0	4.4	0.000	0.00	5.1	0.000	0.00	5.2	0.000	0.00
14/09/2021	11:16	24	4.7	0.007	0.01	5.6	0.013	0.01	5.9	0.016	0.01
15/09/2021	11:22	48	4.7	0.007	0.01	5.8	0.017	0.01	6.3	0.026	0.02
16/09/2021	11:28	72	5.0	0.015	0.01	6.2	0.028	0.02	6.6	0.034	0.03
17/09/2021	11:34	96	5.2	0.020	0.02	6.4	0.031	0.03	6.8	0.040	0.03

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	MOLDE N° 29				MOLDE N° 76				MOLDE N° 27			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		KN	kg	kg	%	KN	kg	kg	%	KN	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		0.6	61.2			0.2	20.4			0.1	10.2		
1.270		1.0	102.0			0.5	51.0			0.2	20.4		
1.905		1.5	153.0			0.9	91.8			0.5	51.0		
2.540	70.5	2.0	203.9	208.3	14.6	1.5	153.0	148.3	10.4	0.7	71.4	69.2	4.9
3.180		2.4	244.7			1.9	193.7			0.9	91.8		
3.810		3.2	326.3			2.3	234.5			1.0	102.0		
5.080	105.7	3.9	397.7	394.4	18.5	2.6	285.5	279.1	13.1	1.5	153.0	142.4	6.7
7.620		5.0	509.9			3.3	336.5			1.8	183.5		
10.160		5.2	530.2			3.4	346.7			1.9	193.7		



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003



Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO





LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y
PAVIMENTOS

Informe N° : 00198
Fecha de Emisión : 20/09/2021
Realizado por : H.C.S
Revisado por : S.S.S

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

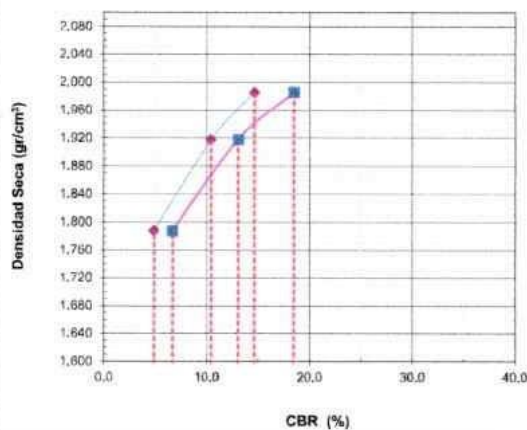
IDENTIFICACIÓN : C-01 (SAN) / C-01 / M-01

CLASF. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASF. (AASHTO) : A-7-6(8)

COORDENADAS UTM : 468444.12 E - 8796294.09 N



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.886
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 15.2
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.792

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	8.8	0.2"	11.1
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	5.0	0.2"	6.8

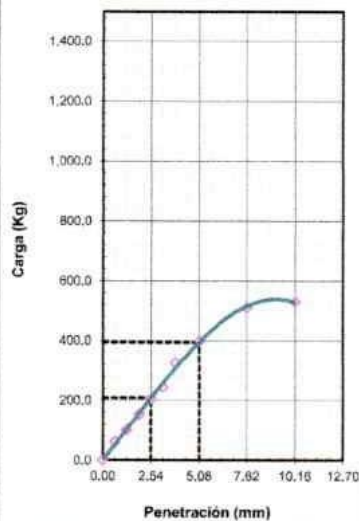
RESULTADOS CBR a 0.1":

VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S. : 8.8 (%)

VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S. : 5.0 (%)

OBSERVACIONES:

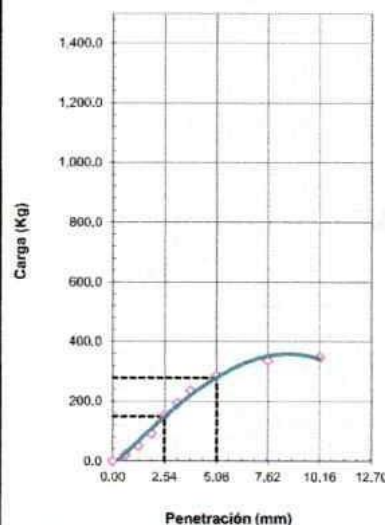
EC = 56 GOLPES



CBR (0.1") 54.6%

CBR (0.2") 18.5%

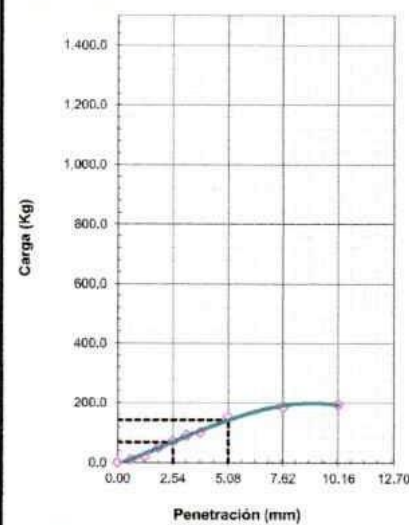
EC = 25 GOLPES



CBR (0.1") 31.4%

CBR (0.2") 13.7%

EC = 12 GOLPES



CBR (0.1") 4.9%

CBR (0.2") 6.7%



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003



Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



geosciencesac@Outlook.com
Jr. Arequipa Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Tambo

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : C-01 (S99.8% - PP 0.2%) / C-01 / M-01

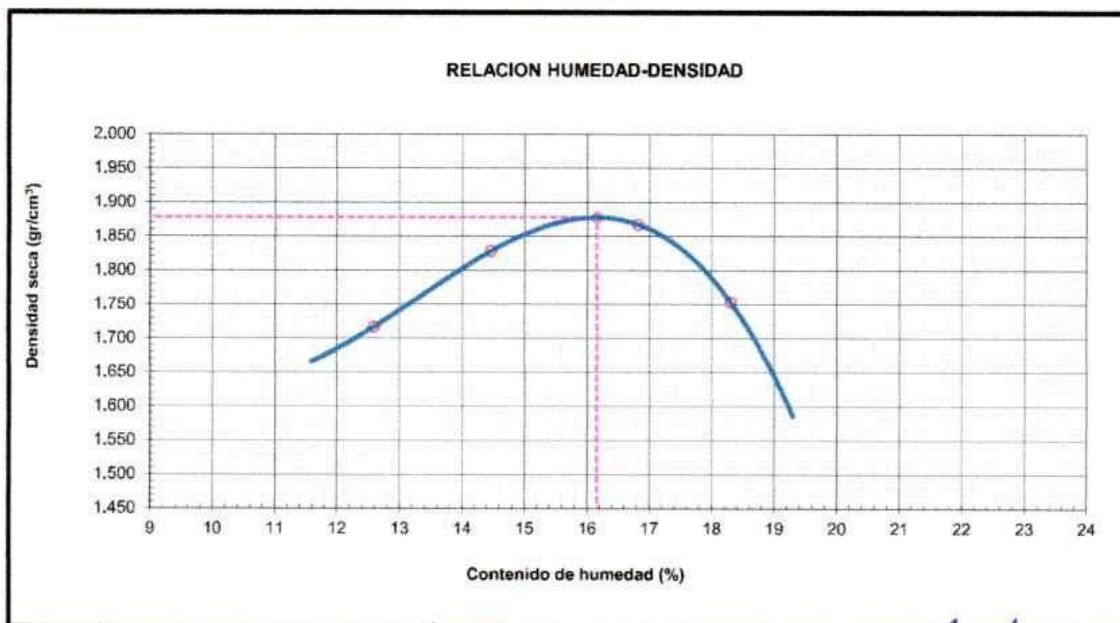
CLASF. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASF. (AASHTO) : A-6(7)

COORDENADAS UTM : 468444.12 E - 8796294.09 N

		Metodo C				
Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	9,595.0	9,929.0	10,113.0	9,890.0	
Peso molde	gr	5,581.0	5,581.0	5,581.0	5,581.0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4,014.0	4,348.0	4,532.0	4,309.0	
Volumen del molde	cm ³	2,077.3	2,077.3	2,077.3	2,077.3	
Peso volumétrico húmedo	gr	1,932	2,093	2,182	2,074	
Recipiente N°		54	33	58	44	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	43.33	67.36	74.99	88.01	
Peso del suelo seco + tara	gr	40.50	62.40	67.19	78.97	
Tara	gr	18.01	28.12	20.83	29.57	
Peso de agua	gr	2.83	4.96	7.80	9.04	
Peso del suelo seco	gr	22.49	34.28	46.36	49.40	
Contenido de agua	%	12.58	14.47	16.82	18.30	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.716	1.829	1.867	1.753	
Densidad máxima (gr/cm ³)					1.878	
Humedad óptima (%)					16.2	



OBSERVACIONES :



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP: 204903



Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



geosciences@Outlook.com
Jr. Arequipa Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Tambo

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : C-01 (S99.8% - PP 0.2%) / C-01 / M-01
DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad
COORDENADAS UTM : 468444.12 E - 8796294.09 N

CLASF. (SUCS) : CL
CLASF. (AASHTO) : A-6(7)

Molde N°	29		76		27	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11,231.0	11,368.0	11,296.0	11,310.0	11,321.0	11,380.0
Peso de molde (g)	6,730.0	6,730.0	6,915.0	6,915.0	6,982.0	6,982.0
Peso del suelo húmedo (g)	4,501.0	4,638.0	4,381.0	4,395.0	4,339.0	4,398.0
Volumen del molde (cm³)	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0
Densidad húmeda (g/cm³)	2.133	2.198	2.076	2.083	2.056	2.084
Tara (N°)	21	13	12	51	25	40
Peso suelo húmedo + tara (g)	65.0	69.3	61.4	53.9	57.8	83.8
Peso suelo seco + tara (g)	59.8	63.1	57.0	48.3	53.0	74.7
Peso de tara (g)	28.4	27.5	29.9	18.0	23.8	28.1
Peso de agua (g)	5.12	6.19	4.44	5.63	4.79	9.06
Peso de suelo seco (g)	31.44	35.62	27.06	30.27	29.21	46.60
Contenido de humedad (%)	16.28	17.38	16.41	18.60	16.40	19.44
Densidad seca (g/cm³)	1.834	1.873	1.784	1.756	1.767	1.745

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
13/09/2021	15:30	0	4.3	0.000	0.00	5.2	0.000	0.00	5.5	0.000	0.00
14/09/2021	15:36	24	4.6	0.008	0.01	5.5	0.008	0.01	5.7	0.006	0.01
15/09/2021	15:42	48	4.8	0.012	0.01	6.0	0.020	0.02	6.2	0.019	0.02
16/09/2021	15:48	72	5.2	0.023	0.02	6.3	0.026	0.02	6.6	0.029	0.03
17/09/2021	15:54	96	5.3	0.025	0.02	6.4	0.030	0.03	6.7	0.031	0.03

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	MOLDE N° 29				MOLDE N° 76				MOLDE N° 27			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		KN	kg	kg	%	KN	kg	kg	%	KN	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		0.5	51.0			0.2	20.4			0.1	10.2		
1.270		1.1	112.2			0.6	61.2			0.2	20.4		
1.905		1.6	163.2			0.8	81.6			0.4	40.8		
2.540	70.5	2.2	224.3	219.9	15.5	1.4	142.8	126.2	8.9	0.6	61.2	57.0	4.0
3.180		2.6	265.1			1.6	163.2			0.7	71.4		
3.810		3.2	326.3			1.8	183.5			0.9	91.8		
5.080	105.7	3.9	397.7	401.1	18.8	2.5	254.9	254.4	11.9	1.3	132.6	128.4	6.0
7.620		5.1	520.0			3.4	346.7			1.8	183.5		
10.160		5.5	560.8			3.6	367.1			2.0	203.9		



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP: 204003



Hernan A. Cano Sosa
TTC: LABORATORIO



geosciences@Outlook.com
Jr. Arequipa Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Tambo

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

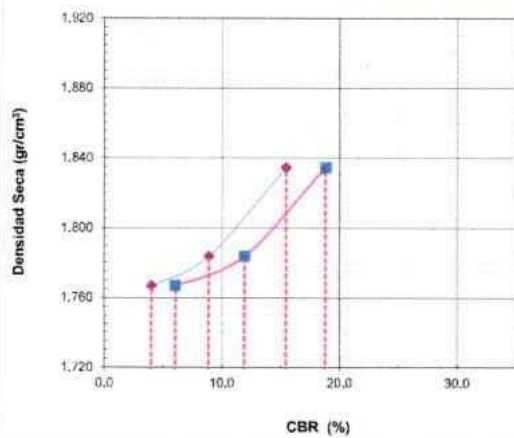
IDENTIFICACIÓN : C-01 (S99.8% - PP 0.2%) / C-01 / M-01

CLASF. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASF. (AASHTO) : A-6(7)

COORDENADAS UTM : 468444.12 E - 8796294.09 N



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.878
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 16.2
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.784

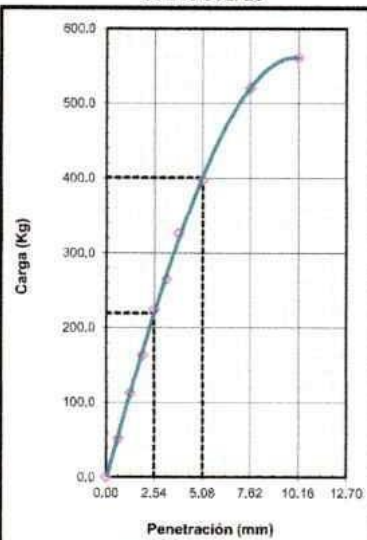
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1" : 11.6	0.2" : 11.8
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1" : 9.0	0.2" : 12.1

RESULTADOS CBR a 0.1":

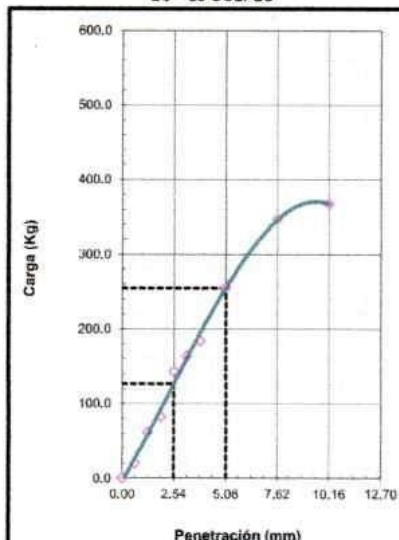
VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S. : 11.6 (%)
VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S. : 9.0 (%)

OBSERVACIONES:

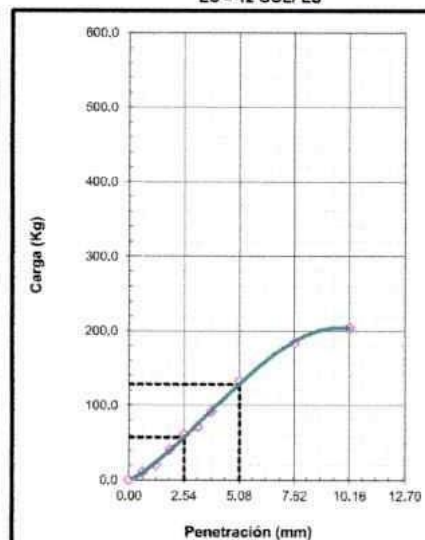
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003

Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y
PAVIMENTOS

INF. ENSAYO N° : 00198
Fecha de Emisión : 20/09/2021
Realizado por : H.C.S.
Revisado por : S.S.S.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : C-01 (S99.6% - PP0.4%) / C-01 / M-01

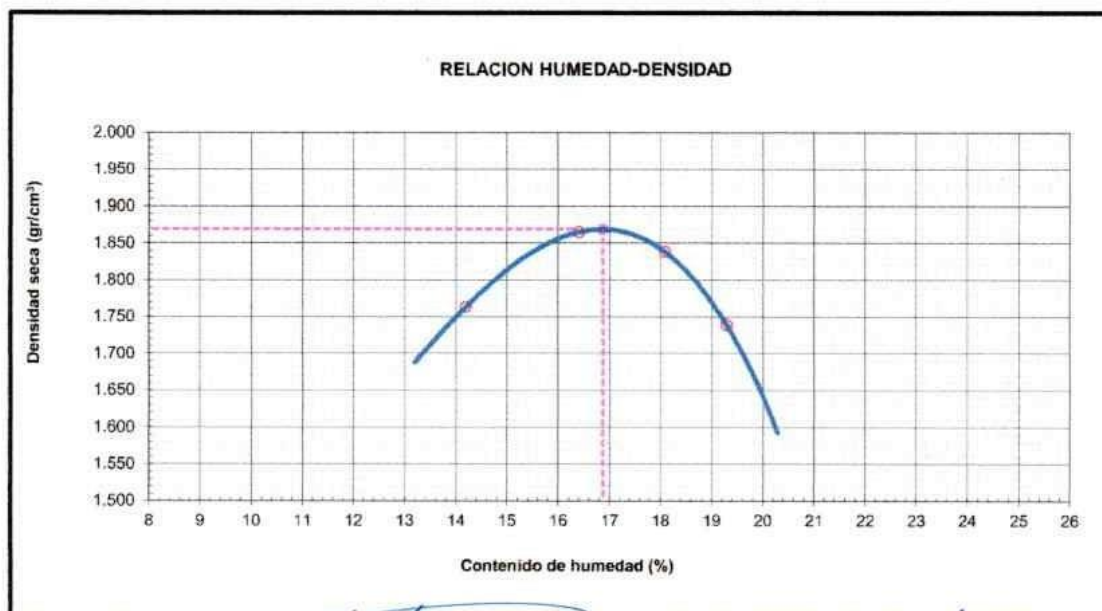
CLASIF. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASIF. (AASHTO) : A-6(6)

COORDENADAS UTM : 468444.12 E - 8796294.09 N

		Metodo C				
Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	10,091.2	10,090.3	9,889.4	9,763.3	
Peso molde	gr	5,581.0	5,581.0	5,581.0	5,581.0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4,510.2	4,509.3	4,308.4	4,182.3	
Volumen del molde	cm ³	2,077.3	2,077.3	2,077.3	2,077.3	
Peso volumétrico húmedo	gr	2,171	2,171	2,074	2,013	
Recipiente N°		11	87	8	4	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	89.69	107.90	125.80	102.89	
Peso del suelo seco + tara	gr	79.95	95.34	110.08	93.32	
Tara	gr	20.60	25.90	28.60	25.90	
Peso de agua	gr	9.74	12.56	15.72	9.57	
Peso del suelo seco	gr	59.35	69.44	81.48	67.42	
Contenido de agua	%	16.41	18.09	19.29	14.19	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.865	1.838	1.739	1.763	
Densidad máxima (gr/cm ³)					1.869	
Humedad óptima (%)					16.9	



OBSERVACIONES :



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP 304903



Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



geosciencesa@Outlook.com
Jr. Arequipa Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Timbo



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y
PAVIMENTOS

Informe N° : 00198
Fecha de Emisión : 20/09/2021
Realizado por : H.C.S
Revisado por : S.S.S.

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE
POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : C-01 (S99.6% - PP0.4%) / C-01 / M-01

CLASF. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASF. (AASHTO) : A-6(6)

COORDENADAS UTM : 468444,12 E - 8796294,09 N

Molde N°	29		76		27	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11,051.9	11,087.0	11,006.9	10,800.3	10,828.0	10,871.0
Peso de molde (g)	6,730.0	6,730.0	6,915.0	6,915.0	6,982.0	6,982.0
Peso del suelo húmedo (g)	4,321.9	4,357.0	4,091.9	3,885.3	3,846.0	3,889.0
Volumen del molde (cm³)	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0
Densidad húmeda (g/cm³)	2.048	2.065	1.939	1.841	1.823	1.843
Tara (N°)	6	89	52	50	99	96
Peso suelo húmedo + tara (g)	62.3	53.6	57.6	59.9	52.8	62.5
Peso suelo seco + tara (g)	59.4	50.8	55.2	55.6	50.6	57.9
Peso de tara (g)	19.3	20.6	22.2	20.2	19.2	21.2
Peso de agua (g)	2.89	2.78	2.47	4.15	2.27	4.63
Peso de suelo seco (g)	40.08	30.23	32.94	35.55	31.33	36.72
Contenido de humedad (%)	7.20	9.19	7.51	11.67	7.23	12.61
Densidad seca (g/cm³)	1.911	1.891	1.804	1.649	1.700	1.637

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
13/09/2021	11:30	0	3.0	0.000	0.00	2.9	0.000	0.00	3.9	0.000	0.00
14/09/2021	11:36	24	3.4	0.009	0.01	3.3	0.009	0.01	4.2	0.008	0.01
15/09/2021	11:42	48	3.7	0.017	0.01	3.4	0.011	0.01	4.4	0.012	0.01
16/09/2021	11:48	72	3.9	0.023	0.02	3.8	0.023	0.02	4.9	0.027	0.02
18/09/2021	11:54	96	3.9	0.023	0.02	4.0	0.026	0.02	5.2	0.033	0.03

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	MOLDE N° 29				MOLDE N° 76				MOLDE N° 27			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		KN	kg	kg	%	KN	kg	kg	%	KN	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		0.8	81.6			0.5	46.3			0.1	10.2		
1.270		1.4	142.8			0.9	91.8			0.3	30.6		
1.905		1.8	183.5			1.2	122.4			0.5	51.0		
2.540	70.5	2.2	224.3	235.2	16.5	1.8	183.5	172.5	12.1	0.8	85.7	79.1	5.6
3.180		2.7	275.3			2.1	214.1			1.0	101.4		
3.810		3.3	336.5			2.4	244.7			1.2	122.4		
5.080	105.7	4.5	458.9	443.6	20.8	3.0	305.9	312.4	14.6	1.6	159.1	156.5	7.3
7.620		5.8	581.4			4.0	407.9			2.0	208.0		
10.160		6.2	632.2			4.2	428.3			2.3	237.5		



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003



Hernán A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



geosciencesa@Outlook.com
Jr. Arcángel Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Tambo

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

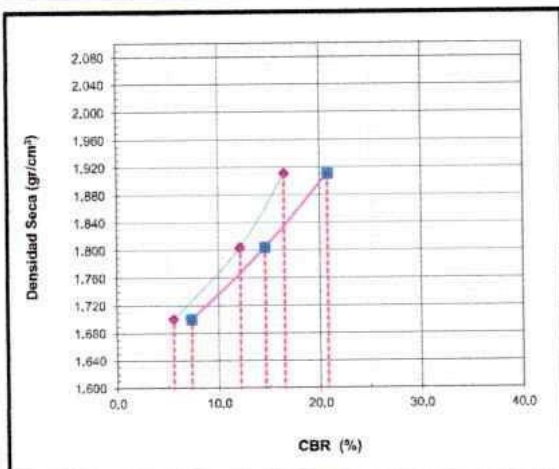
IDENTIFICACIÓN : C-01 (S99.6% - PP0.4%) / C-01 / M-01

CLASF. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASF. (AASHTO) : A-6(6)

COORDENADAS UTM : 468444.12 E - 8796294.09 N



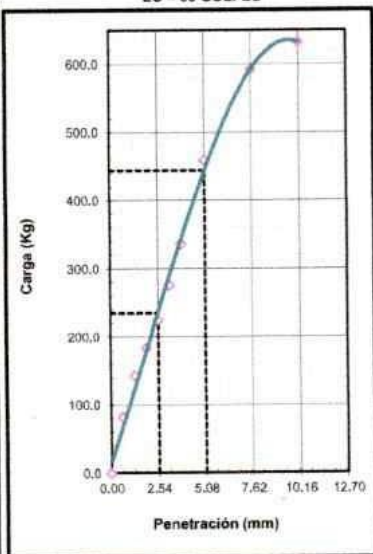
METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.869
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 16.9
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.775

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1" : 15.1	0.2" : 18.5
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1" : 10.5	0.2" : 12.8

RESULTADOS CBR a 0.1":
 VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S. : 15.1 (%)
 VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S. : 10.5 (%)

OBSERVACIONES:

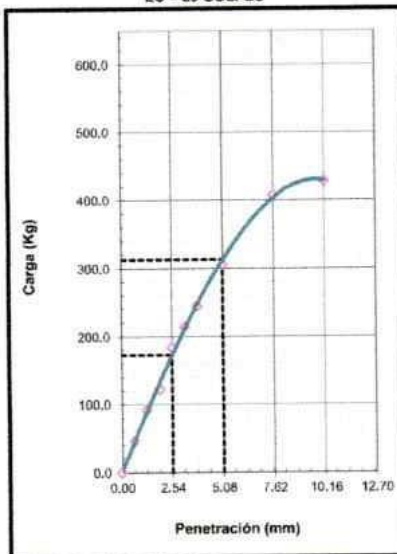
EC = 56 GOLPES



CBR (0.1") 10.5%

CBR (0.2") 20.8%

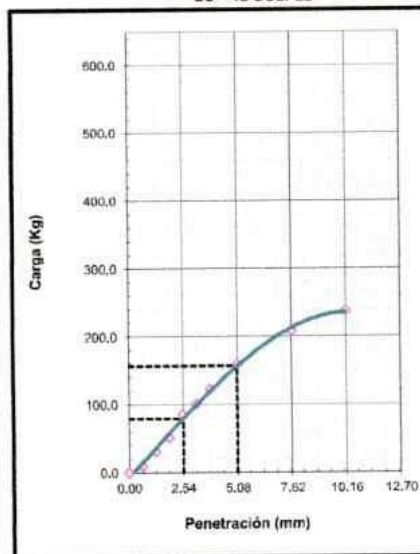
EC = 25 GOLPES



CBR (0.1") 12.7%

CBR (0.2") 14.6%

EC = 12 GOLPES



CBR (0.1") 5.6%

CBR (0.2") 7.3%



Stevens A. Sanabria Sosa
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 204003



Hernan A. Cano Sosa
 TEC. LABORATORIO

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : C-01 (S99.4% - PP0.6%) / C-01 / M-01

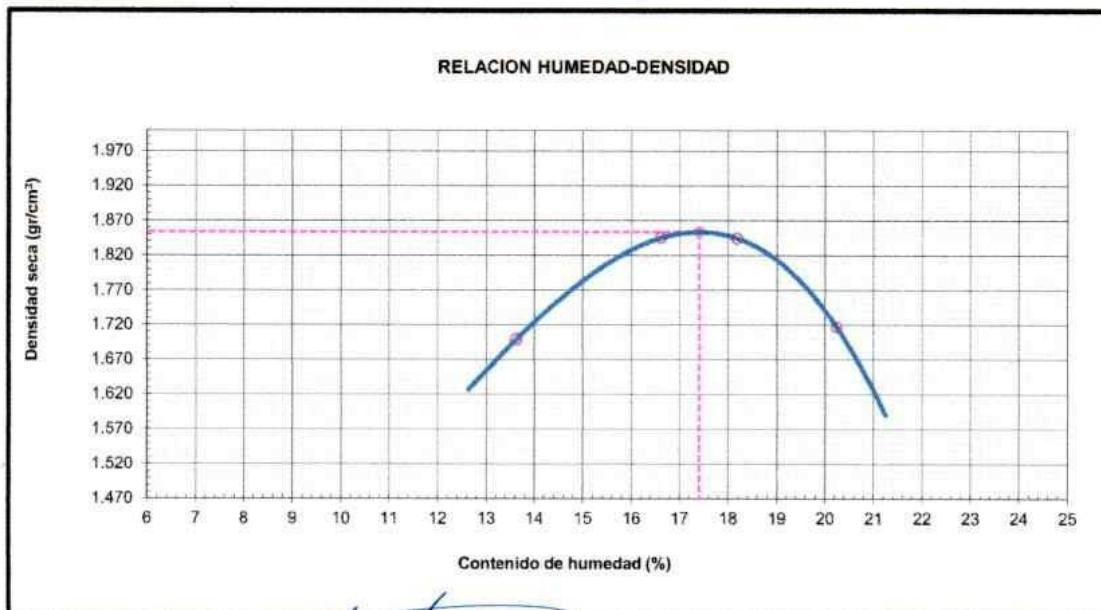
CLASF. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASF. (AASHTO) : A-6(5)

COORDENADAS UTM : 468444.12 E - 8796294.09 N

		Metodo C				
Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	9,869.6	10,051.3	9,590.4	10,109.6	
Peso molde	gr	5,581.0	5,581.0	5,581.0	5,581.0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4,288.6	4,470.3	4,009.4	4,528.6	
Volumen del molde	cm ³	2,077.3	2,077.3	2,077.3	2,077.3	
Peso volumétrico húmedo	gr	2,065	2,152	1,930	2,180	
Recipiente N°		65	71	46	6	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	69.10	54.40	56.10	97.80	
Peso del suelo seco + tara	gr	61.17	49.64	52.13	87.30	
Tara	gr	22.00	21.00	23.00	29.57	
Peso de agua	gr	7.93	4.76	3.97	10.50	
Peso del suelo seco	gr	39.17	28.64	29.13	57.73	
Contenido de agua	%	20.25	16.62	13.63	18.19	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.717	1.845	1.699	1.845	
Densidad máxima (gr/cm ³)					1.854	
Humedad óptima (%)					17.4	



OBSERVACIONES :


Stevens A. Sanabria Sosa
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 204003


Hernan A. Cano Sosa
 TEC. LABORATORIO



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y
PAVIMENTOS

Informe N° : 00198
Fecha de Emisión : 20/09/2021
Realizado por : H.C.S
Revisado por : S.S.S

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : C-01 (S99.4% - PP0.6%) / C-01 / M-01

CLASF. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASF. (AASHTO) : A-6(5)

COORDENADAS UTM : 468444.12 E - 8796294.09 N

Molde N°	29		76		27	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11,328.2	11,865.8	11,410.0	12,021.4	11,060.4	11,541.5
Peso de molde (g)	6,730.0	6,730.0	6,915.0	6,915.0	6,982.0	6,982.0
Peso del suelo húmedo (g)	4,598.2	5,135.8	4,495.0	5,106.4	4,078.4	4,559.5
Volumen del molde (cm ³)	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.179	2.434	2.130	2.420	1.933	2.161
Tara (N°)	12	24	78	35	41	87
Peso suelo húmedo + tara (g)	65.6	40.5	65.1	72.4	52.7	72.3
Peso suelo seco + tara (g)	62.1	38.6	59.9	60.8	50.1	64.6
Peso de tara (g)	27.8	26.7	29.3	18.0	23.3	27.5
Peso de agua (g)	3.52	1.91	5.16	11.64	2.64	7.65
Peso de suelo seco (g)	34.26	11.89	30.61	42.77	26.76	37.08
Contenido de humedad (%)	10.29	16.06	16.85	27.22	9.85	20.63
Densidad seca (g/cm ³)	1.976	2.097	1.823	1.902	1.760	1.791

