



**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL**

TESIS

**ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y
AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS CEMENTOS
PACASMAYO VÍAFORTE, MOCHICA Y QHUNA;
LAMBAYEQUE. 2018**

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

Autores

Bach. Becerra Santillán Anthony César Fernando

Bach. Herrera Gonzáles Alfredo Emmanuel

Asesor

Mg. Patazca Rojas Pedro Ramón

Línea de Investigación

Ingeniería de Procesos

Pimentel – Perú

2019

**ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO
LOS CEMENTOS PACASMAYO VÍAFORTE, MOCHICA Y QHUNA;
LAMBAYEQUE. 2018**

Aprobado por:

MSc. Ing. Muñoz Pérez Sócrates Pedro

Presidente del Jurado de Tesis

Ing. Arriola Carrasco Guillermo Gustavo

Secretario del Jurado de Tesis

Ing. Reinoso Torres Jorge Jeremy Junior

Vocal del Jurado de Tesis

DEDICATORIA

A Dios por ayudarme en este transcurso de mi vida universitaria para poder concluir con éxito la carrera de Ingeniería Civil, y en forma especial a mis padres que han sido mi motor y motivo para poder acabar mi carrera profesional.

Becerra Santillán Anthony César Fernando

En forma muy especial a Dios por darme las fuerzas necesarias de poder concluir de manera satisfactoria mi carrera profesional, también a mis padres y hermanas por motivarme a seguir adelante y llegar a concluir mi carrera profesional y a mi sobrino Fabián quien me da fuerzas de que con perseverancia todo se puede lograr.

Herrera Gonzáles Alfredo Emmanuel

AGRADECIMIENTO

A nuestra Universidad Señor de Sipán, por facilitarnos todos los elementos necesarios para desarrollar nuestras capacidades en nuestra profesión y hacer factible realizar esta investigación.

A todos los docentes de la escuela Profesional de Ingeniería Civil, por inculcar sus enseñanzas a nuestra carrera y la responsabilidad que con lleva ejercer esta profesión.

Al Téc. Wilson Olaya Aguilar, encargado del Laboratorio Estudio de Materiales (USS), por el interés demostrado en la presente investigación, orientando y aportando sus conocimientos para la realización de ensayos que se presentaron en el trayecto.

A nuestro metodólogo, el Mg. Cabanillas Campos Wilderd Alejandro y Mg. Ing. Patazca Rojas Pedro Ramón, por procurar que nuestra investigación vaya perfeccionándose y determinar los objetivos que se pretende.

A nuestros compañeros y amigos quienes colaboraron con nosotros de una u otra forma para hacer posible esta investigación.

CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Realidad problemática	16
1.1.1 A nivel internacional	16
1.1.2 A nivel nacional	17
1.1.3 A nivel local	18
1.2 Antecedentes de estudios	22
1.2.1 A nivel internacional	22
1.2.2 A nivel nacional	25
1.2.3 A nivel local	28
1.3 Teorías relacionadas al tema	30
1.3.1 Cemento Portland.....	30
1.3.1.1 Definición	30
1.3.1.2 Clasificación.....	30
1.3.1.3 Componentes y fases del cemento Portland	32
1.3.1.4 Fabricación de cementos	33
1.3.2 Estabilización de suelos.....	33
1.3.2.1 Introducción.....	33
1.3.2.2 Estabilización historia.....	34
1.3.2.3 Estabilización con cemento.....	34
1.3.2.4 Suelo mejorado o modificado con cemento.....	35
1.3.2.5 Ventajas	36
1.3.2.6 Limitaciones.....	37
1.3.3 Impacto ambiental	37
1.3.4 Seguridad y salud ocupacional.....	38
1.3.5 Gestión de riesgos y prevención de desastres.....	39
1.3.6 Estimación de costo.....	39
1.3.7 Normatividad.....	40
1.3.8 Estado del arte.....	40
1.3.9 Definición de términos.....	41
1.4 Formulación del problema	42
1.5 Justificación e importancia de estudio	42
1.5.1 Aspecto Científico.....	42
1.5.2 Justificación tecnológica.....	42
1.5.3 Justificación social	43
1.5.4 Justificación ambiental	43
1.5.5 Justificación económica.....	43
1.6 Hipótesis	43
1.7 Objetivos	43
1.7.1 Objetivo general	43
1.7.2 Objetivos específicos.....	44
1.8 Delimitación de la investigación	44

MATERIAL Y MÉTODO	45
2.1 Tipo y diseño de investigación.....	46
2.1.1 Tipo de investigación.	46
2.1.2 Diseño de investigación.....	46
2.2 Población y muestra.....	46
2.2.1 Población	46
2.2.2 Muestra	46
2.2.2.1 Arenas	46
2.2.2.2 Arcillas.....	47
2.2.2.3 Afirmado	47
2.2.3 Muestreo de ensayos.....	47
2.3 Variables, operacionalización	52
2.3.1 Variable Independiente.....	52
2.3.2 Variable Dependiente	52
2.3.3 Operacionalización.....	53
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	55
2.4.1 Técnicas de recolección de datos	55
2.4.2 Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	55
2.4.3 Técnicas de recolección de datos	55
2.4.3.1 Métodos de análisis de datos.....	55
2.5 Procedimiento de análisis de datos.....	56
2.5.1 Diagrama de flujo de procesos.....	56
2.5.2 Descripción de procesos	57
2.5.2.1 Ubicación del terreno.....	57
2.5.2.2 Obtención de las muestras.....	57
2.5.2.3 Realización de ensayos de laboratorio.....	58
2.6 Criterios éticos.....	67
2.7 Criterios de rigor científico	68
2.7.1 Validez.....	68
2.7.2 Fiabilidad	68
2.7.3 Replicabilidad	68
RESULTADOS.....	69
3.1 Resultados en tablas y figuras	70
3.1.1 Análisis de las propiedades y características físicas y mecánicas de los suelos.	70
3.1.1.1 Muestras de Arenas.....	70
3.1.1.2 Muestras de Arcillas.....	80
3.1.1.3 Muestras de Afirmados.....	92
3.1.2 Análisis de la resistencia mecánica de los suelos estabilizados.....	102
3.1.2.1 Resistencia a la compresión de probetas de suelo-cemento.....	102
3.1.2.2 Muestras de Arenas.....	102
3.1.2.3 Muestras de Arcillas.....	123
3.1.2.4 Muestras de Afirmados.....	144
3.1.3 Determinación del porcentaje óptimo requerido de cemento en los suelos estabilizados.....	165
3.1.3.1 Muestras de Arenas.....	165
3.1.3.2 Muestras de Arcillas.....	168
3.1.3.3 Muestras de Afirmados.....	171
3.2 Discusión de resultados	174
3.2.1 Análisis de las propiedades y características físicas y mecánicas de los suelos.	174
3.2.2 Análisis de la resistencia mecánica (compresión simple) de los suelos estabilizados	174
3.2.3 Determinación del porcentaje óptimo requerido de cemento en los suelos estabilizados.....	175

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	176
4.1 Conclusiones	177
4.2 Recomendaciones	178
REFERENCIAS	179
ANEXOS.....	184

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Extracción de muestra. Calicata Monsefú 1.....	58
Figura 2. Tamizado por las mallas según NTP 339:128.....	59
Figura 3. Ensayo de límite líquido	60
Figura 4. Ensayo de límite plástico	60
Figura 5. Mezcla de suelo cemento y agua	64
Figura 6. Probetas suelo Ferreñafe, con adición de diversos cementos	65
Figura 7. Curado de probetas en arena húmeda	65
Figura 8. Saturado de probetas en agua por cuatro horas	66
Figura 9. Ejecución del ensayo para determinar la resistencia suelo cemento	66
<i>Figura 10. Curva granulométrica. Calicata: Ferreñafe 1.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 11. Curva de fluidez. Calicata: Ferreñafe 1.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 12. Relación humedad - densidad seca. Ferreñafe 1.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 13. Curva granulométrica. Calicata: Lambayeque</i>	<i>75</i>
<i>Figura 14. Relación humedad - densidad seca. Lambayeque</i>	<i>76</i>
<i>Figura 15. Curva granulométrica. Calicata: Monsefú 1.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 16. Relación humedad - densidad seca. Monsefú 1.....</i>	<i>79</i>
Figura 17. <i>Curva granulométrica. Calicata: Monsefú 2.....</i>	81
Figura 18. <i>Curva de fluidez. Calicata: Monsefú 2.....</i>	82
Figura 19. <i>Relación humedad - densidad seca. Monsefú 2</i>	83
Figura 20. <i>Curva granulométrica. Calicata: Ferreñafe 2.....</i>	85
Figura 21. <i>Curva de fluidez. Calicata: Ferreñafe 2.....</i>	86
Figura 22. <i>Relación humedad - densidad seca. Ferreñafe 2</i>	87
Figura 23. <i>Curva granulométrica. Calicata: Pomalca</i>	89
Figura 24. <i>Curva de fluidez. Calicata: Pomalca.....</i>	90
Figura 25. <i>Relación humedad - densidad seca. Pomalca.....</i>	91
Figura 26. <i>Curva granulométrica. Afirmado I.....</i>	93
Figura 27. <i>Relación humedad - densidad seca. Afirmado I.....</i>	94
Figura 28. <i>Curva granulométrica. Afirmado II.....</i>	96
Figura 29. <i>Relación humedad - densidad seca. Afirmado II</i>	97
Figura 30. <i>Curva granulométrica. Afirmado III</i>	99
Figura 31. <i>Curva de fluidez. Afirmado III</i>	100
Figura 32. <i>Relación humedad - densidad seca. Afirmado III</i>	101
Figura 33. <i>Suelo natural vs adición cemento Qhuna</i>	104
Figura 34. <i>Suelo natural vs adición cemento Mochica</i>	106
Figura 35. <i>Suelo natural vs adición cemento Víaforte</i>	108
Figura 36. <i>Suelo natural vs adición cemento Qhuna</i>	111
Figura 37. <i>Suelo natural vs adición cemento Mochica</i>	113
Figura 38. <i>Suelo natural vs adición cemento Víaforte</i>	115
Figura 39. <i>Suelo natural vs adición cemento Qhuna</i>	118
Figura 40. <i>Suelo natural vs adición cemento Mochica</i>	120
Figura 41. <i>Suelo natural vs adición cemento Víaforte</i>	122
Figura 42. <i>Suelo natural vs adición cemento Qhuna</i>	125
Figura 43. <i>Suelo natural vs adición cemento Mochica.....</i>	127
Figura 44. <i>Suelo natural vs adición cemento Víaforte.....</i>	129
Figura 45. <i>Suelo natural vs adición cemento Qhuna</i>	132
Figura 46. <i>Suelo natural vs adición cemento Mochica.....</i>	134
Figura 47. <i>Suelo natural vs adición cemento Víaforte.....</i>	136
Figura 48. <i>Suelo natural vs adición cemento Qhuna</i>	139
Figura 49. <i>Suelo natural vs adición cemento Mochica.....</i>	141
Figura 50. <i>Suelo natural vs adición cemento Víaforte.....</i>	143
Figura 51. <i>Suelo natural vs adición cemento Qhuna</i>	146
Figura 52. <i>Suelo natural vs adición cemento Mochica.....</i>	148
Figura 53. <i>Suelo natural vs adición cemento Víaforte.....</i>	150
Figura 54. <i>Suelo natural vs adición cemento Qhuna</i>	153
Figura 55. <i>Suelo natural vs adición cemento Mochica.....</i>	155
Figura 56. <i>Suelo natural vs adición cemento Víaforte</i>	157
Figura 57. <i>Suelo natural vs adición cemento Qhuna</i>	160

<i>Figura 58.</i> Suelo natural vs adición cemento Mochica	162
<i>Figura 59.</i> Suelo natural vs adición cemento Víaforte.....	164
<i>Figura 60.</i> Suelo natural vs adición de los tres de cemento en Ferreñafe 1	165
<i>Figura 61.</i> Suelo natural vs adición de los tres de cemento en Lambayeque	166
<i>Figura 62.</i> Suelo natural vs adición de los tres de cemento en Monsefú 1	167
<i>Figura 63.</i> Suelo natural vs adición de los tres de cemento en Monsefú 2	168
<i>Figura 64.</i> Suelo natural vs adición de los tres de cemento en Ferreñafe 2	169
<i>Figura 65.</i> Suelo natural vs adición de los tres de cemento en Pomalca	170
<i>Figura 66.</i> Suelo natural vs adición de los tres de cemento en Afirmado I	171
<i>Figura 67.</i> Suelo natural vs adición de los tres de cemento en Afirmado II	172
<i>Figura 68.</i> Suelo natural vs adición de los tres de cemento en Afirmado III	173
<i>Figura 69.</i> Extracción de muestra. Calicata Ferreñafe 2.....	248
<i>Figura 70.</i> Extracción de muestra. Calicata Monsefú 2.....	248
<i>Figura 71.</i> Extracción de muestra. Calicata Ferreñafe 1.....	249
<i>Figura 72.</i> Obtención de muestra de afirmado en cantera Tres Tomas	249
<i>Figura 73.</i> Muestra inalterada, para obtener su contenido de humedad	250
<i>Figura 74.</i> Secado de muestra de suelo.....	250
<i>Figura 75.</i> Muestras para obtención de contenido de humedad	251
<i>Figura 76.</i> Tamizado de muestra por la malla N° 40.....	251
<i>Figura 77.</i> Peso de muestra para estabilizar suelo.....	252
<i>Figura 78.</i> Probetas suelo Lambayeque, con adición de diversos cementos	252
<i>Figura 79.</i> Probetas suelo cemento en bolsa para no perder su contenido de humedad	253
<i>Figura 80.</i> Probetas suelo cemento, en bolsa para su curado en tierra húmeda.	253
<i>Figura 81.</i> Probetas suelo Monsefú 1, con adición de diversos cementos.....	254
<i>Figura 82.</i> Ejecución de ensayo a la resistencia suelo cemento	254
<i>Figura 83.</i> Rotura de probeta suelo cemento	255
<i>Figura 84.</i> Probetas después de su rotura.....	255
<i>Figura 85.</i> Probetas después de someterlas al anillo de carga de 50KN	256

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Composición del cemento Portland</i>	32
Tabla 2 <i>Principales fases del cemento</i>	33
Tabla 3 <i>Rango de cemento requerido en estabilización suelo cemento</i>	36
Tabla 4 <i>Normatividad empleadas en la tesis</i>	40
Tabla 5. <i>Muestreo de ensayos. Ferreñafe</i>	47
Tabla 6. <i>Muestreo de ensayos. Lambayeque</i>	48
Tabla 7. <i>Muestreo de ensayos. Monsefú I</i>	48
Tabla 8. <i>Muestreo de ensayos. Monsefú 2</i>	49
Tabla 9. <i>Muestreo de ensayos. Ferreñafe 2</i>	49
Tabla 10. <i>Muestreo de ensayos. Pomalca</i>	50
Tabla 11. <i>Muestreo de ensayos. Afirmado I</i>	50
Tabla 12. <i>Muestreo de ensayos. Afirmado II</i>	51
Tabla 13 <i>Muestreo de ensayos. Afirmado III</i>	52
Tabla 14. <i>Operacionalización variable independiente</i>	53
Tabla 15. <i>Operacionalización variable dependiente</i>	54
Tabla 16. <i>Clasificación de suelos de acuerdo a Índice de Plasticidad</i>	61
Tabla 17 <i>Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad. Calicata: Ferreñafe 1</i>	70
Tabla 18 <i>Ensayo de Límite de Atterberg. Calicata: Ferreñafe 1</i>	71
Tabla 19 <i>Clasificación S.U.C.S de los materiales. Calicata: Ferreñafe 1</i>	72
Tabla 20. <i>Clasificación AASHTO de los materiales. Calicata: Ferreñafe 1</i>	72
Tabla 21. <i>Relación densidad/humedad (proctor). Ferreñafe 1</i>	73
Tabla 22 <i>Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad. Calicata: Lambayeque</i>	74
Tabla 23 <i>Ensayo de Límite de Atterberg. Calicata: Lambayeque</i>	75
Tabla 24 <i>Clasificación S.U.C.S de los materiales. Calicata: Lambayeque</i>	75
Tabla 25 <i>Clasificación AASHTO de los materiales. Calicata: Lambayeque</i>	76
Tabla 26. <i>Relación densidad/humedad (proctor). Lambayeque</i>	76
Tabla 27. <i>Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad. Calicata: Monsefú 1</i>	77
Tabla 28. <i>Ensayo de Límite de Atterberg. Calicata: Monsefú 1</i>	78
Tabla 29. <i>Clasificación S.U.C.S de los materiales. Calicata: Monsefú 1</i>	78
Tabla 30. <i>Clasificación AASHTO de los materiales. Calicata: Monsefú 1</i>	79
Tabla 31. <i>Relación densidad/humedad (proctor). Monsefú 1</i>	79
Tabla 32. <i>Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad. Monsefú 2</i>	80
Tabla 33. <i>Ensayo de Límite de Atterberg. Calicata: Monsefú 2</i>	81
Tabla 34. <i>Clasificación S.U.C.S de los materiales. Calicata: Monsefú 2</i>	82
Tabla 35. <i>Clasificación AASHTO de los materiales. Calicata: Monsefú 2</i>	82
Tabla 36. <i>Relación densidad/humedad (proctor). Ferreñafe 2</i>	83
Tabla 37. <i>Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad. Ferreñafe 2</i>	84
Tabla 38. <i>Ensayo de Límite de Atterberg. Calicata: Ferreñafe 2</i>	85
Tabla 39. <i>Clasificación S.U.C.S de los materiales. Calicata: Ferreñafe 2</i>	86
Tabla 40. <i>Clasificación AASHTO de los materiales. Calicata: Ferreñafe 2</i>	86
Tabla 41. <i>Relación densidad/humedad (proctor). Ferreñafe 2</i>	87
Tabla 42. <i>Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad. Pomalca</i>	88
Tabla 43. <i>Ensayo de Límite de Atterberg. Calicata: Pomalca</i>	89
Tabla 44. <i>Clasificación S.U.C.S de los materiales. Calicata: Pomalca</i>	90
Tabla 45. <i>Clasificación AASHTO de los materiales. Calicata: Pomalca</i>	90
Tabla 46. <i>Relación densidad/humedad (proctor) Pomalca</i>	91
Tabla 47. <i>Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad. Afirmado I</i>	92
Tabla 48. <i>Ensayo de Límite de Atterberg. Afirmado I</i>	93
Tabla 49. <i>Clasificación AASHTO de los materiales. Afirmado I</i>	93
Tabla 50. <i>Relación densidad/humedad (proctor) Afirmado I</i>	94
Tabla 51. <i>Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad. Afirmado II</i>	95
Tabla 52. <i>Ensayo de Límite de Atterberg. Afirmado II</i>	96
Tabla 53. <i>Clasificación AASHTO de los materiales. Afirmado II</i>	96
Tabla 54. <i>Relación densidad/humedad (proctor) Afirmado II</i>	97
Tabla 55. <i>Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad. Afirmado III</i>	98
Tabla 56. <i>Ensayo de Límite de Atterberg. Afirmado III</i>	99
Tabla 57. <i>Clasificación AASHTO de los materiales. Afirmado III</i>	100

Tabla 58. <i>Relación densidad/humedad (proctor) Afirmado III</i>	101
Tabla 59. <i>Resistencia de suelo natural sin adición de cemento saturado en agua</i>	102
Tabla 60. <i>Resistencia de suelo-cemento de Ferreñafe 1 con cemento Qhuna</i>	103
Tabla 61. <i>Resistencia de suelo-cemento de Ferreñafe 1 con cemento Mochica</i>	105
Tabla 62. <i>Resistencia de suelo-cemento de Ferreñafe 1 con cemento Víaforte</i>	107
Tabla 63. <i>Resistencia de suelo natural sin adición de cemento saturado en agua</i>	109
Tabla 64. <i>Resistencia de suelo-cemento de Lambayeque con cemento Qhuna</i>	110
Tabla 65. <i>Resistencia de suelo-cemento de Lambayeque con cemento Mochica</i>	112
Tabla 66. <i>Resistencia de suelo-cemento de Lambayeque con cemento Víaforte</i>	114
Tabla 67. <i>Resistencia de suelo natural sin adición de cemento saturado en agua</i>	116
Tabla 68. <i>Resistencia de suelo-cemento de Monsefú 1 con cemento Qhuna</i>	117
Tabla 69. <i>Resistencia de suelo-cemento de Monsefú 1 con cemento Mochica</i>	119
Tabla 70. <i>Resistencia de suelo-cemento de Monsefú 1 con cemento Víaforte</i>	121
Tabla 71. <i>Resistencia de suelo natural sin adición de cemento saturado en agua</i>	123
Tabla 72. <i>Resistencia de suelo-cemento de Monsefú 2 con cemento Qhuna</i>	124
Tabla 73. <i>Resistencia de suelo-cemento de Monsefú 2 con cemento Mochica</i>	126
Tabla 74. <i>Resistencia de suelo-cemento de Monsefú 2 con cemento Víaforte</i>	128
Tabla 75. <i>Resistencia de suelo natural sin adición de cemento saturado en agua</i>	130
Tabla 76. <i>Resistencia de suelo-cemento de Ferreñafe 2 con cemento Qhuna</i>	131
Tabla 77. <i>Resistencia de suelo-cemento de Ferreñafe 2 con cemento Mochica</i>	133
Tabla 78. <i>Resistencia de suelo-cemento de Ferreñafe 2 con cemento Víaforte</i>	135
Tabla 79. <i>Resistencia de suelo natural sin adición de cemento saturado en agua</i>	137
Tabla 80. <i>Resistencia de suelo-cemento de Pomalca con cemento Qhuna</i>	138
Tabla 81. <i>Resistencia de suelo-cemento de Pomalca con cemento Mochica</i>	140
Tabla 82. <i>Resistencia de suelo-cemento de Pomalca con cemento Víaforte</i>	142
Tabla 83. <i>Resistencia de suelo natural sin adición de cemento saturado en agua</i>	144
Tabla 84. <i>Resistencia de suelo-cemento de Afirmado I con cemento Qhuna</i>	145
Tabla 85. <i>Resistencia de suelo-cemento de Afirmado I con cemento Mochica</i>	147
Tabla 86. <i>Resistencia de suelo-cemento de Afirmado I con cemento Víaforte</i>	149
Tabla 87. <i>Resistencia de suelo natural sin adición de cemento saturado en agua</i>	151
Tabla 88. <i>Resistencia de suelo-cemento de Afirmado II con cemento Qhuna</i>	152
Tabla 89. <i>Resistencia de suelo-cemento de Afirmado II con cemento Mochica</i>	154
Tabla 90. <i>Resistencia de suelo-cemento de Afirmado II con cemento Víaforte</i>	156
Tabla 91. <i>Resistencia de suelo natural sin adición de cemento saturado en agua</i>	158
Tabla 92. <i>Resistencia de suelo-cemento de Afirmado III con cemento Qhuna</i>	159
Tabla 93. <i>Resistencia de suelo-cemento de Afirmado III con cemento Mochica</i>	161
Tabla 94. <i>Resistencia de suelo-cemento de Afirmado III con cemento Víaforte</i>	163

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 ANÁLISIS DOCUMENTAL	185
ANEXO 2 GUÍAS DE OBSERVACIÓN	193
ANEXO 3 RESULTADOS	198
ANEXO 4 PANEL TOFOGRÁFICO	247
ANEXO 5 PRESUPUESTO	257

**ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO
LOS CEMENTOS PACASMAYO VÍAFORTE, MOCHICA Y QHUNA;
LAMBAYEQUE. 2018**

**STABILIZATION OF CLAYS, SANDS AND AFFIRMED, USING THE
CACEMAKES PACASMAYO VÍAFORTE, MOCHICA AND QHUNA;
LAMBAYEQUE. 2018**

Becerra Santillán Anthony César Fernando¹

Herrera Gonzáles Alfredo Emmanuel²

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo realizar el estudio de estabilización de arcillas, arenas y afirmados, planteando proporciones de los cementos Pacasmayo Víaforte, Mochica y Qhuna en la región Lambayeque, con el fin de mejorar las características físicas y mecánicas del suelo con el uso de cemento; dado la problemática de los suelos como es la inestabilidad, fue el motivo de nuestra investigación. Para la toma de muestra de suelo a estabilizar, se tuvo como referencia los planos del Instituto Nacional de Defensa Civil de la región de Lambayeque para las arenas y arcillas y en el caso del afirmado se obtuvo la muestra de la cantera Tres Tomas de la provincia de Ferreñafe

La investigación es cuantitativa y experimental, se emplearon técnicas de información como la observación y análisis de documentos, para poder lograr la estabilización de suelo cemento cumpliendo con las normas estandarizadas para cada ensayo; se logró probar la hipótesis de estabilizar los suelos con cemento, con un porcentaje por cada tipo de suelo.

Se estabilizó, en diferentes porcentajes en un rango de 4% al 19% para obtener diferentes resistencias y poder comparar los resultados con la del suelo natural. Concluyendo que el cemento Qhuna tiene mejor resistencia para los tres tipos de suelo, luego Mochica y con menor resistencia Víaforte, logrando estabilizar los tres tipos de suelo; analizando que en las arcillas y afirmados su resistencia se asemeja a la curva de humedad-densidad que llega a un punto máximo y luego disminuye, a diferencia de las arenas que siempre tiende a subir.

Palabras claves:

Cemento/estabilización/Porcentaje de cemento/Suelo

¹ Adscrito a Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, bsantillana@crece.uss.edu.pe

² Adscrito a Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, hgonzalesa@crece.uss.edu.pe

Abstract

The present investigation has as objective the study of stabilization of clays, sands and affirmed, posing proportions of the Cementos Pacasmayo, Qhuna Viaforte MOCHICA and in the Lambayeque region, in order to improve the physical and mechanical characteristics of the soil with the use of cement; given the problematic of soils as is the instability, was the reason for our research. For the sampling of soil to stabilize, reference was to the planes of the National Institute for Civil Defense of the Lambayeque region for the sands and clays, and in the case of the claimed the sample was obtained from the quarry three shots of the province of Ferreñafe.

The research is both quantitative and experimental information techniques were used as observation and analysis of documents, in order to achieve the stabilization of soil-cement complying with standard practices for each test; it was possible to test the hypothesis stabilize soils with cement, with a percentage for each type of soil.

It was stabilized, in different percentages in a range of 4% to 19% to obtain different resistances and to be able to compare the results with that of natural soil. Concluding that the Qhuna cement has better resistance for the three types of soil, then Mochica and with less resistance Viaforte, managing to stabilize the three types of soil; analyzing that in the clays and affirmed their resistance resembles the moisture-density curve that reaches a maximum point and then decreases, unlike the sands that always tend to rise.

Keywords:

Cement / stabilization / Cement percentage/soil

INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

1.1.1 A nivel internacional

(Asociación productores de cemento, 2018). El uso de cemento para mejorar las propiedades de las capas de soporte de pavimentos en el mundo tiene una amplia aprobación en las diferentes categorías de la red vial. En Europa se destacan las experiencias de España y Alemania, en otros continentes también se ha desarrollado esta tecnología con experiencias destacables en Sudáfrica y Australia. En América se utiliza en países como El Salvador, Guatemala, Brasil, Colombia, etc. Anteriormente, se han intercedido algunas vías rurales a través del mantenimiento correctivo tradicional, como aplicar base granular y aplanar el terreno con maquinaria, pero los desempeños de estas modalidades son de limitada durabilidad, pues una vez que llega la temporada de lluvias se produce un deterioro acelerado que afecta el tránsito y el confort de los usuarios. Esto lleva a que alternativas de menores costos directos terminan convirtiéndose en un paliativo de corta duración y de mayor costo final. Fue entonces cuando se presentó la opción del sistema de Suelo-Cemento. La técnica de Suelo-Cemento consiste en adicionar un determinado porcentaje de cemento al suelo, con el fin de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. Posterior al mezclado, se somete a un proceso de compactación. El resultado es una capa de material densa, en la cual el cemento favorecerá el desarrollo de resistencia de la capa, haciéndola más estable ante los procesos de meteorización por las condiciones climáticas a las que estará expuesto el pavimento.

(Alvarado, 2017). El suelo cemento una solución eficiente para el mantenimiento vial. Es una mezcla homogénea de material granular, cemento y agua, que compactada se usa como capa estructural. La estabilización de suelos con esta técnica ahorra dinero y tiempo en la construcción de vías, aeropuertos, aparcamientos. Esta técnica está que pisa firme en el Ecuador, según la Cámara de la Construcción de Guayaquil, el Centro Técnico del Hormigón de Holcim afirmó que en el país existen carreteras con bases estabilizadas que, luego de varios años de marcha, no han presentado fallas por fatigas comunes en los pavimentos flexibles. Una de ellas es la vía de 11 km que va desde el Puente Alterno Norte, hasta la Durán-Yaguachi. Otra es la ampliación de la vía de acceso a Durán, de diez carriles. Por lo tanto, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas y diversos gobiernos seccionales del país comienzan a especificar dentro de sus proyectos viales, las bases estabilizadas con material

cementicio, por sus buenos resultados y porque reduce costos. La estabilización suelo cemento, ayuda a incrementar las propiedades mecánicas del suelo, da mayor durabilidad a la vía y presenta una capa de rodadura para una buena circulación vehicular.

(Castro, 2017). El Gobierno de Santander, ejecuta proyecto piloto con el fin de utilizar suelo-cemento para el mejoramiento de vías terciarias y reducir costo. Esta iniciativa beneficiará a la vía que conduce desde el teleférico de Panachi hasta la escuela de El Tabacal, donde se tiene problemas de acceso cuando llueve, e incluso se han reportado accidentes. Según el secretario de Infraestructura de Santander, buscan plantear alternativas más económicas para el mantenimiento de vías rurales. Por su otro lado, Eduardo Claros, asesor técnico de cementos Argos, precisó que esta estabilización de suelo tiene tres ventajas: “sostenibilidad; más cobertura de vía y más capacidad de carga para mayor tráfico”.

1.1.2 A nivel nacional

(Asociación productores de cemento, 2018). En el Perú, una alternativa que pue de ser aplicada en diferentes regiones, sobre todo las más vulnerables para la recuperación de la infraestructura vial durante este proceso de Reconstrucción; es el sistema del suelo cemento, es una medida que se puede adoptar para aplicar a las diversas vías (sobre todo en las redes terciarias) que han quedado afectadas por Niño Costero; dando a sus múltiples ventajas, tales como mayor durabilidad, menor costo y de rápido desarrollo. De esta manera, se puede acelerar la reconstrucción vial y así, mejorar la calidad de vida de las comunidades.

(Ruiz, 2017). Se debería exigir el uso de bases estabilizadas, en reemplazo del afirmado, para reducir la explotación de canteras, el transporte de material de préstamo que por consiguiente se utilizaría el suelo natural; las bases estabilizadas son la alternativa de solución a los posibles hundimientos por colapso de las redes sanitarias, que, con respecto a las rehabilitaciones de vías urbanas en la Región de Piura, las bloquetas serían la solución adecuada, sin antes estabilizando la subrasante.

(Silva, 2016). La estabilización de los suelos, es fundamental para asegurar la durabilidad de las vías que soportarán cargas vehiculares; debido a que los suelos cumplen la función de sub rasante, sub base o base del pavimento, por lo tanto, deben distribuir en el mayor volumen posible las cargas generadas en la superficie. Existen muchos métodos para la estabilización entre ellos la incorporación de agregados o áridos de préstamos, incorporación de cemento, cloruros, cal, emulsiones asfálticas, estabilizadores químicos, etc. Cada uno tiene diferentes ventajas y desventajas dependiendo al tipo de obra y condiciones de trabajo. En nuestro país, para la estabilización de suelos, se utiliza ampliamente cemento, material de préstamo, emulsiones asfálticas y en los últimos años los estabilizadores químicos

1.1.3 A nivel local

La presente investigación, se ha desarrollado con tres tipos de suelo: arena, arcilla y afirmado. La determinación de las muestras de arena y arcilla se obtuvieron de seis puntos diferentes de trochas sin pavimentar con características de suelo natural, con ayuda de mapas geotécnicos del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) de Lambayeque y el afirmado se obtuvo de la cantera Tres Tomas.

Dada la problemática de los suelos en la región como es la inestabilidad, y carreteras de bajo volumen de tránsito sin pavimentar, surge la investigación de nuestra tesis. Esta investigación se centró en la evaluación del cemento como agente estabilizador en los tres tipos de suelos, y así poder mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, aumentando su resistencia y capacidad de carga que soporta.

Las muestras estudiadas se detallan:

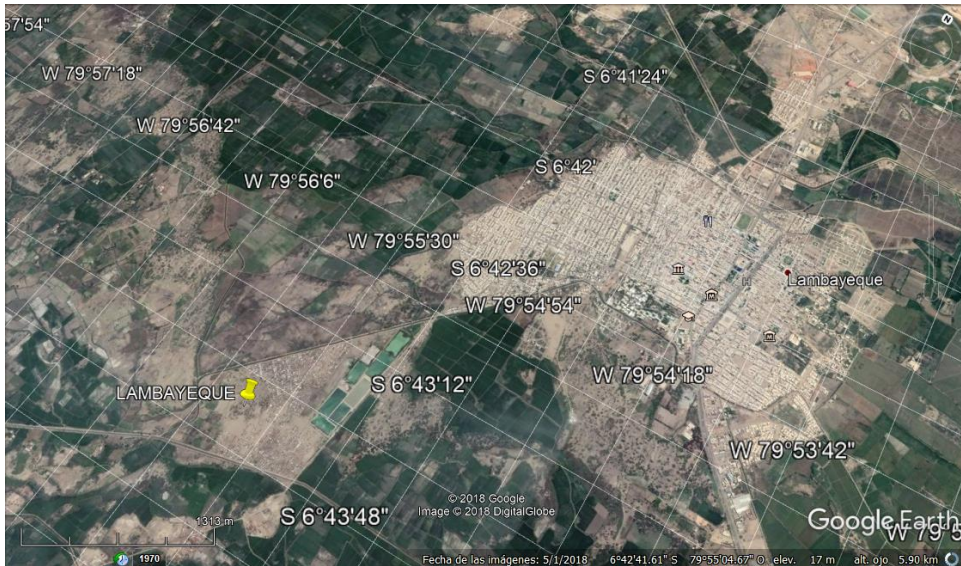
Coordenadas:

- Arenas:

Ferreñafe 1 ($6^{\circ} 37' 25''$ S – $79^{\circ} 46' 32$ W)



Lambayeque $6^{\circ} 43' 38$ S - $79^{\circ} 55' 38$ W)

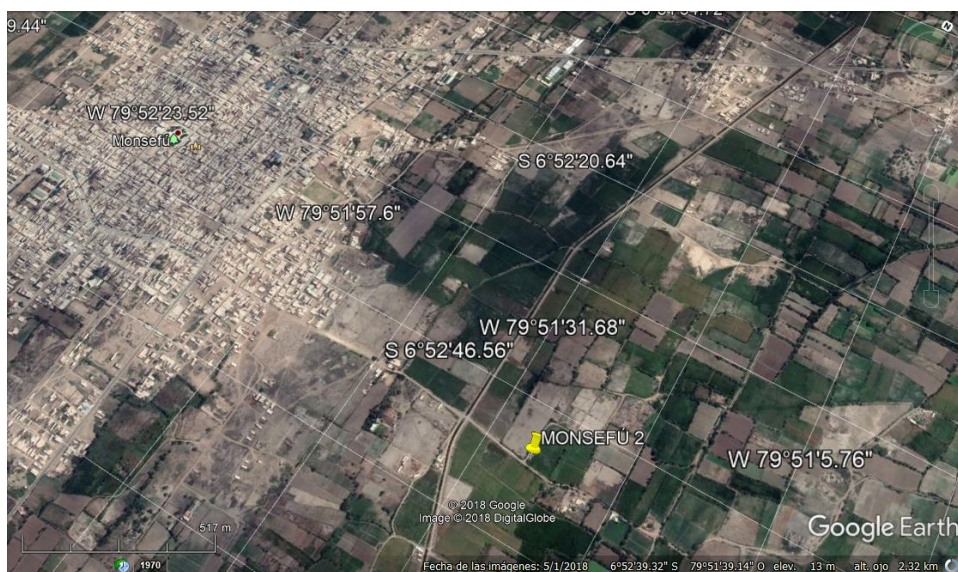


Monsefú 1(6° 51' 47" S– 79° 50' 47" W)

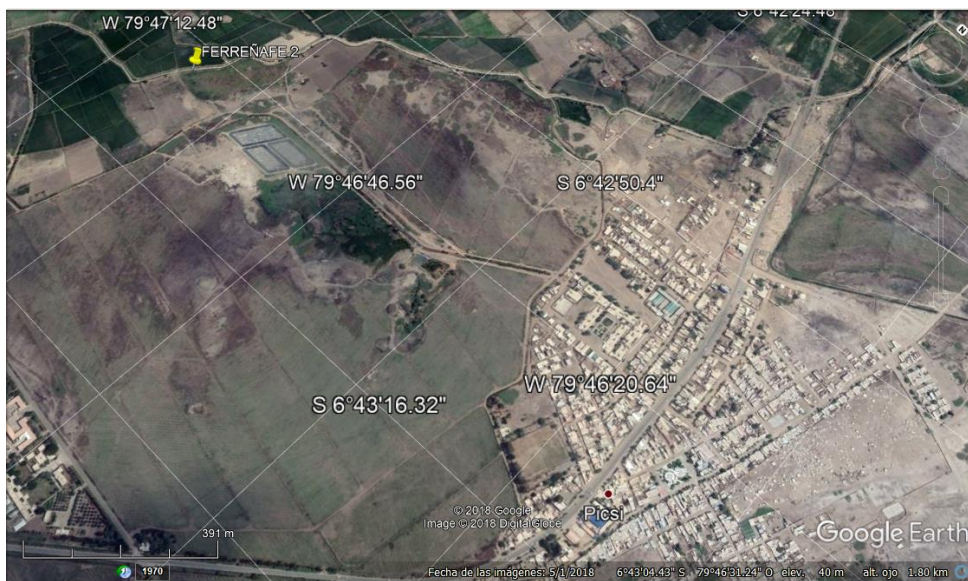


- Arcillas:

Monsefú 2 (6° 52' 52" S – 79° 51' 27W)



Ferreñafe 2 (6° 43' 06" S – 79° 47' 06W)

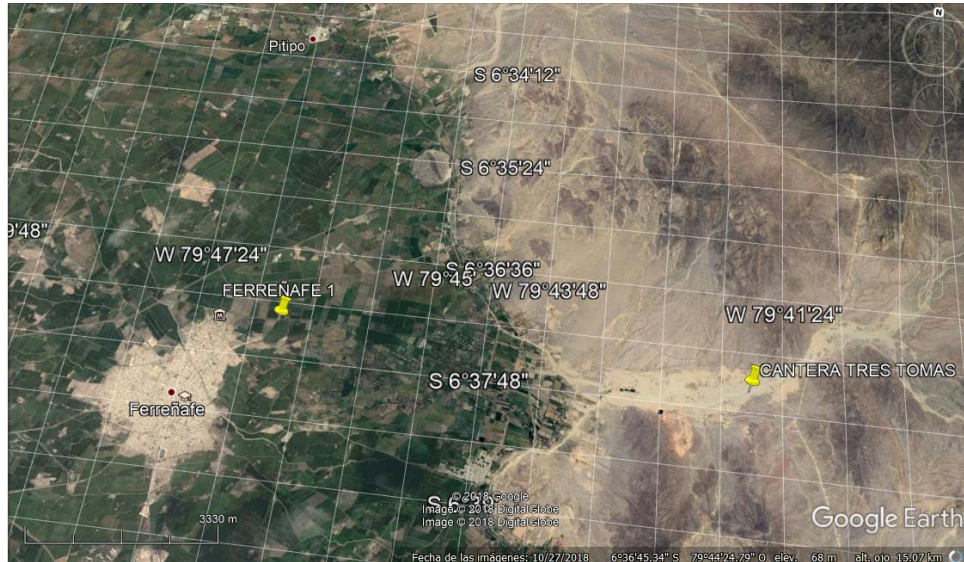


Pomalca (6° 46' 26" S – 79° 48' 52W)



- Afirmados:

Cantera Tres Tomas – Ferreñafe ($6^{\circ} 37' 36''$ S – $79^{\circ} 41' 71''$ W)



1.2 Antecedentes de estudios

1.2.1 A nivel internacional

(Matute, 2016) En su libro de tesis “Comparación técnico económica del uso de bases granulares y bases estabilizadas con cemento, para diversos casos de tráfico, con y sin capa de rodadura, para nuestro medio” para optar el grado académico de Ingeniero Civil de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. El tipo de investigación es experimental, la cual tuvo como problema la calidad del subsuelo en la región de Costa, cuyo objetivo es economizar mediante la estabilización con cemento el subsuelo de la región de Costa generando beneficios económicos; según la tesis concluye que el empleo de estabilización de cementos queda económicamente demostrado que es conveniente emplear materiales de la zona de trabajo sin necesidad de importar materiales clasificados de la zona de trabajo sin necesidad de importar materiales clasificados de canteras que encarecen en el transporte; así mismo recomienda el uso de material de la zona estabilizando con cemento. Finalmente, la relevancia es que una base estabilizada con cementos tiene varias ventajas como mayor resistencia y mejor capacidad portante de la estructura del pavimento, también la base es casi impermeable resistente a cambios climáticos además debido a la hidratación del cemento continúa ganando resistencia con la edad.