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
14/09/2021	10:45	0	4.2	0.000	0.00	4.1	0.000	0.00	5.3	0.000	0.00
15/09/2021	10:51	24	4.4	0.006	0.01	4.6	0.013	0.01	5.8	0.011	0.01
16/09/2021	10:57	48	4.7	0.013	0.01	4.7	0.015	0.01	6.0	0.017	0.01
17/09/2021	11:03	72	4.7	0.014	0.01	4.7	0.015	0.01	6.1	0.020	0.02
18/09/2021	11:09	96	4.7	0.014	0.01	4.8	0.019	0.02	6.2	0.021	0.02

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 29				MOLDE N° 76				MOLDE N° 27			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		KN	kg	kg	%	KN	kg	kg	%	KN	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		1.2	121.7			0.6	61.2			0.3	30.6		
1.270		2.6	269.1			1.0	102.0			0.7	71.4		
1.905		3.6	367.1			1.8	183.5			1.2	122.4		
2.540	70.5	4.9	499.7	477.8	33.6	2.4	244.7	245.2	17.2	1.4	142.8	157.1	11.0
3.180		5.5	560.8			3.0	305.9			1.9	193.7		
3.810		6.3	642.4			3.5	356.9			2.3	234.5		
5.080	105.7	7.4	754.6	762.2	35.7	4.2	428.3	424.8	19.9	2.8	285.5	275.1	12.9
7.620		8.8	897.3			5.0	509.9			3.2	326.3		
10.160		9.0	917.7			5.2	530.2			3.4	346.7		

Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003

Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



geosciencesac@Outlook.com
Jr. Arzapapa Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Tambo

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

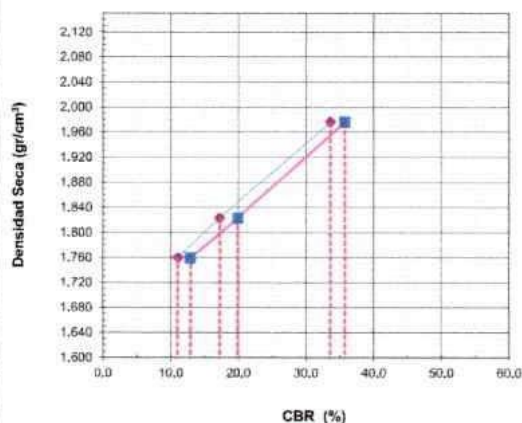
IDENTIFICACIÓN : C-01 (S99.4% - PP0.6%) / C-01 / M-01

CLASF. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASF. (AASHTO) : A-6(5)

COORDENADAS UTM : 468444.12 E - 8796294.09 N



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.854
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 17.4
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.761

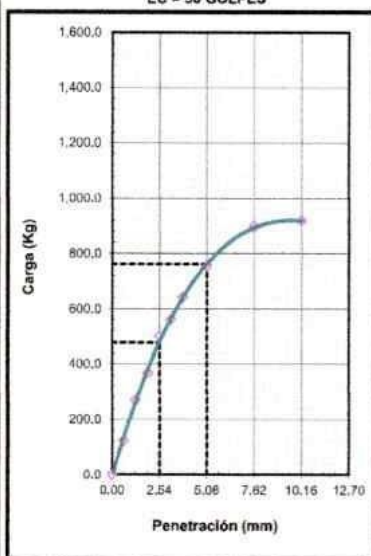
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	20.3	0.2"	23.2
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	11.2	0.2"	13.1

RESULTADOS CBR a 0.1":

VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S. : 20.3 (%)
VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S. : 11.2 (%)

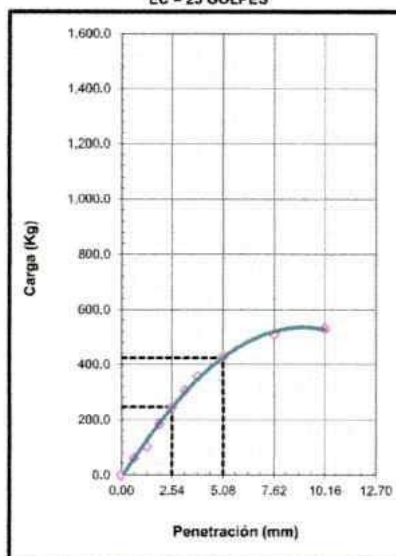
OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES



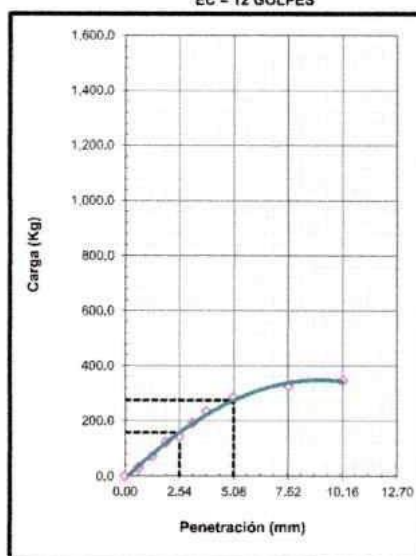
CBR (0.1") : 33.6%
CBR (0.2") : 35.7%

EC = 25 GOLPES



CBR (0.1") : 17.2%
CBR (0.2") : 19.9%

EC = 12 GOLPES



CBR (0.1") : 11.0%
CBR (0.2") : 12.9%



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP 204903



Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



geosciencesas@Outlook.com
Jr. Arcequia Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Tambo

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : C-01 (S99.2% - PP0.8%) / C-01 / M-01

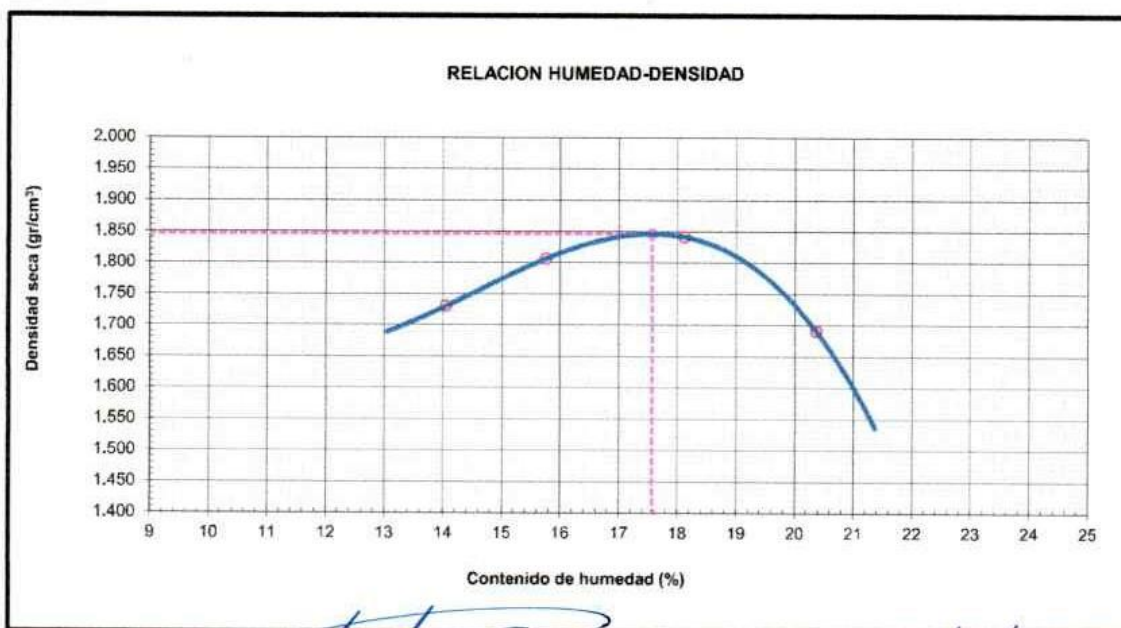
CLASF. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASF. (AASHTO) : A-6(5)

COORDENADAS UTM : 468444.12 E - 8796294.09 N

		Metodo C				
Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	9,680.0	10,100.0	9,810.0	9,925.0	
Peso molde	gr	5,581.0	5,581.0	5,581.0	5,581.0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4,099.0	4,519.0	4,229.0	4,344.0	
Volumen del molde	cm ³	2,077.3	2,077.3	2,077.3	2,077.3	
Peso volumétrico húmedo	gr	1,973	2,175	2,036	2,091	
Recipiente N°		29	9	4	44	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	48.13	52.68	50.91	89.21	
Peso del suelo seco + tara	gr	44.78	48.79	46.74	81.09	
Tara	gr	20.93	26.22	26.27	29.57	
Peso de agua	gr	3.35	4.09	4.17	8.12	
Peso del suelo seco	gr	23.85	22.57	20.47	51.52	
Contenido de agua	%	14.05	18.12	20.37	15.76	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.730	1.842	1.691	1.806	
Densidad máxima (gr/cm ³)						1.847
Humedad óptima (%)						17.6



OBSERVACIONES :



Stevens A. Sanabria Sosa
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 204003



Hernan A. Cano Sosa
 TEC. LABORATORIO





LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y
PAVIMENTOS

Informe N° : 00198
Fecha de Emisión : 20/09/2021
Realizado por : H.C.S
Revisado por : S.S.S

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE
POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : C-01 (S99.2% - PP0.8%) / C-01 / M-01

CLASE. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASE. (AASHTO) : A-6(5)

COORDENADAS UTM : 468444.12 E - 8796.000000.00 E

Molde N°	29		76		27	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11,720.6	11,807.4	11,370.2	11,664.6	11,278.9	11,568.7
Peso de molde (g)	6,730.0	6,730.0	6,915.0	6,915.0	6,982.0	6,982.0
Peso del suelo húmedo (g)	4,990.6	5,077.4	4,455.2	4,749.6	4,296.9	4,586.7
Volumen del molde (cm³)	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0
Densidad húmeda (g/cm³)	2.365	2.406	2.111	2.251	2.036	2.174
Tara (N°)	55	48	25	16	18	64
Peso suelo húmedo + tara (g)	65.0	42.7	61.4	55.9	57.9	48.0
Peso suelo seco + tara (g)	59.8	39.7	56.9	46.9	53.0	42.9
Peso de tara (g)	28.4	28.5	29.9	18.0	23.8	27.2
Peso de agua (g)	5.21	2.95	4.48	9.03	4.94	5.05
Peso de suelo seco (g)	31.35	11.24	27.02	28.87	29.21	15.72
Contenido de humedad (%)	16.62	26.25	16.58	31.28	16.89	32.12
Densidad seca (g/cm³)	2.028	1.906	1.811	1.715	1.742	1.645

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
13/09/2021	15:30	0	4.3	0.000	0.00	5.2	0.000	0.00	4.8	0.000	0.00
14/09/2021	15:36	24	4.4	0.004	0.00	5.3	0.004	0.00	4.9	0.003	0.00
15/09/2021	15:42	48	4.5	0.004	0.00	5.4	0.005	0.00	5.2	0.008	0.01
16/09/2021	15:48	72	4.5	0.005	0.00	5.7	0.013	0.01	5.3	0.013	0.01
17/09/2021	15:54	96	4.7	0.012	0.01	5.8	0.017	0.01	5.4	0.015	0.01

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	MOLDE N° 29				MOLDE N° 76				MOLDE N° 27			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		KN	kg	kg	%	KN	kg	kg	%	KN	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		1.4	142.8			0.7	71.4			0.3	30.6		
1.270		2.8	285.5			1.5	153.0			0.7	71.4		
1.905		3.8	387.5			2.0	203.9			1.2	122.4		
2.540	70.5	4.9	499.7	494.2	34.7	2.6	265.1	262.6	18.5	1.6	163.2	163.1	11.5
3.180		5.7	581.2			3.0	305.9			1.9	193.7		
3.810		6.5	662.8			3.6	367.1			2.3	234.5		
5.080	105.7	7.9	805.6	803.0	37.6	4.5	458.9	455.5	21.4	2.6	265.1	258.2	12.1
7.620		9.5	968.7			5.6	571.0			2.8	285.5		
10.160		10.0	1019.7			5.8	591.4			3.1	316.1		



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003



Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



geosciencesac@Outlook.com
Jr. Arequipa Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Tambo

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

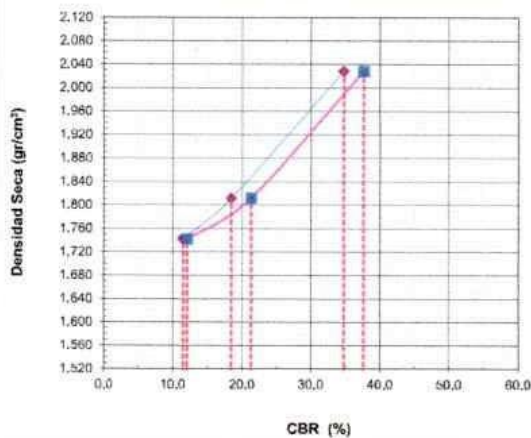
IDENTIFICACIÓN : C-01 (S99.2% - PP0.8%) / C-01 / M-01

CLASF. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASF. (AASHTO) : A-6(5)

COORDENADAS UTM : 468444.12 E - 8796294.09 N



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.847
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 17.6
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.754

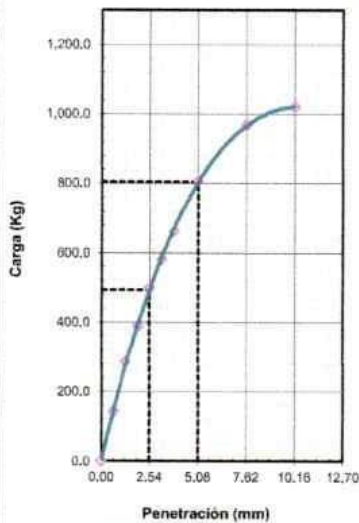
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1" : 21.7	0.2" : 25.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1" : 12.8	0.2" : 13.9

RESULTADOS CBR a 0.1":

VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S. : 21.7 (%)
VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S. : 12.8 (%)

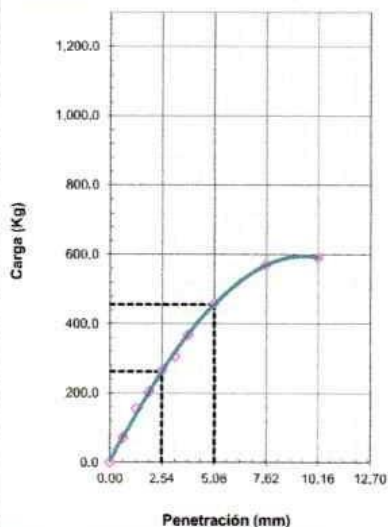
OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES



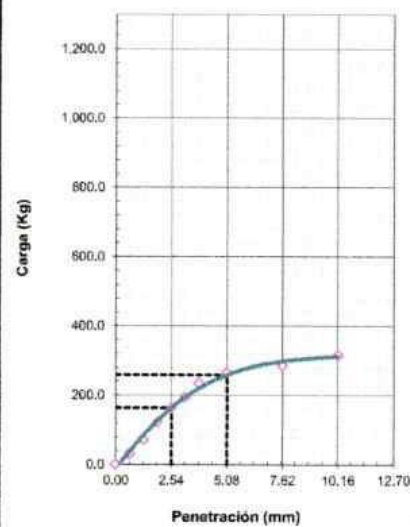
CBR (0.1") : 34.7%
CBR (0.2") : 37.6%

EC = 25 GOLPES



CBR (0.1") : 31.5%
CBR (0.2") : 21.4%

EC = 12 GOLPES



CBR (0.1") : 11.6%
CBR (0.2") : 9.1%



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP 204003



Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO





LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y
PAVIMENTOS

INF. ENSAYO N° : 00198
Fecha de Emisión : 20/09/2021
Realizado por : H.C.S
Revisado por : S.S.S

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

PROYECTO "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS
DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : C-02 (SAN) / C-2 / M-01

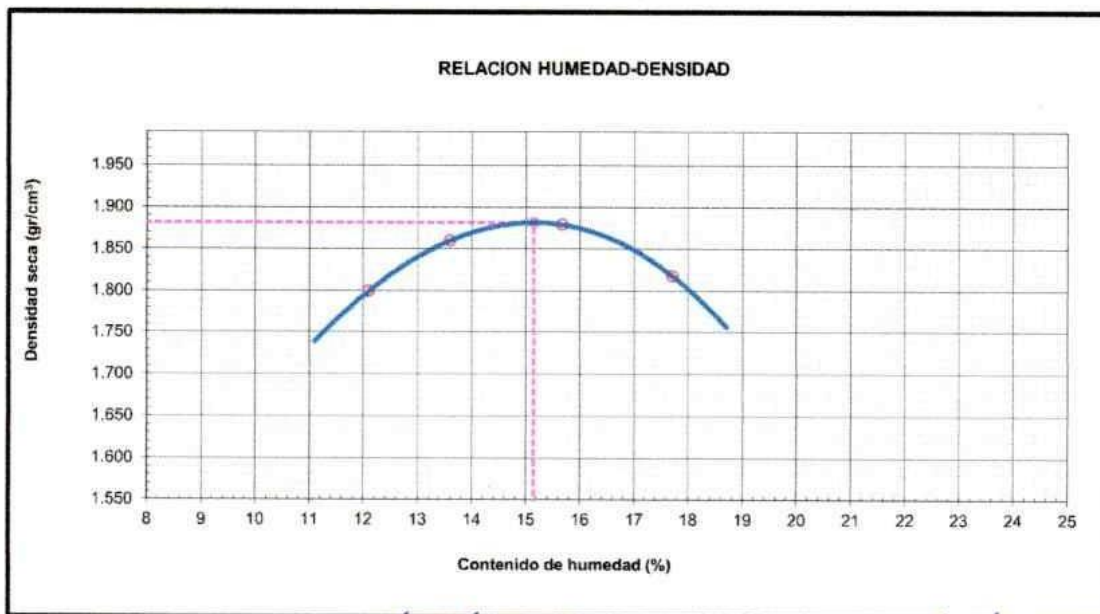
CLASF. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASF. (AASHTO) : A-7-6(7)

COORDENADAS UTM : 468496.89 E - 8796273.52 N

		Metodo C				
Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	10,299.0	10,425.0	10,355.0	10,100.0	
Peso molde	gr	5,910.0	5,910.0	5,910.0	5,910.0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4,389.0	4,515.0	4,445.0	4,190.0	
Volumen del molde	cm ³	2,077.3	2,077.3	2,077.3	2,077.3	
Peso volumétrico húmedo	gr	2,113	2,173	2,140	2,017	
Recipiente N°		42	39	13	51	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	61.38	48.06	47.02	83.08	
Peso del suelo seco + tara	gr	57.41	45.52	44.06	77.20	
Tara	gr	28.22	29.18	27.48	28.60	
Peso de agua	gr	3.97	2.56	2.94	5.88	
Peso del suelo seco	gr	29.19	16.34	16.60	48.60	
Contenido de agua	%	13.60	15.67	17.71	12.10	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.860	1.879	1.818	1.799	
Densidad máxima (gr/cm ³)					1.882	
Humedad óptima (%)					15.1	



OBSERVACIONES :



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP: 234003



Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



geosciencesac@Outlook.com
Jr. Arceguipa Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Tambo

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : C-02 (SAN) / C-2 / M-01

CLASF. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASF. (AASHTO) : A-7-6(7)

COORDENADAS UTM : 468496.89 E - 8796273.52 N

Molde N°	29		76		27	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11,395.0	11,250.0	11,296.0	11,350.3	11,155.0	11,185.0
Peso de molde (g)	6,730.0	6,730.0	6,915.0	6,915.0	6,982.0	6,982.0
Peso del suelo húmedo (g)	4,665.0	4,520.0	4,381.0	4,435.3	4,173.0	4,203.0
Volumen del molde (cm³)	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0
Densidad húmeda (g/cm³)	2.211	2.142	2.076	2.102	1.978	1.992
Tara (N°)	4	87	25	41	65	38
Peso suelo húmedo + tara (g)	78.1	64.5	58.9	66.2	70.7	63.6
Peso suelo seco + tara (g)	73.0	60.7	56.2	62.3	67.9	59.7
Peso de tara (g)	23.6	16.6	19.7	23.6	22.6	20.6
Peso de agua (g)	5.10	3.77	2.63	3.94	2.73	3.89
Peso de suelo seco (g)	49.46	44.15	36.57	38.67	45.34	39.11
Contenido de humedad (%)	10.31	8.54	7.19	10.19	6.02	9.95
Densidad seca (g/cm³)	2.004	1.974	1.937	1.908	1.865	1.812

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
14/09/2021	8:30	0	0.4	0.000	0.00	2.4	0.000	0.00	3.7	0.000	0.00
15/09/2021	8:36	24	1.7	0.033	0.03	3.5	0.029	0.03	4.6	0.024	0.02
16/09/2021	8:42	48	1.7	0.034	0.03	3.1	0.019	0.02	5.0	0.033	0.03
17/09/2021	8:48	72	1.8	0.035	0.03	3.8	0.035	0.03	5.0	0.033	0.03
18/09/2021	8:54	96	1.7	0.033	0.03	4.0	0.040	0.03	5.0	0.034	0.03

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	MOLDE N° 29				MOLDE N° 76				MOLDE N° 27			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		KN	kg	kg	%	KN	kg	kg	%	KN	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		0.8	81.6			0.3	30.6			0.3	30.6		
1.270		1.5	153.0			0.7	71.4			0.5	51.0		
1.905		1.8	183.5			1.0	102.0			0.8	81.6		
2.540	70.5	2.2	224.3	237.7	16.7	1.7	173.3	171.3	12.0	1.1	112.2	116.6	8.2
3.180		2.8	285.5			2.1	214.1			1.4	142.8		
3.810		3.2	326.3			2.6	265.1			1.7	173.3		
5.080	105.7	3.8	387.5	393.5	18.4	2.8	285.5	281.1	13.2	2.1	214.1	202.9	9.5
7.620		4.8	489.5			3.0	305.9			2.3	234.5		
10.160		5.0	509.9			3.2	326.3			2.4	244.7		



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003



Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

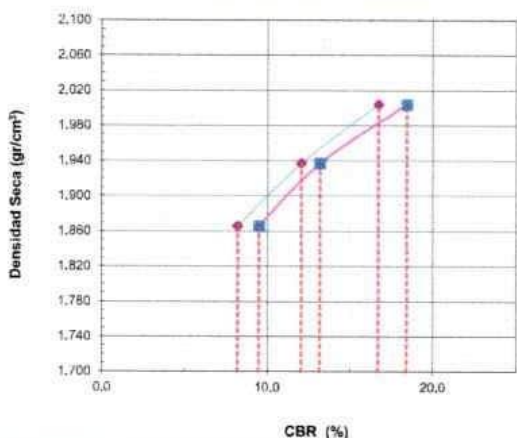
IDENTIFICACIÓN : C-02 (SAN) / C-2 / M-01

CLASF. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASF. (AASHTO) : A-7-6(7)

COORDENADAS UTM : 468496.89 E - 8796273.52 N



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.882
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 15.1
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.788

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1" : 9.0	0.2" : 10.2
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1" : 5.3	0.2" : 7.8

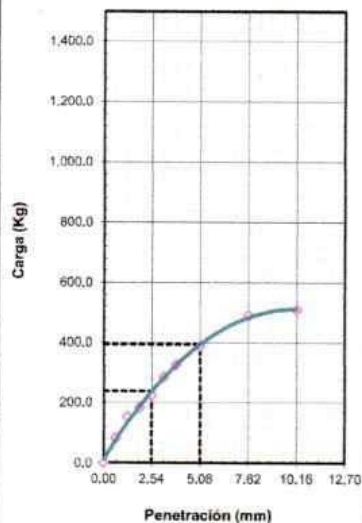
RESULTADOS CBR a 0.1":

VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S. : 9.0 (%)

VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S. : 5.3 (%)

OBSERVACIONES:

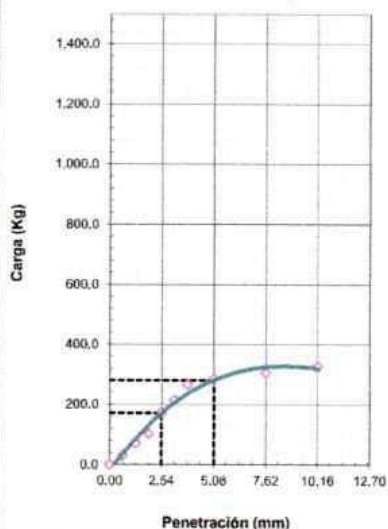
EC = 56 GOLPES



CBR (0.1") : 9.7%

CBR (0.2") : 9.4%

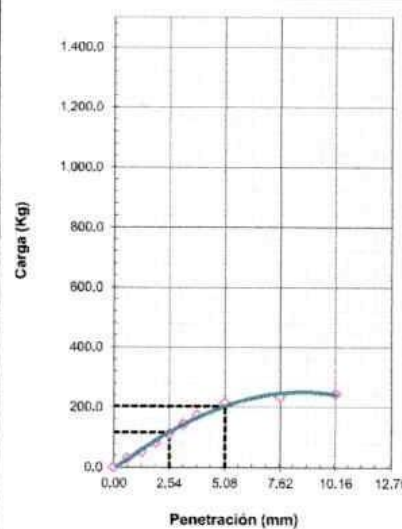
EC = 25 GOLPES



CBR (0.1") : 12.0%

CBR (0.2") : 13.2%

EC = 12 GOLPES



CBR (0.1") : 9.2%

CBR (0.2") : 9.5%



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003



Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

PROYECTO : *ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021*

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : C-02 (S99.8% - PP 0.2%) / C-02 / M-01

CLASF. (SUCS) : CL

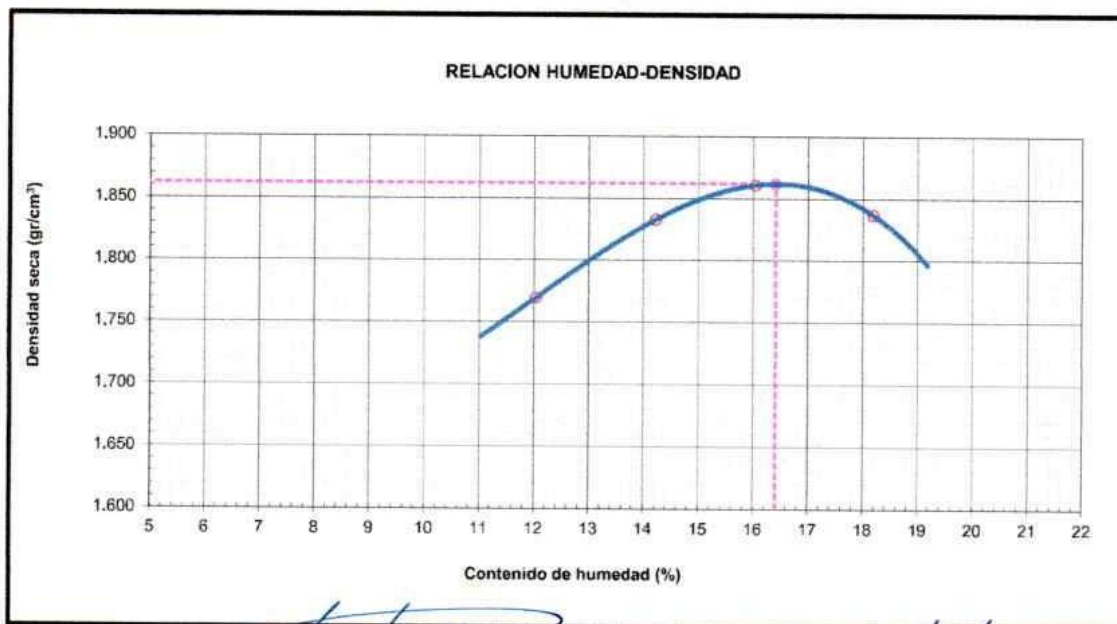
DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASF. (AASHTO) : A-6(6)

COORDENADAS UTM : 468496.89 E - 8796273.52 N

		Metodo C				
Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	9,930.0	10,066.5	10,091.2	9,699.7	
Peso molde	gr	5,581.0	5,581.0	5,581.0	5,581.0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4,349.0	4,485.5	4,510.2	4,118.7	
Volumen del molde	cm ³	2,077.3	2,077.3	2,077.3	2,077.3	
Peso volumétrico húmedo	gr	2,094	2,159	2,171	1,983	
Recipiente N°		5	12	65	99	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	47.24	59.43	65.15	83.15	
Peso del suelo seco + tara	gr	43.60	55.15	59.62	77.11	
Tara	gr	18.00	28.46	29.21	26.94	
Peso de agua	gr	3.64	4.28	5.53	6.04	
Peso del suelo seco	gr	25.60	26.69	30.41	50.17	
Contenido de agua	%	14.22	16.04	18.18	12.04	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.833	1.861	1.837	1.770	

Densidad máxima (gr/cm³) : 1.862
 Humedad óptima (%) : 16.4



OBSERVACIONES :



Stevens A. Sanabria Sosa
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 204003



Hernan A. Cano Sosa
 TEC. LABORATORIO



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : C-02 (S99.8% - PP 0.2%) / C-02 / M-01
DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad
COORDENADAS UTM : 468496.89 E - 8796273.52 N

CLASF. (SUCS) : CL
CLASF. (AASHTO) : A-6(6)

Molde N°	29		76		27	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11,595.3	11,395.5	11,408.3	11,256.3	11,190.8	11,058.0
Peso de molde (g)	6,730.0	6,730.0	6,915.0	6,915.0	6,982.0	6,982.0
Peso del suelo húmedo (g)	4,865.3	4,665.5	4,493.3	4,341.3	4,208.8	4,076.0
Volumen del molde (cm³)	2,104.2	2,104.2	2,106.7	2,106.7	2,129.0	2,129.0
Densidad húmeda (g/cm³)	2.312	2.217	2.133	2.061	1.977	1.914
Tara (N°)	6	96	29	60	65	66
Peso suelo húmedo + tara (g)	90.9	42.7	71.4	49.4	66.2	42.2
Peso suelo seco + tara (g)	83.0	39.7	65.8	46.2	61.4	40.1
Peso de tara (g)	31.7	22.6	29.6	29.9	29.6	30.2
Peso de agua (g)	7.95	2.99	5.51	3.18	4.80	2.14
Peso de suelo seco (g)	51.26	17.04	36.29	16.40	31.78	9.90
Contenido de humedad (%)	15.50	17.53	15.17	19.40	15.10	21.61
Densidad seca (g/cm³)	2.002	1.887	1.852	1.726	1.717	1.574