(Benavides, 2016) En su **libro** de tesis “Análisis comparativo de los procesos de estabilización de suelos con enzimas orgánicas y suelos-cemento, aplicado a suelos arcillosos de sub-rasante” para **optar** el grado académico de ingeniero civil de la Universidad Técnica de Ambato. El tipo de **investigación** es experimental, la cual tuvo como **problema** ¿Sería posible estabilizar los suelos arcillosos de subrasante mediante el uso de suelo-cemento y suelos con enzimas orgánicas? ;cuyo **objetivo** es la estabilización de suelo con enzimas orgánicas y suelo-cemento, aplicado a suelos arcilloso de sub-rasante **concluye** que la aplicación del cemento a las muestras de suelo, modifican su contenido de humedad, debido a que este absorbe el agua, lo cual los contenidos óptimos de humedad identificados en el ensayo de Proctor Modificado aumentan de acuerdo al porcentaje de cemento que se adicione a la combinación suelo-cemento, así mismo **recomienda** que para la ejecución de los ensayos correspondientes, prever que le suelo extraído se encuentre totalmente seco para no alterar el contenido de humedad obtenido mediante el ensayo de Proctor Modificado, y no alterar los valores de CBR; la **relevancia** de la tesis que la adición de enzimas orgánicas y cemento son adiciones económicas , la cual mejora las características del suelo natural.

(Gavilanes, 2015) En su libro de tesis “Estabilización y mejoramiento de sub-rasante mediante cal y cemento para una obra vial en el sector de santos pamba barrio colinas del sur” para optar el grado académico de Ingeniero Civil de la Universidad internacional del Ecuador. El tipo de investigación es de laboratorio y campo la cual tuvo como problema del alto nivel de humedad que existen en algunas carreteras o vías de la ciudad en este caso del sector de Santos Pamba en el barrio Colinas del Sur, cuyo objetivo es analizar y evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la modificación y estabilización de suelo en el sector de Santos Pamba en el barrio Colinas del Sur empleando adiciones de cal y cemento en diferentes porcentajes para determinar estabilización de plasticidad del material de sub-rasante en la vía; según la tesis concluye que empleando cemento para estabilizar el suelo es ventajoso, ya que al dimensionar la estructura de rodadura, se logra disminuir el espesor de la estructura de rodadura ya sea hormigón rígido o asfalto, en relación a su estado natural; así mismo recomienda la estabilización de los suelos de sub-rasante con los conglomerantes más adecuados, que resulten más adecuados para llegar al estudio detallado del suelo a estabilizar. Finalmente, la relevancia de la tesis, que existe una reducción significativa del índice de Plasticidad con el incremento del porcentaje de cemento; provocando un ligero

aumento del límite de Plasticidad y decrecimiento del límite Líquido, así como también los suelos tratados con cemento incrementan su capacidad soportante a valores mayores a los que especifica la normativa para mejoramiento de la sub rasante.

(Albán, 2014) En su **libro** de tesis “Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector Calcical del Cantón Tosagua Provincia de Manabí” para **optar** el grado académico de ingeniero civil de la Universidad Católica del Ecuador. El tipo de **investigación** es cuantitativo, la cual tuvo como **problema** ¿Será posible estabilizar el suelo expansivo del sector Calcical del Cantón Tosagua, por medio de la aplicación de cal y cemento, para reducir su potencial de expansión? ;cuyo **objetivo** es estabilizar el suelo expansivo del sector Calcical del Cantón Tosagua, por medio de la aplicación de cal y cemento, para reducir su potencial de expansión, según la tesis **concluye** que los valores encontrados cuando se han realizado los ensayos de expansión libre y presión de hinchamiento en muestras inalteradas son menores a los encontrados en muestras moldeadas, esto se debe a que con el material en estado inalterado se tuvo que realizar las pruebas con un grado de saturación mayor al requerido por la Norma ASTM D4829:Standard Test Method for Expansion Index of Solis que indica que este grado de saturación es de 50% ya que formación de grietas por desecación dificulto el tallado y formación de las probetas de ensayo ; así mismo **recomienda** que el estudio de suelos expansivos debe ser realizado con muestras representativas del sitio con el fin de analizar el potencial de expansión del suelo y tomar la decisión de cuál será la mejor alternativa de estabilización para el material; la **relevancia** que cuando se realice los ensayos de hinchamiento libre es necesario que el suelo cumpla con la condición de saturación indicada en la norma ASTM D4829:Standard Test Method for Expansion Index of Soils que indica que este grado de saturación es de $50\% \pm 2$, para poder determinar los parámetros verdaderos en cuanto a la expansión que se produce en el suelo.

(Murillo, 2010) En su libro de tesis “Estudio del comportamiento de las bases de pavimentos rígidos en la ciudad de Cuenca y su influencia en el diseño” para optar el grado académico de maestría, de la universidad de Cuenca. El tipo de investigación es experimental, la cual tuvo como problema es la estabilización de la base granular con cemento con adición de 7%

de cemento a materiales procedentes de canteras del sector denominado "La Josefina", cuyo objetivo es determinar la solución de espesores de base y losa de pavimento rígido más económica; según la tesis concluye que según los valores del CBR se incrementan al adicionar cemento al mismo material dicho incremento va desde el 159% hasta el 400%, así mismo recomienda que se debe determinar de la manera más precisa las cargas a las que se someterá la estructura en estudio, en este caso las cargas generadas por el tráfico deben ser estimadas de la forma más exacta posible. Finalmente, la relevancia de la tesis se basa que adicionando 7% cemento a las canteras del sector La Josefina, se puede lograr CBR hasta un valor de 400%, también los índices de plasticidad disminuyen al agregar cemento.

1.2.2 A nivel nacional

(Salas, 2017) En su libro de tesis "Estabilización de suelos con adición de cemento y aditivo terrasil para el mejoramiento de la base del km 11+000 al km 9+000 de la carretera Puno – Tiquillaca – Mañazo" para optar el grado académico de ingeniero civil de la universidad Andina "Nestor Cáceres Velasquez". El tipo de investigación es mixto (cuantitativo, experimental y tecnológico) la cual tuvo como problema ¿Cómo será la estabilización de suelos de la cantera del km 11+300 con cemento y aditivo Terrasil para el mejoramiento de la base del km 11+000 al km 9+000 de la carretera Puno – Tiquillaca – Mañazo; cuyo objetivo es efectuar la estabilización de suelos de la cantera del km 11+300 con cemento y aditivo Terrasil para el mejoramiento de la base del km 11+000 al km 9+000 de la carretera Puno – Tiquillaca – Mañazo; según la tesis concluye los cementos portland ASTM P y el aditivo terrasil, son buenos para ser empleados como agentes estabilizadores de suelo, en los que da buenos resultados. En lo que respecta al cemento con la adición del 4% ha dado valores óptimos a los recomendados por el MTC; y en el caso del aditivo terrasil con la adición de 10 gr. a cada kilogramo de suelo dio resultados también mayores a lo sugerido por el MTC; recomiendan que en los procesos de estabilización con cemento, será necesario efectuar el estudio económico; puesto que los procedimientos de estabilización de suelo deben ser lo menos costoso posible, que utilizar suelos de buena calidad con alto costo de transporte así mismo en la selección de cemento y/o aditivos es bueno tomar en cuenta

los resultados obtenidos en obras similares efectuados en estabilización de suelos en su región. Finalmente, la relevancia de esta tesis, es que la adición del cemento con el 4% y el terrasil con 10 gr, se llega a grados óptimos como lo sugiere el MTC.

En los procesos de estabilización con cemento, será necesario efectuar el estudio económico; puesto que los procedimientos de estabilización de suelo deben ser lo menos costoso posible, que utilizar suelos de buena calidad con alto costo de transporte.

(Chura & Romero, 2017) En su libro de tesis “Estabilización de suelos cohesivos mediante el uso de geomallas, geotextil, cal y cemento con fines de pavimentación en el tramo de acceso del km 00+000 al km 00+750 del campus universitario UPeU Juliaca” para optar el grado académico de ingeniero civil de la Universidad Peruana Unión. El tipo de investigación de tipo cuantitativo, la cual tuvo como problema ¿Sería posible estabilizar los suelos cohesivos mediante el uso de geomallas, geotextil, cal y cemento con fines de pavimentación, en el tramo de acceso del km 00+000 al km 00+750 del campus universitario UPeU Juliaca? ;cuyo objetivo es estabilizar los suelos cohesivos mediante el uso de geomallas, geotextil, cal y cemento con fines de pavimentación en el tramo de acceso del km 00+000 al km 00+750 del campus universitario UPeU Juliaca; según la tesis concluye que el uso de cal y cemento como material estabilizador y también el uso de refuerzos como el Geomallas y Geotextil, mejora el diseño de pavimento disminuyendo los espesores de la estructura del pavimento diseñado con el método MTC- 2014; así mismo recomienda que para lograr el mayor beneficio de estabilización y a la vez reducir costos es importante hallar el óptimo porcentaje del material estabilizador, soportadas por un diseño o como mínimo que cumplan con una especificación que garantice su supervivencia de vida útil proyectada de la estructura del pavimento; la relevancia de la tesis es que en los suelos cohesivos la estabilización optima de cemento es a 4%, llevando a reducir espesores de diseño del pavimento de 15.38% de capa base y de capa sub base de un 20% hasta 36%.

(Ayala & Gallardo, 2015) En su libro de tesis “Estabilización de la base de un pavimento rígido con cemento portland utilizando las canteras el gavilán, don lucho y el río chonta, Cajamarca, 2015” para optar el título profesional de Ingeniero Civil, de la Universidad Privada del Norte. El tipo de investigación es experimental, la cual tuvo como problema ¿Cuál es la influencia del cemento Portland en la estabilización de la base de un pavimento rígido utilizando los agregados para material de base de las canteras El Gavilán, don Lucho y el río Chonta, Cajamarca, 2015? ; cuyo objetivo es estabilizar la base de un pavimento

rígido con cemento Portland utilizando agregados provenientes de las canteras El Gavilán, don Lucho y el río Chonta; según la tesis concluye que la estabilización para la base de un pavimento rígido con cemento Portland utilizando los agregados provenientes de las canteras El Gavilán, don Lucho y el río Chonta, se incrementa la capacidad de soporte en la medida que se adiciona cemento Portland desde un 7% hasta un 167% (combinación de canteras El Gavilán (27%) y el río Chonta (73%)) y desde un 5% hasta un 154% (combinación de canteras don Lucho (24%) y el río Chonta (76%)); así mismo recomiendan ampliar la investigación utilizando otro tipo de aglomerante con estos agregados para verificar en que porcentaje aumenta su capacidad de soporte y realizar ensayos con porcentajes menores al 2% de cemento (0,5%; 1% y 1,5%), para verificar desde que porcentaje de adición de cemento hay un aumento considerable de la capacidad de soporte. La relevancia de esta tesis es que a mayor adición de cemento Portland mayor es la capacidad de soporte de la base del pavimento rígido.

(Jara, 2014) En su **libro** de tesis “Efectos de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso Robinson Jara Anyaypoma” para **optar** el grado académico de ingeniero civil de la Universidad Nacional de Cajamarca. El tipo de **investigación** es experimental, la cual tuvo como **problema** ¿Cuál es el efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso?; cuyo **objetivo** es evaluar el efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso, según la tesis **concluye** que el índice de plasticidad disminuye ,logrando la máxima disminución con la adición de 6% de cal; así mismo **recomienda** una investigación futura que se tome en cuenta el PH de la muestra con diferentes dosis de cal; la **relevancia** de la tesis es al adicionar cal a la muestra el CBR aumenta en comparación sin adición de cal.

(Velarde , 2015) En su **libro** de tesis “Aplicación de la metodología de superficie de respuesta en la determinación de la resistencia a la compresión simple de suelos arcillosos estabilizados con cal y cemento Abel Darwin Velarde Del Castillo” para **optar** el grado académico de ingeniero civil de la Universidad Nacional del Altiplano. El tipo de **investigación** es cuantitativo, la cual tuvo como **problema** ¿Será posible determinar la máxima resistencia a la compresión simple de suelos arcillosos estabilizados con cal y

cemento aplicando la metodología de superficie de respuesta? ;cuyo **objetivo** es determinar la máxima resistencia a la compresión simple de suelos arcillosos estabilizados con cal y cemento aplicando la metodología de superficie de respuesta, según la tesis **concluye** si es posible implementar la metodología de superficie de respuesta(R) en la estabilización de suelos arcillosos con cal y cemento pus se lograron resistencias que superan ampliamente a la de los suelos no estabilizados ; así mismo **recomienda** verificar la influencia de los días de curado y secado en la resistencia a la compresión simple de los suelos arcillosos estabilizados; la **relevancia** de la tesis es que al adicionar cal y cemento mejorar la resistencia de los suelos arcillosos, teniendo en cuenta que la plasticidad tiende a disminuir ya que el cemento absorbe agua.

1.2.3 A nivel local

(Cubas & Falen, 2016) En su libro de tesis “Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas” para optar el grado académico de ingeniero civil de la Universidad Señor de Sipán. El tipo de investigación de tipo cuantitativo. cuasi-experimental; cuyo objetivo la evaluación de la aplicación de cenizas de carbón(vegetal) para la estabilización de suelos mediante el empleo de activación alcalina en carreteras no asfaltadas, según la tesis concluye que el uso de cenizas de carbón e hidróxido de sodio en suelos arcillosos presenta un efecto significativo con respecto al uso de agua; así mismo recomienda utilizar las cenizas de carbón con adiciones de 14% e hidróxido de sodio en 8M en suelos arcillosos para conseguir mejores resultados; la relevancia de la tesis es que la estabilización con CC-NaOH puede usarse para disminuir el levantamiento de polvo, reduciendo costos de mantenimiento.

(Segura, 2015). En su libro de tesis “Estabilización de suelos de alta plasticidad usando cemento portland en el departamento de Lambayeque” para optar el grado académico de Ingeniero Civil en la Universidad Señor de Sipán. El tipo de Investigación es experimental, con metodología cualitativa; la cual tuvo como problema de qué manera influye el cemento portland en el proceso de estabilización de suelos de alta plasticidad; cuyo objetivo fue realizar el estudio de la estabilización de suelos de alta plasticidad con cemento portland planteando proporciones de cemento requeridas para mejorar las características del terreno;

según la tesis concluyen que aplicando diferentes proporciones a las muestras dio como resultado que a medida que se le aplica porcentajes de cemento portland entre los rangos 7% y 16% de acuerdo al peso de la muestras, esta adquiere mejores características de resistencia; así mismo recomiendan a tener en cuenta que para la elaboración del proyecto se tomaron muestras con contenido de alta plasticidad siendo recomendable continuar con el estudio de suelo cemento en zonas donde las características sean diferentes y así establecer diferentes parámetros, finalmente la relevancia de la tesis es que la adición del cemento en los rangos 7% al 16% son óptimos para la estabilización y que a partir de 19% al 22% la resistencia del suelo tiende a disminuir

(Bonifacio & Sánchez, 2015). En su libro de tesis “Estabilización química en carreteras no pavimentadas usando cloruro de magnesio, cloruro de calcio y cemento en la región Lambayeque” para optar el grado académico de Ingeniero Civil en la Universidad Señor de Sipán. El tipo de Investigación es experimental; la cual tuvo como problema de qué manera influye la incorporación del cloruro de calcio, cloruro de magnesio y cemento en las estabilizaciones de las carreteras no pavimentadas ; cuyo objetivo fue realizar un estudio comparativo técnico y económico para evaluar la estabilidad de carreteras no pavimentadas usando el cloruro de magnesio, cloruro de calcio y cemento; según las conclusiones de la tesis respecto a la aplicación de cemento, si es factible para mejorar el CBR de las canteras tomadas en estudio, llegando a satisfacer lo que estipula el reglamento incrementando un porcentaje de 8%- 9% de cemento a las muestras en estudio; así mismo recomiendan que para suelos con gradación GP y con índice de plasticidad mayor a 15 no incorporar Cloruro de Calcio o cloruro de magnesio para su estabilización porque quedó comprobada que no mejora la resistencia estipulada por las normas MTC para carreteras no pavimentadas, finalmente la relevancia de la tesis es que incrementando un porcentaje de 8%- 9% de cemento a los materiales GP, de las canteras Cerro Escute y Cachinche, cumple con la resistencia establecida por el MTC, así mismo es más cara que la estabilización usando cloruro de magnesio y el cloruro de calcio.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Cemento Portland.

El cemento es un aglomerante que tiene propiedades de cohesión y adherencia, las que permiten unir fragmentos de minerales entre sí, para formar un todo compacto con resistencia y durabilidad.

El cemento Portland, es la mezcla a partir de minerales calcáreos, tales como caliza, alúmina, calcáreos y sílice; así mismo es necesario añadir óxido de hierro para mejorar su composición química. Todos los cementos Portland deben de cumplir con la normal ASTM C-150 “Standard Specification for Portland Cement”

1.3.1.1 Definición

Los cementos son materiales que se endurecen tanto en el aire como en el agua y después de endurecidos son aglomerados resistentes a la acción del agua. Están compuestos principalmente por combinaciones de óxido de calcio con sílice, alúmina y óxido de hierro. Deben cumplir con las normas dictadas para tales materiales, especialmente en lo relativo a resistencia y estabilidad de volumen. El material crudo o por lo menos los componentes principales tienen que ser calentados como mínimo hasta fusión parcial.

1.3.1.2 Clasificación

Los cementos según la NTP 334.009 y ASTM C 150, su clasificación y su uso es el siguiente:

Tipo I: obras en general.

Tipo II: obras expuestas a la acción moderada de los sulfatos y a obras en donde se requiere moderado calor de hidratación.

Tipo III: obras con requerimiento de altas resistencias iniciales.

Tipo IV: obras con requerimiento de bajo calor de hidratación.

Tipo V: obras con que requieren alta resistencia a la acción de los sulfatos

A *Cementos portland adicionados según NTP 334.090*

La NTP 334.090 considera como requisitos:

Cemento adicionado binario. Es una mezcla íntima y uniforme por molienda o molienda y mezclado de clínker de cemento Portland y escoria, puzolanas o filler.

Cemento adicionado ternario. Es una mezcla íntima y uniforme por molienda o molienda y mezclado de clínker de cemento Pórtland y: dos puzolanas diferentes; escoria de alto horno y puzolana; puzolana y caliza; escoria y caliza.

En la norma mencionada, se consideran como cementos de uso general las siguientes denominaciones:

Cemento Pórtland Tipo IS: Cemento Pórtland con escoria de alto horno. Hasta 70 % de escoria.

Cemento Pórtland Tipo IP: Cemento Pórtland puzolánico. Hasta 40 % de puzolana.

Cemento Pórtland Tipo (PM): Cemento Pórtland puzolánico modificado. Hasta 15 % de puzolana.

Cemento Pórtland Tipo IL: Cemento Pórtland calizo. De 5 % a 15 % de filler calizo.

Cemento Pórtland Tipo ICO: Cemento Pórtland compuesto. Hasta 30 % de filler calizo u otro material.

Cemento Pórtland Ternario IT: Cemento Pórtland ternario. Con dos adiciones.

B Cementos portland adicionados según NTP 334.082

Cuando se requieran características especiales, los cementos deben cumplir los requisitos de performance física de los cementos según la NTP 334.082

Cemento Pórtland Tipo GU: Cemento Pórtland de uso general.

Cemento Pórtland Tipo MS: Cemento Pórtland de moderada resistencia a los sulfatos.

Cemento Pórtland Tipo HS: Cemento Pórtland de alta resistencia a los sulfatos.

Cemento Pórtland Tipo HE: Cemento Pórtland de alta resistencia inicial.

Cemento Pórtland Tipo MH: Cemento Portland de moderado calor de hidratación.

Cemento Pórtland Tipo LH: Cemento Pórtland de bajo calor de hidratación

1.3.1.3 Componentes y fases del cemento Portland

Los principales componentes básicos del cemento Pórtland son los óxidos de: calcio, silicio, aluminio y hierro. Ellos forman los silicatos que en contacto con el agua se hidratan produciendo el fraguado del cemento.

Componentes secundarios, en concentraciones más bajas, son los óxidos de: calcio libre, magnesio, sodio, potasio, azufre. Ellos pueden influenciar los procesos de formación de los silicatos y las etapas de fraguado del cemento.

La tabla da un listado de los óxidos y elementos componentes del cemento Pórtland y el rango de variación de sus concentraciones.

Tabla 1
Composición del cemento Portland.

Componente	Rango de composición % peso
Principales	
CaO	60 a 68
SiO ₂	18 a 25
Al ₂ O ₃	5 a 7
Fe ₂ O ₃	2 a 5
Secundarios	
CaO libre	0,3 a 2,0
MgO	0,5 a 3,5
Na ₂ O	0,04 a 0,4
K ₂ O	0,30 a 1,9
SO ₃	0,01 a 1,5
Cl	0,00 a 0,06
F	0,05 a 0,10
TiO ₂	0,17 a 0,30
P ₂ O ₅	0,04 a 0,26
Mn ₂ O ₃	0,0 a 0,4
BaO	0,01 a 0,06
SrO	0,01 a 0,18
Cr ppm	6 a 70

Fuente: (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, 2013)

Los óxidos y elementos aportados por las materias primas reaccionan durante el calentamiento formando: silicatos, aluminatos y ferritos de calcio, que constituyen las principales fases cristalinas y amorfas presentes en el cemento.

Tabla 2*Principales fases del cemento*

Nombre	Fórmula
Silicato tricálcico	$\text{SiO}_2 \cdot 3\text{CaO}$
Silicato dicálcico	$\text{SiO}_2 \cdot 2\text{CaO}$
Alumino ferrito tetracálcico	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{CaO}$
Aluminato tricálcico	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}$
Ferrito dicálcico	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{CaO}$

Fuente: (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, 2013)

1.3.1.4 Fabricación de cementos

Para alcanzar una alta velocidad de reacción en el horno de calcinación y obtener un producto uniforme y de buena calidad, la materia prima debe ser:

- Molida finamente
- Dosificada exactamente
- Formar una mezcla uniforme.
- Molienda y dosificación de las materias primas
- Calcinación de las materias primas para producir el clínker
- Molienda del clínker y adición del yeso.

1.3.2 Estabilización de suelos.

1.3.2.1 Introducción

La estabilización de suelos es una técnica cuyo propósito es modificar sus características agregando un conglomerante (normalmente cal y/o cemento) para permitir su aprovechamiento. (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, 2013)

En los suelos estabilizados con cemento, las dotaciones de cemento varían ampliamente según el tipo de suelo que se utilice. El suelo-cemento se usa principalmente en la construcción de revestimiento de canales, bases para carreteras, aeropuertos y estacionamientos, construcción de pisos en áreas de almacenamiento, protección de terraplenes contra la lluvia, ampliaciones, acotamientos y taludes de carreteras, etc. (De la Fuente, 2013). En nuestro estudio nos enfocaremos en el uso para sub rasante estabilizadas, con cemento para pavimentos de bajo tránsito.

1.3.2.2 Estabilización historia

Desde tiempo el hombre ha utilizado tanto la cal como diversos conglomerantes puzolánicos en la estabilización de suelos cohesivos. Un ejemplo de ello son algunas obras realizadas en la India y en las pirámides de Shaanxi en China, construidas hace 5000 años, las vías de comunicación en el Imperio Romano y los famosos caminos blancos o “sacbéh” de los Mayas, realizados hace 2500 años en la zona norte de Mesoamérica. Estos caminos se construyeron con buen trazado y excelente terracería, de 5 a 6 m de ancho, cubiertos con un material fino calizo, que aún hoy en día constituye una superficie uniforme y compactada. De igual forma, en otras civilizaciones como los Imperios Azteca e Inca, los caminos estabilizados y empedrados fueron clave para el desarrollo de actividades religiosas, comerciales, y bélicas.

En el siglo XX se obtuvieron grandes avances en la fabricación de conglomerantes, así como en el desarrollo de mecanismos de construcción y técnicas de ejecución.

En Estados Unidos de América, el uso del suelo cemento se aumentó a partir de la patente de Joseph Hay Amies en 1917 de una mezcla de suelo con cemento que denominó “Soilamies”. Es importante mencionar que el esfuerzo conjunto de la Portland Cement Association (PCA), el Bureau of Public Roads y el Highway Department del estado de Carolina del Sur contribuyó de forma muy importante al desarrollo tecnológico de la estabilización de suelos con cemento, realizando diversos tramos experimentales de carreteras entre 1930 y 1940. (Federación Interamericana del Cemento, 2007)

1.3.2.3 Estabilización con cemento

El suelo-cemento es la mezcla íntima y homogénea de suelo pulverizado con ciertas porciones de cemento portland y agua, para luego ser compactado y obtener densidades altas, posterior a un curado, para que se provoque un endurecimiento más efectivo, así se obtiene un nuevo material resistente a los esfuerzos de compresión, prácticamente impermeable, termo aislante y firme en el tiempo (Toirac, 2008). Consiste en la construcción de una o más capas de suelos estabilizados con cemento Portland, de acuerdo con las especificaciones técnicas, así como de las dimensiones, alineamientos y secciones transversales indicados en un proyecto. Los suelos por estabilizar con cemento Portland podrán ser material de afirmado o provenir de la escarificación de la capa superficial existente o ser un suelo natural

procedente de excavaciones o zonas de préstamo, agregados locales o mezclas de ellos. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

1.3.2.4 Suelo mejorado o modificado con cemento

Se utiliza en subrasante o explanada y se define como una mezcla de suelo y una cantidad pequeña de cemento, inferior al 2% en peso, con el propósito de mejorar algunas propiedades de los suelos, como por ejemplo reducir cambios volumétricos, incrementar ligeramente el CBR o disminuir reduce el índice de plasticidad.

La mejora o transformación con cemento se utiliza generalmente con suelos de grano fino, plástico y a veces con humedades naturales excesivas, que presentan problemas de expansividad, compactación y baja capacidad de soporte.

Por su restringida resistencia se recomienda su uso en subrasantes de pavimentos de tráfico ligeros y medios. Para el caso de tráfico pesado y de alto volumen, sobre el suelo modificado con cemento, es recomendable colocar una subrasante de mayor capacidad de soporte (Federación Interamericana del Cemento, 2007)

La adición de cemento, debe optimizar las propiedades mecánicas del suelo, sin llegar a contextos de rigidez similares a morteros hidráulicos. El profesional responsable debe verificar que los finos pasantes al tamiz N°200, en el suelo, se encuentre entre 5% y 35%, antes de ser mezclados con cemento.

Se pueden utilizar todos las tipologías de cementos, por lo general se recomienda los de fraguado y endurecimiento normales. En casos de querer neutralizar los efectos de la materia orgánica, se emplearán cementos de alta resistencia

La mezcla suelo cemento, se debe diseñar mediante los ensayos de resistencia a la compresión simple y humedecimiento-secado en testigos, según las normas MTC E 1103 y MTC E 1104. En el primero de ellos, se debe garantizar una resistencia mínima de 1.76 MPa (18 Kg/cm²), a los siete (7) días de curado húmedo

Las propiedades suelo cemento dependen:

- Tipo y cantidad de suelo, cemento y agua
- Ejecución

- Edad de mezcla compactada y tipo de curado

Los suelos granulares tipos A-1, A-2 y A-3, con finos de plasticidad baja a media ($LL < 40$, $IP < 18$), son los más apropiados para estabilizar con cemento.

La resistencia suelo cemento aumenta con el contenido de cemento y la edad de mezcla. Al incorporar cemento a un suelo y antes de iniciarse el fraguado, su IP disminuye, su LL varía ligeramente.

La dosificación de cemento para suelo cemento puede establecer aproximadamente en función al tipo de suelo, según lo siguiente:

Tabla 3

Rango de cemento requerido en estabilización suelo cemento

Clasificación de suelos AASHTO	Rango usual de cemento requerido Porcentaje del peso de los suelos
A - 1 - a	3 - 5
A - 1 - b	5 - 8
A - 2	5 - 9
A - 3	7 - 11
A - 4	7 - 12
A - 5	8 - 13
A - 6	9 - 15
A - 7	10 - 16

Fuente: Federal Highway Administration (FHWA)

1.3.2.5 Ventajas

A *Ventajas técnicas*

Mejora las características físicas y mecánicas del suelo.

Genera una resistencia mayor a la del suelo natural.

Asegura la estabilidad del suelo, impidiendo cambios volumétricos por hinchamiento o retracción.

Disminuye las tracciones en las capas del firme, aumentando la vida útil de la explanada.

Permite serviciabilidad en obra.

B Ventajas económicas y ambientales

Un mayor empleo de suelos de la misma zona de estudio evitando el transporte de material de canteras reduciendo así costos.

Menores intervenciones de mantenimiento.

Plazos de ejecución en cortos tiempos. dado el proceso de incorporación del conglomerante y de mezcla del suelo con el mismo se realiza con equipos de alto rendimiento.

Mayor rigidez y mejor distribución de las cargas aplicadas al pavimento, con lo cual se hace uso de estructuras de pavimentos de menor espesor o con menor número de capas. (Federación Interamericana del Cemento, 2007)

1.3.2.6 Limitaciones

El suelo cemento es en material en que se produce grietas de retracción, las cuales pueden reflejar en las capas bituminosas superiores, para ello es necesario hacer uso del cemento adecuado y/o técnicas de prefisuración.

Se debe de hacer uso de un cemento adecuado antes de construir con suelos de mediana a alta plasticidad ya que el mezclado sería difícil.

El tiempo para el mezclado suelo-cemento está limitado por el fraguado del cemento.

1.3.3 Impacto ambiental.

El mundo se encuentra en una etapa de transición de las operaciones dominadas por el factor económico, a las operaciones dominadas por el valor ecológico de los bienes producidos y consumidos. Esto se ve reflejado por la conciencia de la humanidad, en reducir el consumo de energía para disminuir considerablemente las emisiones contaminantes en países con alto nivel industrial, tal como es demostrado en el tratado de Kioto. En el caso de los países de la América latina por estar catalogados en el grupo de países en vía de desarrollo, tratados como este limita su crecimiento económico, pero deben cumplir con la responsabilidad de crear la conciencia de cumplir con la transferencia de tecnologías limpias, para iniciar el camino de ejecutar todas sus actividades en pro del bienestar común.

La construcción, rehabilitación y mantenimiento de vías asfaltadas y engranzonadas requiere la obtención, procesamiento, transporte, manufactura, y ubicación grandes cantidades de

materiales de construcción, las cuales utilizan cantidades substanciales de energía y generan gases de efecto invernadero (GEI).

Hay grandes diferencias de consumo de energía en diferentes construcciones, rehabilitaciones y técnicas de preservación. Estas diversas técnicas también proporcionan variadas cantidades de vidas útiles de los pavimentos. Para cada tratamiento de preservación, la vida útil de un pavimento puede ser comparada así también como la energía y emisiones de GEI para determinar el nivel del uso de energía anual y de emisiones de GEI. Para minimizar el uso de energía y las emisiones de GEI sobre la vida útil de los pavimentos, los tratamientos pueden ser elegidos para que consuman la menor energía y también reduzcan la emisión de GEI. (Irrgang, 2010)

Cuando seleccionamos un sitio de préstamo, no tomamos en cuenta en nuestros costos:

- contabilizar los costos ecológicos producidos por la tala de árboles.
- la alteración de los ecosistemas inmediatos a las zonas de excavación.
- las emisiones producidas por el movimiento de equipo y maquinaria pesada.

Indiscutiblemente estamos generando anualmente costos ecológicos, y disminución de metas físicas en obras, los cuales se ven disminuidos principalmente por los altos costos del transporte de materiales granulares. En definitiva, si observamos nuestros resultados, estamos extraviados en el camino de conseguir el desarrollo sostenible de nuestras naciones, recordemos la definición de ese concepto, por su máxima exponente la Dra. Gro Harlem Brundtland, “el desarrollo sostenible es el desarrollo

1.3.4 Seguridad y salud ocupacional.

La Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) es un derecho fundamental de todos los trabajadores y tiene como objetivo, prevenir los accidentes y riesgos laborales y enfermedades ocupacionales.

En nuestro país, este derecho está normado por La Ley N.º 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.

El equipo de protección individual (EPI), de la Norma G.050 Seguridad durante la Construcción, del Reglamento Nacional de Edificaciones (2016), debe utilizarse para

proporcionar eficaz protección frente a diversas situaciones que pongan en riesgo la seguridad o salud de los trabajadores.

Es de uso obligatorio, el uniforme de trabajo, botines de cuero con punta de acero, casco, guantes y gafas de seguridad.

Para el proceso de secado, tamizado y compactado de las muestras, ensayos de los suelos, y otros trabajos realizados, en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad Señor de Sipán, se utilizaron: zapatos con punta de acero, guantes, mascarilla y lentes de seguridad.

1.3.5 Gestión de riesgos y prevención de desastres.

El “Manual Básico para la Estimación Del Riesgo”, del Instituto Nacional De Defensa Civil (2006), define el término desastre como una interrupción severa del funcionamiento de una comunidad causada por un peligro, de origen natural o tecnológico, que provoca además de pérdidas humanas y materiales, daños a los medios de producción y al ambiente.

Es así como surge la Gestión del Riesgo de Desastres que se fundamenta en conocimientos, medidas, acciones y procedimientos orientados a la planificación de programas y actividades que eviten o reduzcan los efectos y peligros de los desastres.

1.3.6 Estimación de costo.

Para llevar a cabo un proyecto de investigación, se distinguen dos áreas de conocimiento que toman importancia, como son la Gestión del Tiempo del Proyecto y la Gestión de los Costos del Proyecto.

La estimación de costos es un proceso iterativo basado en información disponible de un momento dado. Su exactitud aumenta conforme el proyecto avanza durante su ciclo de vida. El objetivo de este proceso es desarrollar una aproximación de los recursos financieros necesarios para completar cada actividad del proyecto. (Guerrero, 2015)

1.3.7 Normatividad.

Para esta investigación, se trabajaron con normas técnicas peruanas, obtenidas del Instituto Nacional de Calidad (INACAL), así mismo con normas ASTM y del MTC, con la finalidad de cumplir con los requisitos de calidad.

Tabla 4

Normatividad empleadas en la tesis

Código	Descripción
NTP 339.127	Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.
NTP 339.128	Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
NTP 339.129	Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.
NTP 339.134	Suelos. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS).
ASTM D-3282	Práctica estándar recomendada para la clasificación de suelos y mezclas suelo-agregado para propósitos de construcción de carreteras
NTP 339.141	Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada
MTC E 1103	Resistencia a la compresión de probetas de suelo-cemento

Fuente: Elaboración propia

1.3.8 Estado del arte.

Investigaciones del Centro de Eficiencia Energética de la Universidad Nacional de Ciencia y Tecnología de Rusia (NUST MISIS), han desarrollado una tecnología para obtener una alta resistencia amplio espectro de agentes modificadores del suelo a partir de residuos industriales.

Su uso admite reducir costos en la construcción vial mejorando las propiedades físicas de los suelos en el lugar a realizar la obra.

Esta tecnología fabrica conglomerantes a partir de diferentes residuos y aditivos, que se muelen y se combinan, pero no se someten al tratamiento térmico a altas temperaturas como el clínker.

La implementación de esta tecnología tendrá beneficios en zonas donde se trae material de canteras desde lejos para mejorar sus propiedades del suelo, pues los materiales obtenidos

en esta tecnología se caracterizan por una dinámica mucho más flexible de adquisición de resistencia y una firmeza superior a los sulfatos, lo cual determina sus ventajas a la hora de estabilizar y reforzar los suelos.

El uso de los nuevos conglomerantes para estabilizar los suelos permite obtener el hormigón mezclando el suelo natural, agua y entre un 4 y 6% del agente modificador directamente en el lugar de la obra de construcción, en lugar de retirar el suelo y suministrar hasta el tramo en construcción o la fábrica de hormigón la arena, la grava y el cemento, para usar 100 kg del mismo por un metro cúbico de la mezcla de hormigón. De esta manera, el coste de la construcción de una carretera podrá reducirse entre 1,5 y 2 veces.

La implementación de esta nueva tecnología permitirá reducir los gastos de la construcción vial, así mismo aumentará la calidad de nuevas carreteras y reducir la carga medioambiental. Las plantas de las industrias energética, metalúrgica, química producen diariamente centenares de millones de toneladas de residuos, los cuales con su uso refuerza el suelo, abaratando costos en la construcción, aumenta la calidad y contribuirá a solucionar problemas ecológicos

Los socios industriales del proyecto son las plantas siderúrgicas cuyo ciclo productivo prevé la producción de escoria de altos hornos, y sus usuarios de la nueva tecnología serán las constructoras.

1.3.9 Definición de términos.

Estabilización: Proceso físico o químico, mediante el cual se mejora las condiciones mecánicas de un suelo.

Cemento: es un tipo de cemento hidráulico, que al realizarse la mezcla con áridos, agua y fibras de acero se produce una transformación en la cual obtendremos una masa muy duradera y resistente, denominada hormigón.

Suelo: Agregados naturales de partículas minerales granulares y cohesivas separables por medios mecánicos de poca energía o por agitación de agua.

Las Arenas son fragmentos granulares, redondos o angulosos poco o nada alterados de rocas minerales. (Huezo & Orellana, 2009)

Arcillas son suelos formados de partículas derivadas de la descomposición química y mineralógica que sufre los constituyentes de las rocas generalmente por intemperismo.

Afirmado es el material granular natural o procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

Capacidad de carga: 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.

Suelo-cemento: Mezcla de suelo y cantidades medidas de cemento Portland y agua, compactada a alta densidad.

Suelo colapsable: Suelo que al ser humedecido sufre un asentamiento o colapso relativamente rápido, que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos

Capacidad de soporte: Resistencia que presenta el material subrasante con fines de diseño de pavimentos.

1.4 Formulación del problema

¿De qué manera influyen los cementos Pacasmayo Víaforte, Mochica y Qhuna, en la estabilización de arcillas, arenas y afirmados, en la región Lambayeque para el año 2018?

1.5 Justificación e importancia de estudio

1.5.1 Aspecto Científico

La investigación se centra en parámetros científicos de la Universidad Señor de Sipán, las cuales son consideradas para la investigación del proyecto. (Universidad Señor de Sipán, 2015)

1.5.2 Justificación tecnológica

Entre las innovaciones tecnológicas con respecto a la eficiencia está el empleo de suelo-cemento destacado en ser una posibilidad para el uso de las construcciones de obras civiles. (Pacasmayo, 2017)

1.5.3 Justificación social

El presente estudio, busca determinar el grado de impacto que tendrá la sociedad en el empleo del cemento como estabilizador de suelo; así mismo incrementar producción y reducción de tiempo en la construcción de carreteras para el desarrollo del país.

1.5.4 Justificación ambiental

El presente estudio busca reducir el impacto ambiental en el proceso constructivo, en la etapa de estabilización de suelos, reduciendo la eliminación del material en depósitos formales e informales. (Segura, 2015)

1.5.5 Justificación económica

El presente estudio busca la reducción de costos en la estabilización de suelos, usando como aditivo el cemento portland, para el cual compararemos con tres diferentes tipos marcas de cemento. (Ministerio de economía y finanzas, 2018)

1.6 Hipótesis

En qué porcentaje de cemento Pacasmayo Víaforte, Mochica y Qhuna se estabilizará las arcillas, arenas y afirmados.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Realizar el estudio de estabilización de arcillas, arenas y afirmados, planteando proporciones de los cementos Pacasmayo Víaforte, Mochica y Qhuna en la región Lambayeque al periodo 2018

1.7.2 Objetivos específicos

1. Analizar las propiedades y características físicas y mecánicas de las arenas, arcillas y afirmados por medio de ensayos y estudios de laboratorio.
2. Analizar la resistencia mecánica (compresión simple) de los suelos estabilizados con las tres marcas de cemento.
3. Determinar el porcentaje óptimo requerido de cemento en los suelos estabilizados.

1.8 Delimitación de la investigación

La investigación y recolección de muestras se realizarán en distintas zonas del Departamento de Lambayeque buscando suelos que sean arcillas (en los distritos de Monsefú, Pomalca y Ferreñafe), arenas (en los distritos de Monsefú, Lambayeque y Ferreñafe) y en el caso del afirmado se extraerá de la Cantera TRES TOMAS del distrito de Manuel A. Mesones Muro.

El alcance de la investigación abarca hasta el desarrollo y la interpretación de los ensayos que se realizarán en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos.

La investigación presente se está desarrollando con tres marcas de cemento: Pacasmayo Viaforte, Mochica tipo GU, Qhuna Tipo I. El cemento Pacasmayo Viaforte se desarrolló con un prototipo de muestra, este cemento está siendo desarrollado exclusivamente para estabilizar, suelos aún no se encuentra en el mercado.

MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Tipo y diseño de investigación

2.1.1 Tipo de investigación.

Es Cuantitativa porque plantea que una forma confiable para conocer la realidad es a través de la recolección y análisis de datos, con lo que se podría contestar las preguntas de la investigación y probar las hipótesis. Este tipo de investigación confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población.

2.1.2 Diseño de investigación.

Es experimental porque la hipótesis se verifica mediante la manipulación “deliberada” por parte del investigador de las variables. Esta investigación determinará la relación causa - efecto de un fenómeno físico (Borja, 2012)

2.2 Población y muestra

2.2.1 Población

La población para la presente investigación, es el total de probetas cilíndricas de suelo cemento y suelo natural, ensayadas según ASTM D 1633

2.2.2 Muestra

La muestra a estudiar está compuesta por un total de 432 probetas cilíndricas de suelo, de las cuales 405 se trabajarán con adiciones de los tres tipos de cemento (4%, 7%, 10%, 16%, 19%) con cada tipo de suelo, y 27 probetas de suelo natural. Las adiciones de cemento se tomaron en cuenta de los rangos de la Federal Highway Administration.

Los suelos a estudiar en la región Lambayeque, están ubicados en los siguientes lugares:

2.2.2.1 Arenas

- Provincia Lambayeque, distrito Lambayeque
- Provincia Chiclayo, distrito Monsefú
- Provincia Ferreñafe, distrito Ferreñafe

2.2.2.2 Arcillas

- Provincia Chiclayo, distrito Monsefú
- Provincia Chiclayo, distrito Pomalca
- Provincia Lambayeque, distrito Lambayeque

2.2.2.3 Afirmado

- Provincia Ferreñafe, distrito Ferreñafe, cantera Tres Tomas

Las ubicaciones de las muestras de suelo se determinaron con la ayuda de los mapas geotécnicos elaborados por el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI – PNUD (Mapa De Peligros Lambayeque). (Instituto Nacional de Defensa Civil , 2015)

2.2.3 Muestreo de ensayos

Tabla 5.