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
14/09/2021	13:15	0	6.2	0.000	0.00	5.1	0.000	0.00	3.5	0.000	0.00
15/09/2021	13:21	24	7.1	0.022	0.02	5.4	0.007	0.01	3.9	0.009	0.01
16/09/2021	13:27	48	7.2	0.024	0.02	5.5	0.011	0.01	4.2	0.017	0.01
17/09/2021	13:33	72	7.4	0.029	0.02	6.0	0.023	0.02	4.5	0.025	0.02
18/09/2021	13:39	96	7.6	0.035	0.03	6.3	0.030	0.03	4.9	0.035	0.03

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 29				MOLDE N° 76				MOLDE N° 27			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		KN	kg	kg	%	KN	kg	kg	%	KN	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		0.9	91.8			0.5	51.0			0.2	20.4		
1.270		1.6	163.2			0.8	81.6			0.3	30.6		
1.905		2.0	203.9			1.1	112.2			0.4	40.8		
2.540	70.5	2.9	295.7	299.6	21.1	1.7	173.3	169.4	11.9	0.6	61.2	65.5	4.6
3.180		3.7	377.3			2.0	203.9			0.8	81.6		
3.810		4.1	418.1			2.4	244.7			1.0	102.0		
5.080	105.7	4.5	458.9	469.9	22.0	2.8	285.5	278.4	13.0	1.2	122.4	117.1	5.5
7.620		5.4	550.6			3.1	316.1			1.4	142.8		
10.160		6.0	611.8			3.2	326.3			1.6	163.2		



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP: 204003



Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO





LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y
PAVIMENTOS

Informe N° : 00198
Fecha de Emisión : 20/09/2021
Realizado por : H.C.S
Revisado por : S.S.S

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

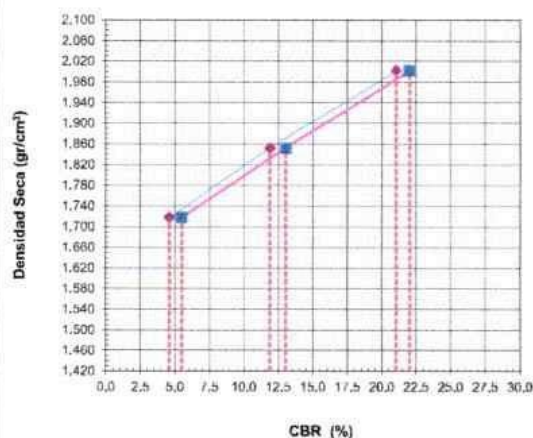
PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : C-02 (S99.9% - PP 0.2%) / C-02 / M-01
DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad
COORDENADAS UTM : 468496.89 E - 8796273.52 N

CLASF. (SUCS) : CL
CLASF. (AASHTO) : A-6(6)



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.862
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 16.4
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.769

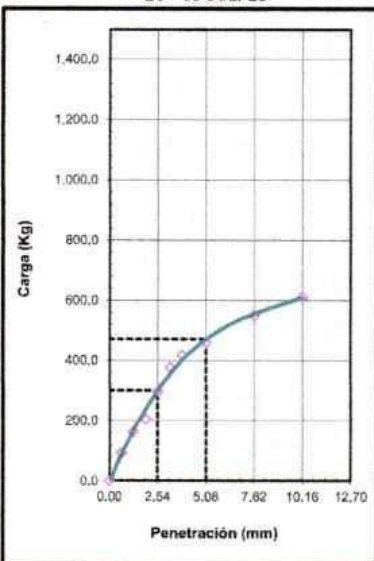
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1" : 12.5	0.2" : 13.6
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1" : 7.3	0.2" : 8.3

RESULTADOS CBR a 0.1":

VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S. : 12.5 (%)
VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S. : 7.3 (%)

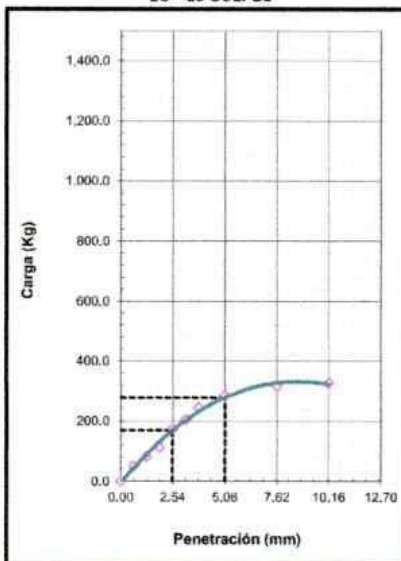
OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES



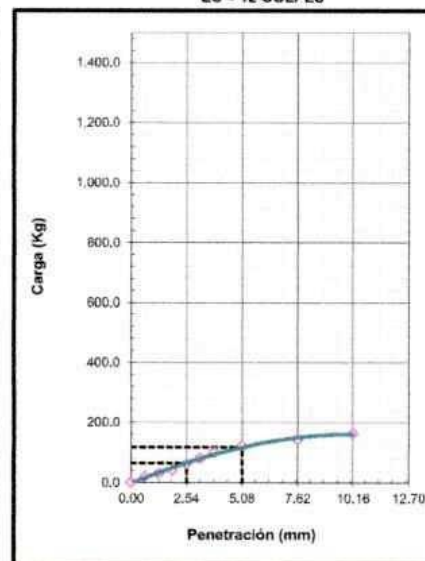
CBR (0.1") : 21.1%
CBR (0.2") : 22.0%

EC = 25 GOLPES



CBR (0.1") : 1.9%
CBR (0.2") : 13.0%

EC = 12 GOLPES



CBR (0.1") : 4.6%
CBR (0.2") : 5.5%



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL

CIP: 204003



Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



geosciences@Outlook.com
Jr. Arequipa Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Tazho

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : C-02 (S99.6% - PP0.4%) / C-02 / M-01

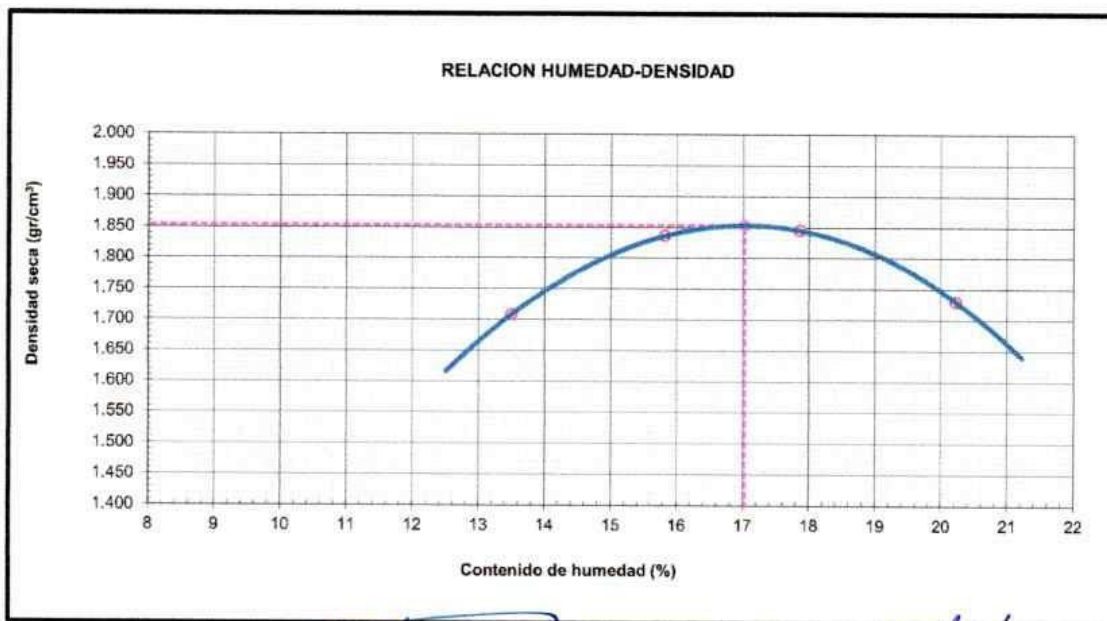
CLASE. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASE. (AASHTO) : A-6(5)

COORDENADAS UTM : 468496.89 E - 8796273.52 N

		Metodo C				
Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	9,609.0	9,999.0	10,099.0	9,902.0	
Peso molde	gr	5,581.0	5,581.0	5,581.0	5,581.0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4,028.0	4,418.0	4,518.0	4,321.0	
Volumen del molde	cm ³	2,077.3	2,077.3	2,077.3	2,077.3	
Peso volumétrico húmedo	gr	1,939	2,127	2,175	2,080	
Recipiente N°		5	37	86	47	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	55.15	56.25	48.56	47.52	
Peso del suelo seco + tara	gr	51.92	52.39	45.14	44.50	
Tara	gr	28.00	28.00	26.00	29.57	
Peso de agua	gr	3.23	3.86	3.42	3.02	
Peso del suelo seco	gr	23.92	24.39	19.14	14.93	
Contenido de agua	%	13.50	15.83	17.87	20.23	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.708	1.836	1.845	1.730	
Densidad máxima (gr/cm ³)					1.853	
Humedad óptima (%)					17.0	



OBSERVACIONES :



Stevens A. Sanabria Sosa
 INGENIERO CIVIL
 CIP-204063



Hernan A. Cano Sosa
 TEC. LABORATORIO





LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y
PAVIMENTOS

Informe N° : 00198
Fecha de Emisión : 20/09/2021
Realizado por : H.C.S
Revisado por : S.S.S

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE
POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : C-02 (S99.8% - PP0.4%) / C-02 / M-01
DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad
COORDENADAS UTM : 468496.89 E - 8796273.5 N

CLASF. (SUCS) : CL
CLASF. (AASHTO) : A-6(5)

Molde N°	29		76		27	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11,800.8	11,547.3	11,450.0	11,615.5	11,154.8	11,430.8
Peso de molde (g)	6,730.0	6,730.0	6,915.0	6,915.0	6,982.0	6,982.0
Peso del suelo húmedo (g)	5,070.8	4,817.3	4,535.0	4,700.5	4,172.8	4,448.8
Volumen del molde (cm ³)	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.403	2.283	2.149	2.228	1.978	2.108
Tara (N°)	6	37	18	85	128	6
Peso suelo húmedo + tara (g)	67.0	42.0	62.4	58.9	61.8	87.8
Peso suelo seco + tara (g)	61.0	40.2	58.9	53.4	58.0	76.8
Peso de tara (g)	28.4	27.9	29.9	18.0	23.8	28.1
Peso de agua (g)	5.92	1.80	3.46	5.54	3.79	10.97
Peso de suelo seco (g)	32.64	12.35	29.04	35.36	34.21	48.69
Contenido de humedad (%)	18.14	14.57	11.91	15.67	11.08	22.53
Densidad seca (g/cm ³)	2.034	1.993	1.920	1.926	1.780	1.721

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/09/2021	16:30	0	4.3	0.000	0.00	4.9	0.000	0.00	6.5	0.000	0.00
13/09/2021	16:36	24	4.5	0.006	0.01	5.5	0.016	0.01	7.1	0.014	0.01
14/09/2021	16:42	48	5.2	0.024	0.02	5.8	0.025	0.02	7.4	0.021	0.02
15/09/2021	16:48	72	5.2	0.024	0.02	6.0	0.030	0.03	7.6	0.027	0.02
16/09/2021	16:54	96	5.3	0.026	0.02	6.1	0.031	0.03	7.8	0.032	0.03

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 29				MOLDE N° 76				MOLDE N° 27			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		KN	kg	kg	%	KN	kg	kg	%	KN	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		1.4	146.8			0.7	71.4			0.3	30.6		
1.270		3.1	316.1			1.4	142.8			0.5	51.0		
1.905		4.4	448.7			2.3	234.5			1.0	102.0		
2.540	70.5	5.5	560.8	621.7	43.7	3.5	356.9	360.2	25.3	1.4	142.8	137.5	9.7
3.180		7.4	754.6			4.5	458.9			1.7	173.3		
3.810		8.5	866.7			5.4	550.6			2.1	214.1		
5.080	105.7	10.6	1080.9	981.8	46.0	6.2	632.2	620.6	29.1	2.6	265.1	269.2	12.6
7.620		10.0	1019.7			7.0	713.8			3.6	367.1		
10.160		10.6	1080.9			7.4	754.6			4.1	418.1		



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003



Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



geosciencesuc@Outlook.com
Jr. Arequipa Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Tambo

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

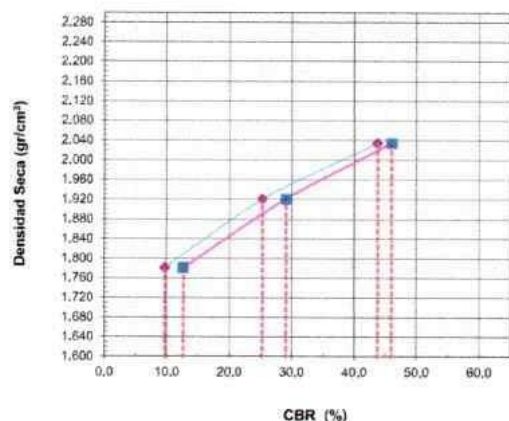
IDENTIFICACIÓN : C-02 (S99.6% - PP0.4%) / C-02 / M-01

CLASF. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASF. (AASHTO) : A-6(5)

COORDENADAS UTM : 468496.89 E - 8796273.52 N



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.853
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 17.0
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.761

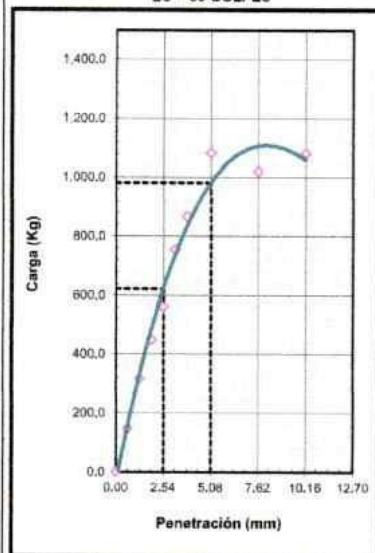
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1" : 16.9	0.2" : 20.6
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1" : 8.1	0.2" : 10.7

RESULTADOS CBR a 0.1":

VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S. : 16.9 (%)
VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S. : 8.1 (%)