Muestreo de ensayos. Ferreñafe

Suelo:	Arena
Lugar:	Provincia Ferreñafe, Distrito Ferreñafe
Probetas Cilíndricas Suelo - Cemento	
Descripción	N° Probetas
Suelo Natural	3
Suelo/Cemento 7%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 10%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 13%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 16%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 19%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 7%/Mochica	3
Suelo/Cemento 10%/Mochica	3
Suelo/Cemento 13%/Mochica	3
Suelo/Cemento 16%/Mochica	3
Suelo/Cemento 19%/Mochica	3
Suelo/Cemento 7%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 10%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 13%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 16%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 19%/Víaforte	3
Total	48

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.*Muestreo de ensayos. Lambayeque*

Suelo:	Arena
Lugar:	Provincia Lambayeque, distrito Lambayeque
Probetas cilíndricas Suelo - Cemento	
Descripción	N° Probetas
Suelo Natural	3
Suelo/Cemento 4%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 7%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 10%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 13%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 16%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 4%/Mochica	3
Suelo/Cemento 7%/Mochica	3
Suelo/Cemento 10%/Mochica	3
Suelo/Cemento 13%/Mochica	3
Suelo/Cemento 16%/Mochica	3
Suelo/Cemento 4%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 7%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 10%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 13%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 16%/Víaforte	3
TOTAL	48

Fuente: Elaboración propia**Tabla 7.***Muestreo de ensayos. Monsefú*

Suelo:	Arena
Lugar:	Provincia Chiclayo, distrito Monsefú
Probetas Cilíndricas Suelo - Cemento	
Descripción	N° Probetas
Suelo Natural	3
Suelo/Cemento 7%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 10%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 13%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 16%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 19%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 7%/Mochica	3
Suelo/Cemento 10%/Mochica	3
Suelo/Cemento 13%/Mochica	3
Suelo/Cemento 16%/Mochica	3
Suelo/Cemento 19%/Mochica	3
Suelo/Cemento 7%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 10%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 13%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 16%/Víaforte	3

Suelo/Cemento 19%/Víaforte	3
Total	48

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.

Muestreo de ensayos. Monsefú 2

Suelo:	Arcilla
Lugar:	Provincia Chiclayo, distrito Monsefú
Ensayos	
Probetas Cilíndricas Suelo - Cemento	
Descripción	N° Probetas
Suelo Natural	3
Suelo/Cemento 7%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 10%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 13%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 16%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 19%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 7%/Mochica	3
Suelo/Cemento 10%/Mochica	3
Suelo/Cemento 13%/Mochica	3
Suelo/Cemento 16%/Mochica	3
Suelo/Cemento 19%/Mochica	3
Suelo/Cemento 7%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 10%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 13%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 16%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 19%/Víaforte	3
Total	48

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9.

Muestreo de ensayos. Ferreñafe 2

Suelo:	Arcilla
Lugar:	Provincia Ferreñafe, distrito Ferreñafe
Ensayos	
Probetas Cilíndricas Suelo - Cemento	
Descripción	N° Probetas
Suelo Natural	3
Suelo/Cemento 7%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 10%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 13%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 16%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 19%/Qhuna	3

Suelo/Cemento 7%/Mochica	3
Suelo/Cemento 10%/Mochica	3
Suelo/Cemento 13%/Mochica	3
Suelo/Cemento 16%/Mochica	3
Suelo/Cemento 19%/Mochica	3
Suelo/Cemento 7%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 10%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 13%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 16%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 19%/Víaforte	3
Total	48

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10.

Muestreo de ensayos. Pomalca

Suelo:	Arcilla
Lugar:	Provincia Chiclayo, Distrito Pomalca
Probetas Cilíndricas Suelo - Cemento	
Descripción	Nº Probetas
Suelo Natural	3
Suelo/Cemento 7%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 10%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 13%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 16%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 19%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 7%/Mochica	3
Suelo/Cemento 10%/Mochica	3
Suelo/Cemento 13%/Mochica	3
Suelo/Cemento 16%/Mochica	3
Suelo/Cemento 19%/Mochica	3
Suelo/Cemento 7%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 10%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 13%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 16%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 19%/Víaforte	3
Total	48

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.

Muestreo de ensayos. Afirmado I

Suelo:	Afirmado I
Lugar:	Provincia Ferreñafe, Distrito Ferreñafe
Probetas Cilíndricas Suelo - Cemento	
Descripción	Nº Probetas

Suelo Natural	3
Suelo/Cemento 7%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 10%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 13%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 16%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 19%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 7%/Mochica	3
Suelo/Cemento 10%/Mochica	3
Suelo/Cemento 13%/Mochica	3
Suelo/Cemento 16%/Mochica	3
Suelo/Cemento 19%/Mochica	3
Suelo/Cemento 7%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 10%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 13%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 16%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 19%/Víaforte	3
Total	48

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12.

Muestreo de ensayos. Afirmado II

Suelo:	Afirmado II
Lugar:	Provincia Ferreñafe, Distrito Ferreñafe
Probetas Cilíndricas Suelo - Cemento	
Descripción	N° Probetas
Suelo Natural	3
Suelo/Cemento 7%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 10%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 13%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 16%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 19%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 7%/Mochica	3
Suelo/Cemento 10%/Mochica	3
Suelo/Cemento 13%/Mochica	3
Suelo/Cemento 16%/Mochica	3
Suelo/Cemento 19%/Mochica	3
Suelo/Cemento 7%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 10%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 13%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 16%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 19%/Víaforte	3
Total	48

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13*Muestreo de ensayos. Afirmado III*

Suelo:	Afirmado Iii
Lugar:	Provincia Ferreñafe, Distrito Ferreñafe
Probetas Cilíndricas Suelo - Cemento	
Descripción	N° Probetas
Suelo Natural	3
Suelo/Cemento 7%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 10%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 13%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 16%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 19%/Qhuna	3
Suelo/Cemento 7%/Mochica	3
Suelo/Cemento 10%/Mochica	3
Suelo/Cemento 13%/Mochica	3
Suelo/Cemento 16%/Mochica	3
Suelo/Cemento 19%/Mochica	3
Suelo/Cemento 7%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 10%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 13%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 16%/Víaforte	3
Suelo/Cemento 19%/Víaforte	3
Total	48

Fuente: Elaboración propia

2.3 Variables, operacionalización

2.3.1 Variable Independiente

Cemento

2.3.2 Variable Dependiente

Estabilización de suelos

2.3.3 Operacionalización

Tabla 14.

Operacionalización variable independiente

Variable independiente	Dimensión	Indicadores	Subindicador	Índice	Técnica de recolección de información	Instrumentos de recolección de información	Instrumentos de medición
Cemento Portland	Propiedades	Resistencia	Adición en porcentajes	kg	Observación y análisis de documentos	Guía de observación	Análisis de registro

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15.*Operacionalización variable dependiente*

Variable dependiente	Dimensión	Indicadores	Subindicador	Índice	Técnica de recolección de información	Instrumentos de recolección de información	Instrumentos de medición
Estabilización de suelos	Características de las materiales	Propiedades Físicas	NTP 339.127	%	Observación y Análisis de Documentos	Guía de observación	Formatos y ensayos en el laboratorio de materiales de la USS
			NTP 339.128	%			
			NTP 339.129	%			
			NTP 339.134	-			
			ASTM D-3282	-			
	Propiedades Mecánicas	NTP 339.141	%				
Características del Suelo - Cemento	Propiedades Mecánicas	MTC E 1103	kg/cm ²	Observación y Análisis de Documentos	Guía de observación	Formatos y ensayos en el laboratorio de materiales de la USS	

Fuente: Elaboración propia.

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

2.4.1 Técnicas de recolección de datos

Observación: Se estudiarán los efectos que genera la adición cemento al suelo, y se anotarán los resultados parciales que se obtengan, dichos resultados se obtendrán mediante la ejecución de ensayos estandarizados de laboratorio. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014)

Análisis de documentos: Se tendrá en cuenta libros, tesis, revistas, etc. relacionados al tema que se está investigando (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014)

2.4.2 Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Se tomará como guía de observación, los formatos de recopilación de datos de los ensayos de laboratorio, a fin de registrar los resultados obtenidos según cada ensayo realizado.

Como guía de documentos, contendrá normativa peruana, las cuales establecen especificaciones adecuadas en cuanto a la ejecución de ensayos de laboratorio a fin de obtener resultados confiables.

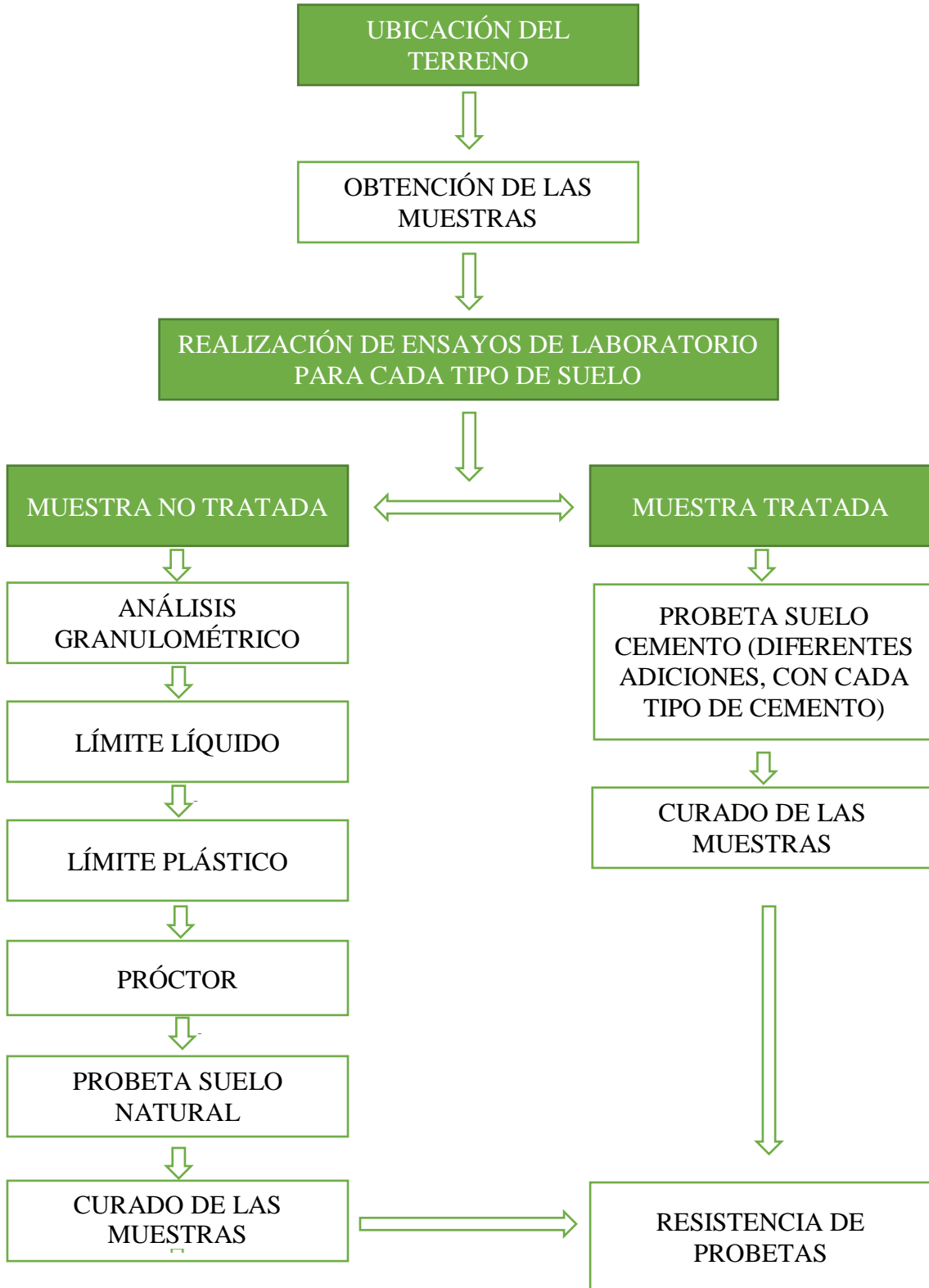
2.4.3 Técnicas de recolección de datos

2.4.3.1 Métodos de análisis de datos.

El análisis de datos, se realizará mediante un análisis estadístico descriptivo, por ser el caso de datos cuantitativos, así será necesario codificarlos y pasarlo a una matriz de datos en alguna hoja Electrónica, servirá para estimar los parámetros y probar la hipótesis. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014)

2.5 Procedimiento de análisis de datos

2.5.1 Diagrama de flujo de procesos



2.5.2 Descripción de procesos

2.5.2.1 Ubicación del terreno

Se realizó el reconocimiento del terreno, con ayuda de los mapas geotécnicos elaborados por el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI – PNUD (Mapa De Peligros Lambayeque). Así mismo se tomó muestra de afirmado de la cantera Tres Tomas.

A Arenas

- Provincia Lambayeque, distrito Lambayeque
- Provincia Chiclayo, distrito Monsefú
- Provincia Ferreñafe, distrito Ferreñafe

B Arcillas

- Provincia Chiclayo, distrito Monsefú
- Provincia Chiclayo, distrito Pomalca
- Provincia Lambayeque, distrito Lambayeque

C Afirmado

- Provincia Ferreñafe, distrito Ferreñafe (Cantera Tres Tomas.)

2.5.2.2 Obtención de las muestras

Las muestras fueron obtenidas mediante la ejecución de calicatas en lugares específicos dentro del departamento de Lambayeque a la profundidad de 1.50m, se tomaron muestras representativas de los suelos para poder desarrollar los diferentes ensayos en laboratorio.

De cada punto de estudio se tomaron muestra del material (suelo fino y/o granular), previa identificación visual de los suelos de acuerdo a la Norma Técnica ASTM D2488, así mismo se colocó la muestra en bolsas térmicas para mantener la muestra inalterada y obtener su contenido de humedad. Luego se extrajo 250 kg de material de cada punto a estudiar, para someterlos a los diferentes ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Señor de Sipán.



Figura 1. Extracción de muestra. Calicata Monsefú 1

Fuente: Elaboración Propia

2.5.2.3 Realización de ensayos de laboratorio

En el presente estudio, se tendrá que analizar características físicas y mecánicas del suelo a través de pruebas y ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de suelos de la Universidad Señor de Sipán.

A *Análisis granulométrico*

El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo. De manera que describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 μm (No.200).

Equipos:

- Balanza con aproximación al 0.01 gr
- Diversos tamices descritos en la NTP 339.128
- Horno, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$).
- Envases, adecuados para el manejo y secado de las muestras (taras).
- Cepillo y brocha, para limpiar las mallas de los tamices.



Figura 2. Tamizado por las mallas según NTP 339:128

Fuente: Elaboración Propia

B Límites de Atterberg (NTP 339.129)

Son ensayos de identificación el cual nos permiten obtener los límites del rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene en estado plástico. Con ellos, es posible clasificar el suelo en la Clasificación Unificada de Suelos (Unified Soil Classification System, SUCS). Los Límites de Atterberg o límites de consistencia establecen la sensibilidad de un suelo en relación con su contenido de humedad, definiéndose los límites correspondientes a los cuatro estados de consistencia según su humedad y de acuerdo a ello puede presentarse un suelo: líquido, plástico, semisólido o sólido. Estos límites de Atterberg que miden la cohesión del suelo son: el límite líquido, el límite plástico y el límite de contracción.

Para realizar los límites de Atterberg deben realizarse sobre el suelo que pasa el tamiz N°40.

B.1 Límite Líquido

Este ensayo se realizó de acuerdo a la NTP 339.129, donde se designa al contenido de humedad con el cual los surcos separadores de dos mitades de una pasta de suelo se juntan cuando se deja caer 25 veces la copa del instrumento Copa de Casagrande a una altura de 1cm con un ritmo de 2 caídas por segundo se muestra el equipo para la ejecución de este ensayo.



Figura 3. Ensayo de límite líquido

Fuente: Elaboración Propia

B.2 Límite Plástico

Este ensayo se realizó de acuerdo NTP 339.129, donde se designa al contenido de humedad más bajo cuando al formar barras de suelo de unos 3,2 mm de diámetro, rodando entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichas barras se desmoronen.



Figura 4. Ensayo de límite plástico

Fuente: Elaboración Propia

B.3 Índice de Plasticidad

Este ensayo se realizó de acuerdo a la NTP 339.129 donde se realiza el cálculo del índice de plasticidad como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. El índice de plasticidad se expresa mediante la siguiente formula:

$$IP=LL-LP$$

Ecuación 1 Índice de plasticidad

Fuente: Manual de Suelos y Pavimentos (2014)

El índice de plasticidad permite indicar el grado de contenido de humedad en el cual un suelo permanece en estado plástico (antes de cambiar al estado líquido) permitiendo clasificar bastante bien un suelo. De acuerdo al valor del índice de plasticidad podemos tener la siguiente clasificación:

Tabla 16.

Clasificación de suelos de acuerdo a Índice de Plasticidad

Índice de plasticidad	Plasticidad	Características
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$7 < IP \leq 20$	Media	Suelos arcillosos
$IP < 7$	Baja	Suelos pocos arcillosos
$IP = 0$	No plástico	Suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual de Suelos y Pavimentos (2014)

Equipos:

- Copa de Casagrande Calibrada
- Ranurador
- Balanza aproximadamente de 0.1gr
- Horno
- Tamiz N°40
- Espátulas
- Vidrio Esmerelizado
- Agua
- Recipiente para muestras (taras)

C Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada

Se coloca un suelo a un contenido de agua seleccionada en cinco capas dentro de un molde de dimensiones particulares, con cada capa compactada con 25 o 56 golpes de un pisón de 44.5 N(10-lbf) que cae desde una distancia de 457 mm (18 pulg), sometiendo al suelo a un esfuerzo de compactación total de aproximadamente 2700 Kn m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³). Se determina el peso unitario seco resultante. El procedimiento se repite con un número suficiente de contenidos de agua para establecer una relación entre el peso unitario seco y el contenido de agua del suelo. Estos datos se grafican dando representación de la relación curvilínea conocida como curva de compactación. Los valores de OCH (Óptimo contenido de humedad) y el MDS (máxima densidad seca) se determinan a base a la curva de compactación.

Aparatos

- Ensamblaje del Molde. - Los moldes deben de ser cilíndricos hechos de materiales rígidos. Las paredes del molde deberán ser sólidas, partidas o ahusadas. El tipo “partido” deberá tener dos medias secciones circulares, o una sección de tubo dividido a lo largo de un elemento que se pueda cerrar en forma segura formando un cilindro que reúna los requisitos de esta sección.
- El collar de extensión debe de alinearse con el interior del molde, la parte inferior del plato base y del área central ahuecada que acepta el molde cilíndrico debe ser plana.
- Molde de 4 pulgadas.- Un molde que tenga en promedio $4,000 \pm 0,016$ pulg ($101,6 \pm 0,4$ mm) de diámetro interior, una altura de $4,584 \pm 0,018$ pulg ($116,4 \pm 0,5$ mm) y un volumen de $0,0333 \pm 0,0005$ pie³ (944 ± 14 cm³).
- Balanza.- Una balanza de aproximación de 1 gramo.
- Horno de Secado
- Regla de una longitud conveniente pero no menor que 10 pulgadas (254 mm).
- Tamices ó Mallas.- De $\frac{3}{4}$ pulg (19,0 mm), $\frac{3}{8}$ pulg (9,5 mm) y N° 4 (4,75mm), conforme a los requisitos de la especificaciones ASTM E11 (“Especificación para mallas metálicas con fines de ensayo”).

D Resistencia a la compresión de probetas de suelo-cemento

Este método se refiere a la determinación de la resistencia a la compresión del suelo cemento empleando cilindros moldeados como especímenes de ensayo.

Método A

Este procedimiento emplea un cilindro de ensayo de 101.6 mm (4.0") de diámetro y de 116.4 mm (4.584") de altura. La relación de la altura al diámetro es de 1.15.

Método B.

Este procedimiento emplea un cilindro de ensayo de 71.1 mm (2.8") de diámetro y de 142.2 mm (5.6") de altura. La relación de la altura al diámetro es de 2.0

El Método A hace uso del mismo equipo de compactación y moldes comúnmente disponibles en los laboratorios de suelos y empleados para otros ensayos de suelo-cemento. Se considera que este método suministra una medida aproximada de la resistencia en lugar de un valor exacto de la resistencia a la compresión. Debido a una menor relación de altura al diámetro (1.15) de los cilindros, la resistencia a la compresión determinada mediante el Método A será normalmente mayor que la del Método B.

A causa de la mayor relación de la altura al diámetro (2.00), el Método B da una mejor medida de la resistencia a la compresión desde un punto de vista técnico, ya que reduce condiciones complejas de esfuerzos que pueden presentarse durante el aplastamiento de especímenes del método A.

En la práctica, el Método A ha sido empleado más comúnmente que el Método B.

Como consecuencia de esto, ha sido costumbre evaluar o especificar valores de resistencia a la compresión según el Método A.

EQUIPO:

- Máquina para ensayo de compresión – Puede ser de cualquier tipo que tenga capacidad suficiente y adecuado control para proporcionar carga constante. La máquina de ensayo deberá estar provista de dos superficies de apoyo de acero templado, una de las cuales es un bloque de levantamiento asentado esféricamente, el cual normalmente se apoya sobre la superficie superior del espécimen, y el otro un bloque rígido plano sobre el cual descansará el espécimen. Las superficies de apoyo deberán ser al menos tan grandes

como la superficie del espécimen a la cual se aplica la carga. Las superficies de apoyo, cuando nuevas, no se deberán apartar de un plano en más de 0.013 mm (0.0005") en ningún punto, y se deberán mantener dentro de un límite de variación permisible de 0.02 mm (0.001").

D.1 Preparación de la muestra

La muestra de suelo se debe encontrar seca, las arenas y arcillas se tamizan por la malla N°4 y el afirmado malla ¾" y se seleccionan 2.5 kg de suelo por cada probeta.

Luego se procede a tamizar el cemento por la malla N°16, y se pesa de acuerdo a la adición de cemento que se agregará a la muestra.

Se miden los ml de agua según el óptimo contenido de humedad requerido.

Se mezcla el suelo, el cemento y el agua hasta formar una pasta homogénea.



Figura 5. Mezcla de suelo cemento y agua

Fuente: Elaboración Propia

Luego se realiza el proceso de compactado similar al proctor modificado, se realizan cinco capas de 25 golpes cada una, una vez de terminar la compactación se procede a enraizar y luego se retira la probeta suelo cemento.

La extracción de la probeta suelo cemento, se trabajó con un molde con una ranura que permitía sacar la muestra inalterada, caso contrario se puede trabajar con un gato neumático, solo para el caso de arcillas.



Figura 6. Probetas suelo Ferreñafe, con adición de diversos cements

Fuente: Elaboración Propia

Se procede a colocar en bolsa plástica la probeta para realizar su curado no sumergido en agua por 7 días, serán curadas en arena húmeda.



Figura 7. Curado de probetas en arena húmeda

Fuente: Elaboración Propia

Pasado 7 días se procede se extraen las muestras y se saturan por un tiempo de 4 horas.



Figura 8. Saturado de probetas en agua por cuatro horas

Fuente: Elaboración Propia

Una vez pasada las cuatro horas se procede a realizar el ensayo de resistencia a la compresión suelo cemento tan pronto como fuera posible



Figura 9. Ejecución del ensayo para determinar la resistencia suelo cemento

Fuente: Elaboración Propia

2.6 Criterios éticos

Según **ética de recolección de datos**, se usarán formatos para la evaluación de las características físicas y mecánicas de los suelos según la norma técnica peruana. Se presentará base teórica actualizada y confidencial, citado y referenciado adecuadamente de las fuentes que se han incluido en la investigación, la información obtenida se utilizará con la debida reserva y se utilizará para propósitos de los objetivos de investigación. (Universidad Señor de Sipán, 2017)

Según **ética de publicación**, al obtener resultados experimentales correctos producto de nuestra investigación, tomando en cuenta las Normas Técnicas Peruanas (NTP), se procederá a dar por terminado nuestro proyecto final de tesis, sirviendo así a posteriores estudios, apoyando a la divulgación de nuestra investigación. (Universidad Señor de Sipán, 2017)

Según el **Código de Ética de investigación de la Universidad Señor de Sipán**, tiene como finalidad proteger los derechos, la vida, la salud, la intimidad, la dignidad y el bienestar de la(s) persona(s) que participan en una actividad de investigación Científica, Tecnológica e innovación, rigiéndose a los principios éticos acogidos por la normativa nacional e internacional, y los acuerdos suscritos por nuestro país en la materia. No se cometerá plagio en el desarrollo de la tesis, la cuál será original por los autores. (Universidad Señor de Sipán, 2017)

Según el **código de ética profesional** del Colegio de Ingeniero del Perú regula, ordena y promueve el correcto ejercicio profesional dentro del marco de la Ley y las normas éticas y deontológicas. Los ingenieros están al servicio de la sociedad por lo tanto, tienen la obligación de contribuir al bienestar humano, dando importancia a la seguridad y adecuada utilización de los recursos en el desempeño de sus tareas profesionales, los principios que guiarán la conducta serán lealtad, honestidad, solidaridad, responsabilidad, justicia, respeto e inclusión social (Colegio de Ingenieros del Perú, 2018)

2.7 Criterios de rigor científico

2.7.1 Validez

Las variables son relevantes y están relacionadas entre sí, lo cual permite comprobar la consistencia de la investigación la respuesta a la formulación del problema.

Así mismo los instrumentos de medición empleados para la realización de los ensayos de laboratorio se encuentran en sus estándares de calidad, y respectivamente calibrados, para la realización y validez de los ensayos.

2.7.2 Fiabilidad

Los estudios a realizados son exactos, pues se han desarrollado en el laboratorio de mecánica de suelos de la universidad Señor de Sipán, el cual cumple con todos los estándares de calidad para la evaluación de las muestras, así mismo se ha tenido como base el manual de ensayos de materiales del MTC, y la norma CE 0.20 Estabilización de suelos.

2.7.3 Replicabilidad

Los resultados obtenidos de la presente investigación, están supeditados a diversos factores que contribuyen con los resultados: factores climáticos y tecnológicos (laboratorio de Suelos de la Universidad Señor de Sipán la cual cuenta con equipos adecuados para realización de ensayos de laboratorio) La presente investigación está supeditada en la región Lambayeque.

RESULTADOS

3.1 Resultados en tablas y figuras

3.1.1 Análisis de las propiedades y características físicas y mecánicas de los suelos.

3.1.1.1 Muestras de Arenas

Después de haber realizado calicatas en los puntos de Ferreñafe, Lambayeque y Monsefú, se procedió a realizar los ensayos respectivos de análisis granulométrico, contenido de humedad y límites de Atterberg, para determinar si son arenas.

A Muestra extraída de Ferreñafe – 1

A.1 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo y Método de ensayo para el análisis granulométrico.

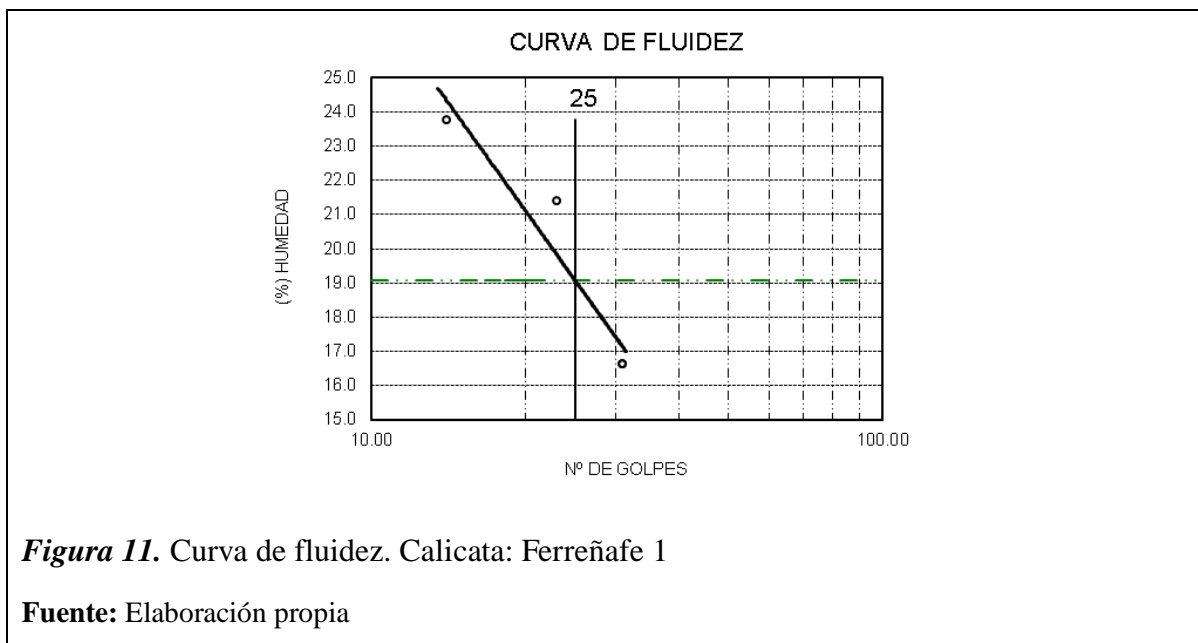
Tabla 17

Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad. Calicata: Ferreñafe 1

Análisis Granulométrico por tamizado			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Retenido	Que pasa
1/4"	6.300	0.0	100.0
Nª 4	4.750	0.2	99.8
Nª 10	2.000	1.2	98.8
Nª 20	0.850	3.5	96.5
Nº 40	0.425	9.9	90.1
Nº 60	0.250	25.2	74.8
Nª 140	0.106	56.1	43.9
Nº 200	0.075	59.6	40.4
Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	0.0	0.2
	G. F %	0.2	
	A.G %	1.0	
% Arena	A.M %	8.7	59.4
	A.F %	49.7	
		40.4	
% Arcilla y Limo		40.4	40.4
Total			100.0
Contenido de Humedad (%)			5.46

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se muestra los resultados obtenidos al pasar los materiales de la Calicata: Ferreñafe 1 por la serie de tamices, así mismo se representada en la figura siguiente su curva granulométrica; se ha obtenido 0.2 % de grava, 59.4 % de arena y 40.4 % de arcilla y limo. El suelo estudiado contiene un contenido de humedad de 5.46%



A.3 SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)

Tabla 19

Clasificación S.U.C.S de los materiales. Calicata: Ferreñafe 1

Clasificación (S.U.C.S.)	SM
Descripción del suelo	
Arena limosa	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla anterior, la clasificación de Sistema Unificado de clasificación de Suelos (SUCS), indica que es arena limosa (SM) para el suelo de la Calicata: Ferreñafe 1

A.4 Práctica estándar recomendada para la clasificación de suelos y mezclas suelo-agregado para propósitos de construcción de carreteras

Tabla 20.

Clasificación AASHTO de los materiales. Calicata: Ferreñafe 1

Clasificación (Aashto)	A-4 (1)
Descripción	
Regular-Malo	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se determinó según AASHTO la denominación A-4 (1), pues tiene más de 36% límite líquido menor al 40%, e índice plasticidad menor a 10%. En la calicata: Ferreñafe 1.

A.5 SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía estándar

Tabla 21.
Relación densidad/humedad (proctor). Ferreñafe 1

Molde N° 1	Volumen Molde			950	m ³ .
	Peso Molde			4216	gr.
Numero de ensayos	1	2	3	4	
Contenido de agua	%	4.8	5.6	6.8	7.5
Densidad Seca	gr/cc	1.777	1.819	1.834	1.818
Resultados					
Densidad Máxima Seca	1.835	(gr/cm ³)	Humedad óptima	6.50	%

Fuente: Elaboración propia

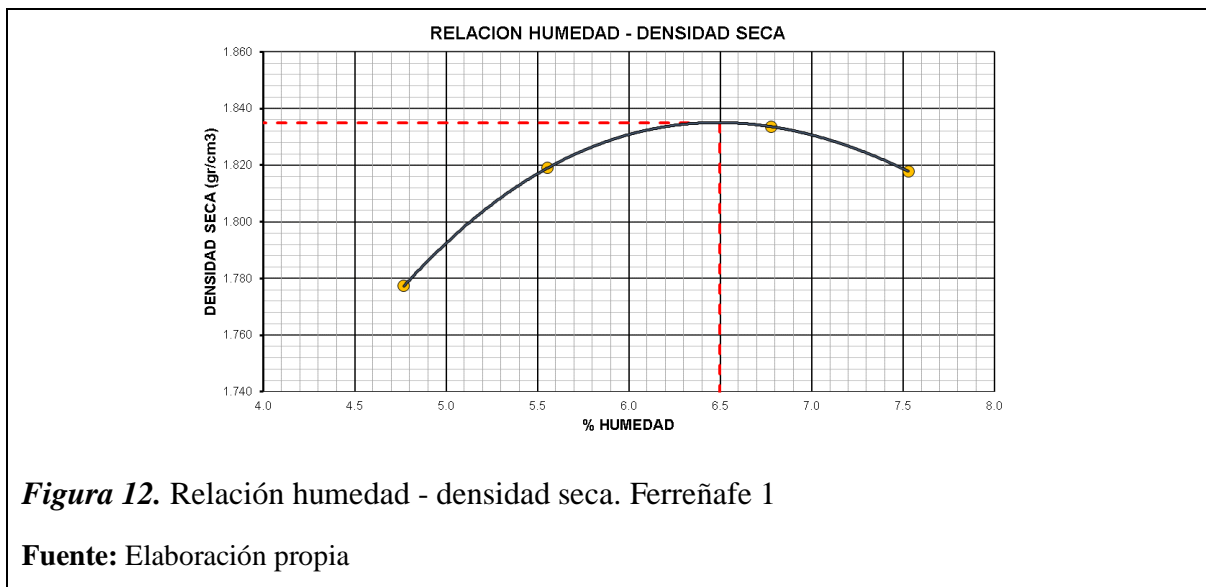


Figura 12. Relación humedad - densidad seca. Ferreñafe 1

Fuente: Elaboración propia

En la figura y tabla anterior se muestra la densidad máxima seca de 1.835 gr/cm³, para un contenido de humedad de 6.50% en el suelo Ferreñafe 1.

B Muestra extraída de Lambayeque

B.1 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo y Método de ensayo para el análisis granulométrico.

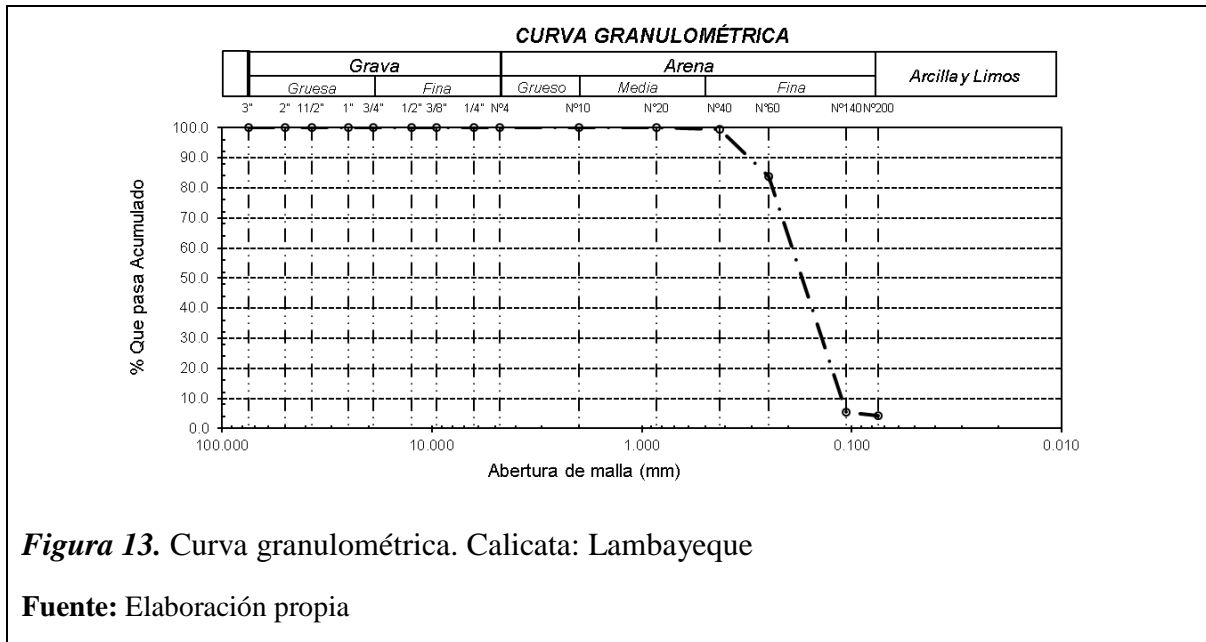
Tabla 22

Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad. Calicata: Lambayeque

Análisis Granulométrico por tamizado			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	Retenido Que pasa
1/4"	6.300	0.0	100.0
Nª 4	4.750	0.3	99.7
Nª 10	2.000	0.9	99.1
Nª 20	0.850	2.7	97.3
Nº 40	0.425	9.8	90.2
Nº 60	0.250	24.6	75.4
Nª 140	0.106	59.3	40.7
Nº 200	0.075	65.4	34.6
Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	0.0	
	G. F %	0.3	0.3
	A.G %	0.6	
% Arena	A.M %	8.9	
	A.F %	55.6	65.1
		34.6	34.6
Total			100.0
Contenido de Humedad (%)			5.73

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se muestra los resultados obtenidos al pasar los materiales de la Calicata: Lambayeque por la serie de tamices, así mismo se representada en la figura siguiente su curva granulométrica; se ha obtenido 0.00 % de grava, 95.9 % de arena y 4.1 % de arcilla y limo. El suelo estudiado contiene un contenido de humedad de 7.41%



B.2 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

Tabla 23
 Ensayo de Límite de Atterberg. Calicata: Lambayeque

Ensayo de Límite de Atterberg		
Límite líquido (LL)	N.P.	(%)
Límite Plástico (LP)	N.P.	(%)
Índice Plástico (IP)	N.P.	(%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se determinó según el ensayo de límite de Atterberg, que el suelo de la Calicata: Lambayeque, es un suelo no plástico.

B.3 SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)

Tabla 24
 Clasificación S.U.C.S de los materiales. Calicata: Lambayeque

Clasificación (S.U.C.S.)	SP
Descripción del suelo	
Arena pobremente graduada	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla anterior, la clasificación de Sistema Unificado de clasificación de Suelos (SUCS), indica que es arena pobremente graduada (SP) para el suelo de la Calicata: Lambayeque

B.4 Práctica estándar recomendada para la clasificación de suelos y mezclas suelo-agregado para propósitos de construcción de carreteras

Tabla 25
Clasificación AASHTO de los materiales. Calicata: Lambayeque

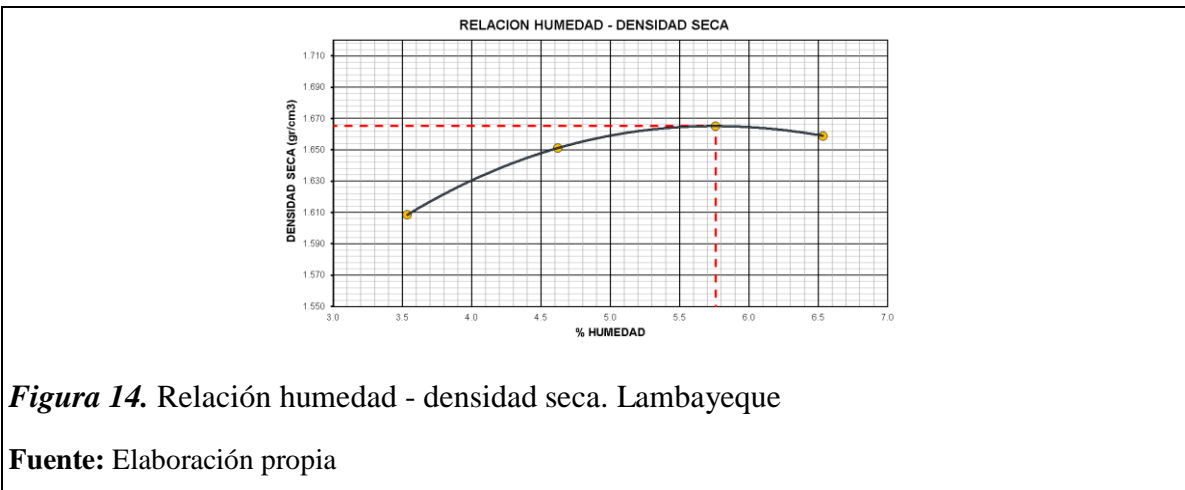
Clasificación (AASHTO)	A-3 (0)
Descripción	
BUENO	
Fuente: Elaboración propia	

En la tabla anterior, se determinó según AASHTO la denominación A-3 (0), pues tiene menos de 10% de finos y es suelo no plástico. En la calicata: Lambayeque.

B.5 SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía estándar

Tabla 26.
Relación densidad/humedad (proctor). Lambayeque

Molde N° 1	Volumen Molde	950	m ³ .
	Peso Molde	4216	gr.
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3
Contenido de agua	%	3.53	4.62
Densidad Seca	gr/cc	1.608	1.651
RESULTADOS			
Densidad Máxima Seca	1.665 (gr/cm ³)	Humedad óptima	5.76 %
Fuente: Elaboración propia			



En la figura y tabla anterior se muestra la densidad máxima seca de 1.665 gr/cm³, para un contenido de humedad de 5.76% en el suelo Lambayeque.

C Muestra extraída de Monsefú – 1

C.1 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo y Método de ensayo para el análisis granulométrico.

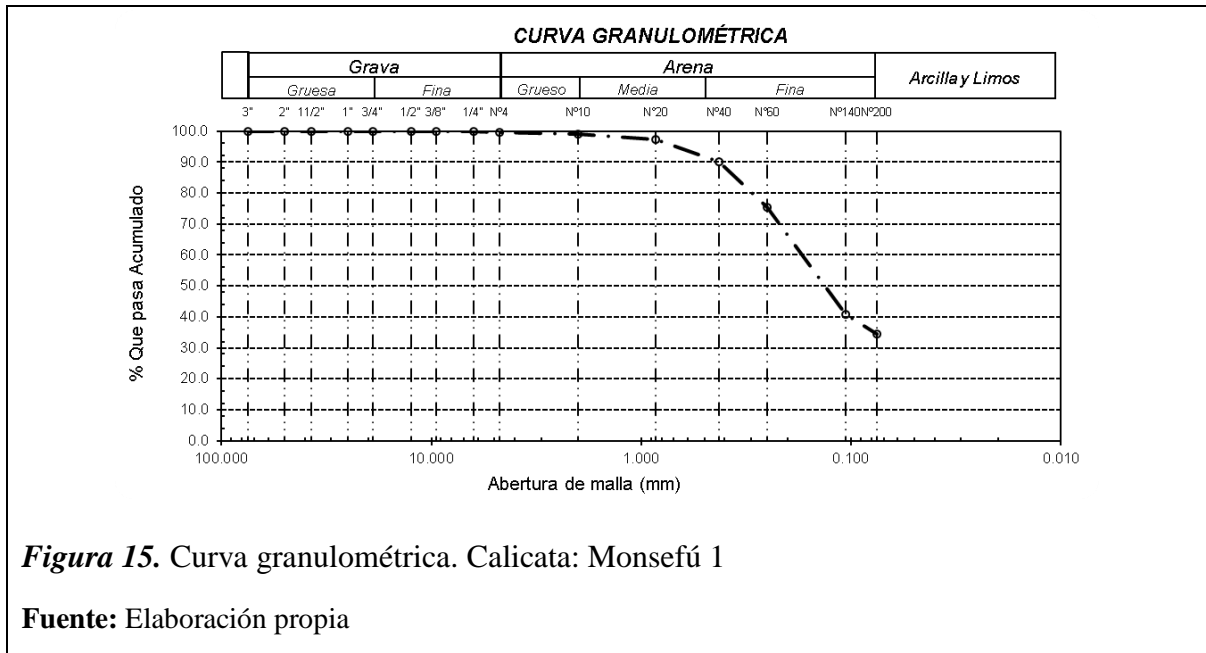
Tabla 27.

Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad. Calicata: Monsefú 1

Análisis Granulométrico por tamizado			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	Retenido Que pasa
1/4"	6.300	0.0	100.0
Nª 4	4.750	0.3	99.7
Nª 10	2.000	0.9	99.1
Nª 20	0.850	2.7	97.3
Nº 40	0.425	9.8	90.2
Nº 60	0.250	24.6	75.4
Nª 140	0.106	59.3	40.7
Nº 200	0.075	65.4	34.6
Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	0.0	
	G. F %	0.3	0.3
	A.G %	0.6	
% Arena	A.M %	8.9	
	A.F %	55.6	65.1
		34.6	34.6
% Arcilla y Limo		34.6	34.6
Total			100.0
Contenido de Humedad (%)			5.73

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se muestra los resultados obtenidos al pasar los materiales de la Calicata: Monsefú 1 por la serie de tamices, así mismo se representada en la figura siguiente su curva granulométrica; se ha obtenido 0.03 % de grava, 65.1. % de arena y 34.6 % de arcilla y limo. El suelo estudiado contiene un contenido de humedad de 5.73%



C.2 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

Tabla 28.
Ensayo de Límite de Atterberg. Calicata: Monsefú 1

Ensayo de Límite de Atterberg		
Límite líquido (LL)	N.P.	(%)
Límite Plástico (LP)	N.P.	(%)
Índice Plástico (IP)	N.P.	(%)

Fuente: Elaboración propia

En la **tabla** se determinó según el ensayo de límite de Atterberg, que el suelo de la Calicata: Monsefú 1, es un suelo no plástico.

C.3 SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)

Tabla 29.
Clasificación S.U.C.S de los materiales. Calicata: Monsefú 1

Clasificación (S.U.C.S.)	SM
Descripción del suelo	
Arena limosa	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla anterior, la clasificación de Sistema Unificado de clasificación de Suelos (SUCS), indica que es arena limosa (SM) para el suelo de la Calicata: Monsefú 1

C.4 Práctica estándar recomendada para la clasificación de suelos y mezclas suelo-agregado para propósitos de construcción de carreteras

Tabla 30.

Clasificación AASHTO de los materiales. Calicata: Monsefú 1

Clasificación (AASHTO)	A-2-4 (0)
Descripción	
BUENO	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se determinó según AASHTO la denominación A-2-4 (0), pues tiene menos de 35% de finos y es suelo no plástico. En la calicata: Monsefú 1.

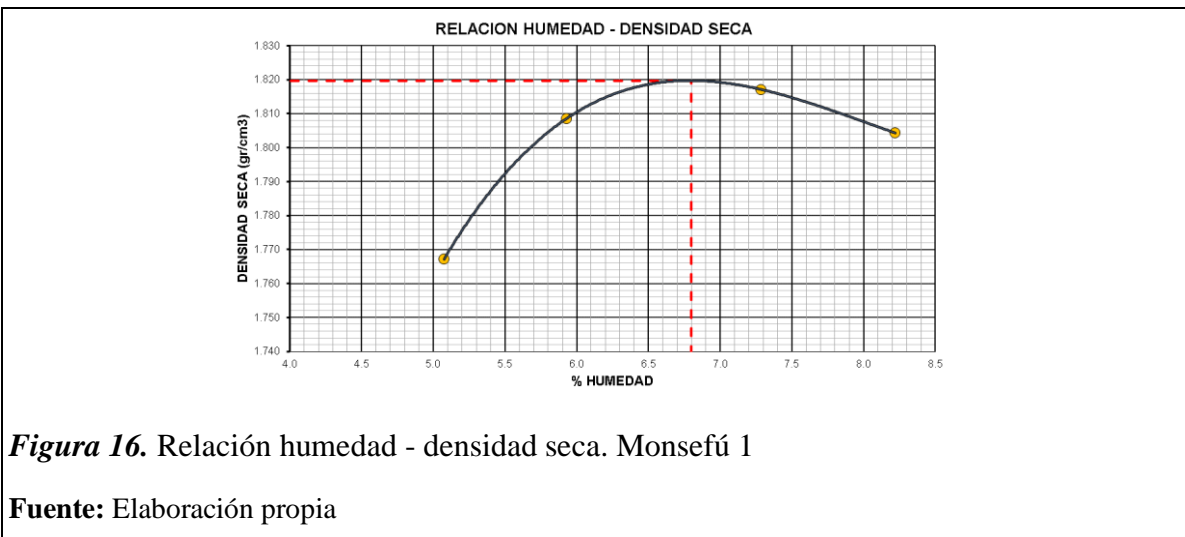
C.5 SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía estándar

Tabla 31.

Relación densidad/humedad (proctor). Monsefú 1

Molde N° 1	Volumen Molde		950	m ³ .
	Peso Molde		4216	gr.
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
Contenido de agua	% 5.1	5.9	7.3	8.2
Densidad Seca	gr/cc 1.767	1.809	1.817	1.804
RESULTADOS				
Densidad Máxima Seca	1.820	(gr/cm ³)	Humedad óptima	6.80 %

Fuente: Elaboración propia



En la figura y tabla anterior se muestra la densidad máxima seca de 1.820 gr/cm³, para un contenido de humedad de 6.80% en el suelo Monsefú 1.

3.1.1.2 Muestras de Arcillas

Después de haber realizado calicatas en los puntos de Monsefú, Ferreñafe y Pomalca, se procedió a realizar los ensayos respectivos de análisis granulométrico, contenido de humedad y límites de Atterberg, para determinar si son arcillas.

A Muestra extraída de Monsefú – 2

A.1 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo y Método de ensayo para el análisis granulométrico.

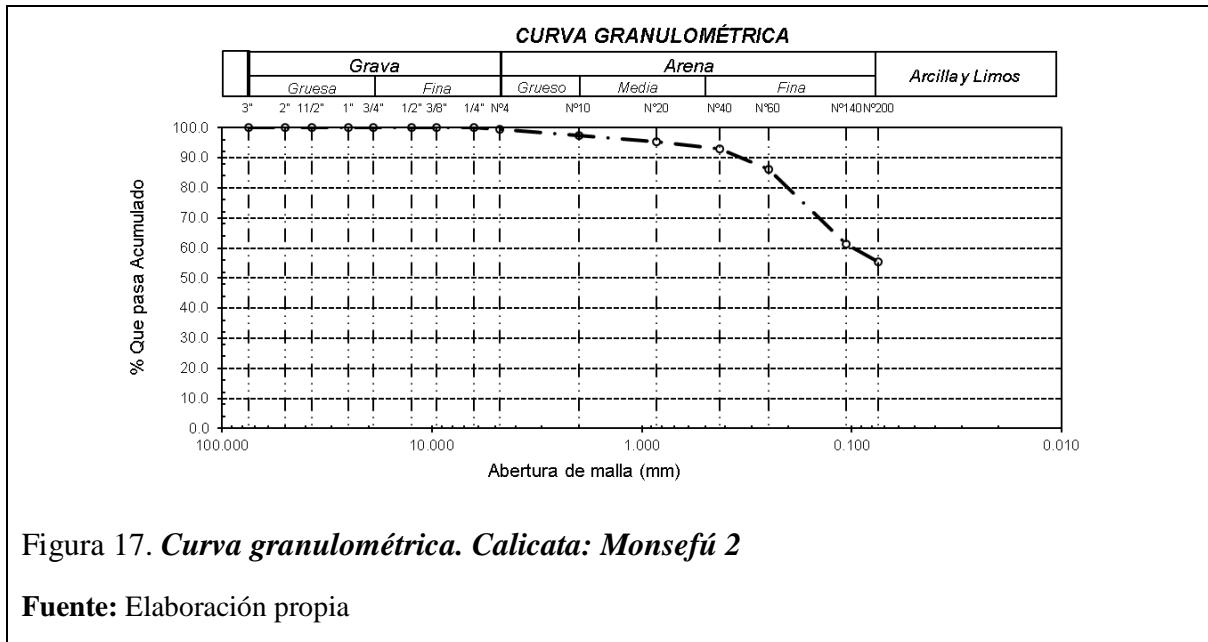
Tabla 32.

Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad. Monsefú 2

Análisis Granulométrico por tamizado			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	Retenido Que pasa
1/4"	6.300	0.0	100.0
Nª 4	4.750	0.5	99.5
Nª 10	2.000	2.6	97.4
Nª 20	0.850	4.6	95.4
Nº 40	0.425	6.9	93.1
Nº 60	0.250	13.8	86.2
Nª 140	0.106	38.8	61.2
Nº 200	0.075	44.6	55.4
Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	0.0	
	G. F %	0.5	0.5
	A.G %	2.1	
% Arena	A.M %	4.3	
	A.F %	37.7	44.1
% Arcilla y Limo		55.4	55.4
Total			100.0
Contenido de Humedad (%)			11.78

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se muestra los resultados obtenidos al pasar los materiales de la Calicata: Monsefú 1 por la serie de tamices, así mismo se representada en la figura siguiente su curva granulométrica; se ha obtenido 0.5 % de grava, 44.1 % de arena y 55.4 % de arcilla y limo. El suelo estudiado contiene un contenido de humedad de 11.78%



A.2 *SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos*

Tabla 33.
Ensayo de Límite de Atterberg. Calicata: Monsefú 2

Ensayo de Límite de Atterberg		
Límite líquido (LL)	43.95	(%)
Límite Plástico (LP)	23.45	(%)
Índice Plástico (IP)	20.49	(%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se determinó según el ensayo de límite de Atterberg, que el suelo de la Calicata: Monsefú 2, contiene 43.95% de límite líquido (LL), 23.45% (LP) e índice plástico 20.49% (IP)

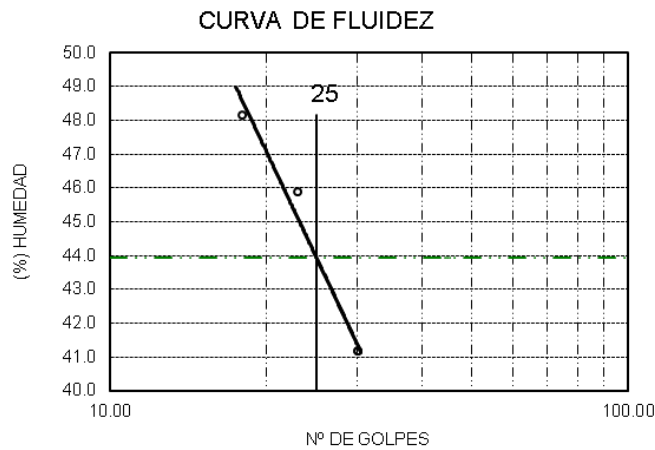


Figura 18. *Curva de fluidez. Calicata: Monsefú 2*

Fuente: Elaboración propia

A.3 *SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)*

Tabla 34.

Clasificación S.U.C.S de los materiales. Calicata: Monsefú 2

Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción del suelo	
Arcilla arenosa de baja plasticidad	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla anterior, la clasificación de Sistema Unificado de clasificación de Suelos (SUCS), indica que es arcilla arenosa de baja plasticidad (CL) para el suelo de la Calicata Monsefú 2.

A.4 *Práctica estándar recomendada para la clasificación de suelos y mezclas suelo-agregado para propósitos de construcción de carreteras*

Tabla 35.

Clasificación AASHTO de los materiales. Calicata: Monsefú 2

Clasificación (AASHTO)	A-7-6 (8)
Descripción	
MALO	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se determinó según AASHTO la denominación A-7-6 (8), pues tiene más de 36% de fino, límite líquido mayor a 40% y límite plástico mayor a 11%. En la calicata: Monsefú 2

A.5 SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía estándar

Tabla 36.
Relación densidad/humedad (proctor). Ferreñafe 2

Molde N° 1	Volumen Molde			950	m ³ .
	Peso Molde			4216	gr.
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
Contenido de agua	%	11.56	13.44	15.14	16.95
Densidad Seca	gr/cc	1.787	1.891	1.843	1.742
RESULTADOS					
Densidad Máxima Seca	1.891	(gr/cm ³)	Humedad óptima	13.50	%

Fuente: Elaboración propia

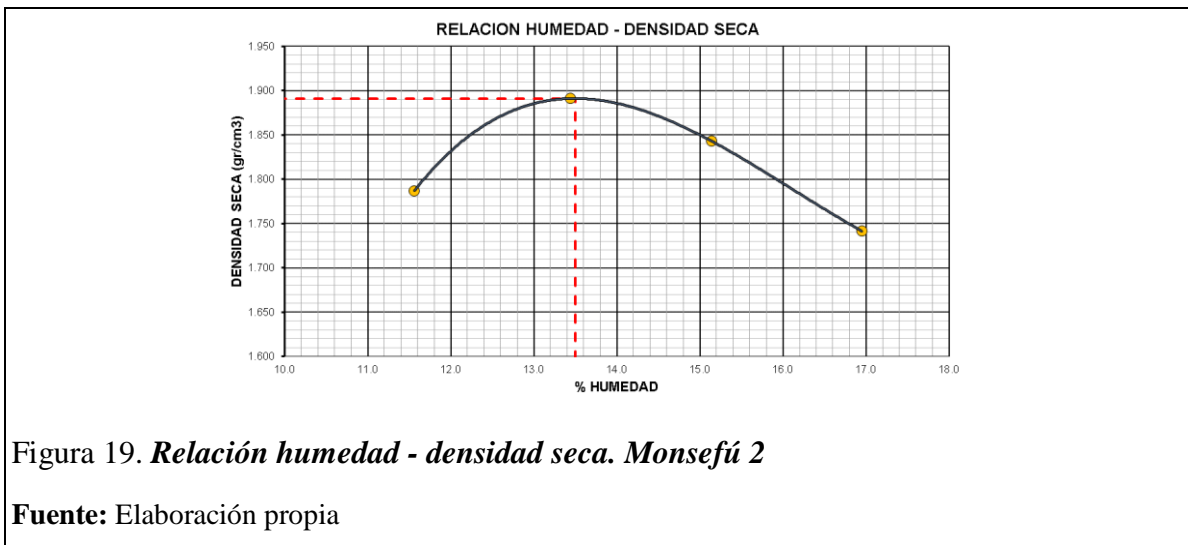


Figura 19. Relación humedad - densidad seca. Monsefú 2

Fuente: Elaboración propia

En la figura y tabla anterior se muestra la densidad máxima seca de 1.891 gr/cm³, para un contenido de humedad de 13.50% en el suelo Monsefú 2.

B Muestra extraída de Ferreñafe – 2

B.1 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo y Método de ensayo para el análisis granulométrico.

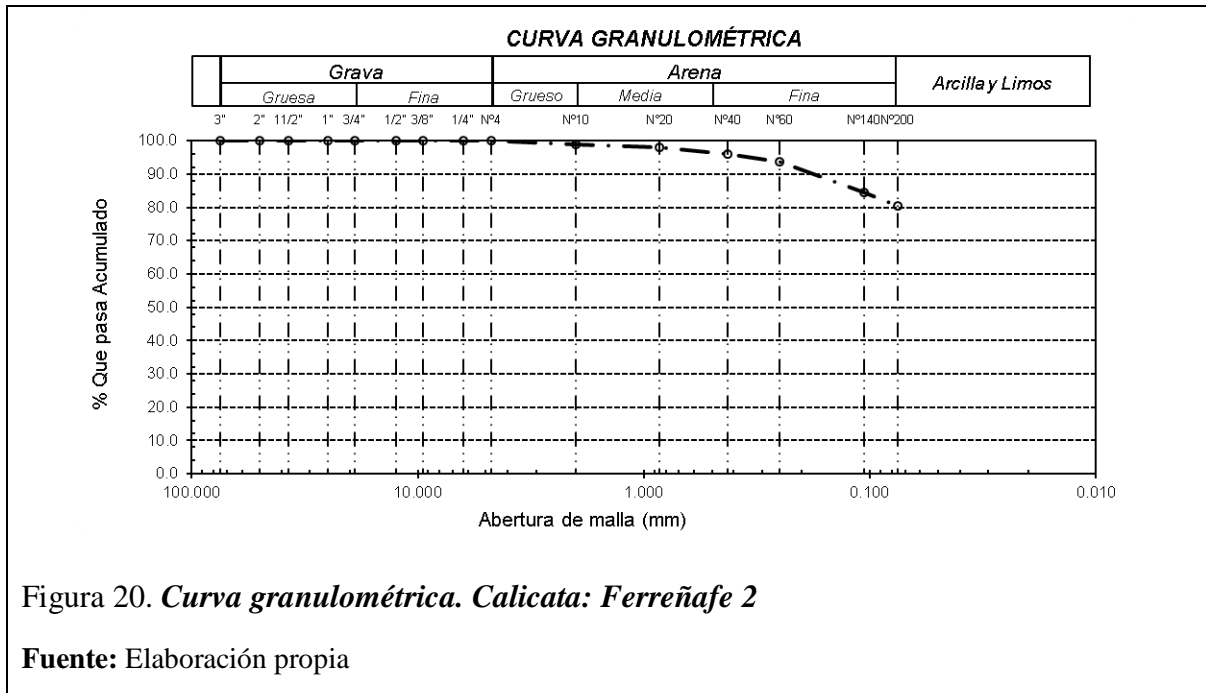
Tabla 37.

Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad. Ferreñafe 2

Análisis Granulométrico por tamizado			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	Retenido Que pasa
Nª 4	4.750	0.0	100.0
Nª 10	2.000	1.1	98.9
Nª 20	0.850	2.1	97.9
Nº 40	0.425	4.0	96.0
Nº 60	0.250	6.2	93.8
Nª 140	0.106	15.5	84.5
Nº 200	0.075	19.5	80.5
Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	0.0	
	G. F %	0.0	0.0
	A.G %	1.1	
% Arena	A.M %	2.9	
	A.F %	15.5	19.5
% Arcilla y Limo		80.5	80.5
Total			100.0
Contenido de Humedad (%)			16.13

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se muestra los resultados obtenidos al pasar los materiales de la Calicata: Ferreñafe 2 por la serie de tamices, así mismo se representada en la figura siguiente su curva granulométrica; se ha obtenido 0.0 % de grava, 19.5 % de arena y 80.5 % de arcilla y limo. El suelo estudiado contiene un contenido de humedad de 16.13%



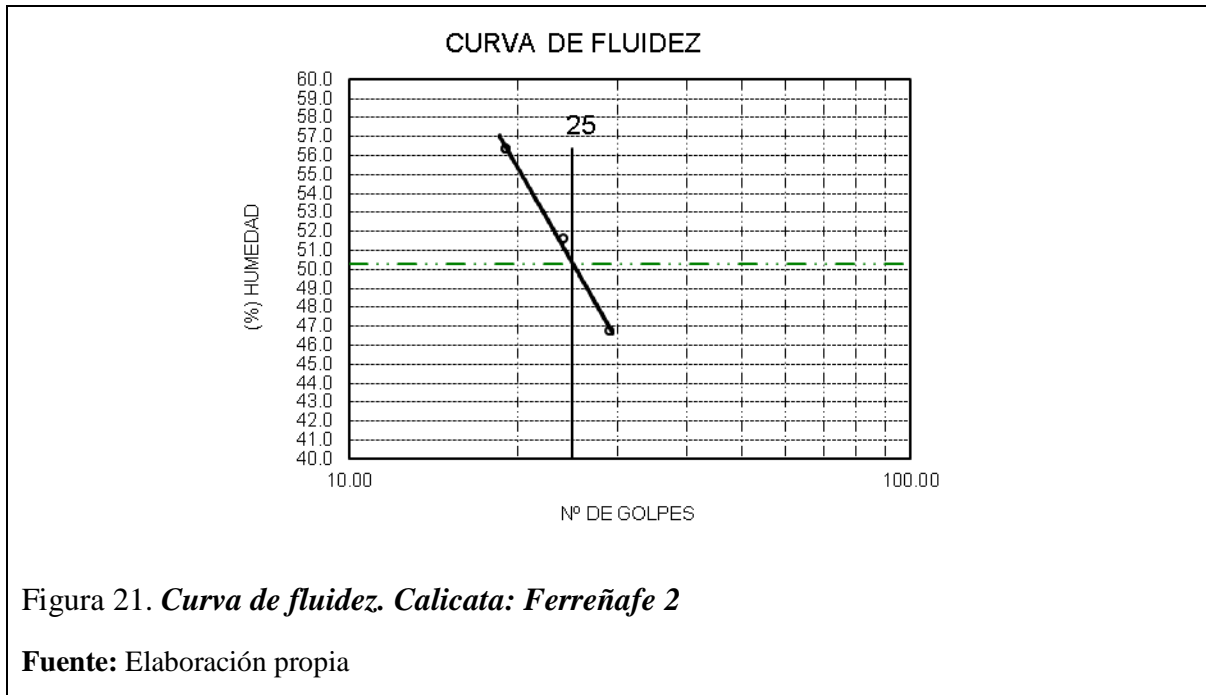
B.2 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

Tabla 38.
Ensayo de Límite de Atterberg. Calicata: Ferreñafe 2

Ensayo de Límite de Atterberg		
Límite líquido (LL)	50.32	(%)
Límite Plástico (LP)	13.45	(%)
Índice Plástico (IP)	36.87	(%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se determinó según el ensayo de límite de Atterberg, que el suelo de la Calicata: Ferreñafe 2, contiene 50.32% de límite líquido (LL), 13.45% (LP) e índice plástico 36.87% (IP)



B.3 SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)

Tabla 39.
Clasificación S.U.C.S de los materiales. Calicata: Ferreñafe 2

Clasificación (S.U.C.S.)	CH
Descripción del suelo	
Arcilla de alta plasticidad con arena	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla anterior, la clasificación de Sistema Unificado de clasificación de Suelos (SUCS), indica que es arcilla de alta plasticidad con arena (CH) para el suelo de la Calicata: Ferreñafe 2.

B.4 Práctica estándar recomendada para la clasificación de suelos y mezclas suelo-agregado para propósitos de construcción de carreteras

Tabla 40.
Clasificación AASHTO de los materiales. Calicata: Ferreñafe 2

Clasificación (AASHTO)	A-7-6 (14)
Descripción	
MALO	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se determinó según AASHTO la denominación A-7-6 (14), pues tiene más de 36% de fino, límite líquido mayor a 40% y límite plástico mayor a 11%. En la calicata: Ferreñafe 2

B.5 SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía estándar

Tabla 41.
Relación densidad/humedad (proctor). Ferreñafe 2

Molde N° 1	Volumen Molde		950		m ³ .
	Peso Molde		4216		gr.
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
Contenido de agua	% 13.8	15.5	17.4	19.1	
Densidad Seca	gr/cc 1.656	1.686	1.698	1.674	
RESULTADOS					
Densidad Máxima Seca	1.698	(gr/cm ³)	Humedad óptima	17.13	%

Fuente: Elaboración propia

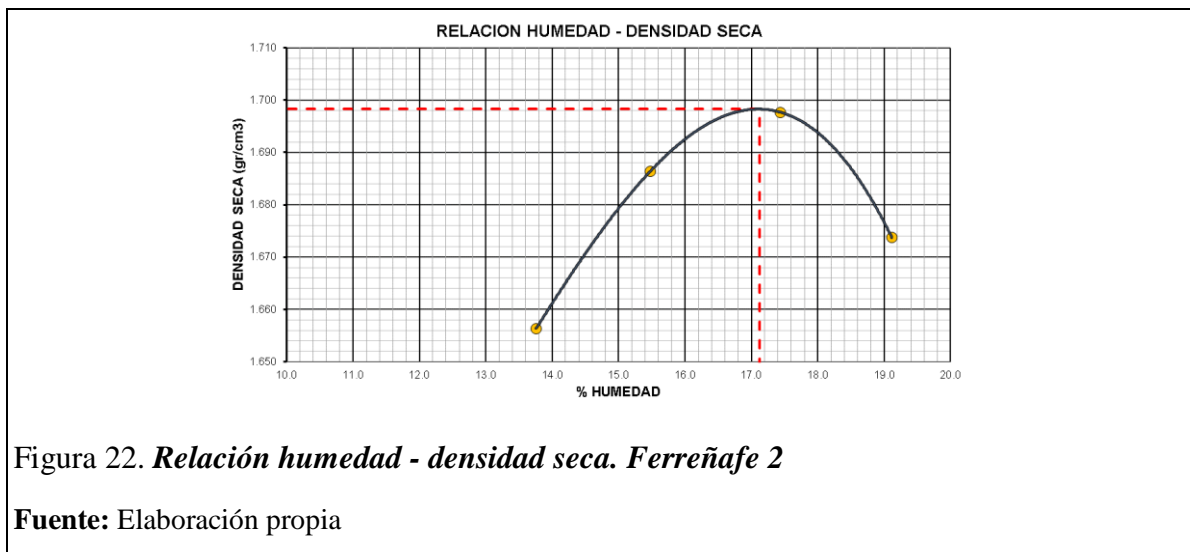


Figura 22. Relación humedad - densidad seca. Ferreñafe 2

Fuente: Elaboración propia

En la figura y tabla anterior se muestra la densidad máxima seca de 1.698 gr/cm³, para un contenido de humedad de 17.13% en el suelo Ferreñafe 2.

C Muestra extraída de Pomalca

C.1 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo y Método de ensayo para el análisis granulométrico.

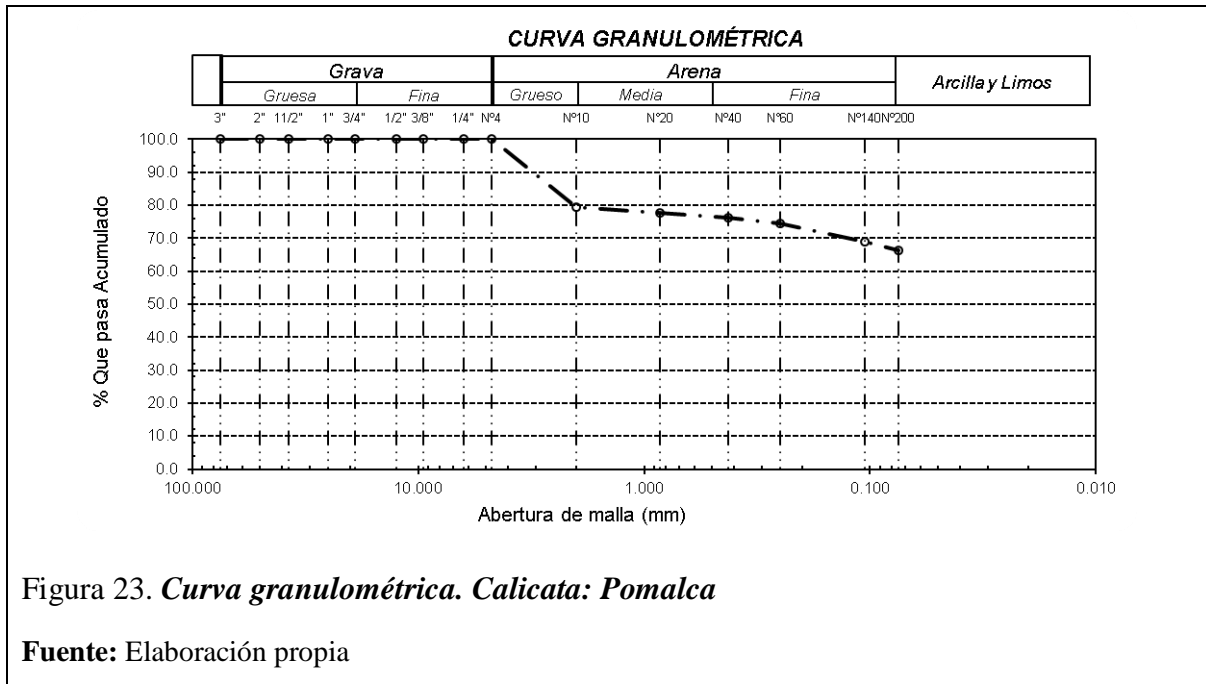
Tabla 42.

Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad. Pomalca

Análisis Granulométrico por tamizado			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	Retenido Que pasa
Nª 4	4.750	0.0	100.0
Nª 10	2.000	20.6	79.4
Nª 20	0.850	22.3	77.7
Nº 40	0.425	23.7	76.3
Nº 60	0.250	25.5	74.5
Nª 140	0.106	31.0	69.0
Nº 200	0.075	33.7	66.3
Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	0.0	
	G. F %	0.0	0.0
	A.G %	20.6	
% Arena	A.M %	3.1	
	A.F %	10.0	33.7
% Arcilla y Limo		66.3	66.3
Total			100.0
Contenido de Humedad (%)			12.77

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se muestra los resultados obtenidos al pasar los materiales de la Calicata: Monsefú 1 por la serie de tamices, así mismo se representada en la figura siguiente su curva granulométrica; se ha obtenido 0.0 % de grava, 33.7 % de arena y 66.3 % de arcilla y limo. El suelo estudiado contiene un contenido de humedad de 12.77%



C.2 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

Tabla 43.
Ensayo de Límite de Atterberg. Calicata: Pomalca

Ensayo de Límite de Atterberg		
Límite líquido (LL)	55.00	(%)
Límite Plástico (LP)	32.73	(%)
Índice Plástico (IP)	22.27	(%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se determinó según el ensayo de límite de Atterberg, que el suelo de la Calicata: Ferreñafe 2, contiene 55.00% de límite líquido (LL), 32.73% (LP) e índice plástico 22.27% (IP)

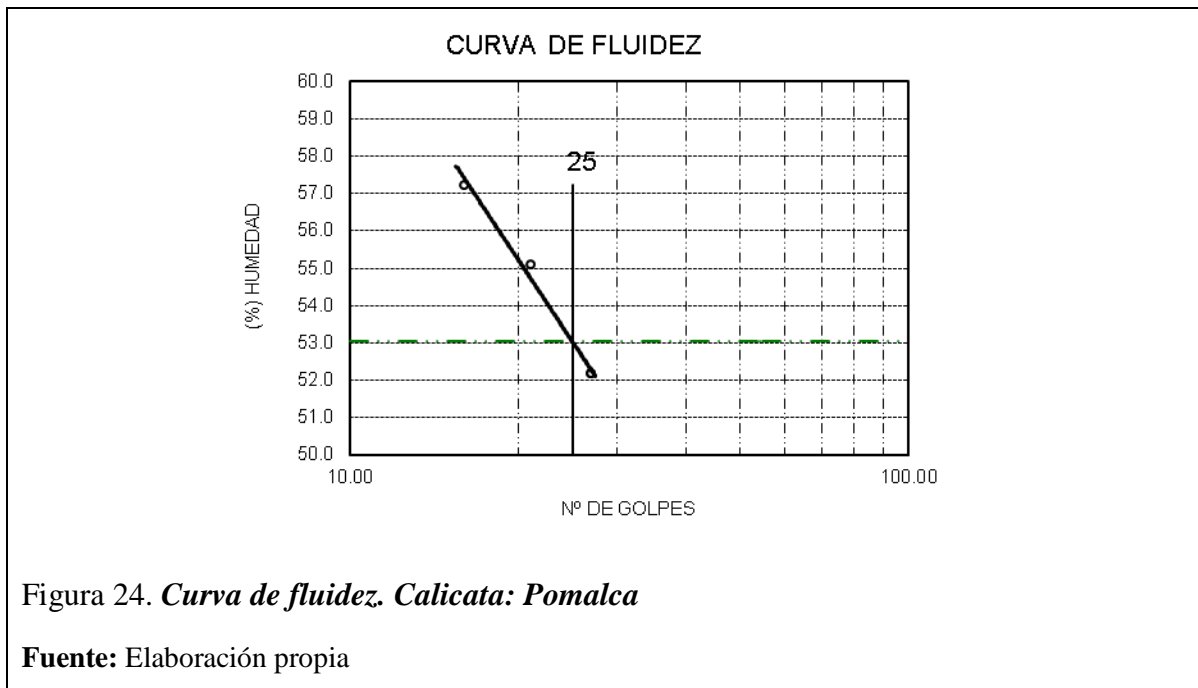


Figura 24. *Curva de fluidez. Calicata: Pomalca*

Fuente: Elaboración propia

C.3 SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)

Tabla 44.

Clasificación S.U.C.S de los materiales. Calicata: Pomalca

Clasificación (S.U.C.S.)	MH
Descripción del suelo	
Limo arenoso de alta plasticidad	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla anterior, la clasificación de Sistema Unificado de clasificación de Suelos (SUCS), indica que es limo arenoso de alta plasticidad (MH) para el suelo de la Calicata: Pomalca.

C.4 Práctica estándar recomendada para la clasificación de suelos y mezclas suelo-agregado para propósitos de construcción de carreteras

Tabla 45.

Clasificación AASHTO de los materiales. Calicata: Pomalca

Clasificación (AASHTO)	A-7-5 (14)
Descripción	
MALO	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se determinó según AASHTO la denominación A-7-5 (14), pues tiene más de 36% de fino, límite líquido mayor a 40% y límite plástico mayor a 11%. En la calicata: Pomalca

C.5 SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía estándar

Tabla 46.
Relación densidad/humedad (proctor) Pomalca

Molde N° 1	Volumen Molde		950	m ³ .	
	Peso Molde		4216	gr.	
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
Contenido de agua	%	12.2	13.8	16.1	18.4
Densidad Seca	gr/cc	1.673	1.693	1.700	1.664
RESULTADOS					
Densidad Máxima Seca	1.701 (gr/cm ³)	Humedad óptima	15.36	%	

Fuente: Elaboración propia

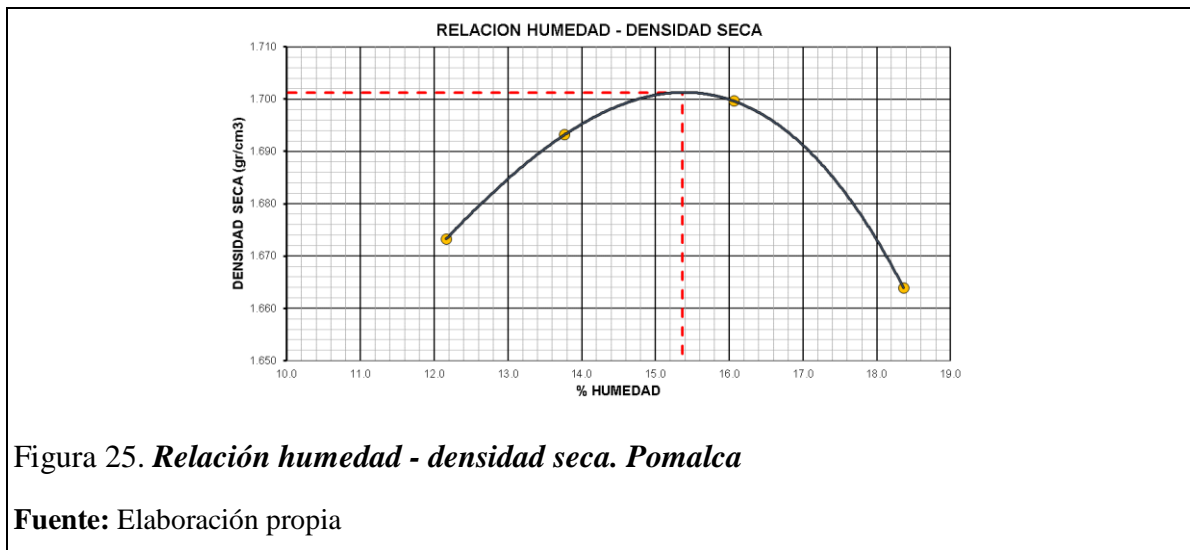


Figura 25. *Relación humedad - densidad seca. Pomalca*

Fuente: Elaboración propia

En la figura y tabla anterior se muestra la densidad máxima seca de 1.701 gr/cm³, para un contenido de humedad de 15.36% en el suelo Pomalca

3.1.1.3 Muestras de Afirmados

A Muestra de Afirmado I

A.1 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo y Método de ensayo para el análisis granulométrico.

Tabla 47.

Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad. Afirmado I

Análisis Granulométrico por tamizado			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	Retenido Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.7	99.3
1"	25.000	6.1	93.9
3/4"	19.000	11.2	88.8
1/2"	12.500	18.9	81.1
3/8"	9.500	23.8	76.2
Nª 4	4.750	35.8	64.2
Nª 10	2.000	47.8	52.2
Nª 20	0.850	63.5	36.5
Nº 40	0.425	75.7	24.3
Nº 60	0.250	81.9	18.1
Nª 140	0.106	88.7	11.3
Nº 200	0.075	89.8	10.2
Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	11.2	
	G. F %	24.6	35.8
	A.G %	12.0	
% Arena	A.M %	27.9	
	A.F %	14.1	54.0
		10.2	10.2
Total			100.0
Contenido de Humedad (%)			4.21

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se muestra los resultados obtenidos al pasar los materiales de la Calicata: Monsefú 1 por la serie de tamices, así mismo se representada en la figura siguiente su curva granulométrica; se ha obtenido 35.8 % de grava, 54.0 % de arena y 10.2 % de arcilla y limo. El suelo estudiado contiene un contenido de humedad de 4.21%

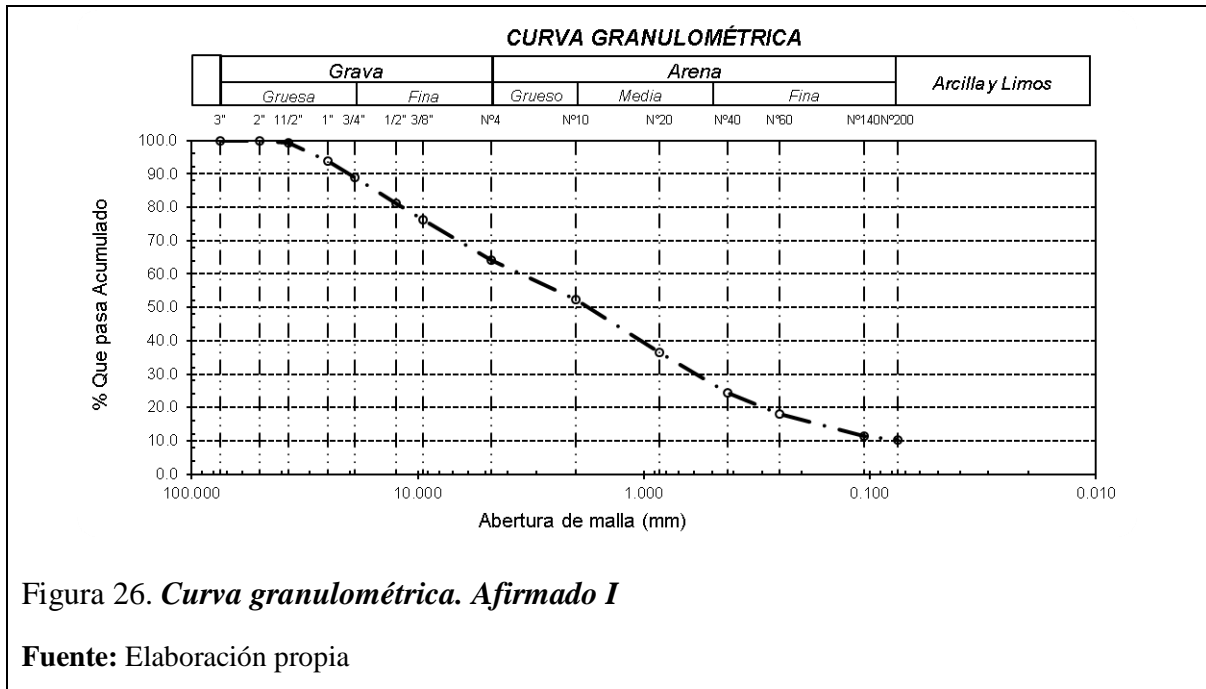


Figura 26. *Curva granulométrica. Afirmado I*

Fuente: Elaboración propia

A.2 *SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos*

Tabla 48.