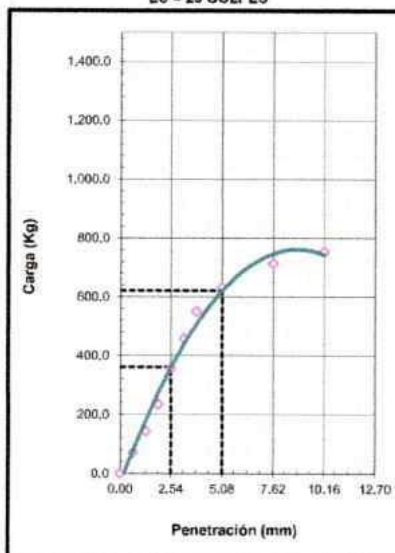
OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES



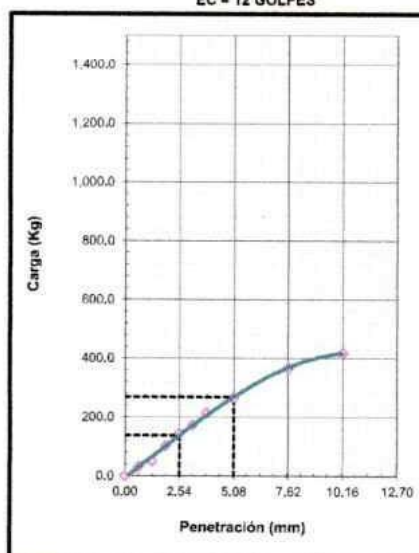
CBR (0.1") : 13.7%
CBR (0.2") : 46.0%

EC = 25 GOLPES



CBR (0.1") : 25.3%
CBR (0.2") : 29.7%

EC = 12 GOLPES



CBR (0.1") : 9.7%
CBR (0.2") : 12.0%



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP: 204003



Hernan A. Cano Sosa
TÉC. LABORATORIO



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : C-02 (S99.4% - PP 0.6%) / C-02 / M-01

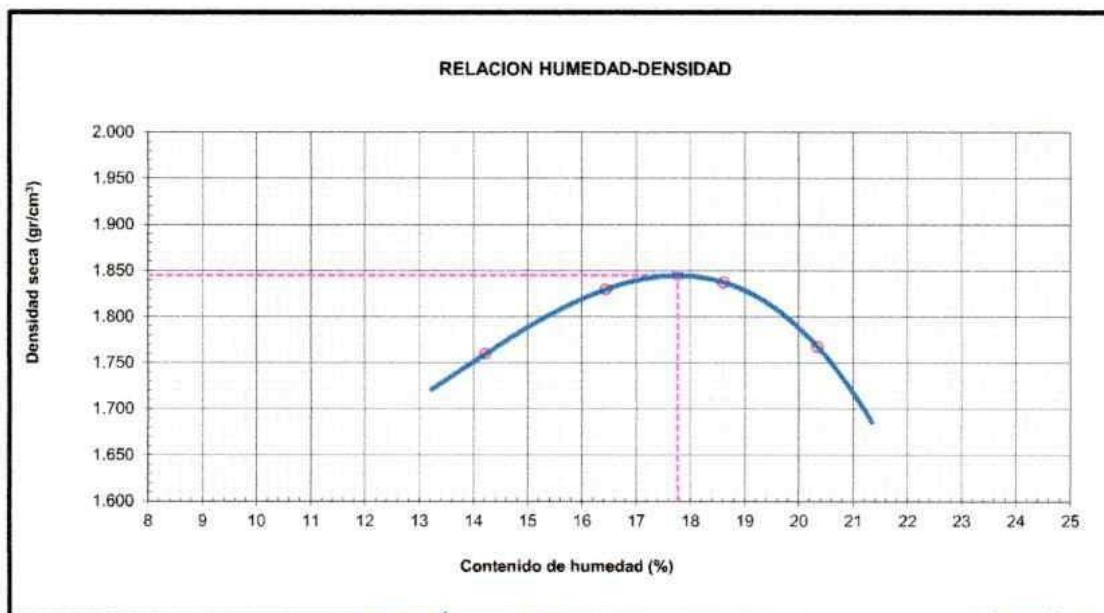
CLASF. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASF. (AASHTO) : A-6(4)

COORDENADAS UTM : 468496.89 E - 8796273.52 N

		Metodo C				
Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	9,755.8	10,006.5	10,108.4	9,999.3	
Peso molde	gr	5,581.0	5,581.0	5,581.0	5,581.0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4,174.8	4,425.5	4,527.4	4,418.3	
Volumen del molde	cm ³	2,077.3	2,077.3	2,077.3	2,077.3	
Peso volumétrico húmedo	gr	2,010	2,130	2,179	2,127	
Recipiente N°		56	26	54	35	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	39.91	61.48	55.31	56.18	
Peso del suelo seco + tara	gr	36.56	55.93	49.38	50.68	
Tara	gr	13.00	22.16	17.52	23.65	
Peso de agua	gr	3.35	5.55	5.93	5.50	
Peso del suelo seco	gr	23.56	33.77	31.86	27.03	
Contenido de agua	%	14.22	16.43	18.61	20.35	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.760	1.830	1.837	1.767	
Densidad máxima (gr/cm ³)					1.845	
Humedad óptima (%)					17.8	



OBSERVACIONES :



Stevens A. Sanabria Sosa
 INGENIERO CIVIL
 O.P. 201800



Hernán A. Cano Sosa
 INGENIERO CIVIL
 O.P. 201800



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE
POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : C-02 (S99.4% - PP 0.6%) / C-02 / M-01
DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad
COORDENADAS UTM : 468496.89 E - 8796273.52 N

CLASF. (SUCS) : CL
CLASF. (AASHTO) : A-6(4)

Molde N°	29		76		27	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11,406.8	11,560.1	11,292.9	11,390.7	11,021.1	11,202.6
Peso de molde (g)	6,730.0	6,730.0	6,915.0	6,915.0	6,982.0	6,982.0
Peso del suelo húmedo (g)	4,676.8	4,830.1	4,377.9	4,475.7	4,039.1	4,220.6
Volumen del molde (cm³)	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0
Densidad húmeda (g/cm³)	2.216	2.289	2.075	2.121	1.914	2.000
Tara (N°)	2	15	1	96	12	39
Peso suelo húmedo + tara (g)	59.3	68.7	80.5	52.2	50.1	66.2
Peso suelo seco + tara (g)	56.1	64.4	75.4	48.9	47.8	60.3
Peso de tara (g)	20.2	23.6	19.5	20.3	23.3	22.2
Peso de agua (g)	3.23	4.29	5.10	3.26	2.30	5.90
Peso de suelo seco (g)	35.93	40.86	55.97	28.61	24.49	38.16
Contenido de humedad (%)	8.99	10.50	9.11	11.39	9.39	15.46
Densidad seca (g/cm³)	2.034	2.072	1.902	1.904	1.750	1.732

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/09/2021	11:30	0	3.2	0.000	0.00	4.3	0.000	0.00	3.5	0.000	0.00
13/09/2021	11:36	24	3.5	0.007	0.01	4.5	0.005	0.00	3.8	0.008	0.01
14/09/2021	11:42	48	3.6	0.010	0.01	4.7	0.012	0.01	3.9	0.012	0.01
15/09/2021	11:48	72	3.9	0.016	0.01	4.8	0.014	0.01	4.1	0.017	0.01
16/09/2021	11:54	96	3.9	0.016	0.01	5.1	0.022	0.02	4.5	0.026	0.02

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	MOLDE N° 29				MOLDE N° 76				MOLDE N° 27			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		KN	kg	kg	%	KN	kg	kg	%	KN	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		1.6	163.2			0.7	71.4			0.3	30.6		
1.270		2.9	295.7			1.8	183.5			0.7	71.4		
1.905		4.6	469.1			2.6	265.1			0.9	91.8		
2.540	70.5	5.8	591.4	602.4	42.4	3.9	397.7	395.3	27.8	1.3	132.6	149.7	10.5
3.180		6.8	693.4			4.9	499.7			1.9	193.7		
3.810		8.5	866.7			5.9	601.6			2.5	254.9		
5.080	105.7	10.0	1019.7	991.4	46.5	6.5	662.8	679.9	31.9	3.0	305.9	300.9	14.1
7.620		11.2	1142.1			7.9	805.6			3.8	387.5		
10.160		11.6	1182.9			8.0	815.8			4.0	407.9		



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003



Hernán A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

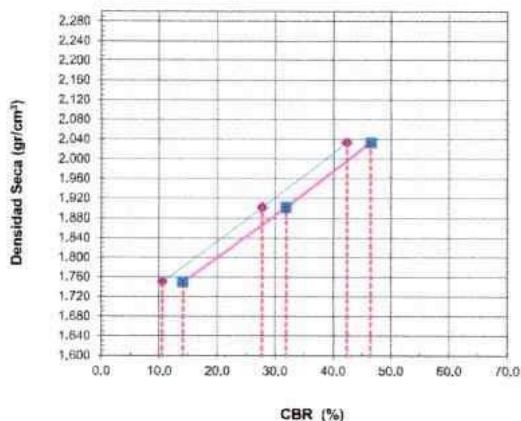
IDENTIFICACIÓN : C-02 (S99.4% - PP 0.6%) / C-02 / M-01

CLASF. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASF. (AASHTO) : A-6(4)

COORDENADAS UTM : 468496.89 E - 8796273.52 N



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.845
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 17.8
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.753

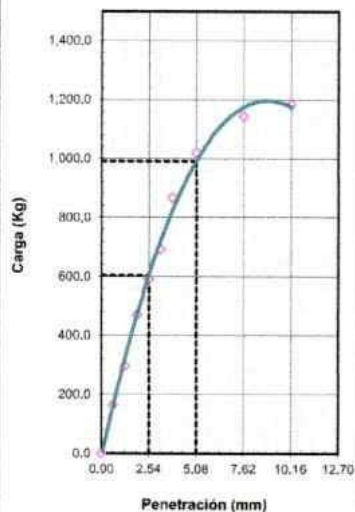
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1" : 21.4	0.2" : 25.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1" : 10.8	0.2" : 14.4

RESULTADOS CBR a 0.1":

VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S. : 21.4 (%)
VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S. : 10.8 (%)

OBSERVACIONES:

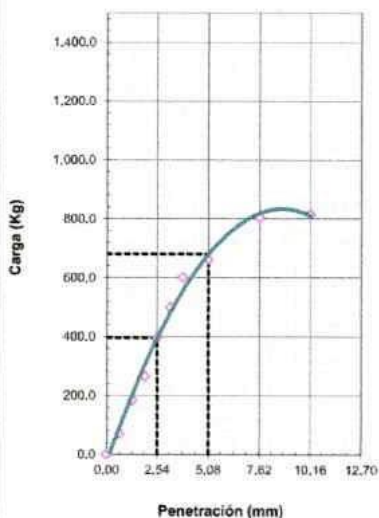
EC = 56 GOLPES



CBR (0.1") : 42.4%

CBR (0.2") : 46.5%

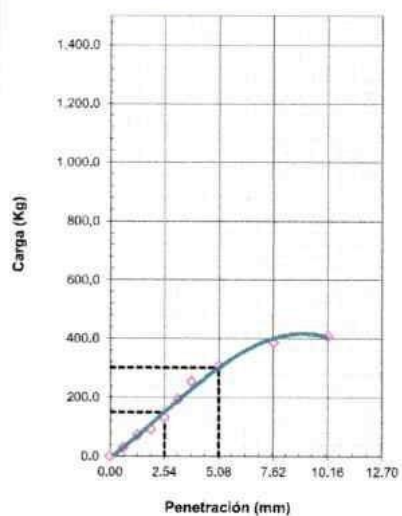
EC = 25 GOLPES



CBR (0.1") : 27.6%

CBR (0.2") : 31.9%

EC = 12 GOLPES



CBR (0.1") : 10.5%

CBR (0.2") : 14.1%



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP 204088



Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



geosciences@Outlook.com
Jr. Arcapipa Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Tumbao



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y
PAVIMENTOS

INF. ENSAYO N° : 00198
Fecha de Emisión : 20/09/2021
Realizado por : H.C.S
Revisado por : S.S.S

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : C-02 (S99.4% - PP 0.8%) / C-02 / M-01

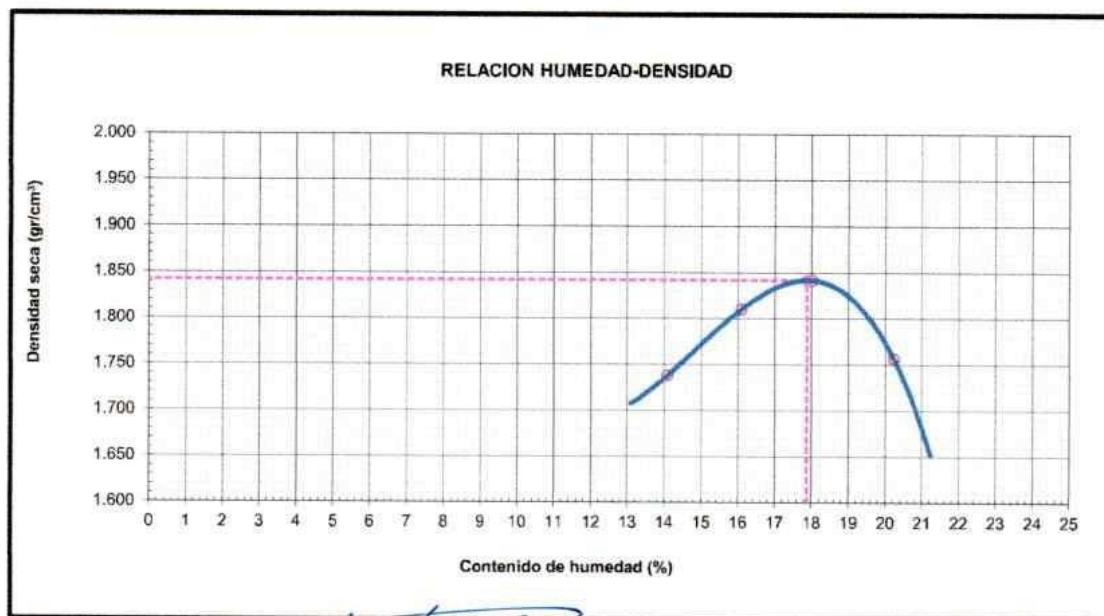
CLASF. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASF. (AASHTO) : A-6-(4)

COORDENADAS UTM : 468496.89 E - 8796273.52 N

		Metodo C				
Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	9,966.7	9,700.9	9,945.2	10,095.7	
Peso molde	gr	5,581.0	5,581.0	5,581.0	5,581.0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4,385.7	4,119.9	4,364.2	4,514.7	
Volumen del molde	cm ³	2,077.3	2,077.3	2,077.3	2,077.3	
Peso volumétrico húmedo	gr	2,111	1,983	2,101	2,173	
Recipiente N°		33	19	26	66	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	57.14	90.55	59.88	87.35	
Peso del suelo seco + tara	gr	50.99	81.78	54.86	77.20	
Tara	gr	20.60	19.56	23.65	20.85	
Peso de agua	gr	6.15	8.77	5.02	10.15	
Peso del suelo seco	gr	30.39	62.22	31.21	56.35	
Contenido de agua	%	20.24	14.10	16.08	18.01	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.756	1.738	1.810	1.842	
Densidad máxima (gr/cm ³)					1.842	
Humedad óptima (%)					17.9	



OBSERVACIONES :

Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003

Hernan A. Cano Sosa
TCC. LABORATORIO



geosciencesa@Outlook.com
Jr. Arequipa Mz. 50 Lote. 05 A.11.
La Victoria - Huancayo - El Tambo