Ensayo de Límite de Atterberg. Afirmado I

Ensayo de Límite de Atterberg		
Límite líquido (LL)	N.P.	(%)
Límite Plástico (LP)	N.P.	(%)
Índice Plástico (IP)	N.P.	(%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se determinó según el ensayo de límite de Atterberg, que el afirmado I no presenta plasticidad.

A.3 *Práctica estándar recomendada para la clasificación de suelos y mezclas suelo-agregado para propósitos de construcción de carreteras*

Tabla 49.

Clasificación AASHTO de los materiales. Afirmado I

Clasificación (AASHTO)	A-1-b (0)
Descripción	
BUENO	

Fuente: Elaboración propia

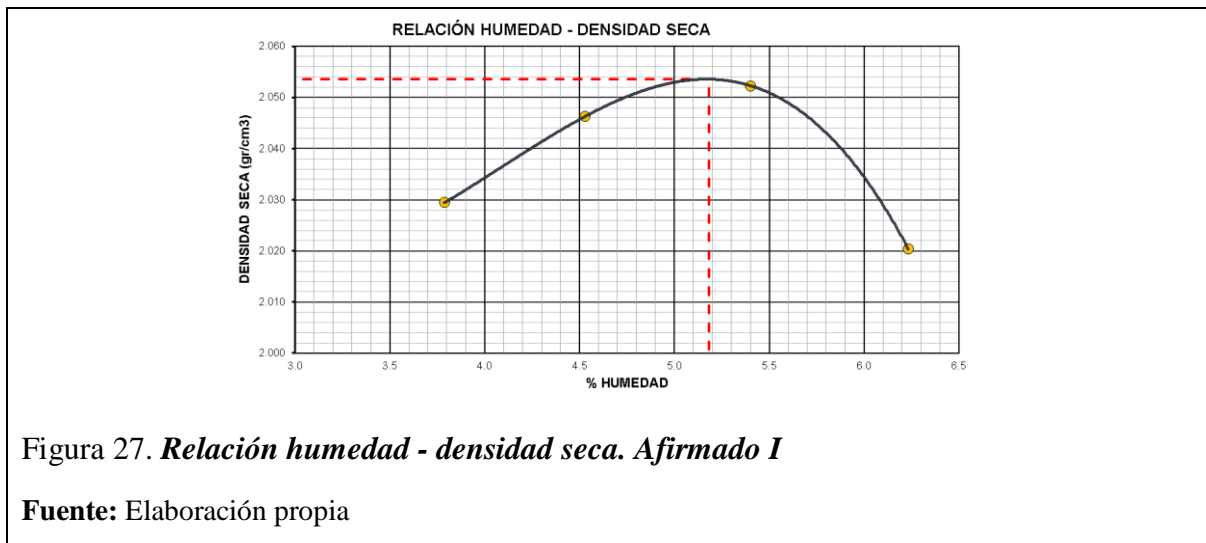
Según la tabla anterior, se determinó según la clasificación AASHTO que es un material granular A-1-b (0), pues tiene menos del 50% pasante la malla 40, y menos del 25% pasante la malla 200, así mismo no presenta plasticidad. En la muestra de afirmado I

A.4 SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía estándar

Tabla 50.
Relación densidad/humedad (proctor) Afirmado I

Molde N° 1	Volumen Molde		950		m ³ .
	Peso Molde		4216		gr.
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
Contenido de agua	%	3.79	4.53	5.40	6.23
Densidad Seca	gr/cc	2.029	2.046	2.052	2.020
RESULTADOS					
Densidad Máxima Seca	2.054	(gr/cm ³)	Humedad óptima	5.18	%

Fuente: Elaboración propia



En la figura y tabla anterior se muestra la densidad máxima seca de 2.054 gr/cm³, para un contenido de humedad de 5.18 % del Afirmado I

B Muestra de Afirmando II

B.1 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo y Método de ensayo para el análisis granulométrico.

Tabla 51.

Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad. Afirmando II

Análisis Granulométrico por tamizado			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	Retenido Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	1.2	98.8
1"	25.000	10.7	89.3
3/4"	19.000	15.4	84.6
1/2"	12.500	22.6	77.4
3/8"	9.500	26.3	73.7
Nª 4	4.750	35.1	64.9
Nª 10	2.000	45.8	54.2
Nª 20	0.850	59.8	40.2
Nº 40	0.425	71.9	28.1
Nº 60	0.250	80.9	19.1
Nª 140	0.106	93.6	6.4
Nº 200	0.075	94.9	5.1
Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	15.4	
	G. F %	19.7	35.1
	A.G %	10.7	
% Arena	A.M %	26.1	
	A.F %	23.0	59.8
		5.1	5.1
% Arcilla y Limo		5.1	5.1
Total			100.0
Contenido de Humedad (%)			6.53

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se muestra los resultados obtenidos al pasar los materiales de la Calicata: Monsefú 1 por la serie de tamices, así mismo se representada en la figura siguiente su curva granulométrica; se ha obtenido 35.1 % de grava, 59.8 % de arena y 5.1 % de arcilla y limo. El suelo estudiado contiene un contenido de humedad de 6.53%

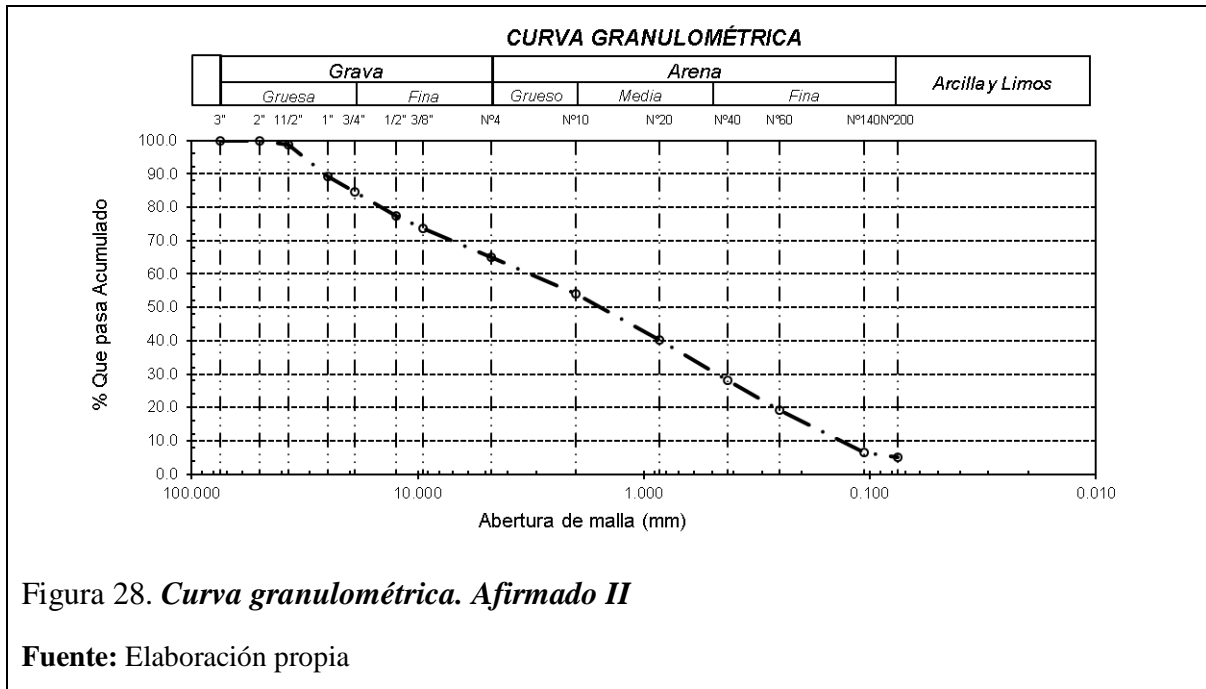


Figura 28. *Curva granulométrica. Afirmado II*

Fuente: Elaboración propia

B.2 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

Tabla 52.

Ensayo de Límite de Atterberg. Afirmado II

Ensayo de Límite de Atterberg		
Límite líquido (LL)	N.P.	(%)
Límite Plástico (LP)	N.P.	(%)
Índice Plástico (IP)	N.P.	(%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se determinó según el ensayo de límite de Atterberg, que el afirmado II no presenta plasticidad.

B.3 Práctica estándar recomendada para la clasificación de suelos y mezclas suelo- agregado para propósitos de construcción de carreteras

Tabla 53.

Clasificación AASHTO de los materiales. Afirmado II

Clasificación (AASHTO)	A-1-b (0)
Descripción	
BUENO	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla anterior, se determinó según la clasificación AASHTO que es un material granular A-1-b (0), pues tiene menos del 50% pasante la malla 40, y menos del 25% pasante la malla 200, así mismo no presenta plasticidad. En la muestra de afirmado II

B.4 SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía estándar

Tabla 54.
Relación densidad/humedad (proctor) Afirmado II

Molde N° 1	Volumen Molde		950		m ³ .
	Peso Molde		4216		gr.
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
Contenido de agua	%	2.9	3.6	4.8	5.8
Densidad Seca	gr/cc	2.057	2.094	2.094	2.007
RESULTADOS					
Densidad Máxima Seca	2.105	(gr/cm ³)	Humedad óptima	4.24	%

Fuente: Elaboración propia

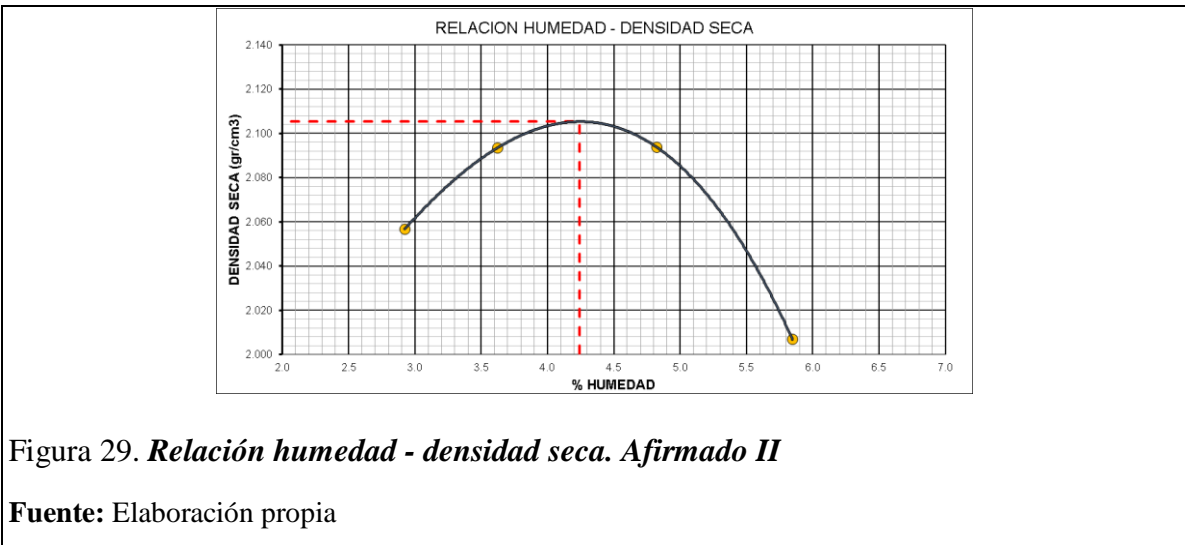


Figura 29. Relación humedad - densidad seca. Afirmado II

Fuente: Elaboración propia

En la figura y tabla se muestra la densidad máxima seca de 2.105gr/cm³, para un contenido de humedad de 4.24% del Afirmado II

C Muestra de Afirmado III

C.1 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo y Método de ensayo para el análisis granulométrico.

Tabla 55.

Análisis granulométrico por tamizado y contenido de humedad. Afirmado III

Análisis Granulométrico por tamizado			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	Retenido Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	2.0	98.0
1"	25.000	8.3	91.7
3/4"	19.000	14.9	85.1
1/2"	12.500	24.5	75.5
3/8"	9.500	29.4	70.6
Nª 4	4.750	42.6	57.4
Nª 10	2.000	54.9	45.1
Nª 20	0.850	67.8	32.2
Nº 40	0.425	78.4	21.6
Nº 60	0.250	83.2	16.8
Nª 140	0.106	88.8	11.2
Nº 200	0.075	89.9	10.1
Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	14.9	
	G. F %	27.7	42.6
	A.G %	12.3	
% Arena	A.M %	23.5	
	A.F %	11.5	47.3
% Arcilla y Limo		10.1	10.1
Total			100.0
Contenido de Humedad (%)			3.44

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se muestra los resultados obtenidos al pasar los materiales de la Calicata: Monsefú 1 por la serie de tamices, así mismo se representada en la figura siguiente su curva granulométrica; se ha obtenido 42.6 % de grava, 47.3 % de arena y 10.1 % de arcilla y limo. El suelo estudiado contiene un contenido de humedad de 3.44%

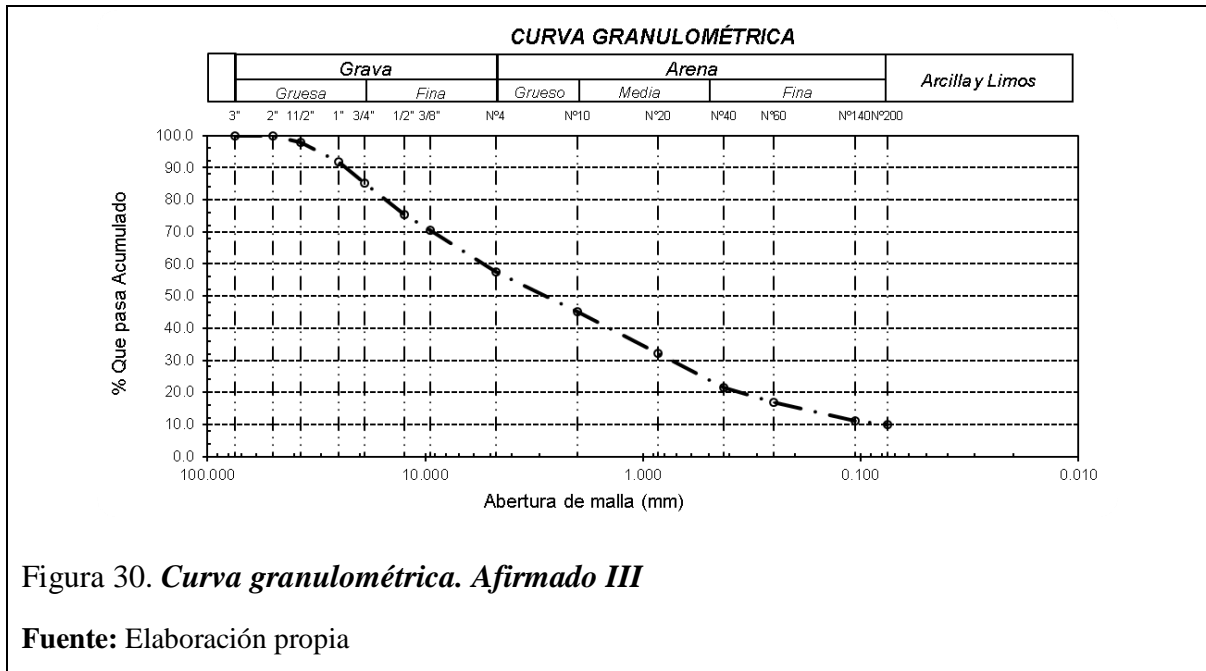


Figura 30. *Curva granulométrica. Afirmado III*

Fuente: Elaboración propia

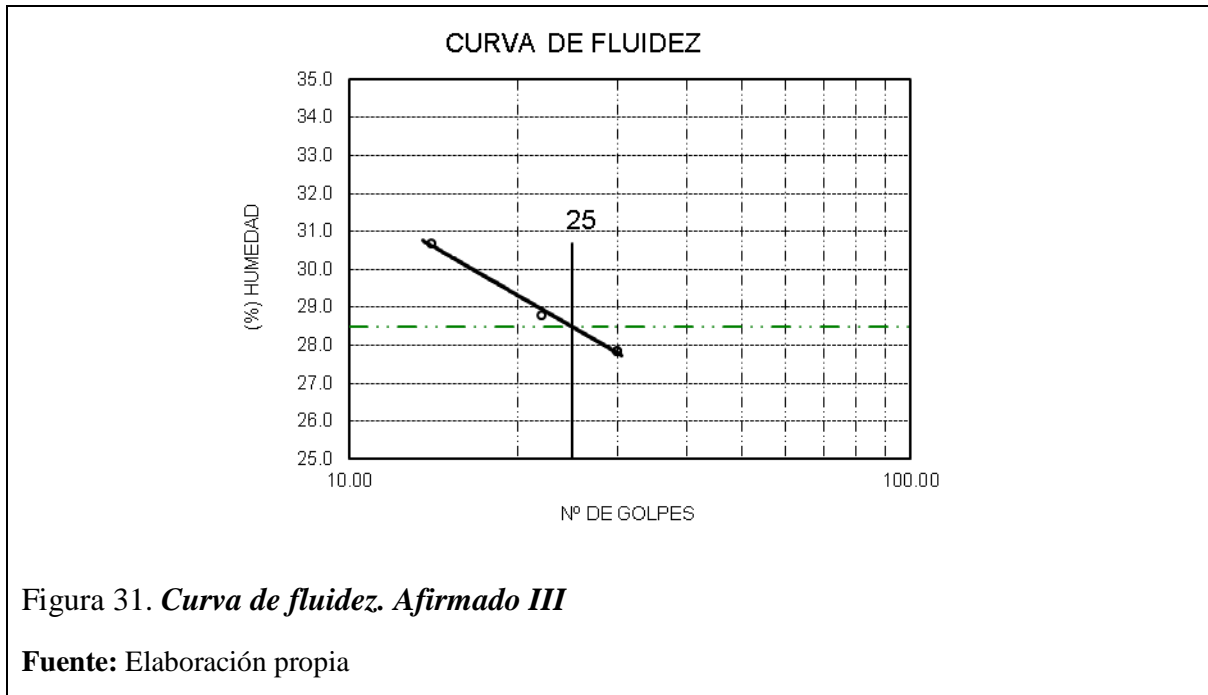
C.2 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

Tabla 56.
Ensayo de Límite de Atterberg. Afirmado III

Ensayo de Límite de Atterberg		
Límite líquido (LL)	28.48	(%)
Límite Plástico (LP)	21.19	(%)
Índice Plástico (IP)	7.30	(%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se determinó según el ensayo de límite de Atterberg, que el afirmado III, contiene 28.48% de límite líquido (LL), 21.19% (LP) e índice plástico 7.30% (IP)



C.3 Práctica estándar recomendada para la clasificación de suelos y mezclas suelo-agregado para propósitos de construcción de carreteras

Tabla 57.
Clasificación AASHTO de los materiales. Afirmado III

Clasificación (AASHTO)	A-2-4 (0)
Descripción	
BUENO	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla anterior, se determinó según la clasificación AASHTO A-2-4 (0), pues tiene menos de 35% pasante la malla 200, límite líquido menor al 40%, e índice de plasticidad menor al 10%. En la muestra de afirmado III

C.4 SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía estándar

Tabla 58.
Relación densidad/humedad (proctor) Afirmado III

Molde N° 1	Volumen Molde		950		m ³ .
	Peso Molde		4216		gr.
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
Contenido de agua	%	3.3	4.1	5.0	5.8
Densidad Seca	gr/cc	2.014	2.055	2.064	2.022
RESULTADOS					
Densidad Máxima Seca	2.067	(gr/cm ³)	Humedad óptima	4.76	%

Fuente: Elaboración propia

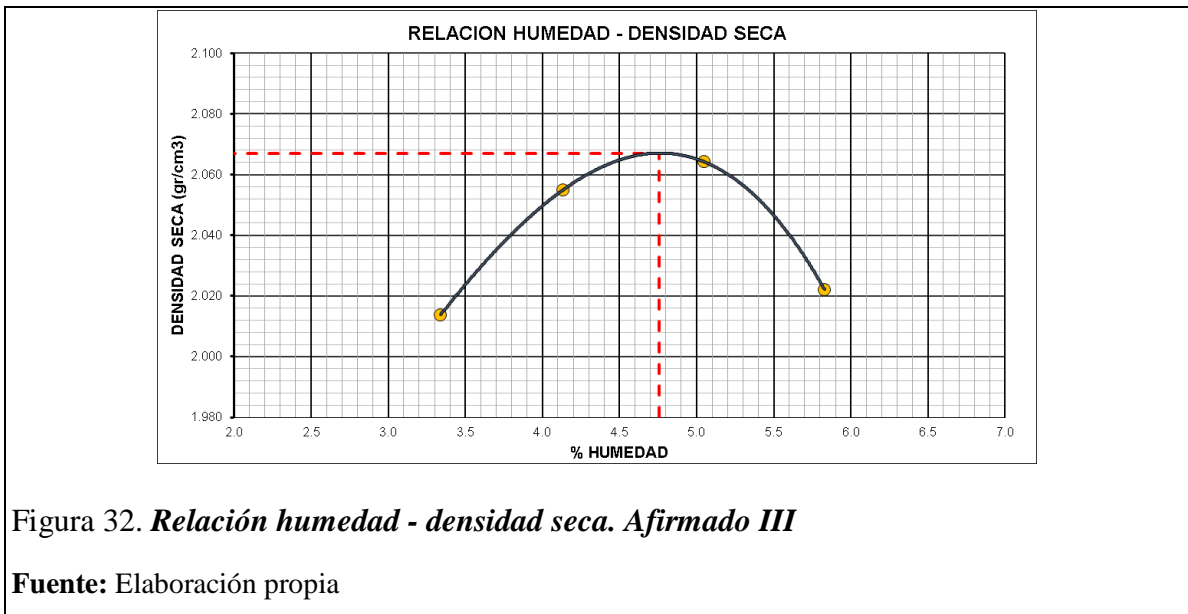


Figura 32. *Relación humedad - densidad seca. Afirmado III*

Fuente: Elaboración propia

En la figura y tabla anterior se muestra la densidad máxima seca de 2.067 gr/cm³, para un contenido de humedad de 4.76 % del Afirmado III

3.1.2 Análisis de la resistencia mecánica de los suelos estabilizados

3.1.2.1 Resistencia a la compresión de probetas de suelo-cemento

3.1.2.2 Muestras de Arenas

A *Muestra extraída de Ferreñafe – 1*

A.1 *Suelo natural – Ferreñafe 1*

Tabla 59.

Resistencia de suelo natural sin adición de cemento saturado en agua

Identificación	Edad(días)	f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Ferreñafe 1/ M-1	7	0	
Ferreñafe 1/ M-2	7	0	0
Ferreñafe 1 / M-3	7	0	

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla no se obtuvo resistencia del suelo natural puesto que al sumergir la probeta en agua perdió su forma inicial de compactado, obteniendo los resultados mostrados, teniendo para Ferreñafe 1 como resistencia promedio de 0 kg/cm².

A.2 Estabilización con cemento Portland Qhuna

Tabla 60.

Resistencia de suelo-cemento de Ferreñafe 1 con cemento Qhuna

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Qhuna	7	10,11	2012,1	25	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Qhuna	7	10,11	1091,9	14	15
Suelo/Cemento 7%, M-3/Qhuna	7	10,11	1265,5	16	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Qhuna	7	10,11	2459,2	31	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Qhuna	7	10,11	2493,9	31	30
Suelo/Cemento 10%, M-3/Qhuna	7	10,11	2229,1	28	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Qhuna	7	10,11	2802,1	35	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Qhuna	7	10,11	2628,5	33	33
Suelo/Cemento 13%, M-3/Qhuna	7	10,11	2663,2	33	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Qhuna	7	10,11	3145,1	39	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Qhuna	7	10,11	2819,5	35	35
Suelo/Cemento 16%, M-3/Qhuna	7	10,11	2845,5	35	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Qhuna	7	10,11	2928,0	36	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Qhuna	7	10,11	2971,4	37	37
Suelo/Cemento 19%, M-3/Qhuna	7	10,11	2632,8	33	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Qhuna en peso, teniendo para Ferreñafe 1 como resultado que la resistencia promedio aumenta al añadir más porcentaje de cemento.

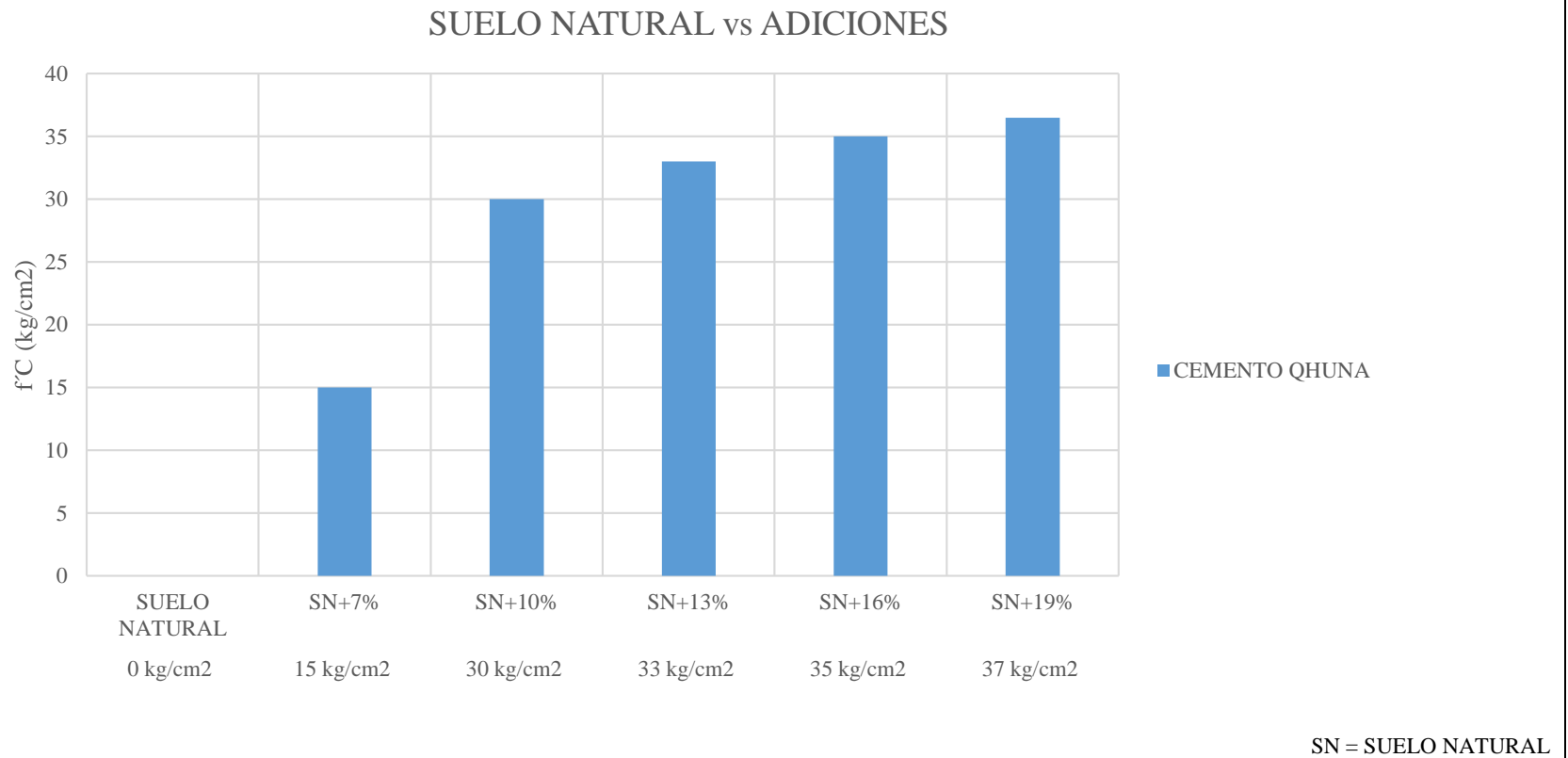


Figura 33. *Suelo natural vs adición cemento Qhuna*

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Qhuna en porcentajes de 7% a 19% de Ferreñafe 1.

A.3 Estabilización con cemento Portland Mochica

Tabla 61.

Resistencia de suelo-cemento de Ferreñafe 1 con cemento Mochica

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Mochica	7	10,11	1148,3	14	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Mochica	7	10,11	1039,8	13	14
Suelo/Cemento 7%, M-3/Mochica	7	10,11	1348,0	17	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Mochica	7	10,11	1382,7	17	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Mochica	7	10,11	1404,4	18	18
Suelo/Cemento 10%, M-3/Mochica	7	10,11	1426,1	18	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Mochica	7	10,11	1599,7	20	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Mochica	7	10,11	1760,3	22	21
Suelo/Cemento 13%, M-3/Mochica	7	10,11	1664,8	21	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Mochica	7	10,11	2020,8	25	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Mochica	7	10,11	2107,6	26	25
Suelo/Cemento 16%, M-3/Mochica	7	10,11	1938,3	24	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Mochica	7	10,11	2207,4	28	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Mochica	7	10,11	2242,2	28	28
Suelo/Cemento 19%, M-3/Mochica	7	10,11	1690,9	21	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Mochica en peso, teniendo para Ferreñafe 1 como resultado que la resistencia promedio aumenta al añadir más porcentaje de cemento.

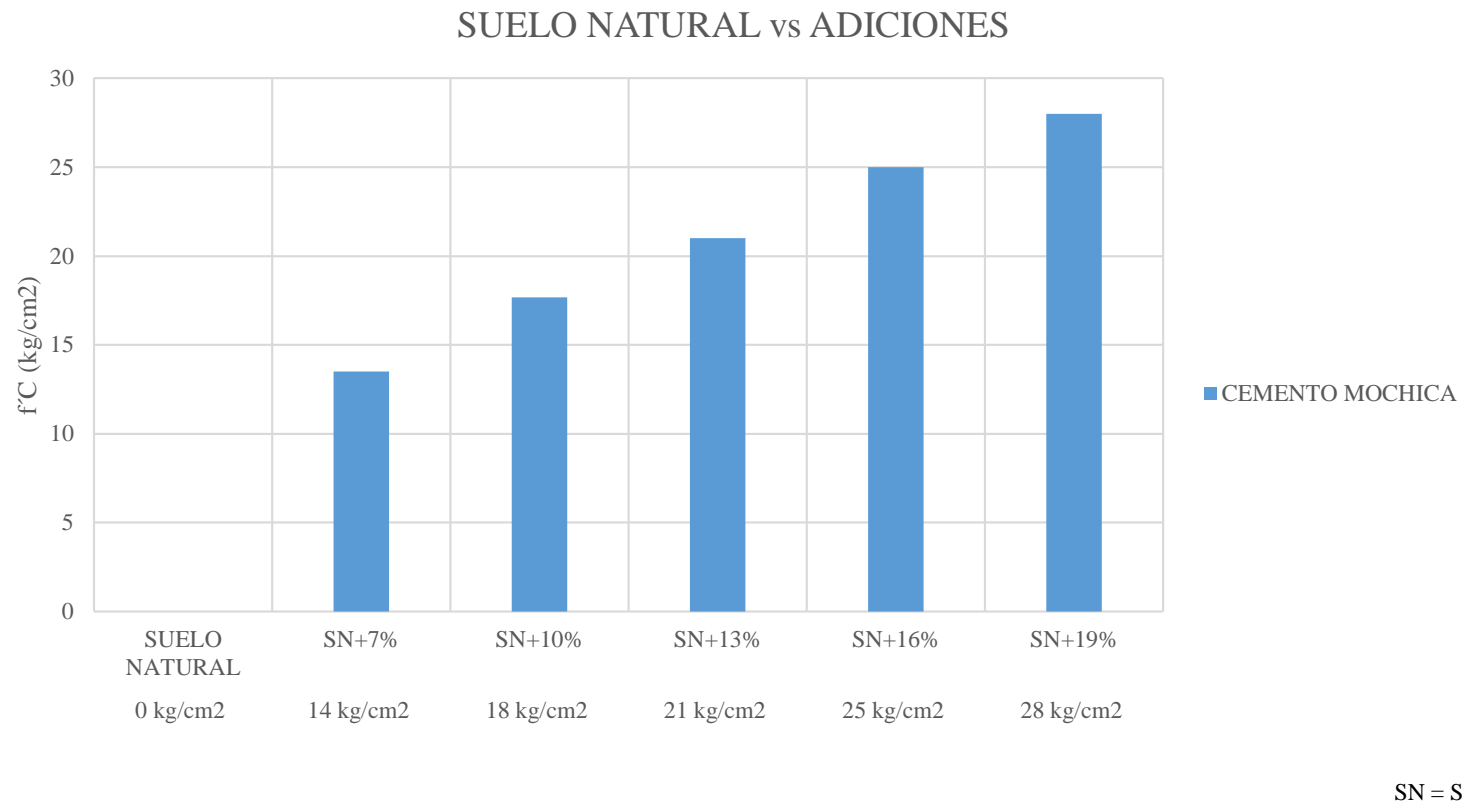


Figura 34. *Suelo natural vs adición cemento Mochica*

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Mochica en porcentajes de 7% a 19% de Ferreñafe 1.

A.4 *Estabilización con cemento Portland Pacasmayo Víaforte*

Tabla 62.

Resistencia de suelo-cemento de Ferreñafe 1 con cemento Víaforte

Identificación	Edad(días)	Lectura Dial	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Víaforte	7	201	887,8	11	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Víaforte	7	187	827,1	10	11
Suelo/Cemento 7%, M-3/Víaforte	7	253	1113,6	14	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Víaforte	7	293	1287,2	16	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Víaforte	7	305	1339,3	17	17
Suelo/Cemento 10%, M-3/Víaforte	7	325	1426,1	18	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Víaforte	7	320	1404,4	18	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Víaforte	7	341	1495,5	19	19
Suelo/Cemento 13%, M-3/Víaforte	7	365	1599,7	20	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Víaforte	7	462	2020,8	25	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Víaforte	7	432	1890,6	24	24
Suelo/Cemento 16%, M-3/Víaforte	7	442	1934,0	24	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Víaforte	7	505	2207,4	28	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Víaforte	7	513	2242,2	28	28
Suelo/Cemento 19%, M-3/Víaforte	7	425	1860,2	23	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Víaforte en peso, teniendo para Ferreñafe 1 como resultado que la resistencia promedio aumenta al añadir más porcentaje de cemento.

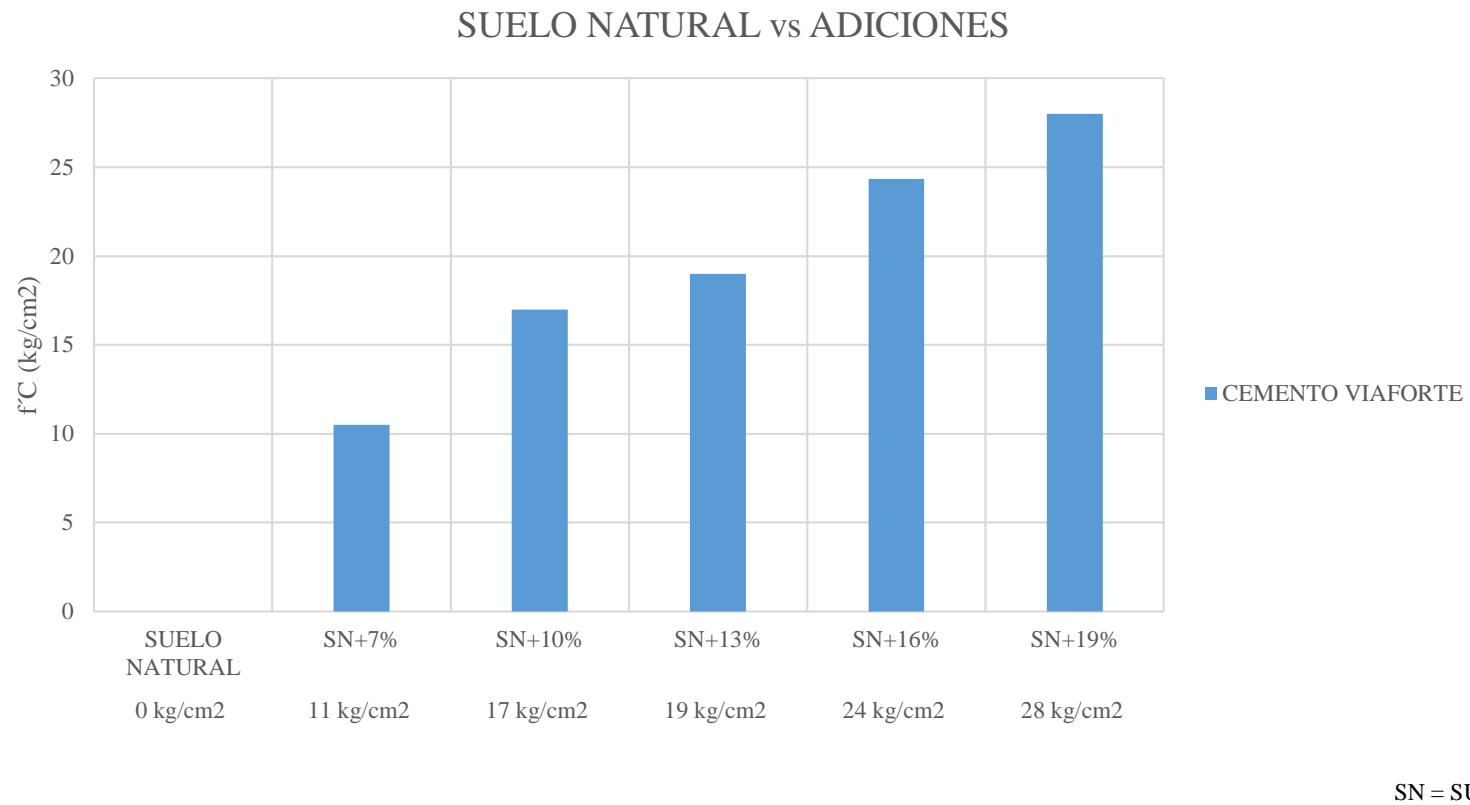


Figura 35. *Suelo natural vs adición cemento Víaforte*

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Víaforte en porcentajes de 7% a 19% de Ferreñafe 1.

B Muestra extraída de Lambayeque

B.1 Suelo natural – Lambayeque

Tabla 63.

Resistencia de suelo natural sin adición de cemento saturado en agua

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Lambayeque/ M-1	7	10,11	0,0	0	
Lambayeque/ M-2	7	10,11	0,0	0	0
Lambayeque / M-3	7	10,11	0,0	0	

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla no se obtuvo resistencia del suelo natural puesto que al sumergir la probeta en agua perdió su forma inicial de compactado, obteniendo los resultados mostrados, teniendo para Lambayeque como resistencia promedio de 0 kg/cm².

B.2 Estabilización con cemento Portland Qhuna

Tabla 64.

Resistencia de suelo-cemento de Lambayeque con cemento Qhuna

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 4%, M-1/Qhuna	7	10,11	744,2	9	
Suelo/Cemento 4%, M-2/Qhuna	7	10,11	693,2	9	9
Suelo/Cemento 4%, M-3/Qhuna	7	10,11	696,7	9	
Suelo/Cemento 7%, M-1/Qhuna	7	10,11	1381,8	17	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Qhuna	7	10,11	1351,7	17	17
Suelo/Cemento 7%, M-3/Qhuna	7	10,11	1219,5	15	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Qhuna	7	10,11	1842,8	23	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Qhuna	7	10,11	2229,1	28	28
Suelo/Cemento 10%, M-3/Qhuna	7	10,11	2207,4	28	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Qhuna	7	10,11	2463,5	31	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Qhuna	7	10,11	2285,6	28	30
Suelo/Cemento 13%, M-3/Qhuna	7	10,11	2502,6	31	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Qhuna	7	10,11	2719,7	34	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Qhuna	7	10,11	2671,9	33	34
Suelo/Cemento 16%, M-3/Qhuna	7	10,11	2593,8	32	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 4% a 16% de Cemento Qhuna en peso, teniendo para Lambayeque como resultado que la resistencia promedio aumenta al añadir más porcentaje de cemento.

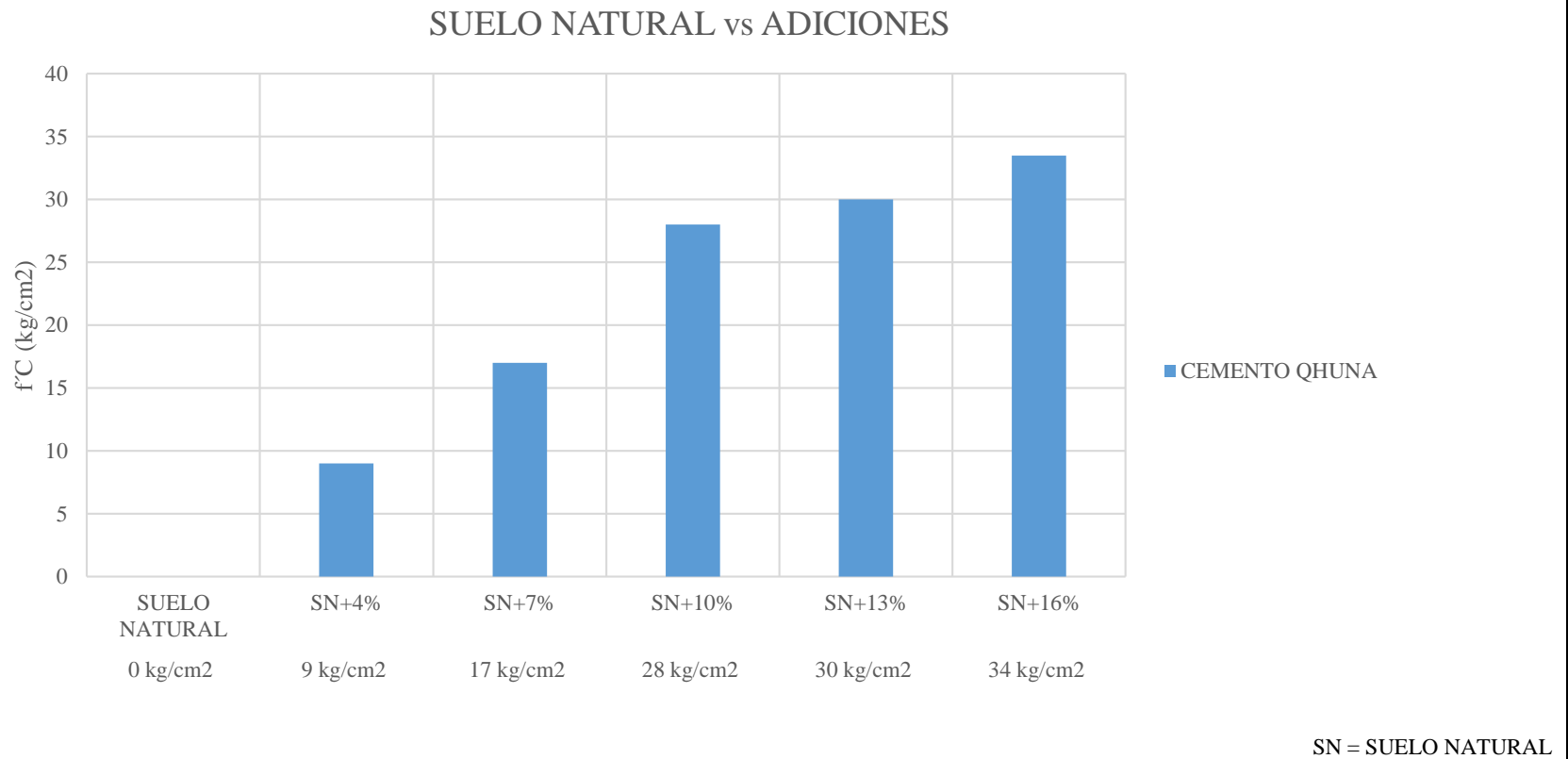


Figura 36. *Suelo natural vs adición cemento Qhuna*

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Qhuna en porcentajes de 7% a 19% de Lambayeque.

B.3 Estabilización con cemento Portland Mochica

Tabla 65.

Resistencia de suelo-cemento de Lambayeque con cemento Mochica

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 4%, M-1/Mochica	7	10,11	410,4	5	
Suelo/Cemento 4%, M-2/Mochica	7	10,11	420,8	5	5
Suelo/Cemento 4%, M-3/Mochica	7	10,11	446,3	6	
Suelo/Cemento 7%, M-1/Mochica	7	10,11	843,9	11	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Mochica	7	10,11	925,1	12	11
Suelo/Cemento 7%, M-3/Mochica	7	10,11	848,6	11	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Mochica	7	10,11	1365,3	17	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Mochica	7	10,11	1673,5	21	17
Suelo/Cemento 10%, M-3/Mochica	7	10,11	1321,9	16	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Mochica	7	10,11	1795,1	22	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Mochica	7	10,11	1803,7	22	23
Suelo/Cemento 13%, M-3/Mochica	7	10,11	1890,6	24	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Mochica	7	10,11	2285,6	28	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Mochica	7	10,11	2237,8	28	28
Suelo/Cemento 16%, M-3/Mochica	7	10,11	2220,5	28	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 4% a 16% de Cemento Mochica en peso, teniendo para Lambayeque como resultado que la resistencia promedio aumenta al añadir más porcentaje de cemento.

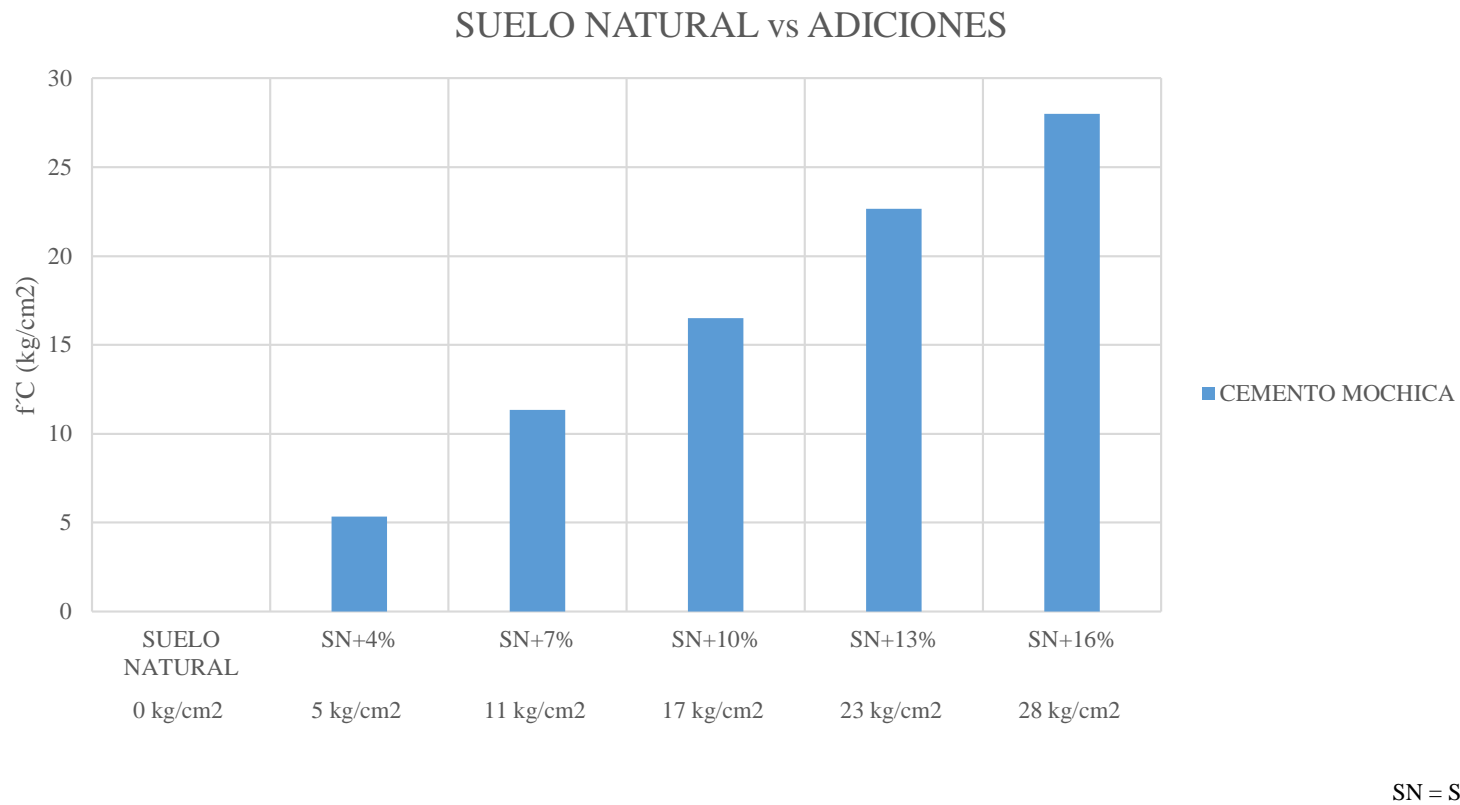


Figura 37. *Suelo natural vs adición cemento Mochica*

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Mochica en porcentajes de 4% a 16% de Lambayeque.

B.4 Estabilización con cemento Portland Pacasmayo Víaforte

Tabla 66.

Resistencia de suelo-cemento de Lambayeque con cemento Víaforte

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 4%, M-1/Víaforte	7	10,11	286,3	4	
Suelo/Cemento 4%, M-2/Víaforte	7	10,11	272,4	3	4
Suelo/Cemento 4%, M-3/Víaforte	7	10,11	306,0	4	
Suelo/Cemento 7%, M-1/Víaforte	7	10,11	739,6	9	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Víaforte	7	10,11	786,0	10	9
Suelo/Cemento 7%, M-3/Víaforte	7	10,11	723,4	9	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Víaforte	7	10,11	1155,8	14	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Víaforte	7	10,11	658,4	8	14
Suelo/Cemento 10%, M-3/Víaforte	7	10,11	1083,9	14	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Víaforte	7	10,11	1170,8	15	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Víaforte	7	10,11	1165,0	15	15
Suelo/Cemento 13%, M-3/Víaforte	7	10,11	1184,7	15	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Víaforte	7	10,11	1883,8	23	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Víaforte	7	10,11	1443,3	18	18
Suelo/Cemento 16%, M-3/Víaforte	7	10,11	1465,3	18	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 4% a 16% de Cemento Víaforte en peso, teniendo para Lambayeque como resultado que la resistencia promedio aumenta al añadir más porcentaje de cemento.

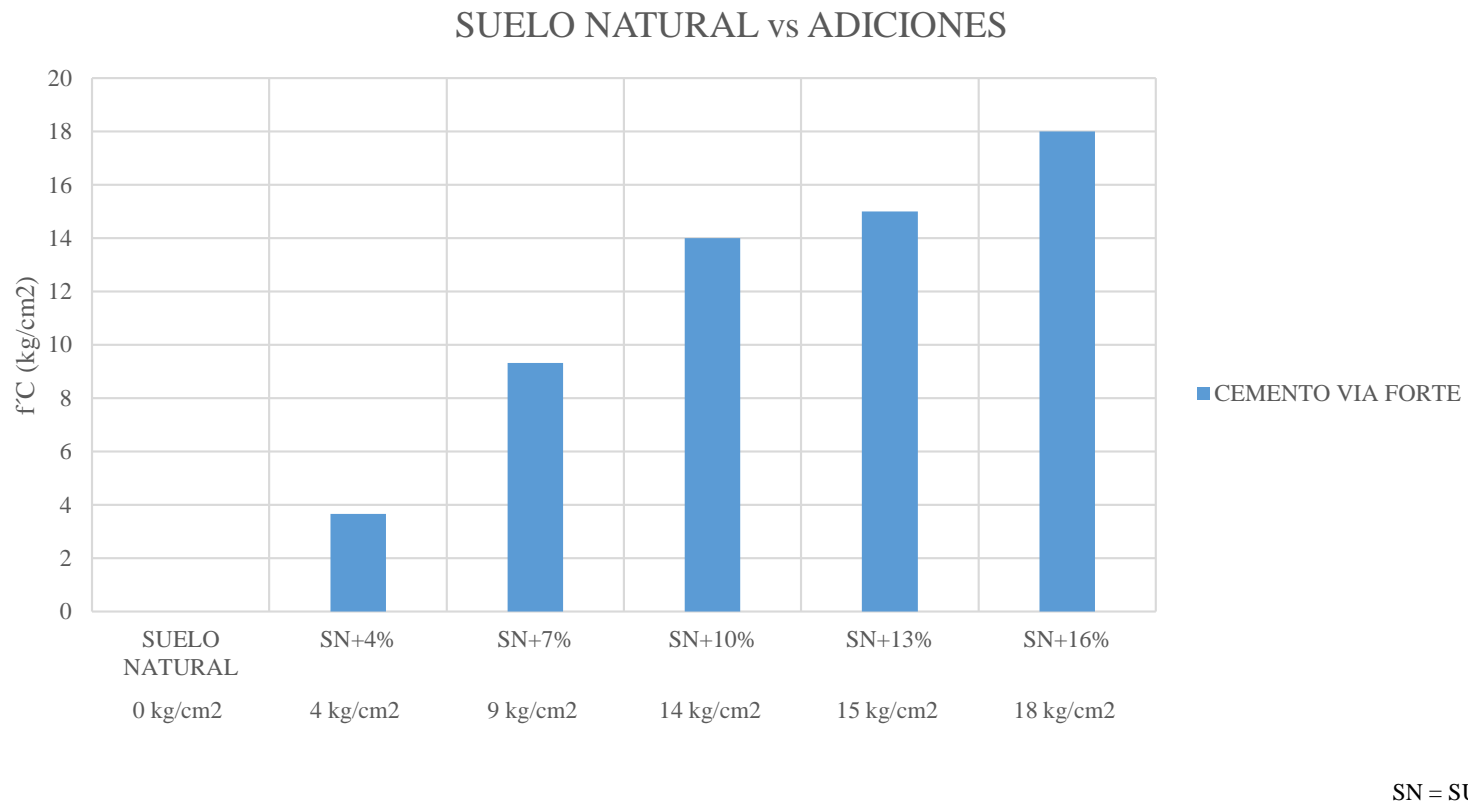


Figura 38. *Suelo natural vs adición cemento Víaforte*

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Víaforte en porcentajes de 4% a 16% de Lambayeque.

C Muestra extraída de Monsefú – 1

C.1 Suelo natural – Monsefú - 1

Tabla 67.

Resistencia de suelo natural sin adición de cemento saturado en agua

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Monsefú 1/ M-1	7	10,11	0,0	0	
Monsefú 1/ M-2	7	10,11	0,0	0	0
Monsefú 1 / M-3	7	10,11	0,0	0	

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla no se obtuvo resistencia del suelo natural puesto que al sumergir la probeta en agua perdió su forma inicial de compactado, obteniendo los resultados mostrados, teniendo para Monsefú 1 como resistencia promedio de 0 kg/cm².

C.2 *Estabilización con cemento Portland Qhuna*

Tabla 68

Resistencia de suelo-cemento de Monsefú 1 con cemento Qhuna

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Qhuna	7	10,11	1682,2	21	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Qhuna	7	10,11	1934,0	24	21
Suelo/Cemento 7%, M-3/Qhuna	7	10,11	1638,8	20	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Qhuna	7	10,11	1977,4	25	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Qhuna	7	10,11	2020,8	25	25
Suelo/Cemento 10%, M-3/Qhuna	7	10,11	2059,9	26	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Qhuna	7	10,11	2324,6	29	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Qhuna	7	10,11	2285,6	28	29
Suelo/Cemento 13%, M-3/Qhuna	7	10,11	3045,2	38	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Qhuna	7	10,11	2628,5	33	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Qhuna	7	10,11	2676,2	33	33
Suelo/Cemento 16%, M-3/Qhuna	7	10,11	2936,7	37	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Qhuna	7	10,11	2958,4	37	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Qhuna	7	10,11	2980,1	37	37
Suelo/Cemento 19%, M-3/Qhuna	7	10,11	3019,2	38	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Qhuna en peso, teniendo para Monsefú 1 como resultado que la resistencia promedio aumenta al añadir más porcentaje de cemento.

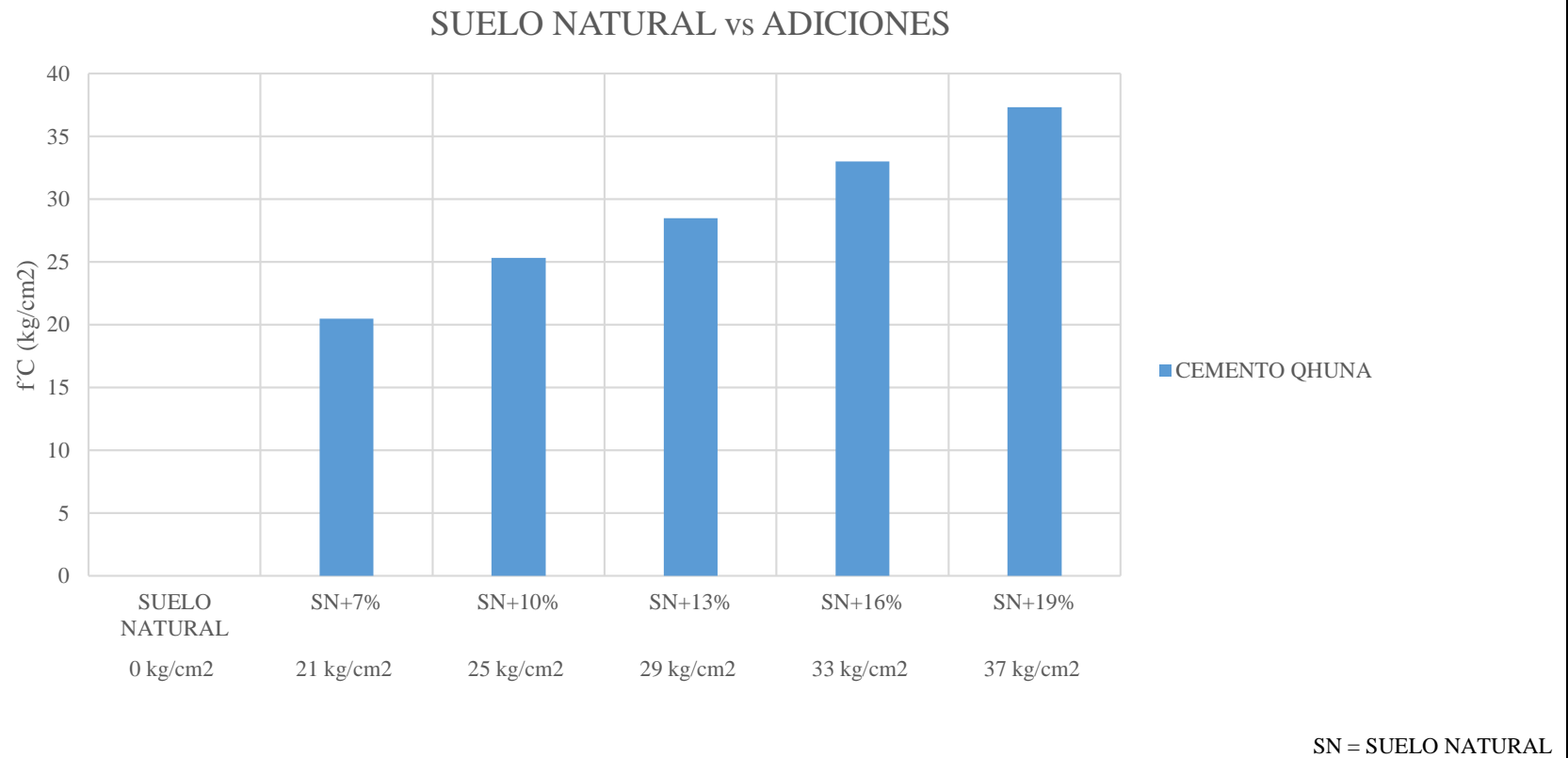


Figura 39. *Suelo natural vs adición cemento Qhuna*

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Qhuna en porcentajes de 7% a 19% de Monsefú 1.

C.3 Estabilización con cemento Portland Mochica

Tabla 69.

Resistencia de suelo-cemento de Monsefú 1 con cemento Mochica

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Mochica	7	10,11	1152,6	14	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Mochica	7	10,11	992,0	12	14
Suelo/Cemento 7%, M-3/Mochica	7	10,11	1065,8	13	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Mochica	7	10,11	1473,8	18	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Mochica	7	10,11	1712,6	21	21
Suelo/Cemento 10%, M-3/Mochica	7	10,11	1586,7	20	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Mochica	7	10,11	2107,6	26	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Mochica	7	10,11	2450,5	31	26
Suelo/Cemento 13%, M-3/Mochica	7	10,11	2072,9	26	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Mochica	7	10,11	2454,9	31	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Mochica	7	10,11	2515,6	31	31
Suelo/Cemento 16%, M-3/Mochica	7	10,11	2368,1	30	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Mochica	7	10,11	2611,1	33	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Mochica	7	10,11	2585,1	32	33
Suelo/Cemento 19%, M-3/Mochica	7	10,11	2632,8	33	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Mochica en peso, teniendo para Monsefú 1 como resultado que la resistencia promedio aumenta al añadir más porcentaje de cemento.

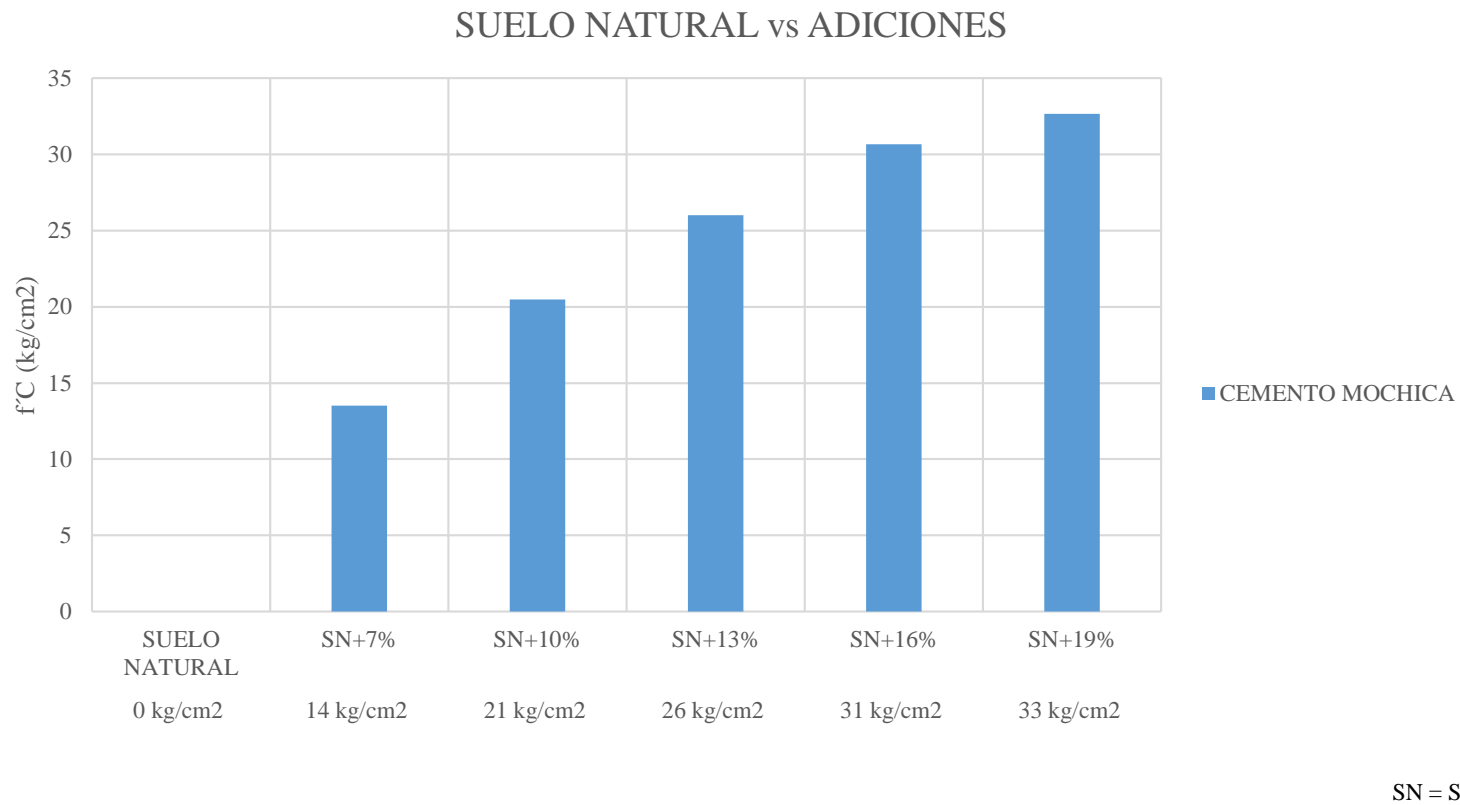


Figura 40. *Suelo natural vs adición cemento Mochica*

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Mochica en porcentajes de 7% a 19% de Monsefú 1.

C.4 Estabilización con cemento Portland Pacasmayo Víaforte

Tabla 70.

Resistencia de suelo-cemento de Monsefú 1 con cemento Víaforte

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Víaforte	7	10,11	935,6	12	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Víaforte	7	10,11	905,2	11	11
Suelo/Cemento 7%, M-3/Víaforte	7	10,11	909,5	11	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Víaforte	7	10,11	1326,3	17	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Víaforte	7	10,11	1426,1	18	17
Suelo/Cemento 10%, M-3/Víaforte	7	10,11	1369,7	17	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Víaforte	7	10,11	1339,3	17	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Víaforte	7	10,11	1439,1	18	18
Suelo/Cemento 13%, M-3/Víaforte	7	10,11	1452,1	18	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Víaforte	7	10,11	1560,7	19	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Víaforte	7	10,11	1525,9	19	19
Suelo/Cemento 16%, M-3/Víaforte	7	10,11	1604,1	20	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Víaforte	7	10,11	2151,0	27	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Víaforte	7	10,11	2172,7	27	27
Suelo/Cemento 19%, M-3/Víaforte	7	10,11	2198,8	27	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Víaforte en peso, teniendo para Monsefú 1 como resultado que la resistencia promedio aumenta al añadir más porcentaje de cemento.

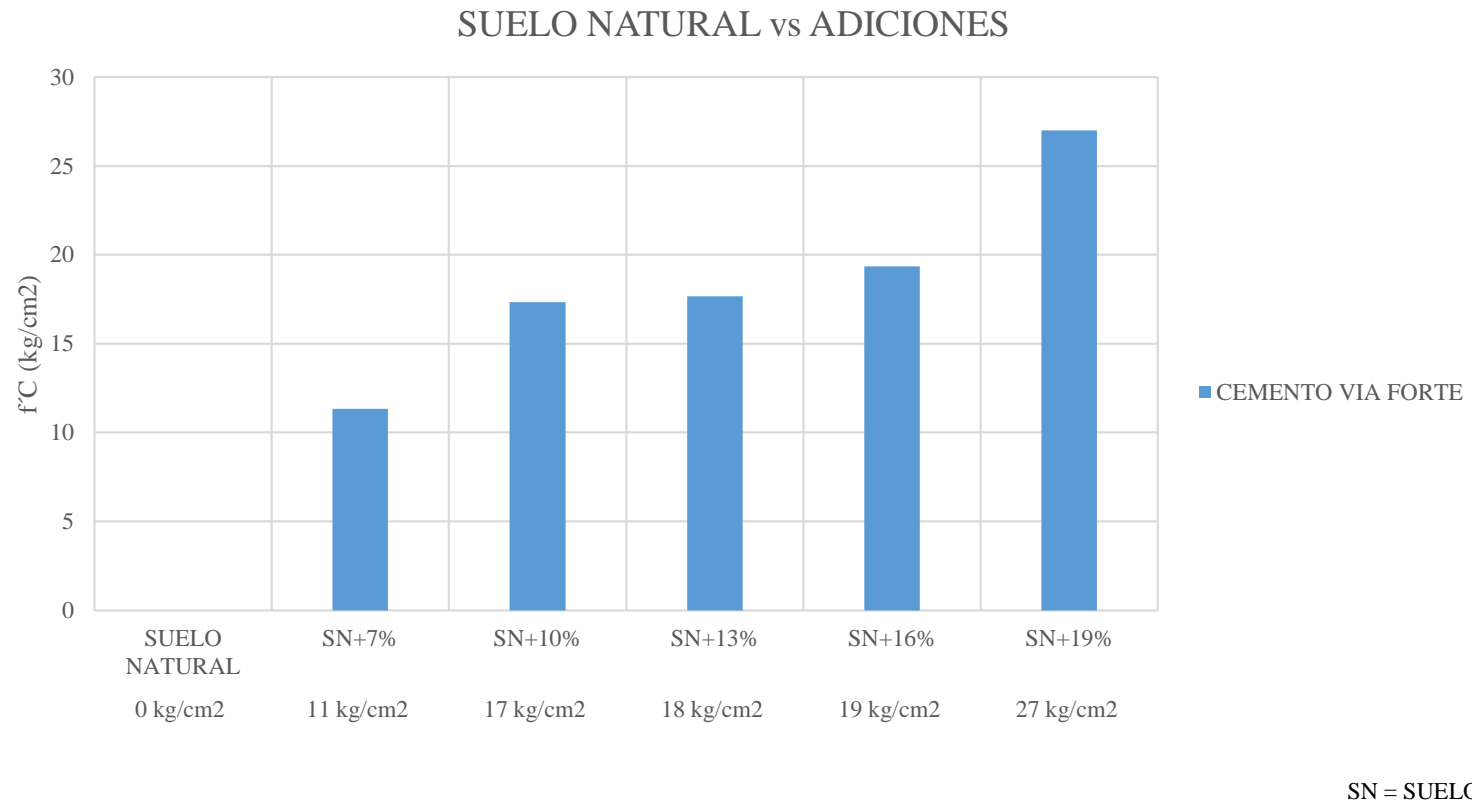


Figura 41. Suelo natural vs adición cemento Vía fuerte

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Vía fuerte en porcentajes de 7% a 19% de Monsefú 1.

3.1.2.3 Muestras de Arcillas

A *Muestra extraída de Monsefú – 2*

A.1 *Suelo natural – Monsefú - 2*

Tabla 71.

Resistencia de suelo natural sin adición de cemento saturado en agua

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Monsefú 2/ M-1	7	10,11	0,0	0	
Monsefú 2/ M-2	7	10,11	0,0	0	0
Monsefú 2 / M-3	7	10,11	0,0	0	

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla no se obtuvo resistencia del suelo natural puesto que al sumergir la probeta en agua perdió su forma inicial de compactado, obteniendo los resultados mostrados, teniendo para Monsefú 2 como resistencia promedio de 0 kg/cm².

A.2 *Estabilización con cemento Portland Qhuna*

Tabla 72.

Resistencia de suelo-cemento de Monsefú 2 con cemento Qhuna

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Qhuna	7	10,11	2129,3	27	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Qhuna	7	10,11	2107,6	26	26
Suelo/Cemento 7%, M-3/Qhuna	7	10,11	1981,7	25	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Qhuna	7	10,11	2758,7	34	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Qhuna	7	10,11	2498,3	31	30
Suelo/Cemento 10%, M-3/Qhuna	7	10,11	2324,6	29	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Qhuna	7	10,11	2151,0	27	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Qhuna	7	10,11	2467,9	31	32
Suelo/Cemento 13%, M-3/Qhuna	7	10,11	2598,1	32	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Qhuna	7	10,11	2632,8	33	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Qhuna	7	10,11	1478,2	18	33
Suelo/Cemento 16%, M-3/Qhuna	7	10,11	2671,9	33	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Qhuna	7	10,11	3075,6	38	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Qhuna	7	10,11	2550,4	32	31
Suelo/Cemento 19%, M-3/Qhuna	7	10,11	2376,7	30	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Qhuna en peso, teniendo para Monsefú 2 como resultado que la resistencia promedio aumenta a partir de 7% al 16% y disminuye en el 19% de cemento.

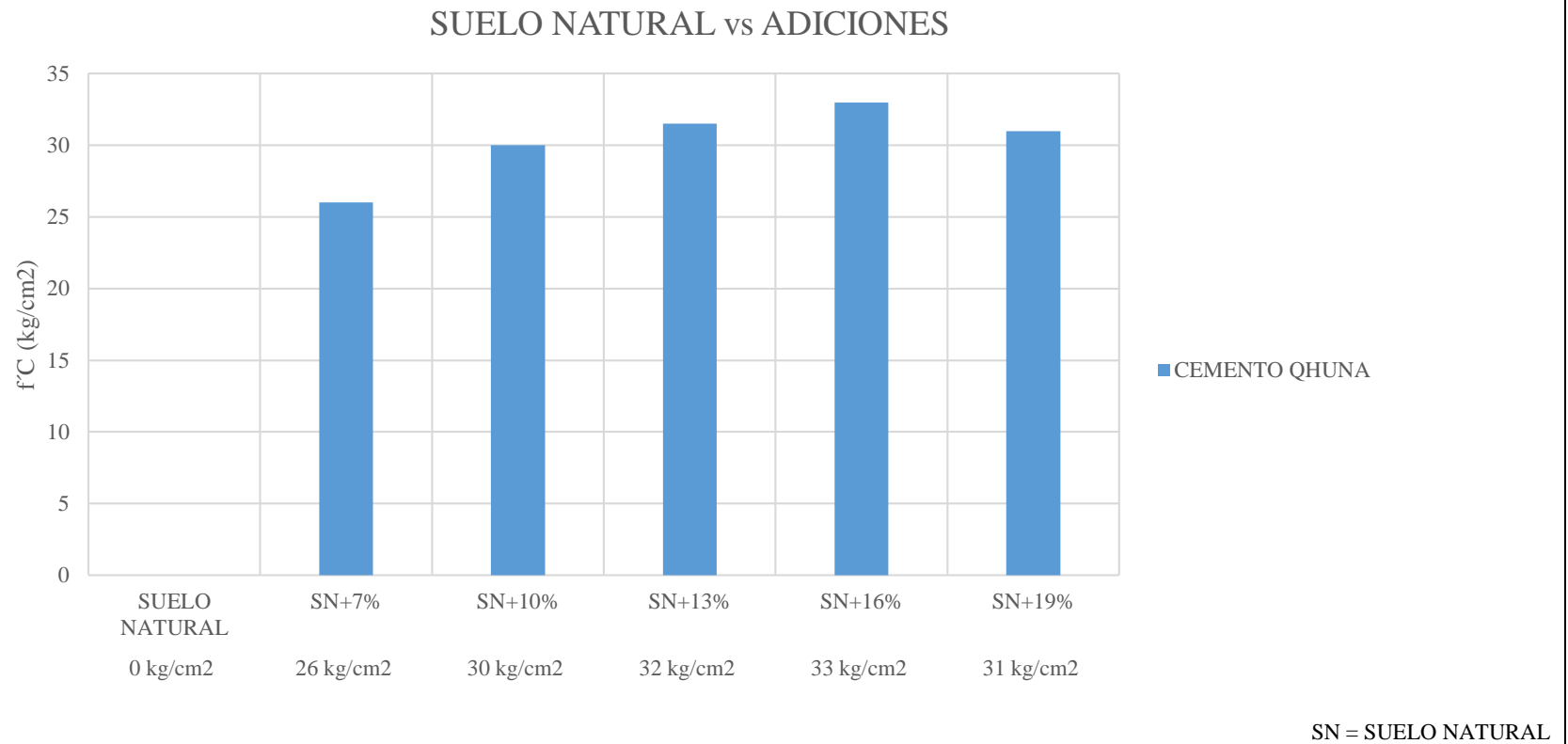


Figura 42. Suelo natural vs adición cemento Qhuna

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Qhuna en porcentajes de 7% a 19% de Monsefú 2.

A.3 Estabilización con cemento Portland Mochica

Tabla 73.

Resistencia de suelo-cemento de Monsefú 2 con cemento Mochica

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Mochica	7	10,11	1552,0	19	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Mochica	7	10,11	1643,1	20	20
Suelo/Cemento 7%, M-3/Mochica	7	10,11	1597,6	20	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Mochica	7	10,11	2281,2	28	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Mochica	7	10,11	1960,0	24	25
Suelo/Cemento 10%, M-3/Mochica	7	10,11	2120,6	26	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Mochica	7	10,11	2671,9	33	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Mochica	7	10,11	2372,4	30	31
Suelo/Cemento 13%, M-3/Mochica	7	10,11	2522,1	31	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Mochica	7	10,11	2394,1	30	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Mochica	7	10,11	2415,8	30	30
Suelo/Cemento 16%, M-3/Mochica	7	10,11	2404,9	30	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Mochica	7	10,11	2177,1	27	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Mochica	7	10,11	2029,5	25	26
Suelo/Cemento 19%, M-3/Mochica	7	10,11	2103,3	26	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Mochica en peso, teniendo para Monsefú 2 como resultado que la resistencia promedio aumenta a partir de 7% al 13% y disminuye en el 16% de cemento.

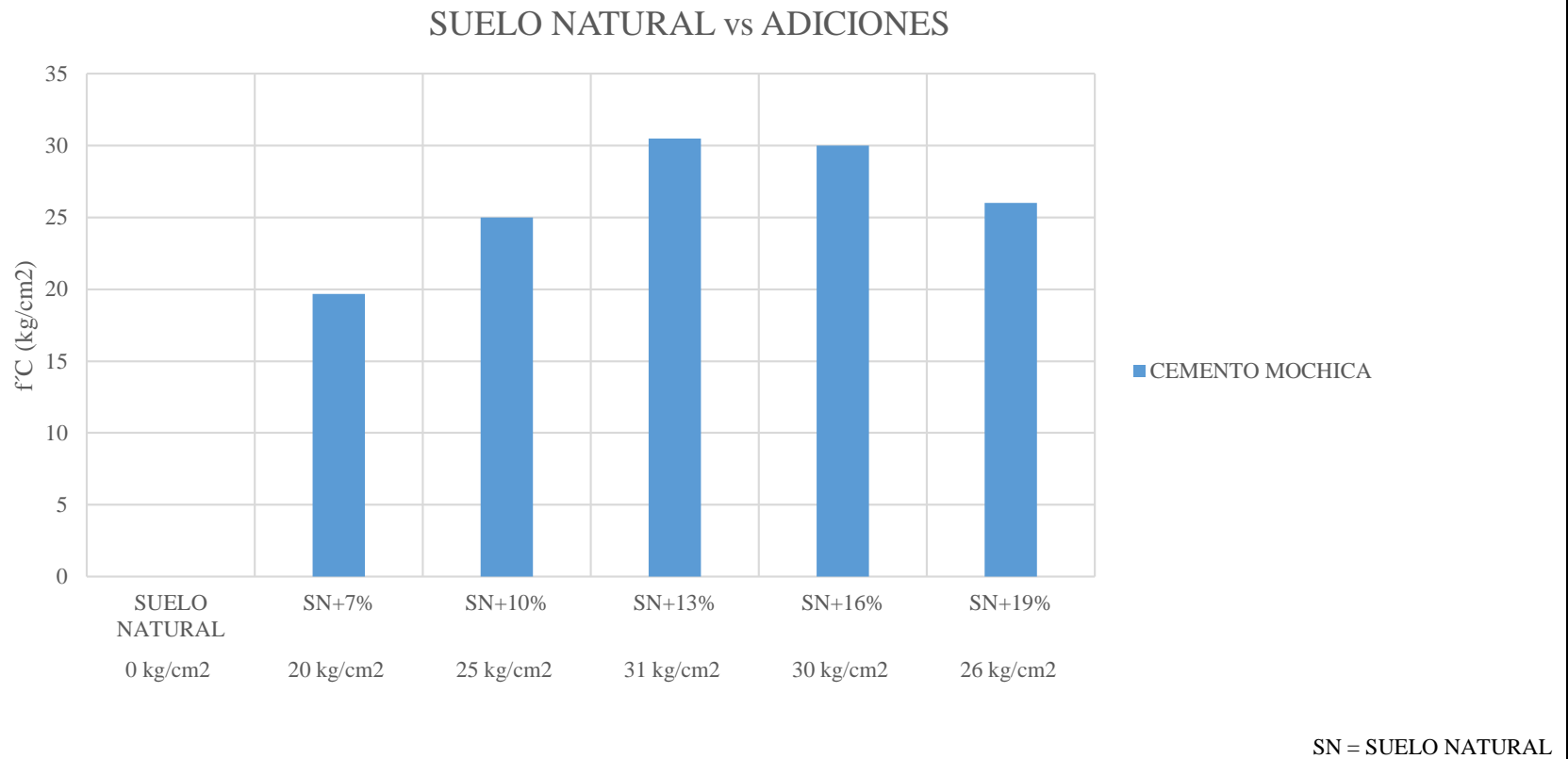


Figura 43. Suelo natural vs adición cemento Mochica

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Mochica en porcentajes de 7% a 19% de Monsefú 2.

A.4 *Estabilización con cemento Portland Pacasmayo Víaforte*

Tabla 74.

Resistencia de suelo-cemento de Monsefú 2 con cemento Víaforte

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Víaforte	7	10,11	1369,7	17	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Víaforte	7	10,11	1456,5	18	18
Suelo/Cemento 7%, M-3/Víaforte	7	10,11	1677,9	21	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Víaforte	7	10,11	2025,1	25	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Víaforte	7	10,11	1947,0	24	24
Suelo/Cemento 10%, M-3/Víaforte	7	10,11	1855,8	23	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Víaforte	7	10,11	2276,9	28	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Víaforte	7	10,11	2242,2	28	28
Suelo/Cemento 13%, M-3/Víaforte	7	10,11	2285,6	28	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Víaforte	7	10,11	2077,2	26	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Víaforte	7	10,11	2120,6	26	26
Suelo/Cemento 16%, M-3/Víaforte	7	10,11	2111,9	26	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Víaforte	7	10,11	1899,2	24	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Víaforte	7	10,11	1929,6	24	24
Suelo/Cemento 19%, M-3/Víaforte	7	10,11	1968,7	25	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Víaforte en peso, teniendo para Monsefú 2 como resultado que la resistencia promedio aumenta a partir de 7% al 13% y disminuye en el 16% de cemento.