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : C-02 (S99.4% - PP 0.8%) / C-02 / M-01

CLASF. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASF. (AASHTO) : A-6-(4)

COORDENADAS UTM : 468496.89 E - 8796273.52 N

Molde N°	29		76		27	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11,469.5	11,469.6	11,158.6	11,270.1	10,900.2	11,150.0
Peso de molde (g)	6,730.0	6,730.0	6,915.0	6,915.0	6,982.0	6,982.0
Peso del suelo húmedo (g)	4,739.5	4,739.6	4,243.6	4,355.1	3,918.2	4,168.0
Volumen del molde (cm³)	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0	2,110.0
Densidad húmeda (g/cm³)	2.246	2.246	2.011	2.064	1.857	1.975
Tara (N°)	52	56	15	33	106	25
Peso suelo húmedo + tara (g)	76.2	64.6	58.7	66.5	71.1	64.5
Peso suelo seco + tara (g)	73.0	60.7	56.2	62.3	67.9	59.7
Peso de tara (g)	23.6	16.6	19.7	23.6	22.6	20.6
Peso de agua (g)	3.21	3.83	2.43	4.24	3.13	4.74
Peso de suelo seco (g)	49.46	44.15	36.57	38.67	45.34	39.11
Contenido de humedad (%)	6.49	8.67	6.64	10.96	6.90	12.12
Densidad seca (g/cm³)	2.109	2.067	1.886	1.860	1.737	1.762

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/09/2021	8:30	0	1.1	0.000	0.00	2.4	0.000	0.00	2.5	0.000	0.00
13/09/2021	8:36	24	1.2	0.003	0.00	3.0	0.015	0.01	3.0	0.013	0.01
14/09/2021	8:42	48	1.3	0.004	0.00	3.0	0.016	0.01	3.0	0.013	0.01
15/09/2021	8:48	72	1.3	0.005	0.00	3.0	0.016	0.01	3.0	0.013	0.01
16/09/2021	8:54	96	1.3	0.006	0.01	3.0	0.016	0.01	3.2	0.017	0.01

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	MOLDE N° 29				MOLDE N° 76				MOLDE N° 27			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		KN	kg	kg	%	KN	kg	kg	%	KN	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		2.6	265.1			0.9	91.8			0.4	40.8		
1.270		3.8	387.5			1.9	193.7			0.9	91.8		
1.905		5.4	550.6			2.9	295.7			1.3	132.6		
2.540	70.5	6.2	632.2	668.0	47.0	3.5	356.9	381.1	26.8	1.9	193.7	184.3	13.0
3.180		7.9	805.6			4.5	458.9			2.2	224.3		
3.810		8.6	876.9			5.5	560.8			2.6	265.1		
5.080	105.7	10.7	1091.1	1086.5	50.9	6.8	693.4	674.4	31.6	3.5	356.9	346.6	16.2
7.620		13.0	1325.6			8.0	815.8			4.4	448.7		
10.160		13.4	1366.4			8.1	826.0			4.7	479.3		


Stiven A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP. 204003


Hernan A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO : "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNIN 2021"

UBICACIÓN : Region Junin

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

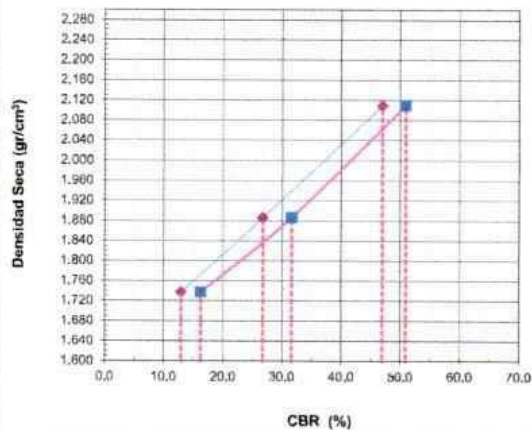
IDENTIFICACIÓN : C-02 (S99.4% - PP 0.8%) / C-02 / M-01

CLASF. (SUCS) : CL

DESCRIPCIÓN : Arcilla arenosa de baja plasticidad

CLASF. (AASHTO) : A-6-(4)

COORDENADAS UTM : 468496.89 E - 8796273.52 N



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.842
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 17.9
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.750

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1" :	22.7	0.2" :	27.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1" :	14.1	0.2" :	17.6

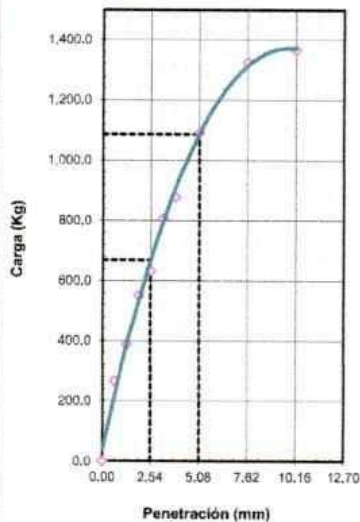
RESULTADOS CBR a 0.1":

VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S. : 22.7 (%)

VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S. : 14.1 (%)

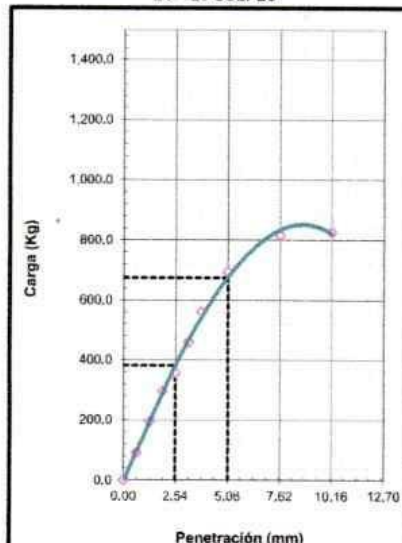
OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES



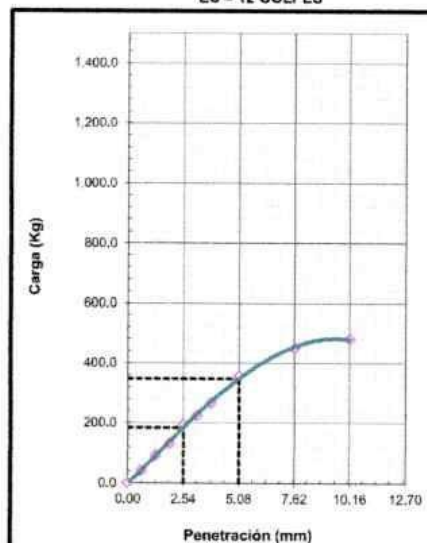
CBR (0.1") : 47.0%
CBR (0.2") : 50.0%

EC = 25 GOLPES



CBR (0.1") : 26.8%
CBR (0.2") : 31.6%

EC = 12 GOLPES



CBR (0.1") : 13.0%
CBR (0.2") : 16.2%



Stevens A. Sanabria Sosa
INGENIERO CIVIL
CIP: 204083



Hernán A. Cano Sosa
TEC. LABORATORIO



geosciencesar@Outlook.com
Jr. Arcepoza Mz. 50 Lote. 05 A.H.
La Victoria - Huancayo - El Tambo

ANEXO 3: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE LABORATORIO



Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura

T-23473-006 R0

Calibration Certificate - Temperature Laboratory

Page / Pág 1 de 3

Equipo
Instrument

HORNO ELÉCTRICO

Fabricante
Manufacturer

METROTEST

Modelo
Model

MS-H1

Número de Serie
Serial Number

859

Identificación Interna
Internal Identification

NO INDICA

Intervalo de Medición
Measurement Range

40 °C a 250 °C

Solicitante
Customer

GEOSCIENCES SOCIEDAD ANÓNIMA
CERRADA - GEOSCIENCES S.A.C.

Dirección
Address

JR. AREQUIPA MZA. 50 LOTE. 05 A.H. LA
VICTORIA (COSTADO DE UNCP) JUNIN -
HUANCAYO - EL TAMBO

Ciudad
City

HUANCAYO - EL TAMBO

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Fecha de Calibración
Date of Calibration

2021 - 05 - 19

Fecha de Emisión
Date of Issue

2021 - 06 - 02

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos
Number of pages of the certificate and documents attached

03

En la impresión del Laboratorio de Metrología Pinzua no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the express of the Pinzua Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

Tecg. Oscar Eduardo Briceño
Médico Laboratorio de Metrología

LMPC-17-21-873

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología - C.I. 18 # 1018-72 - I.P.R. 57 (I) 745-4655 - 3174233 - 3174234 - 3174235 - 3174236 - 3174237 - 3174238 - 3174239 - 3174240 - 3174241 - 3174242 - 3174243 - 3174244 - 3174245 - 3174246 - 3174247 - 3174248 - 3174249 - 3174250 - 3174251 - 3174252 - 3174253 - 3174254 - 3174255 - 3174256 - 3174257 - 3174258 - 3174259 - 3174260 - 3174261 - 3174262 - 3174263 - 3174264 - 3174265 - 3174266 - 3174267 - 3174268 - 3174269 - 3174270 - 3174271 - 3174272 - 3174273 - 3174274 - 3174275 - 3174276 - 3174277 - 3174278 - 3174279 - 3174280 - 3174281 - 3174282 - 3174283 - 3174284 - 3174285 - 3174286 - 3174287 - 3174288 - 3174289 - 3174290 - 3174291 - 3174292 - 3174293 - 3174294 - 3174295 - 3174296 - 3174297 - 3174298 - 3174299 - 3174300 - 3174301 - 3174302 - 3174303 - 3174304 - 3174305 - 3174306 - 3174307 - 3174308 - 3174309 - 3174310 - 3174311 - 3174312 - 3174313 - 3174314 - 3174315 - 3174316 - 3174317 - 3174318 - 3174319 - 3174320 - 3174321 - 3174322 - 3174323 - 3174324 - 3174325 - 3174326 - 3174327 - 3174328 - 3174329 - 3174330 - 3174331 - 3174332 - 3174333 - 3174334 - 3174335 - 3174336 - 3174337 - 3174338 - 3174339 - 3174340 - 3174341 - 3174342 - 3174343 - 3174344 - 3174345 - 3174346 - 3174347 - 3174348 - 3174349 - 3174350 - 3174351 - 3174352 - 3174353 - 3174354 - 3174355 - 3174356 - 3174357 - 3174358 - 3174359 - 3174360 - 3174361 - 3174362 - 3174363 - 3174364 - 3174365 - 3174366 - 3174367 - 3174368 - 3174369 - 3174370 - 3174371 - 3174372 - 3174373 - 3174374 - 3174375 - 3174376 - 3174377 - 3174378 - 3174379 - 3174380 - 3174381 - 3174382 - 3174383 - 3174384 - 3174385 - 3174386 - 3174387 - 3174388 - 3174389 - 3174390 - 3174391 - 3174392 - 3174393 - 3174394 - 3174395 - 3174396 - 3174397 - 3174398 - 3174399 - 3174400 - 3174401 - 3174402 - 3174403 - 3174404 - 3174405 - 3174406 - 3174407 - 3174408 - 3174409 - 3174410 - 3174411 - 3174412 - 3174413 - 3174414 - 3174415 - 3174416 - 3174417 - 3174418 - 3174419 - 3174420 - 3174421 - 3174422 - 3174423 - 3174424 - 3174425 - 3174426 - 3174427 - 3174428 - 3174429 - 3174430 - 3174431 - 3174432 - 3174433 - 3174434 - 3174435 - 3174436 - 3174437 - 3174438 - 3174439 - 3174440 - 3174441 - 3174442 - 3174443 - 3174444 - 3174445 - 3174446 - 3174447 - 3174448 - 3174449 - 3174450 - 3174451 - 3174452 - 3174453 - 3174454 - 3174455 - 3174456 - 3174457 - 3174458 - 3174459 - 3174460 - 3174461 - 3174462 - 3174463 - 3174464 - 3174465 - 3174466 - 3174467 - 3174468 - 3174469 - 3174470 - 3174471 - 3174472 - 3174473 - 3174474 - 3174475 - 3174476 - 3174477 - 3174478 - 3174479 - 3174480 - 3174481 - 3174482 - 3174483 - 3174484 - 3174485 - 3174486 - 3174487 - 3174488 - 3174489 - 3174490 - 3174491 - 3174492 - 3174493 - 3174494 - 3174495 - 3174496 - 3174497 - 3174498 - 3174499 - 3174500 - 3174501 - 3174502 - 3174503 - 3174504 - 3174505 - 3174506 - 3174507 - 3174508 - 3174509 - 3174510 - 3174511 - 3174512 - 3174513 - 3174514 - 3174515 - 3174516 - 3174517 - 3174518 - 3174519 - 3174520 - 3174521 - 3174522 - 3174523 - 3174524 - 3174525 - 3174526 - 3174527 - 3174528 - 3174529 - 3174530 - 3174531 - 3174532 - 3174533 - 3174534 - 3174535 - 3174536 - 3174537 - 3174538 - 3174539 - 3174540 - 3174541 - 3174542 - 3174543 - 3174544 - 3174545 - 3174546 - 3174547 - 3174548 - 3174549 - 3174550 - 3174551 - 3174552 - 3174553 - 3174554 - 3174555 - 3174556 - 3174557 - 3174558 - 3174559 - 3174560 - 3174561 - 3174562 - 3174563 - 3174564 - 3174565 - 3174566 - 3174567 - 3174568 - 3174569 - 3174570 - 3174571 - 3174572 - 3174573 - 3174574 - 3174575 - 3174576 - 3174577 - 3174578 - 3174579 - 3174580 - 3174581 - 3174582 - 3174583 - 3174584 - 3174585 - 3174586 - 3174587 - 3174588 - 3174589 - 3174590 - 3174591 - 3174592 - 3174593 - 3174594 - 3174595 - 3174596 - 3174597 - 3174598 - 3174599 - 3174600 - 3174601 - 3174602 - 3174603 - 3174604 - 3174605 - 3174606 - 3174607 - 3174608 - 3174609 - 3174610 - 3174611 - 3174612 - 3174613 - 3174614 - 3174615 - 3174616 - 3174617 - 3174618 - 3174619 - 3174620 - 3174621 - 3174622 - 3174623 - 3174624 - 3174625 - 3174626 - 3174627 - 3174628 - 3174629 - 3174630 - 3174631 - 3174632 - 3174633 - 3174634 - 3174635 - 3174636 - 3174637 - 3174638 - 3174639 - 3174640 - 3174641 - 3174642 - 3174643 - 3174644 - 3174645 - 3174646 - 3174647 - 3174648 - 3174649 - 3174650 - 3174651 - 3174652 - 3174653 - 3174654 - 3174655 - 3174656 - 3174657 - 3174658 - 3174659 - 3174660 - 3174661 - 3174662 - 3174663 - 3174664 - 3174665 - 3174666 - 3174667 - 3174668 - 3174669 - 3174670 - 3174671 - 3174672 - 3174673 - 3174674 - 3174675 - 3174676 - 3174677 - 3174678 - 3174679 - 3174680 - 3174681 - 3174682 - 3174683 - 3174684 - 3174685 - 3174686 - 3174687 - 3174688 - 3174689 - 3174690 - 3174691 - 3174692 - 3174693 - 3174694 - 3174695 - 3174696 - 3174697 - 3174698 - 3174699 - 3174700 - 3174701 - 3174702 - 3174703 - 3174704 - 3174705 - 3174706 - 3174707 - 3174708 - 3174709 - 3174710 - 3174711 - 3174712 - 3174713 - 3174714 - 3174715 - 3174716 - 3174717 - 3174718 - 3174719 - 3174720 - 3174721 - 3174722 - 3174723 - 3174724 - 3174725 - 3174726 - 3174727 - 3174728 - 3174729 - 3174730 - 3174731 - 3174732 - 3174733 - 3174734 - 3174735 - 3174736 - 3174737 - 3174738 - 3174739 - 3174740 - 3174741 - 3174742 - 3174743 - 3174744 - 3174745 - 3174746 - 3174747 - 3174748 - 3174749 - 3174750 - 3174751 - 3174752 - 3174753 - 3174754 - 3174755 - 3174756 - 3174757 - 3174758 - 3174759 - 3174760 - 3174761 - 3174762 - 3174763 - 3174764 - 3174765 - 3174766 - 3174767 - 3174768 - 3174769 - 3174770 - 3174771 - 3174772 - 3174773 - 3174774 - 3174775 - 3174776 - 3174777 - 3174778 - 3174779 - 3174780 - 3174781 - 3174782 - 3174783 - 3174784 - 3174785 - 3174786 - 3174787 - 3174788 - 3174789 - 3174790 - 3174791 - 3174792 - 3174793 - 3174794 - 3174795 - 3174796 - 3174797 - 3174798 - 3174799 - 3174800 - 3174801 - 3174802 - 3174803 - 3174804 - 3174805 - 3174806 - 3174807 - 3174808 - 3174809 - 3174810 - 3174811 - 3174812 - 3174813 - 3174814 - 3174815 - 3174816 - 3174817 - 3174818 - 3174819 - 3174820 - 3174821 - 3174822 - 3174823 - 3174824 - 3174825 - 3174826 - 3174827 - 3174828 - 3174829 - 3174830 - 3174831 - 3174832 - 3174833 - 3174834 - 3174835 - 3174836 - 3174837 - 3174838 - 3174839 - 3174840 - 3174841 - 3174842 - 3174843 - 3174844 - 3174845 - 3174846 - 3174847 - 3174848 - 3174849 - 3174850 - 3174851 - 3174852 - 3174853 - 3174854 - 3174855 - 3174856 - 3174857 - 3174858 - 3174859 - 3174860 - 3174861 - 3174862 - 3174863 - 3174864 - 3174865 - 3174866 - 3174867 - 3174868 - 3174869 - 3174870 - 3174871 - 3174872 - 3174873 - 3174874 - 3174875 - 3174876 - 3174877 - 3174878 - 3174879 - 3174880 - 3174881 - 3174882 - 3174883 - 3174884 - 3174885 - 3174886 - 3174887 - 3174888 - 3174889 - 3174890 - 3174891 - 3174892 - 3174893 - 3174894 - 3174895 - 3174896 - 3174897 - 3174898 - 3174899 - 3174900 - 3174901 - 3174902 - 3174903 - 3174904 - 3174905 - 3174906 - 3174907 - 3174908 - 3174909 - 3174910 - 3174911 - 3174912 - 3174913 - 3174914 - 3174915 - 3174916 - 3174917 - 3174918 - 3174919 - 3174920 - 3174921 - 3174922 - 3174923 - 3174924 - 3174925 - 3174926 - 3174927 - 3174928 - 3174929 - 3174930 - 3174931 - 3174932 - 3174933 - 3174934 - 3174935 - 3174936 - 3174937 - 3174938 - 3174939 - 3174940 - 3174941 - 3174942 - 3174943 - 3174944 - 3174945 - 3174946 - 3174947 - 3174948 - 3174949 - 3174950 - 3174951 - 3174952 - 3174953 - 3174954 - 3174955 - 3174956 - 3174957 - 3174958 - 3174959 - 3174960 - 3174961 - 3174962 - 3174963 - 3174964 - 3174965 - 3174966 - 3174967 - 3174968 - 3174969 - 3174970 - 3174971 - 3174972 - 3174973 - 3174974 - 3174975 - 3174976 - 3174977 - 3174978 - 3174979 - 3174980 - 3174981 - 3174982 - 3174983 - 3174984 - 3174985 - 3174986 - 3174987 - 3174988 - 3174989 - 3174990 - 3174991 - 3174992 - 3174993 - 3174994 - 3174995 - 3174996 - 3174997 - 3174998 - 3174999 - 3175000 - 3175001 - 3175002 - 3175003 - 3175004 - 3175005 - 3175006 - 3175007 - 3175008 - 3175009 - 3175010 - 3175011 - 3175012 - 3175013 - 3175014 - 3175015 - 3175016 - 3175017 - 3175018 - 3175019 - 3175020 - 3175021 - 3175022 - 3175023 - 3175024 - 3175025 - 3175026 - 3175027 - 3175028 - 3175029 - 3175030 - 3175031 - 3175032 - 3175033 - 3175034 - 3175035 - 3175036 - 3175037 - 3175038 - 3175039 - 3175040 - 3175041 - 3175042 - 3175043 - 3175044 - 3175045 - 3175046 - 3175047 - 3175048 - 3175049 - 3175050 - 3175051 - 3175052 - 3175053 - 3175054 - 3175055 - 3175056 - 3175057 - 3175058 - 3175059 - 3175060 - 3175061 - 3175062 - 3175063 - 3175064 - 3175065 - 3175066 - 3175067 - 3175068 - 3175069 - 3175070 - 3175071 - 3175072 - 3175073 - 3175074 - 3175075 - 3175076 - 3175077 - 3175078 - 3175079 - 3175080 - 3175081 - 3175082 - 3175083 - 3175084 - 3175085 - 3175086 - 3175087 - 3175088 - 3175089 - 3175090 - 3175091 - 3175092 - 3175093 - 3175094 - 3175095 - 3175096 - 3175097 - 3175098 - 3175099 - 3175100 - 3175101 - 3175102 - 3175103 - 3175104 - 3175105 - 3175106 - 3175107 - 3175108 - 3175109 - 3175110 - 3175111 - 3175112 - 3175113 - 3175114 - 3175115 - 3175116 - 3175117 - 3175118 - 3175119 - 3175120 - 3175121 - 3175122 - 3175123 - 3175124 - 3175125 - 3175126 - 3175127 - 3175128 - 3175129 - 3175130 - 3175131 - 3175132 - 3175133 - 3175134 - 3175135 - 3175136 - 3175137 - 3175138 - 3175139 - 3175140 - 3175141 - 3175142 - 3175143 - 3175144 - 3175145 - 3175146 - 3175147 - 3175148 - 3175149 - 3175150 - 3175151 - 3175152 - 3175153 - 3175154 - 3175155 - 3175156 - 3175157 - 3175158 - 3175159 - 3175160 - 3175161 - 3175162 - 3175163 - 3175164 - 3175165 - 3175166 - 3175167 - 3175168 - 3175169 - 3175170 - 3175171 - 3175172 - 3175173 - 3175174 - 3175175 - 3175176 - 3175177 - 3175178 - 3175179 - 3175180 - 3175181 - 3175182 - 3175183 - 3175184 - 3175185 - 3175186 - 3175187 - 3175188 - 3175189 - 3175190 - 3175191 - 3175192 - 3175193 - 3175194 - 3175195 - 3175196 - 3175197 - 3175198 - 3175199 - 3175200 - 3175201 - 3175202 - 3175203 - 3175204 - 3175205 - 3175206 - 3175207 - 3175208 - 3175209 - 3175210 - 3175211 - 3175212 - 3175213 - 3175214 - 3175215 - 3175216 - 3175217 - 3175218 - 3175219 - 3175220 - 3175221 - 3175222 - 3175223 - 3175224 - 3175225 - 3175226 - 3175227 - 3175228 - 3175229 - 3175230 - 3175231 - 3175232 - 3175233 - 3175234 - 3175235 - 3175236 - 3175237 - 3175238 - 3175239 - 3175240 - 3175241 - 3175242 - 3175243 - 3175244 - 3175245 - 3175246 - 3175247 - 3175248 - 3175249 - 3175250 - 3175251 - 3175252 - 3175253 - 3175254 - 3175255 - 3175256 - 3175257 - 3175258 - 3175259 - 3175260 - 3175261 - 3175262 - 3175263 - 3175264 - 3175265 - 3175266 - 3175267 - 3175268 - 3175269 - 3175270 - 3175271 - 3175272 - 3175273 - 3175274 - 3175275 - 3175276 - 3175277 - 3175278 - 3175279 - 3175280 - 3175281 - 3175282 - 3175283 - 3175284 - 3175285 - 3175286 - 3175287 - 3175288 - 3175289 - 3175290 - 3175291 - 3175292 - 3175293 - 3175294 - 3175295 - 3175296 - 3175297 - 3175298 - 3175299 - 3175300 - 3175301 - 3175302 - 3175303 - 3175304 - 3175305 - 3175306 - 3175307 - 3175308 - 3175309 - 3175310 - 3175311 - 3175312 - 3175313 - 3175314 - 3175315 - 3175316 - 3175317 - 3175318 - 3175319 - 3175320 - 3175321 - 3175322 - 3175323 - 3175324 - 317532



PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA



Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

M-23473-003 R0

Página / Pág 1 de 4

Equipo
Instrument

INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO

Fabricante
Manufacturer

OHAUS

Modelo
Model

SE402F

Número de Serie
Serial Number

B145294238

Identificación Interna
Internal Identification

No Indica

Carga Máxima
Maximum Load

400 g

Solicitante
Customer

GEOSCIENCIAS SOCIEDAD ANÓNIMA CERRADA -
GEOSCIENCIAS S.A.C.

Dirección
Address

JR. Arequipa Mza. 50 Lote. 05 A.H. La Victoria,
Costado de UNCP, Junín

Ciudad
City

Huancayo - El Tambo

Fecha de Calibración
Date of calibration

2021 - 05 - 20

Fecha de Emisión
Date of issue

2021 - 06 - 01

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos

04

Number of pages of the certificate and documents attached

En la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR S.A.S. no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

Ing. Sergio Ivan Martinez
Director Laboratorio de Metrología

Tecg. Francisco Duran Romero
Metrología Laboratorio de Metrología

IMP-024-01 R12

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl. 18 #1039 72 - IZAZUA 57 (1) 745 4555 - 9174013443 Email: info@pinzuar.com.pe - WWW.PINZUAR.COM.PE



PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGIA



Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas
Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

M-23473-004 R0

Page / Pág 1 de 4

Equipo <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO
Fabricante <i>Manufacturer</i>	OHAUS
Modelo <i>Model</i>	R31P30
Número de Serie <i>Serial Number</i>	833903420
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	No Indica
Carga Máxima <i>Maximum load</i>	30000 g
Solicitante <i>Customer</i>	GEOSCIENCIAS SOCIEDAD ANÓNIMA CERRADA - GEOSCIENCIAS S.A.C.
Dirección <i>Address</i>	JR. Arequipa Mza. 50 Lote. 05 A.H. La Victoria, Costado de UNCP, Junín
Ciudad <i>City</i>	Huancayo - El Tambo
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2021 - 05 - 20
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2021 - 05 - 01

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos
Number of pages of the certificate and documents attached

04

En la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR S.A.S. no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado
Signatures Authorizing the Certificate

Ing. Sergio Ivan Martinez
Director Laboratorio de Metrología

Tecg. Francisco Duran Romero
Metrologo Laboratorio de Metrología

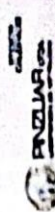
007000421.872

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: C.I. 16 #1033 72 - P.R. 12 (0) 745 2015 - 3174000491 E: info@pinzuar.com.pe W: WWW.PINZUAR.COM.PE



PINZUAR
LABORATORIO DE MET



Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza
Calibration Certificate - Laboratory of Force

F-23473-001 R0

Page / Pág 1 de 5

Equipo Instrument	MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA ENSAYOS CBR Y MARSHALL
Fabricante Manufacturer	PINZUAR S.A.S.
Modelo Model	PS-25
Número de Serie Serial Number	325
Identificación Interna Internal Identification	NO INDICA
Capacidad Máxima Maximum Capacity	50 kN
Solicitante Customer	GEOSCIENCES SOCIEDAD ANÓNIMA CERRADA - GEOSCIENCES S.A.C.
Dirección Address	JR. AREQUIPA MZA. 50 LOTE. 05 A.H. LA VICTORIA (COSTADO DE UNCP) JUNIN - HUANCAYO - EL TAMBO
Ciudad City	HUANCAYO - EL TAMBO

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.

Fecha de Calibración
Date of calibration: **2021 - 05 - 19**

Fecha de Emisión
Date of issue: **2021 - 06 - 02**

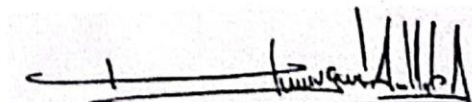
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos
Number of pages of the certificate and documents attached: **05**

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado
Signatures Authorizing the Certificate


Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología


Ing. Miguel Andrés Vela Avellaneda
Metólogo Laboratorio de Metrología

LABORATORIO DE METROLOGÍA

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Industria de la Metalurgia - Cel 98 1033-72 1196 67 (1) 746 4555 - 01742336431 informes@pinzuar.com.pe | WWW.PINZUAR.COM

ANEXO 4: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUELO ARCILLOSO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MERCED - JUNÍN 2021”

Planteamiento del problema	Objetivos de la investigación	Hipótesis de la Investigación	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable Independiente Fibras de Polipropileno	Dimensión 1: Dosificación de fibras de polipropileno	Indicador 1: Fibra de Polipropileno 0.0% Indicador 2: Fibra de Polipropileno 0.2% Indicador 3: Fibra de Polipropileno 0.4% Indicador 4: Fibra de Polipropileno 0.6% Indicador 5: Fibra de Polipropileno 0.8%	Enfoque de Investigación Cuantitativo Método de Investigación Inductivo Tipo de Investigación Aplicada Nivel de Investigación Descriptivo Diseño de Investigación Experimental Población: Suelo arcilloso en las vías locales del distrito de San Luis de Shuaro, provincia de Chanchamayo, región de Junín. Muestra: Aleatoriamente para la investigación se elige dos puntos de exploración del suelo ubicado en la vía del Jirón Emancipación del distrito de San Luis de Shuaro-Chanchamayo-Junin.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas				
¿Cuál es el efecto de la incorporación de fibras de polipropileno a suelos arcillosos en las propiedades mecánicas del suelo en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced?	Determinar el efecto de la incorporación de fibras de polipropileno a suelos arcillosos en las propiedades mecánicas del suelo en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced.	La incorporación de fibras de polipropileno a suelos arcillosos mejora las propiedades mecánicas del suelo en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced.				
¿Cuáles son las características físicas del suelo arcilloso en condiciones naturales y con la incorporación de fibras en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced?	Determinar las características físicas del suelo arcilloso en condiciones naturales y con la incorporación de fibras en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced.	Las características físicas del suelo arcilloso con la incorporación de fibras presentan mejoras ante las características del suelo arcilloso en condiciones naturales en el distrito de San Luis de Shuaro - La Merced.	Variable Dependiente Suelo arcilloso	Dimensión 1: Características Físicas del suelo <		