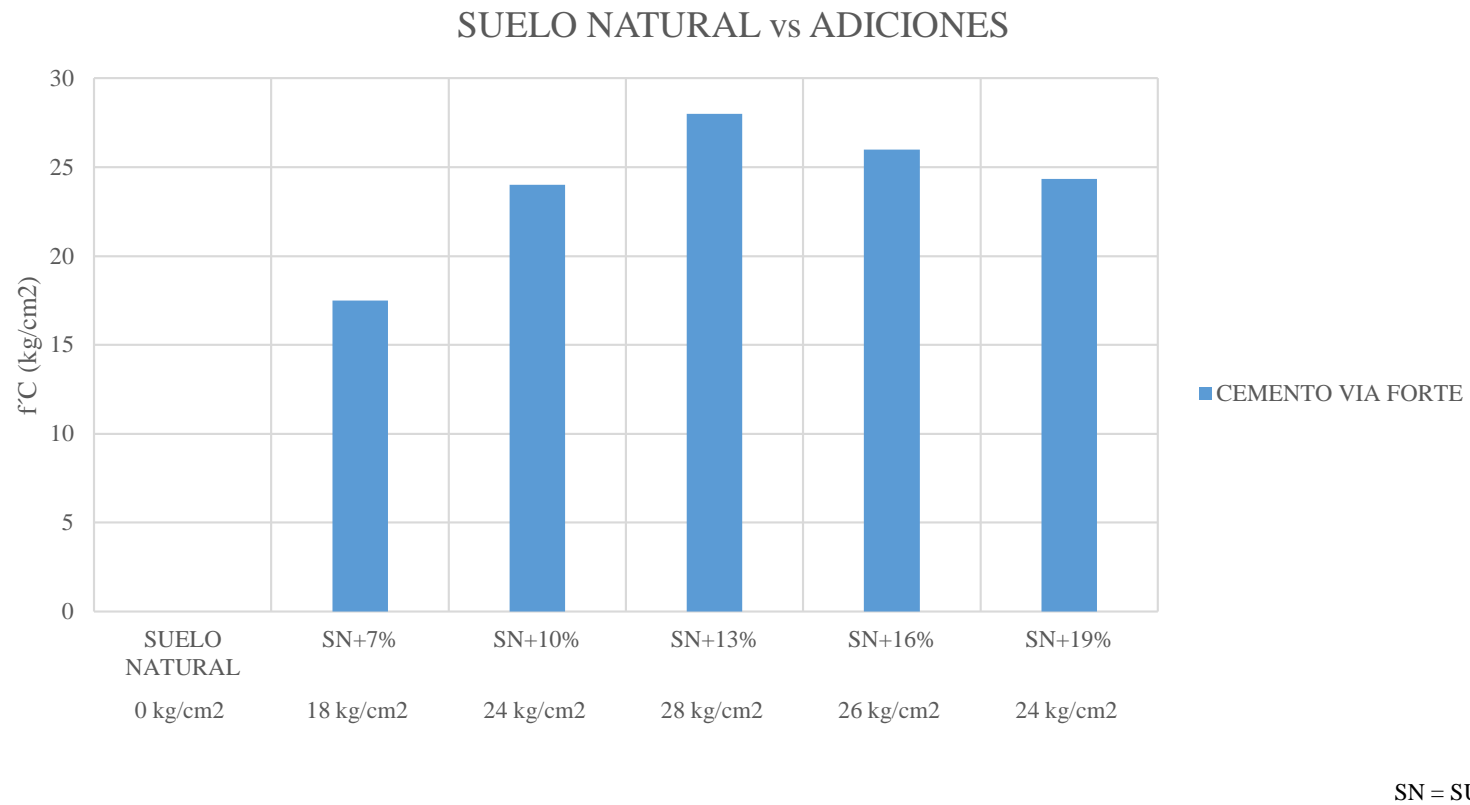


Figura 44. Suelo natural vs adición cemento Vía fuerte

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Vía fuerte en porcentajes de 7% a 19% de Monsefú 2.

B Muestra extraída de Ferreñafe – 2

B.1 Suelo natural – Ferreñafe - 2

Tabla 75.

Resistencia de suelo natural sin adición de cemento saturado en agua

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Ferreñafe 2/ M-1	7	10,11	0,0	0	
Ferreñafe 2/ M-2	7	10,11	0,0	0	0
Ferreñafe 2 / M-3	7	10,11	0,0	0	

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla no se obtuvo resistencia del suelo natural puesto que al sumergir la probeta en agua perdió su forma inicial de compactado, obteniendo los resultados mostrados, teniendo para Ferreñafe 2 como resistencia promedio de 0 kg/cm².

B.2 Estabilización con cemento Portland Qhuna

Tabla 76.

Resistencia de suelo-cemento de Ferreñafe 2 con cemento Qhuna

Identificación	Edad(días)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Qhuna	7	19	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Qhuna	7	18	18
Suelo/Cemento 7%, M-3/Qhuna	7	18	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Qhuna	7	22	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Qhuna	7	23	23
Suelo/Cemento 10%, M-3/Qhuna	7	27	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Qhuna	7	29	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Qhuna	7	29	29
Suelo/Cemento 13%, M-3/Qhuna	7	28	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Qhuna	7	28	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Qhuna	7	27	27
Suelo/Cemento 16%, M-3/Qhuna	7	27	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Qhuna	7	25	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Qhuna	7	24	24
Suelo/Cemento 19%, M-3/Qhuna	7	24	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Qhuna en peso, teniendo para Ferreñafe 2 como resultado que la resistencia promedio aumenta a partir de 7% al 13% y disminuye en el 16% de cemento.

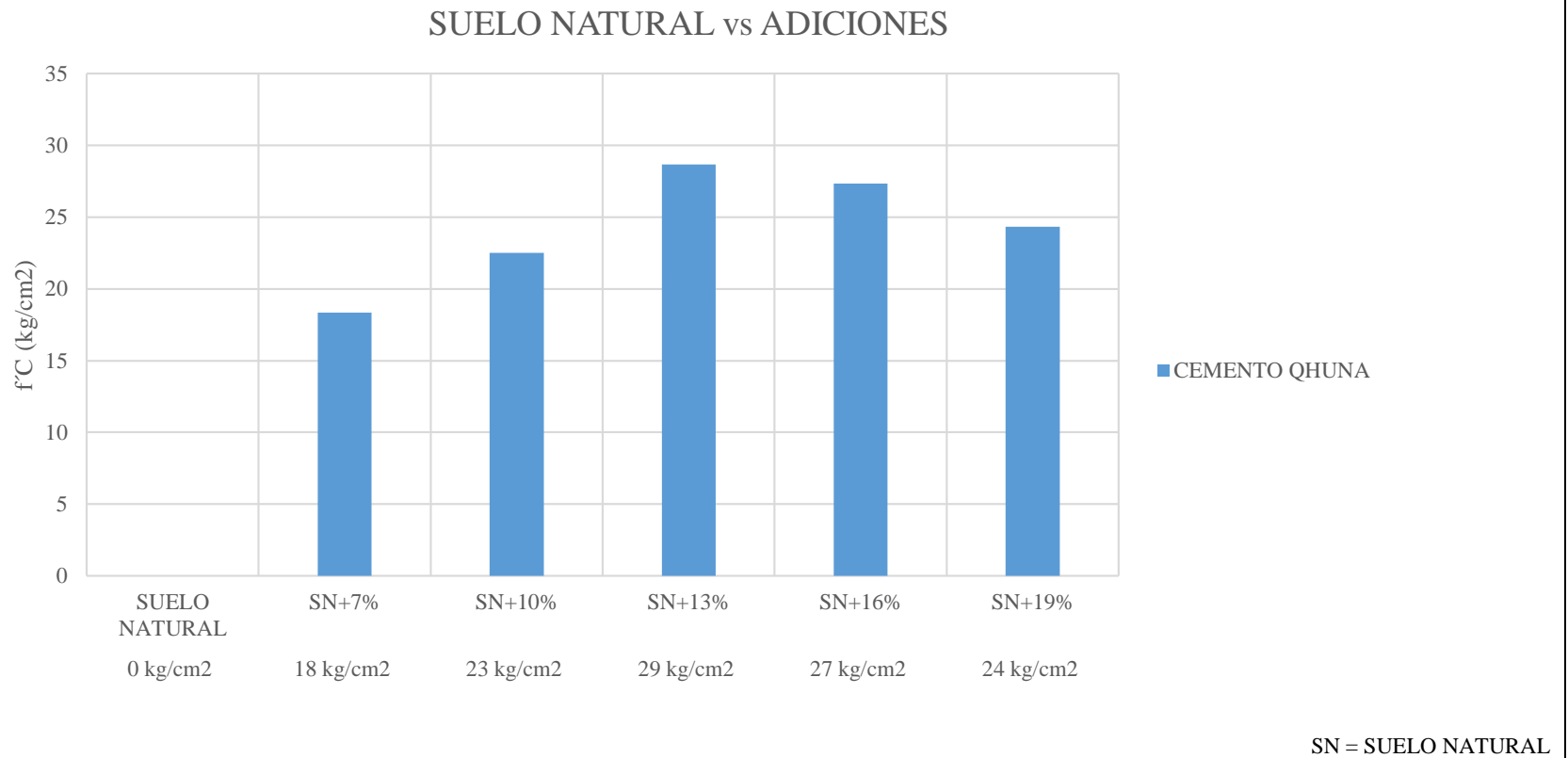


Figura 45. Suelo natural vs adición cemento Qhuna

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Qhuna en porcentajes de 7% a 19% de Ferreñafe 2.

B.3 Estabilización con cemento Portland Mochica

Tabla 77.

Resistencia de suelo-cemento de Ferreñafe 2 con cemento Mochica

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Mochica	7	10,11	935,6	12	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Mochica	7	10,11	926,9	12	12
Suelo/Cemento 7%, M-3/Mochica	7	10,11	944,3	12	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Mochica	7	10,11	1252,5	16	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Mochica	7	10,11	1209,1	15	15
Suelo/Cemento 10%, M-3/Mochica	7	10,11	1191,7	15	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Mochica	7	10,11	1552,0	19	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Mochica	7	10,11	1504,2	19	19
Suelo/Cemento 13%, M-3/Mochica	7	10,11	1599,7	20	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Mochica	7	10,11	1343,6	17	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Mochica	7	10,11	1304,6	16	17
Suelo/Cemento 16%, M-3/Mochica	7	10,11	1165,6	15	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Mochica	7	10,11	1031,1	13	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Mochica	7	10,11	1018,1	13	13
Suelo/Cemento 19%, M-3/Mochica	7	10,11	983,3	12	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Mochica en peso, teniendo para Ferreñafe 2 como resultado que la resistencia promedio aumenta a partir de 7% al 13% y disminuye en el 16% de cemento.

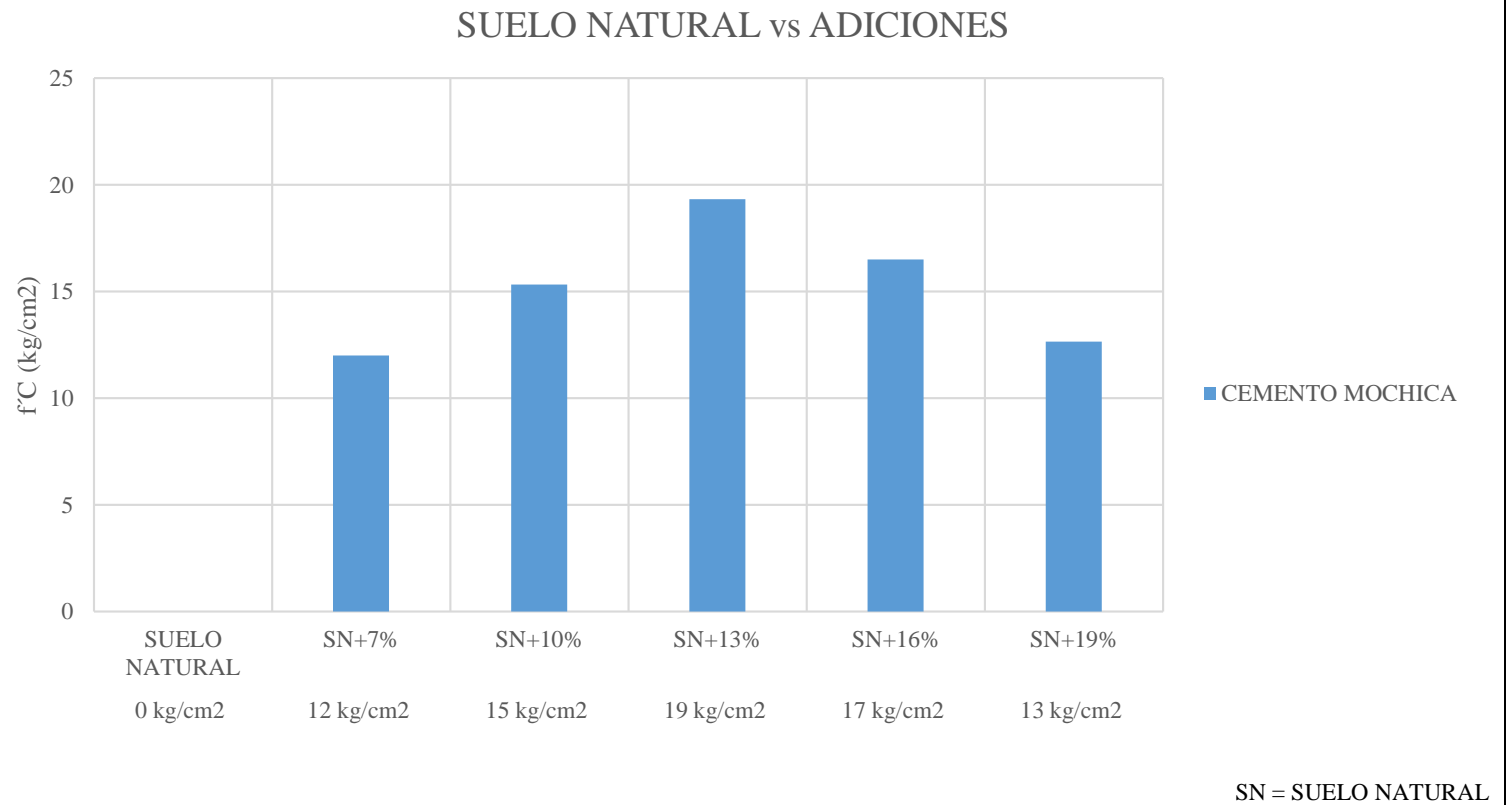


Figura 46. Suelo natural vs adición cemento Mochica

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Mochica en porcentajes de 7% a 19% de Ferreñafe 2.

B.4 Estabilización con cemento Portland Pacasmayo Víaforte

Tabla 78.

Resistencia de suelo-cemento de Ferreñafe 2 con cemento Víaforte

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Víaforte	7	10,11	935,6	12	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Víaforte	7	10,11	905,2	12	12
Suelo/Cemento 7%, M-3/Víaforte	7	10,11	909,5	12	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Víaforte	7	10,11	1326,3	14	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Víaforte	7	10,11	1426,1	14	14
Suelo/Cemento 10%, M-3/Víaforte	7	10,11	1369,7	13	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Víaforte	7	10,11	1339,3	17	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Víaforte	7	10,11	1439,1	17	17
Suelo/Cemento 13%, M-3/Víaforte	7	10,11	1452,1	16	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Víaforte	7	10,11	1560,7	15	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Víaforte	7	10,11	1525,9	15	15
Suelo/Cemento 16%, M-3/Víaforte	7	10,11	1604,1	15	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Víaforte	7	10,11	2151,0	13	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Víaforte	7	10,11	2172,7	12	12
Suelo/Cemento 19%, M-3/Víaforte	7	10,11	2198,8	12	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Víaforte en peso, teniendo para Ferreñafe 2 como resultado que la resistencia promedio aumenta a partir de 7% al 13% y disminuye en el 16% de cemento.

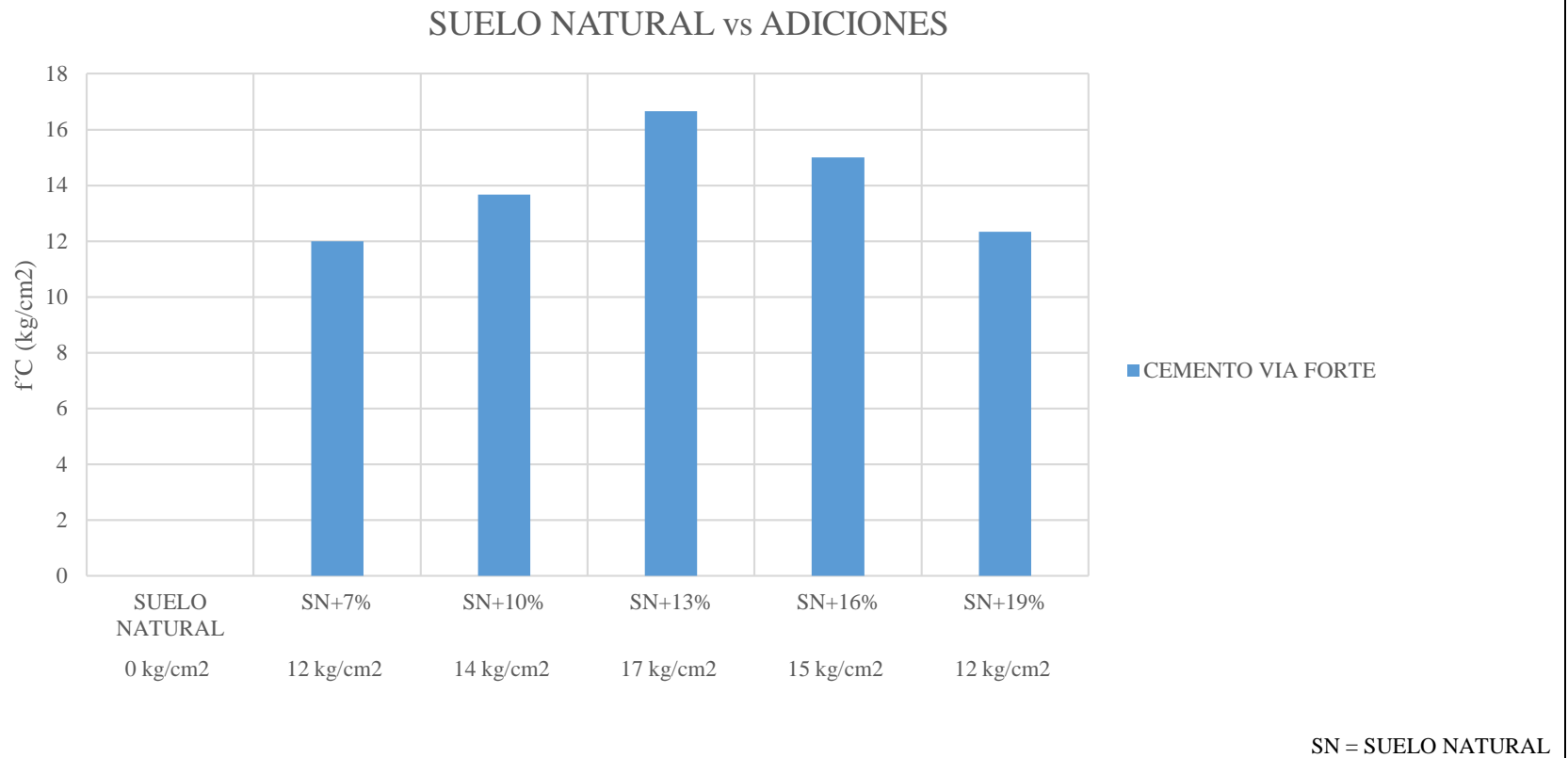


Figura 47. Suelo natural vs adición cemento Vía fuerte

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Vía fuerte en porcentajes de 7% a 19% de Ferreñafe 2.

C Muestra extraída de Pomalca

C.1 Suelo natural – Pomalca

Tabla 79.

Resistencia de suelo natural sin adición de cemento saturado en agua

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Pomalca / M-1	7	10,11	0,0	0	
Pomalca / M-2	7	10,11	0,0	0	0
Pomalca / M-3	7	10,11	0,0	0	

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla no se obtuvo resistencia del suelo natural puesto que al sumergir la probeta en agua perdió su forma inicial de compactado, obteniendo los resultados mostrados, teniendo para Pomalca como resistencia promedio de 0 kg/cm².

C.2 *Estabilización con cemento Portland Qhuna*

Tabla 80.

Resistencia de suelo-cemento de Pomalca con cemento Qhuna

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Qhuna	7	10,11	1677,9	21	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Qhuna	7	10,11	2498,3	31	20
Suelo/Cemento 7%, M-3/Qhuna	7	10,11	1543,3	19	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Qhuna	7	10,11	1929,6	24	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Qhuna	7	10,11	1886,2	24	24
Suelo/Cemento 10%, M-3/Qhuna	7	10,11	1981,7	25	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Qhuna	7	10,11	2120,6	26	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Qhuna	7	10,11	2446,2	30	30
Suelo/Cemento 13%, M-3/Qhuna	7	10,11	2320,3	29	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Qhuna	7	10,11	2107,6	26	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Qhuna	7	10,11	2606,8	32	26
Suelo/Cemento 16%, M-3/Qhuna	7	10,11	2068,5	26	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Qhuna	7	10,11	1369,7	17	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Qhuna	7	10,11	2628,5	33	17
Suelo/Cemento 19%, M-3/Qhuna	7	10,11	1330,6	17	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Qhuna en peso, teniendo para Pomalca como resultado que la resistencia promedio aumenta a partir de 7% al 13% y disminuye en el 16% de cemento.

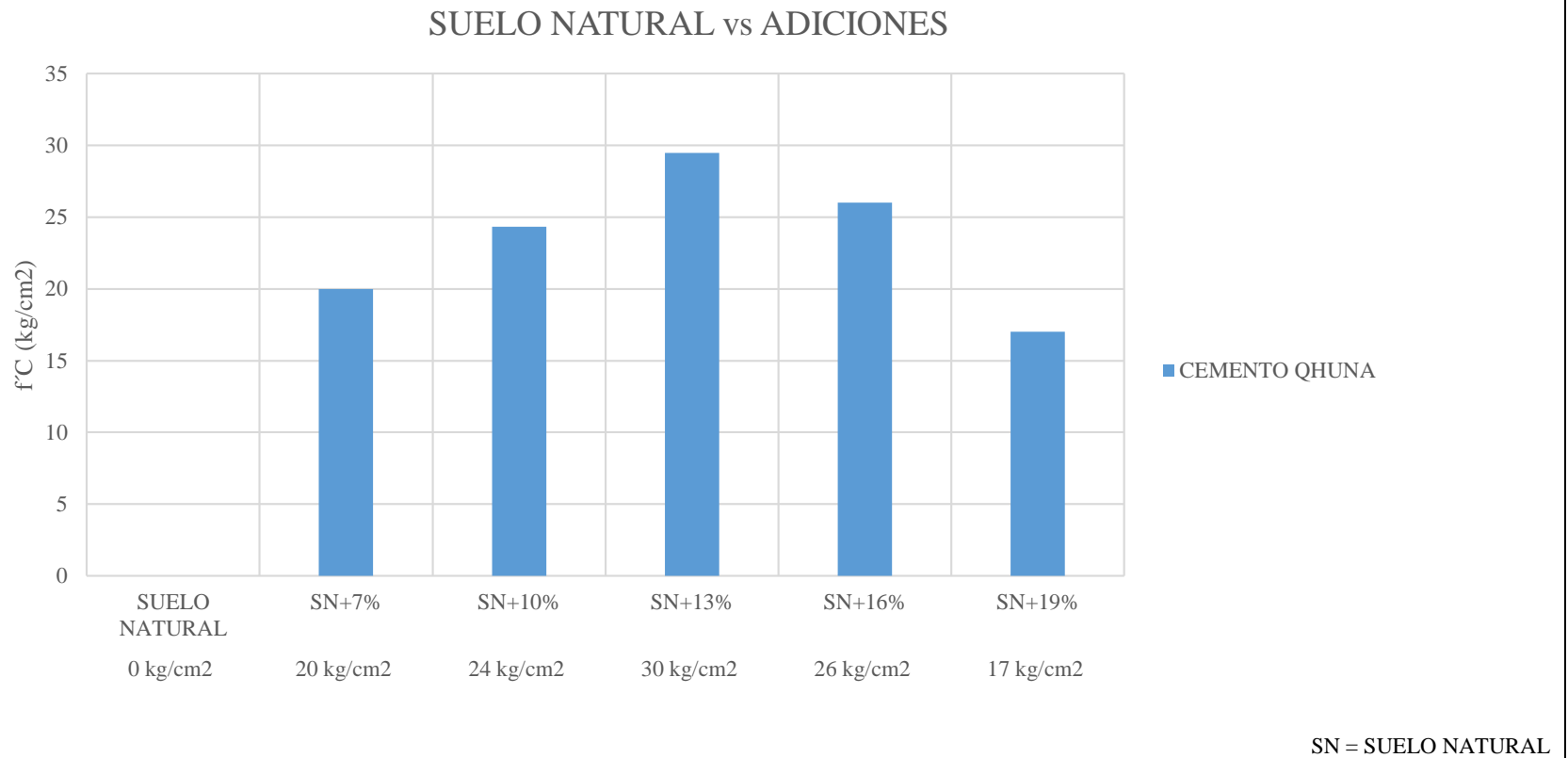


Figura 48. Suelo natural vs adición cemento Qhuna

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Qhuna en porcentajes de 7% a 19% de Pomalca.

C.3 Estabilización con cemento Portland Mochica

Tabla 81.

Resistencia de suelo-cemento de Pomalca con cemento Mochica

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Mochica	7	10,11	766,3	10	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Mochica	7	10,11	601,3	7	10
Suelo/Cemento 7%, M-3/Mochica	7	10,11	731,6	9	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Mochica	7	10,11	1022,4	13	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Mochica	7	10,11	1117,9	14	13
Suelo/Cemento 10%, M-3/Mochica	7	10,11	992,0	12	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Mochica	7	10,11	1469,5	18	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Mochica	7	10,11	961,6	12	19
Suelo/Cemento 13%, M-3/Mochica	7	10,11	1595,4	20	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Mochica	7	10,11	1256,8	16	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Mochica	7	10,11	1157,0	14	15
Suelo/Cemento 16%, M-3/Mochica	7	10,11	1204,7	15	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Mochica	7	10,11	983,3	12	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Mochica	7	10,11	961,6	12	12
Suelo/Cemento 19%, M-3/Mochica	7	10,11	1274,2	16	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Mochica en peso, teniendo para Pomalca como resultado que la resistencia promedio aumenta a partir de 7% al 13% y disminuye en el 16% de cemento.

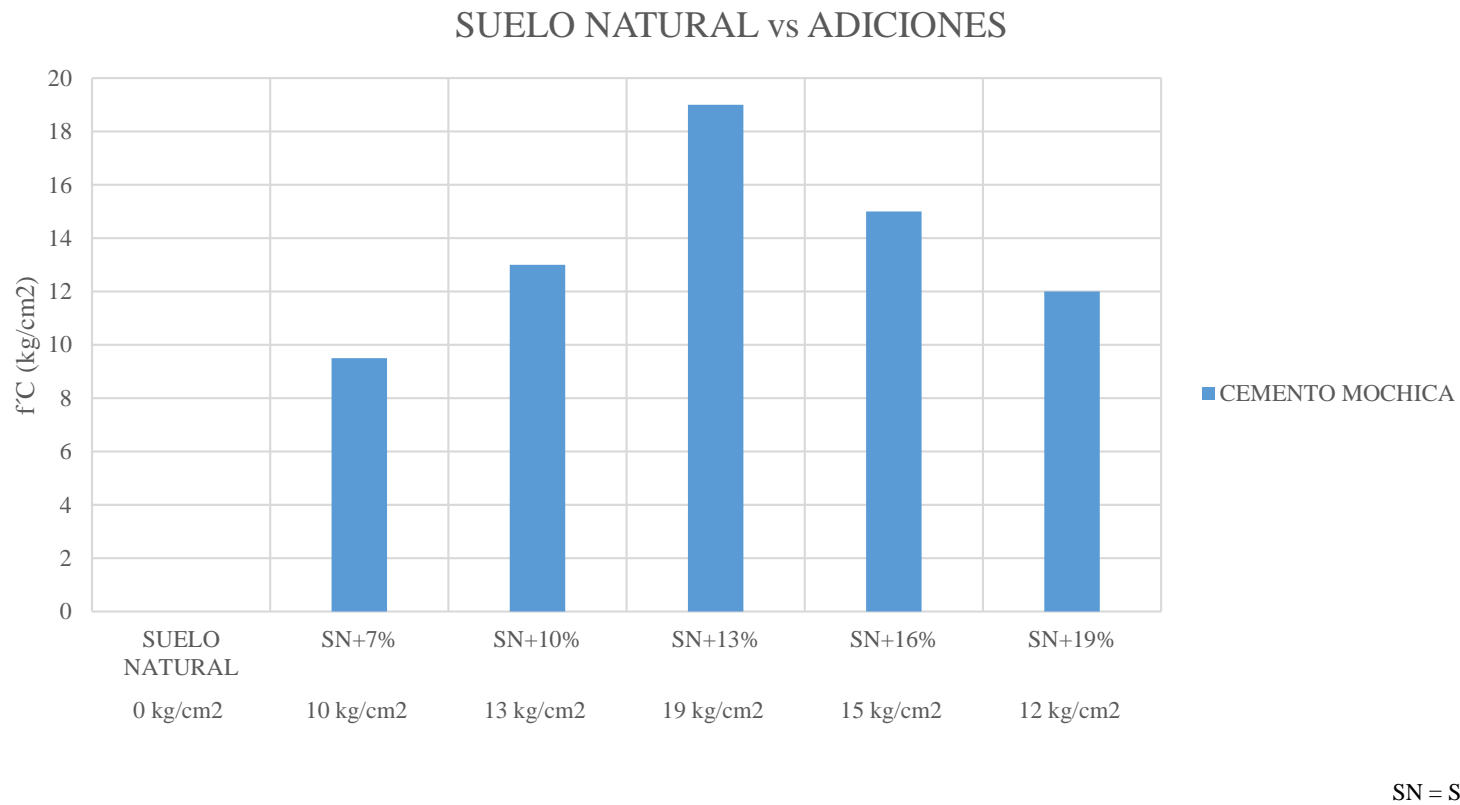


Figura 49. Suelo natural vs adición cemento Mochica

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Mochica en porcentajes de 7% a 19% de Pomalca.

C.4 Estabilización con cemento Portland Pacasmayo Víaforte

Tabla 82.

Resistencia de suelo-cemento de Pomalca con cemento Víaforte

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Víaforte	7	10,11	497,2	6	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Víaforte	7	10,11	1018,1	13	7
Suelo/Cemento 7%, M-3/Víaforte	7	10,11	588,3	7	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Víaforte	7	10,11	1039,8	13	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Víaforte	7	10,11	818,4	10	11
Suelo/Cemento 10%, M-3/Víaforte	7	10,11	861,8	11	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Víaforte	7	10,11	796,7	10	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Víaforte	7	10,11	1300,2	16	17
Suelo/Cemento 13%, M-3/Víaforte	7	10,11	1326,3	17	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Víaforte	7	10,11	1252,5	16	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Víaforte	7	10,11	1408,7	18	18
Suelo/Cemento 16%, M-3/Víaforte	7	10,11	1391,4	17	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Víaforte	7	10,11	1065,8	13	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Víaforte	7	10,11	974,6	12	12
Suelo/Cemento 19%, M-3/Víaforte	7	10,11	948,6	12	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Víaforte en peso, teniendo para Pomalca como resultado que la resistencia promedio aumenta a partir de 7% al 16% y disminuye en el 19% de cemento.

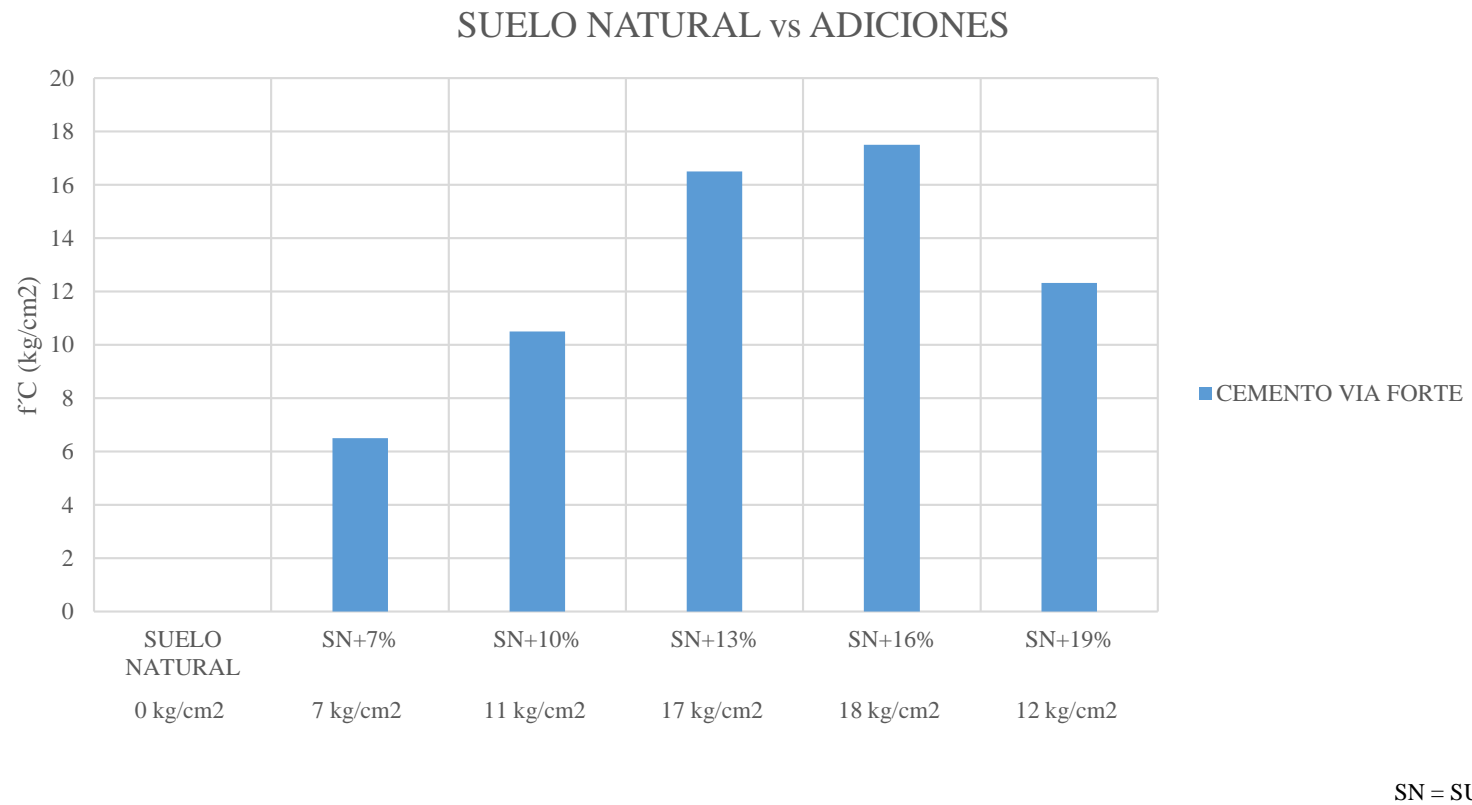


Figura 50. Suelo natural vs adición cemento Vía fuerte

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Vía fuerte en porcentajes de 7% a 19% de Pomalca.

3.1.2.4 Muestras de Afirmados

A *Muestra de Afirmado I*

A.1 *Afirmado I sin adición de cemento*

Tabla 83.

Resistencia de suelo natural sin adición de cemento saturado en agua

Identificación	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga (kg)	f'c Obtenido (kg/cm ²)	f'c Promedio (kg/cm ²)
Afirmado I / M-1	7	10,11	0	0	
Afirmado I / M-2	7	10,11	0	0	0
Afirmado I / M-3	7	10,11	0	0	

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla no se obtuvo resistencia del suelo natural puesto que al sumergir la probeta en agua perdió su forma inicial de compactado, obteniendo los resultados mostrados, teniendo para el Afirmado I como resistencia promedio de 0 kg/cm².

A.2 Estabilización con cemento Portland Qhuna

Tabla 84.

Resistencia de suelo-cemento de Afirmado I con cemento Qhuna

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Qhuna	7	10,11	1851,5	23	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Qhuna	7	10,11	1981,7	25	23
Suelo/Cemento 7%, M-3/Qhuna	7	10,11	1821,1	23	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Qhuna	7	10,11	2237,8	28	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Qhuna	7	10,11	2224,8	28	28
Suelo/Cemento 10%, M-3/Qhuna	7	10,11	2231,3	28	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Qhuna	7	10,11	2550,4	32	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Qhuna	7	10,11	2598,1	32	32
Suelo/Cemento 13%, M-3/Qhuna	7	10,11	2333,3	29	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Qhuna	7	10,11	2333,3	29	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Qhuna	7	10,11	2285,6	28	29
Suelo/Cemento 16%, M-3/Qhuna	7	10,11	2368,1	30	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Qhuna	7	10,11	1890,6	24	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Qhuna	7	10,11	2125,0	26	24
Suelo/Cemento 19%, M-3/Qhuna	7	10,11	1851,5	23	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Qhuna en peso, teniendo para Afirmado I como resultado que la resistencia promedio aumenta a partir de 7% al 13% y disminuye en el 16% de cemento.

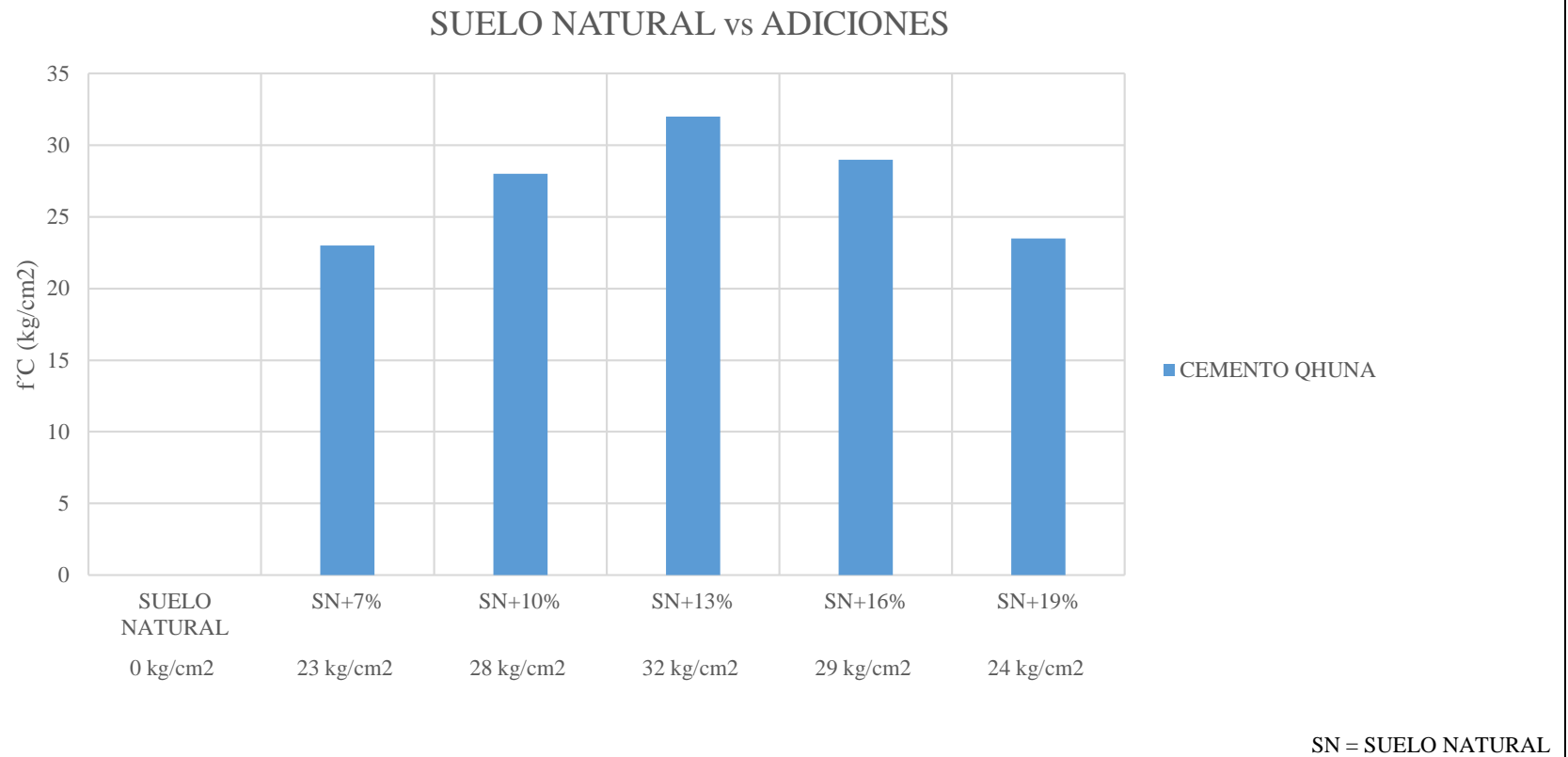


Figura 51. Suelo natural vs adición cemento Qhuna

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Qhuna en porcentajes de 7% a 19% de Afirmado 1.

A.3 Estabilización con cemento Portland Mochica

Tabla 85.

Resistencia de suelo-cemento de Afirmado I con cemento Mochica

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm²)	f'c Promedio(kg/cm²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Mochica	7	10,11	1057,1	13	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Mochica	7	10,11	1091,9	14	13
Suelo/Cemento 7%, M-3/Mochica	7	10,11	992,0	12	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Mochica	7	10,11	1499,9	19	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Mochica	7	10,11	1408,7	18	18
Suelo/Cemento 10%, M-3/Mochica	7	10,11	1478,2	18	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Mochica	7	10,11	1977,4	25	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Mochica	7	10,11	1947,0	24	25
Suelo/Cemento 13%, M-3/Mochica	7	10,11	1760,3	22	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Mochica	7	10,11	1638,8	20	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Mochica	7	10,11	1703,9	21	21
Suelo/Cemento 16%, M-3/Mochica	7	10,11	1721,3	21	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Mochica	7	10,11	1417,4	18	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Mochica	7	10,11	1408,7	18	18
Suelo/Cemento 19%, M-3/Mochica	7	10,11	1382,7	17	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Mochica en peso, teniendo para Afirmado I como resultado que la resistencia promedio aumenta a partir de 7% al 13% y disminuye en el 16% de cemento.

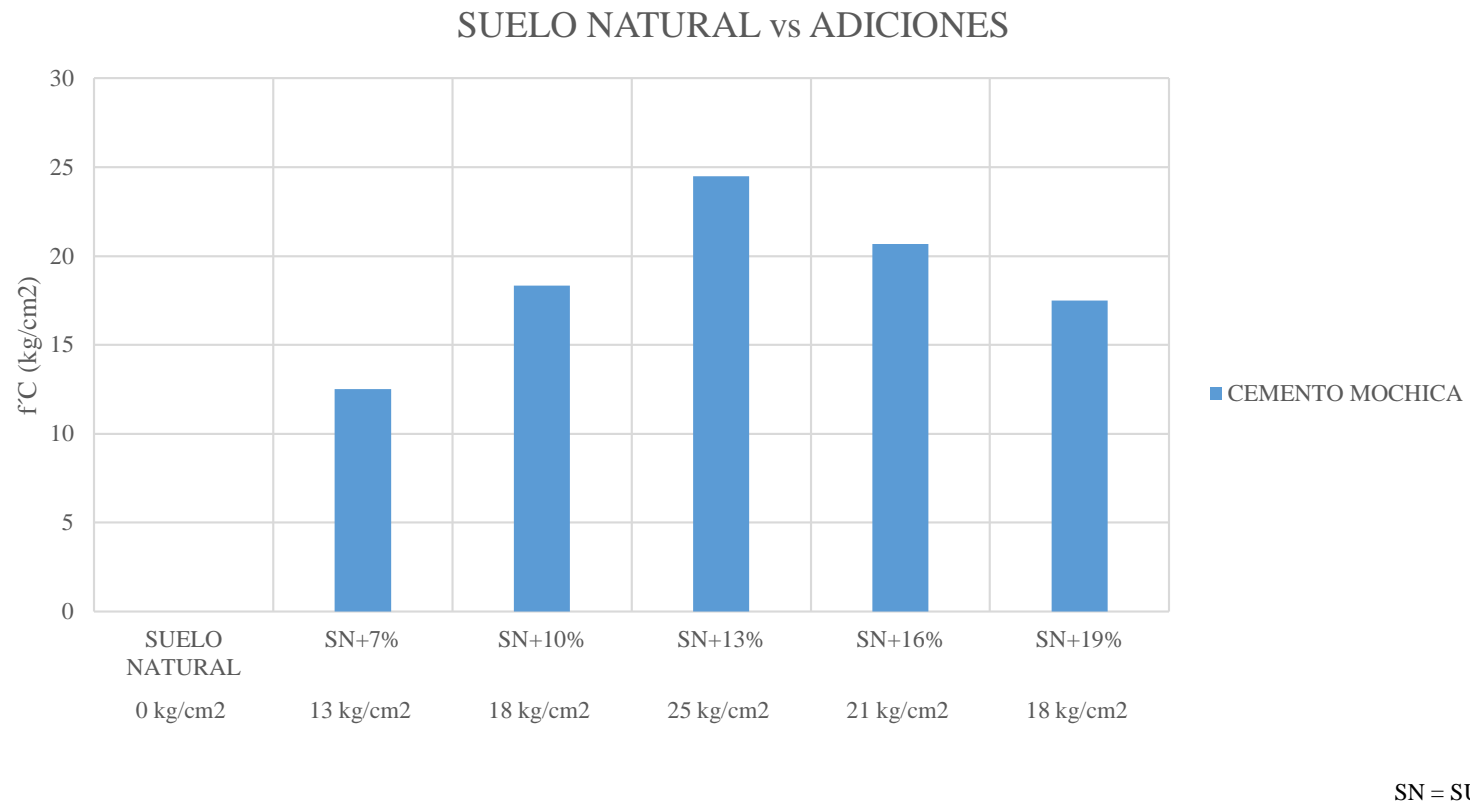


Figura 52. Suelo natural vs adición cemento Mochica

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Mochica en porcentajes de 7% a 19% de Afirmado I.

A.4 Estabilización con cemento Portland Pacasmayo Víaforte

Tabla 86.

Resistencia de suelo-cemento de Afirmado I con cemento Víaforte

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Víaforte	7	10,11	1057,1	13	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Víaforte	7	10,11	983,3	12	13
Suelo/Cemento 7%, M-3/Víaforte	7	10,11	1018,1	13	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Víaforte	7	10,11	1252,5	16	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Víaforte	7	10,11	1295,9	16	16
Suelo/Cemento 10%, M-3/Víaforte	7	10,11	1326,3	17	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Víaforte	7	10,11	1547,6	19	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Víaforte	7	10,11	1591,0	20	19
Suelo/Cemento 13%, M-3/Víaforte	7	10,11	1525,9	19	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Víaforte	7	10,11	1369,7	17	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Víaforte	7	10,11	1426,1	18	18
Suelo/Cemento 16%, M-3/Víaforte	7	10,11	1595,4	20	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Víaforte	7	10,11	1256,8	16	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Víaforte	7	10,11	1200,4	15	16
Suelo/Cemento 19%, M-3/Víaforte	7	10,11	1252,5	16	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Víaforte en peso, teniendo para Afirmado I como resultado que la resistencia promedio aumenta a partir de 7% al 13% y disminuye en el 16% de cemento.

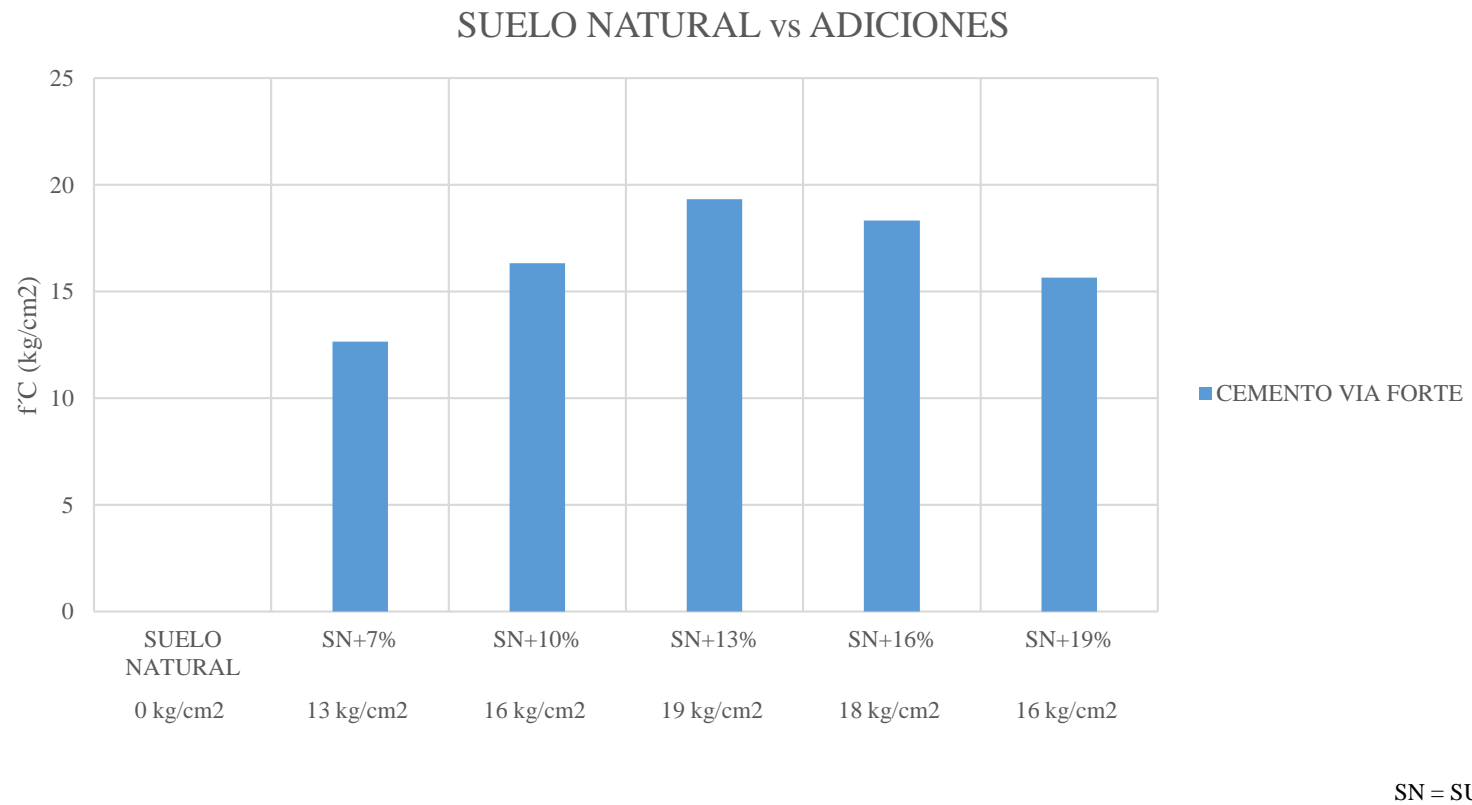


Figura 53. Suelo natural vs adición cemento Vía fuerte

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Vía fuerte en porcentajes de 7% a 19% de Afirmado I.

B Muestra de Afirmado II

B.1 Afirmado II sin adición de cemento

Tabla 87.

Resistencia de suelo natural sin adición de cemento saturado en agua

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Afirmado II / M-1	7	10,11	0,0	0	
Afirmado II / M-2	7	10,11	0,0	0	0
Afirmado II / M-3	7	10,11	0,0	0	

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla no se obtuvo resistencia del suelo natural puesto que al sumergir la probeta en agua perdió su forma inicial de compactado, obteniendo los resultados mostrados, teniendo para Afirmado II como resistencia promedio de 0 kg/cm².

B.2 Estabilización con cemento Portland Qhuna

Tabla 88.

Resistencia de suelo-cemento de Afirmado II con cemento Qhuna

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Qhuna	7	10,11	2463,5	31	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Qhuna	7	10,11	2211,8	28	30
Suelo/Cemento 7%, M-3/Qhuna	7	10,11	2337,7	29	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Qhuna	7	10,11	2593,8	32	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Qhuna	7	10,11	2498,3	31	32
Suelo/Cemento 10%, M-3/Qhuna	7	10,11	2546,0	32	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Qhuna	7	10,11	2758,7	34	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Qhuna	7	10,11	2897,6	36	35
Suelo/Cemento 13%, M-3/Qhuna	7	10,11	2828,2	35	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Qhuna	7	10,11	3149,4	39	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Qhuna	7	10,11	2402,8	30	30
Suelo/Cemento 16%, M-3/Qhuna	7	10,11	2320,3	29	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Qhuna	7	10,11	2029,5	25	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Qhuna	7	10,11	4269,3	53	25
Suelo/Cemento 19%, M-3/Qhuna	7	10,11	1981,7	25	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Qhuna en peso, teniendo para Afirmado II como resultado que la resistencia promedio aumenta a partir de 7% al 13% y disminuye en el 16% de cemento.

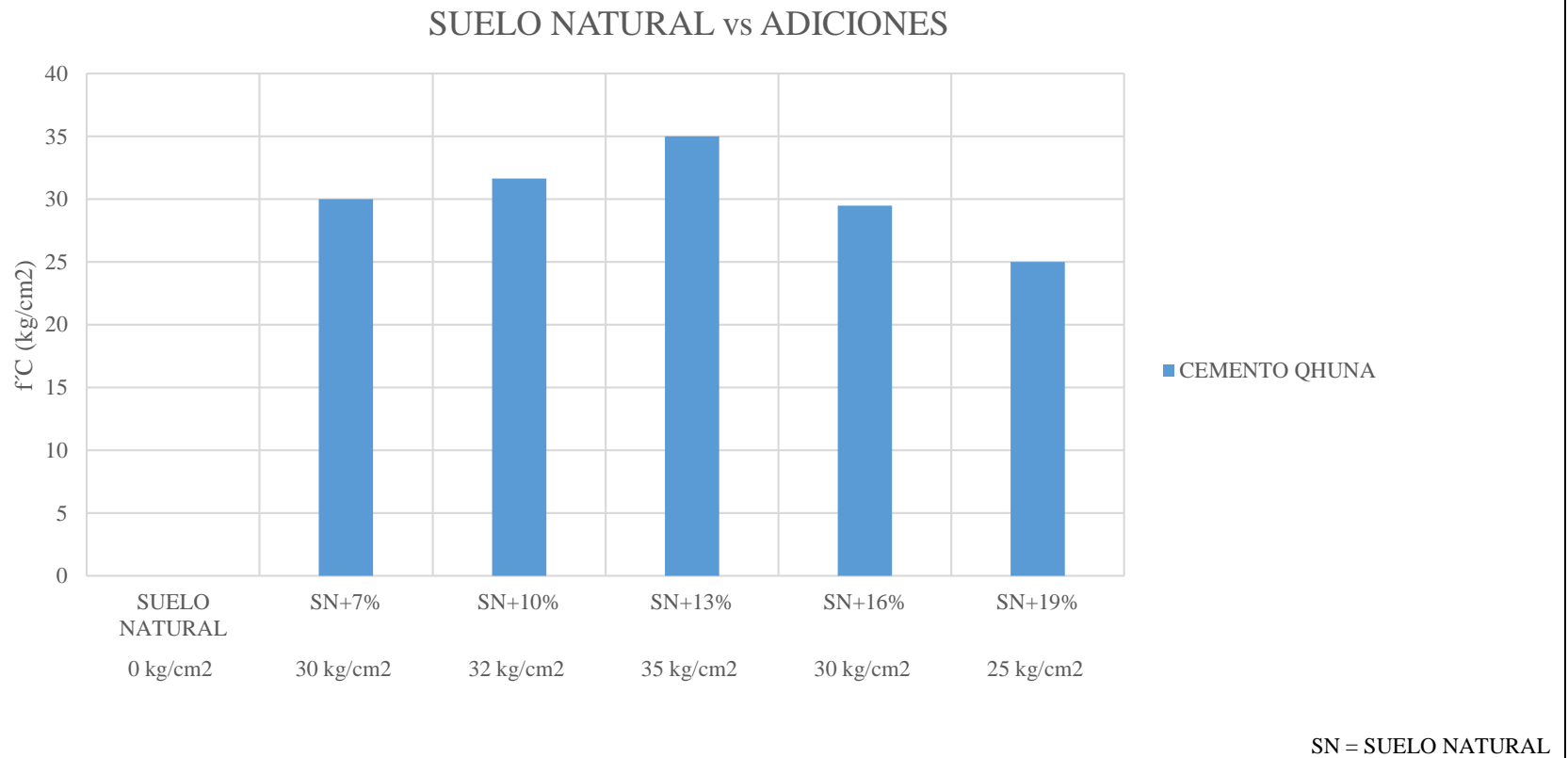


Figura 54. Suelo natural vs adición cemento Qhuna

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Qhuna en porcentajes de 7% a 19% de Afirmado II.

B.3 Estabilización con cemento Portland Mochica

Tabla 89.

Resistencia de suelo-cemento de Afirmado II con cemento Mochica

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Mochica	7	10,11	1547,6	19	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Mochica	7	10,11	1499,9	19	19
Suelo/Cemento 7%, M-3/Mochica	7	10,11	1473,8	18	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Mochica	7	10,11	1890,6	24	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Mochica	7	10,11	2059,9	26	25
Suelo/Cemento 10%, M-3/Mochica	7	10,11	1981,7	25	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Mochica	7	10,11	2350,7	29	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Mochica	7	10,11	2229,1	28	29
Suelo/Cemento 13%, M-3/Mochica	7	10,11	2324,6	29	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Mochica	7	10,11	2133,6	27	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Mochica	7	10,11	2515,6	31	27
Suelo/Cemento 16%, M-3/Mochica	7	10,11	2164,0	27	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Mochica	7	10,11	2515,6	31	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Mochica	7	10,11	1938,3	24	25
Suelo/Cemento 19%, M-3/Mochica	7	10,11	1994,7	25	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Qhuna en peso, teniendo para Afirmado II como resultado que la resistencia promedio aumenta a partir de 7% al 13% y disminuye en el 16% de cemento.

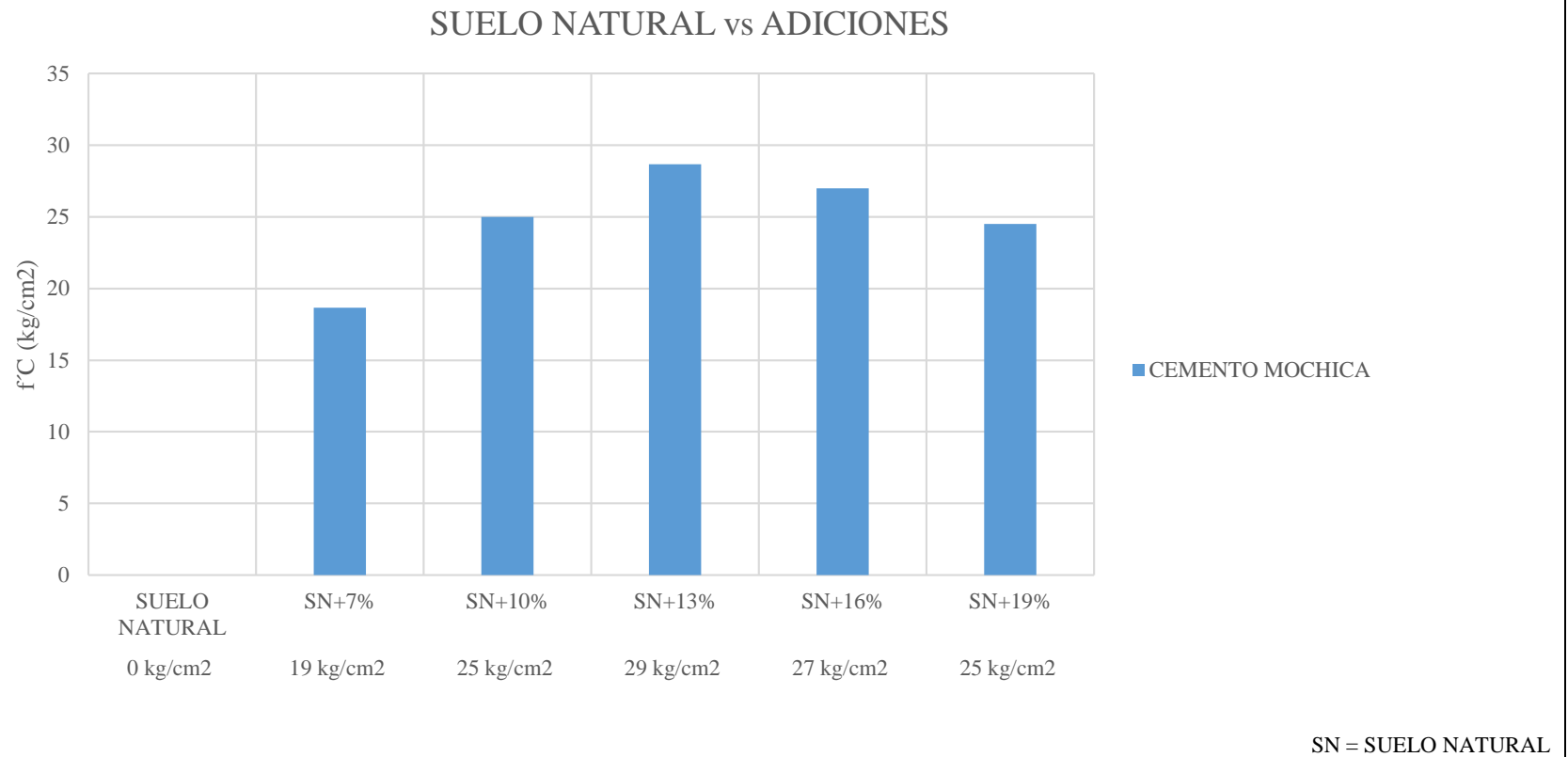


Figura 55. Suelo natural vs adición cemento Mochica

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Mochica en porcentajes de 7% a 19% de Afirmado II.

B.4 Estabilización con cemento Portland Pacasmayo Víaforte

Tabla 90.

Resistencia de suelo-cemento de Afirmado II con cemento Víaforte

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Víaforte	7	10,11	1078,8	13	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Víaforte	7	10,11	1287,2	16	15
Suelo/Cemento 7%, M-3/Víaforte	7	10,11	1339,3	17	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Víaforte	7	10,11	1308,9	16	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Víaforte	7	10,11	1369,7	17	17
Suelo/Cemento 10%, M-3/Víaforte	7	10,11	1421,8	18	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Víaforte	7	10,11	1586,7	20	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Víaforte	7	10,11	1070,1	13	20
Suelo/Cemento 13%, M-3/Víaforte	7	10,11	1638,8	20	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Víaforte	7	10,11	1361,0	17	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Víaforte	7	10,11	1864,5	23	18
Suelo/Cemento 16%, M-3/Víaforte	7	10,11	1417,4	18	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Víaforte	7	10,11	1716,9	21	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Víaforte	7	10,11	1413,1	18	17
Suelo/Cemento 19%, M-3/Víaforte	7	10,11	1321,9	16	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Víaforte en peso, teniendo para Afirmado II como resultado que la resistencia promedio aumenta a partir de 7% al 13% y disminuye en el 16% de cemento.

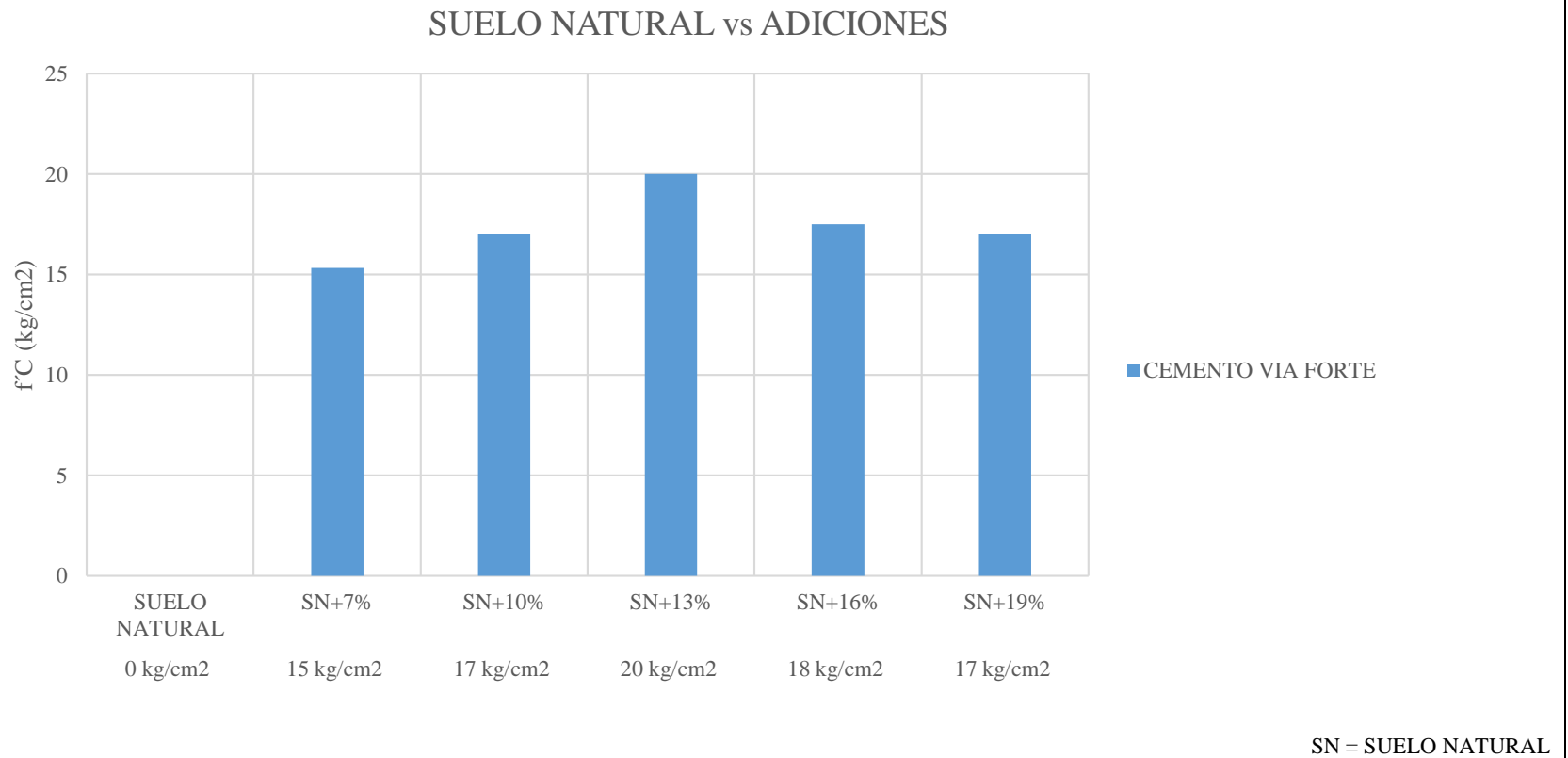


Figura 56.Suelo natural vs adición cemento Víaforte

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Víaforte en porcentajes de 7% a 19% de Afirmado II.

C Muestra de Afirmado III

C.1 Afirmado III sin adición de cemento

Tabla 91.

Resistencia de suelo natural sin adición de cemento saturado en agua

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Afirmado III / M-1	7	10,11	0,0	0	
Afirmado III / M-2	7	10,11	0,0	0	0
Afirmado III / M-3	7	10,11	0,0	0	

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla no se obtuvo resistencia del suelo natural puesto que al sumergir la probeta en agua perdió su forma inicial de compactado, obteniendo los resultados mostrados, teniendo para Afirmado III como resistencia promedio de 0 kg/cm².

C.2 *Estabilización con cemento Portland Qhuna*

Tabla 92.

Resistencia de suelo-cemento de Afirmado III con cemento Qhuna

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Qhuna	7	10,11	2151,0	27	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Qhuna	7	10,11	1981,7	25	26
Suelo/Cemento 7%, M-3/Qhuna	7	10,11	2064,2	26	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Qhuna	7	10,11	2454,9	31	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Qhuna	7	10,11	2515,6	31	31
Suelo/Cemento 10%, M-3/Qhuna	7	10,11	2485,3	31	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Qhuna	7	10,11	2980,1	37	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Qhuna	7	10,11	2168,4	27	37
Suelo/Cemento 13%, M-3/Qhuna	7	10,11	2849,9	36	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Qhuna	7	10,11	2411,5	30	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Qhuna	7	10,11	2567,7	32	31
Suelo/Cemento 16%, M-3/Qhuna	7	10,11	2489,6	31	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Qhuna	7	10,11	2103,3	26	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Qhuna	7	10,11	2237,8	28	27
Suelo/Cemento 19%, M-3/Qhuna	7	10,11	2170,5	27	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Qhuna en peso, teniendo para Afirmado III como resultado que la resistencia promedio aumenta a partir de 7% al 13% y disminuye en el 16% de cemento.

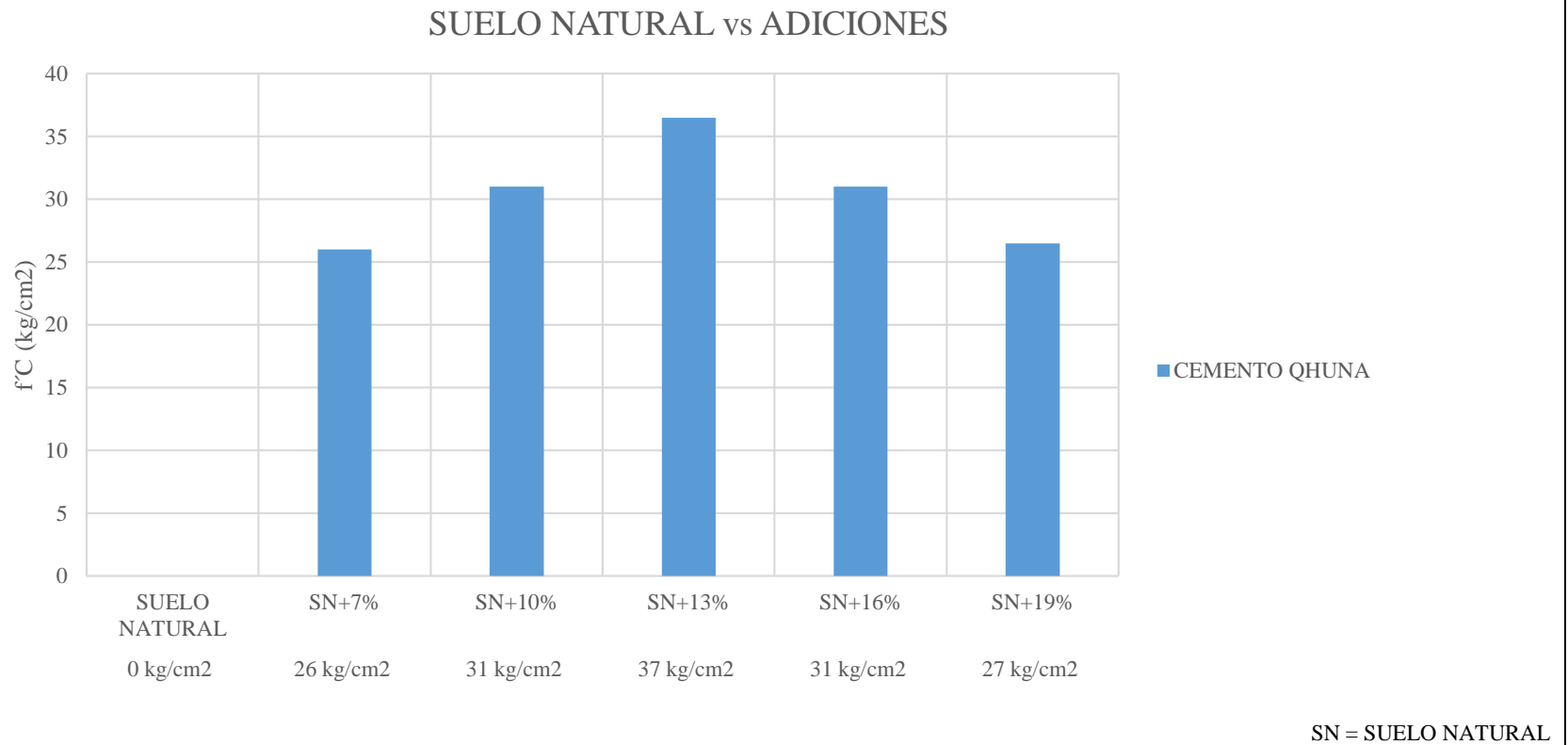


Figura 57.Suelo natural vs adición cemento Qhuna

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Qhuna en porcentajes de 7% a 19% de Afirmado III.

C.3 Estabilización con cemento Portland Mochica

Tabla 93.

Resistencia de suelo-cemento de Afirmado III con cemento Mochica

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Mochica	7	10,11	1083,2	13	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Mochica	7	10,11	1061,5	13	14
Suelo/Cemento 7%, M-3/Mochica	7	10,11	1170,0	15	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Mochica	7	10,11	1738,6	22	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Mochica	7	10,11	1716,9	21	21
Suelo/Cemento 10%, M-3/Mochica	7	10,11	1599,7	20	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Mochica	7	10,11	2046,8	26	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Mochica	7	10,11	2229,1	28	26
Suelo/Cemento 13%, M-3/Mochica	7	10,11	2125,0	26	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Mochica	7	10,11	1499,9	19	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Mochica	7	10,11	1786,4	22	20
Suelo/Cemento 16%, M-3/Mochica	7	10,11	1690,9	21	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Mochica	7	10,11	1469,5	18	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Mochica	7	10,11	1569,3	20	19
Suelo/Cemento 19%, M-3/Mochica	7	10,11	1426,1	18	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Cemento Mochica en peso, teniendo para Afirmado III como resultado que la resistencia promedio aumenta a partir de 7% al 13% y disminuye en el 16% de cemento.

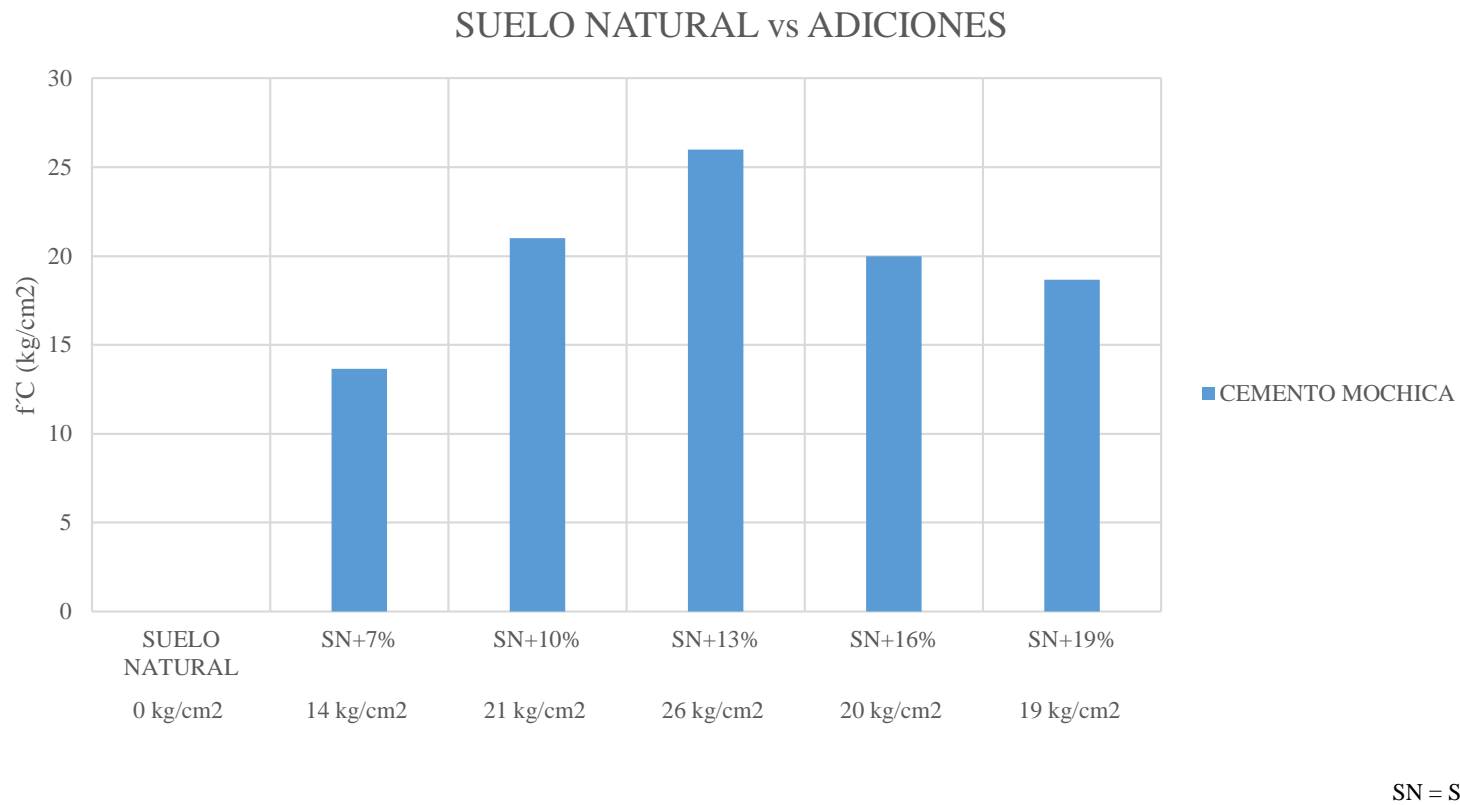


Figura 58. Suelo natural vs adición cemento Mochica

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Mochica en porcentajes de 7% a 19% de Afirmado III.

C.4 Estabilización con cemento Portland Pacasmayo Víaforte

Tabla 94.

Resistencia de suelo-cemento de Afirmado III con cemento Víaforte

Identificación	Edad(días)	Diámetro(cm)	Carga(kg)	f'c Obtenido(kg/cm ²)	f'c Promedio(kg/cm ²)
Suelo/Cemento 7%, M-1/Víaforte	7	10,11	1157,0	14	
Suelo/Cemento 7%, M-2/Víaforte	7	10,11	1439,1	18	14
Suelo/Cemento 7%, M-3/Víaforte	7	10,11	1104,9	14	
Suelo/Cemento 10%, M-1/Víaforte	7	10,11	1361,0	17	
Suelo/Cemento 10%, M-2/Víaforte	7	10,11	1178,7	15	18
Suelo/Cemento 10%, M-3/Víaforte	7	10,11	1430,4	18	
Suelo/Cemento 13%, M-1/Víaforte	7	10,11	1495,5	19	
Suelo/Cemento 13%, M-2/Víaforte	7	10,11	1851,5	23	24
Suelo/Cemento 13%, M-3/Víaforte	7	10,11	1981,7	25	
Suelo/Cemento 16%, M-1/Víaforte	7	10,11	1838,5	23	
Suelo/Cemento 16%, M-2/Víaforte	7	10,11	1560,7	19	19
Suelo/Cemento 16%, M-3/Víaforte	7	10,11	1504,2	19	
Suelo/Cemento 19%, M-1/Víaforte	7	10,11	1408,7	18	
Suelo/Cemento 19%, M-2/Víaforte	7	10,11	1816,8	23	18
Suelo/Cemento 19%, M-3/Víaforte	7	10,11	1326,3	17	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestran las diferentes resistencias de los ensayos realizados en laboratorio con suelos natural agregándole proporciones de 7% a 19% de Víaforte en peso, teniendo para Afirmado III como resultado que la resistencia promedio aumenta a partir de 7% al 13% y disminuye en el 16% de cemento.

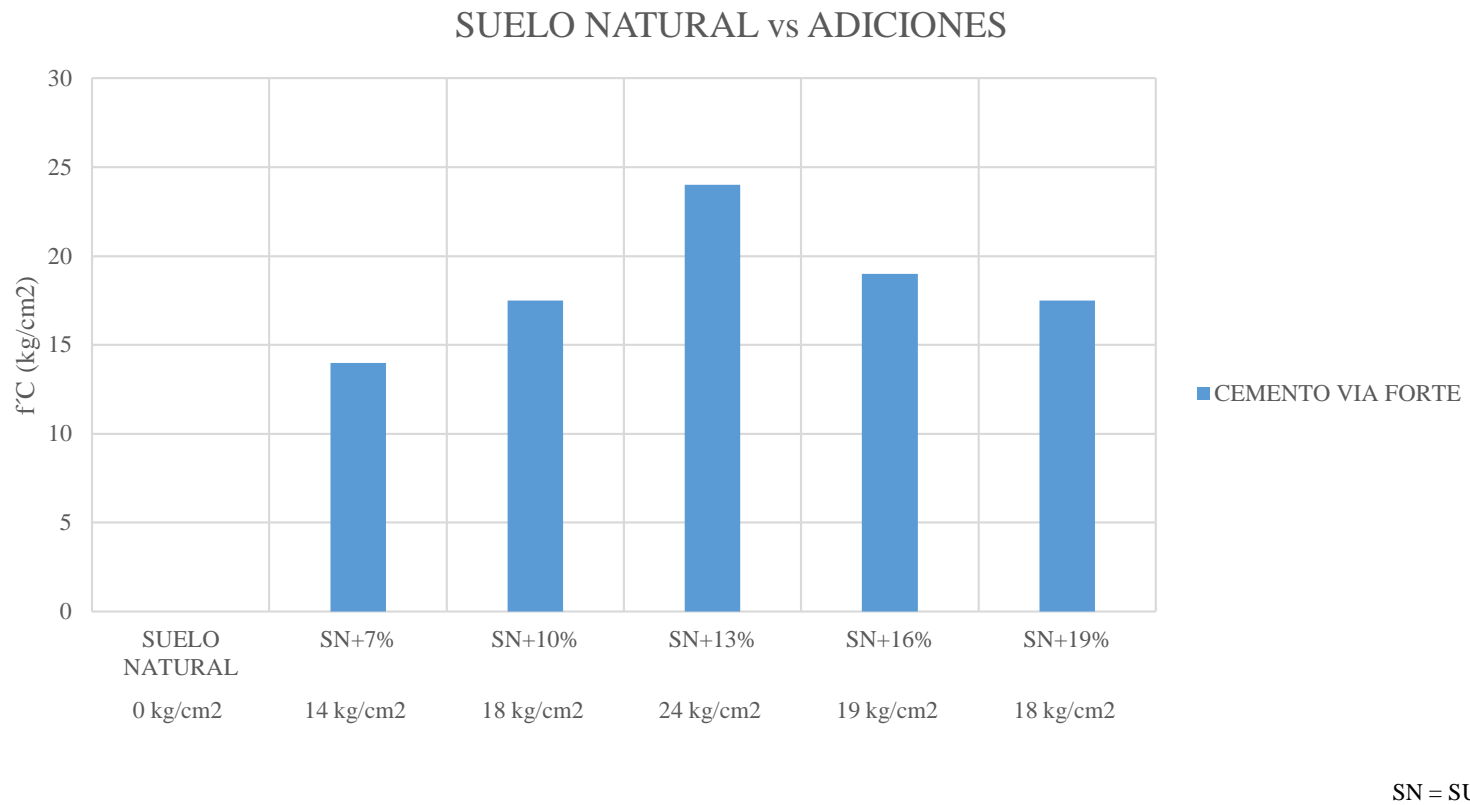


Figura 59. Suelo natural vs adición cemento Vía fuerte

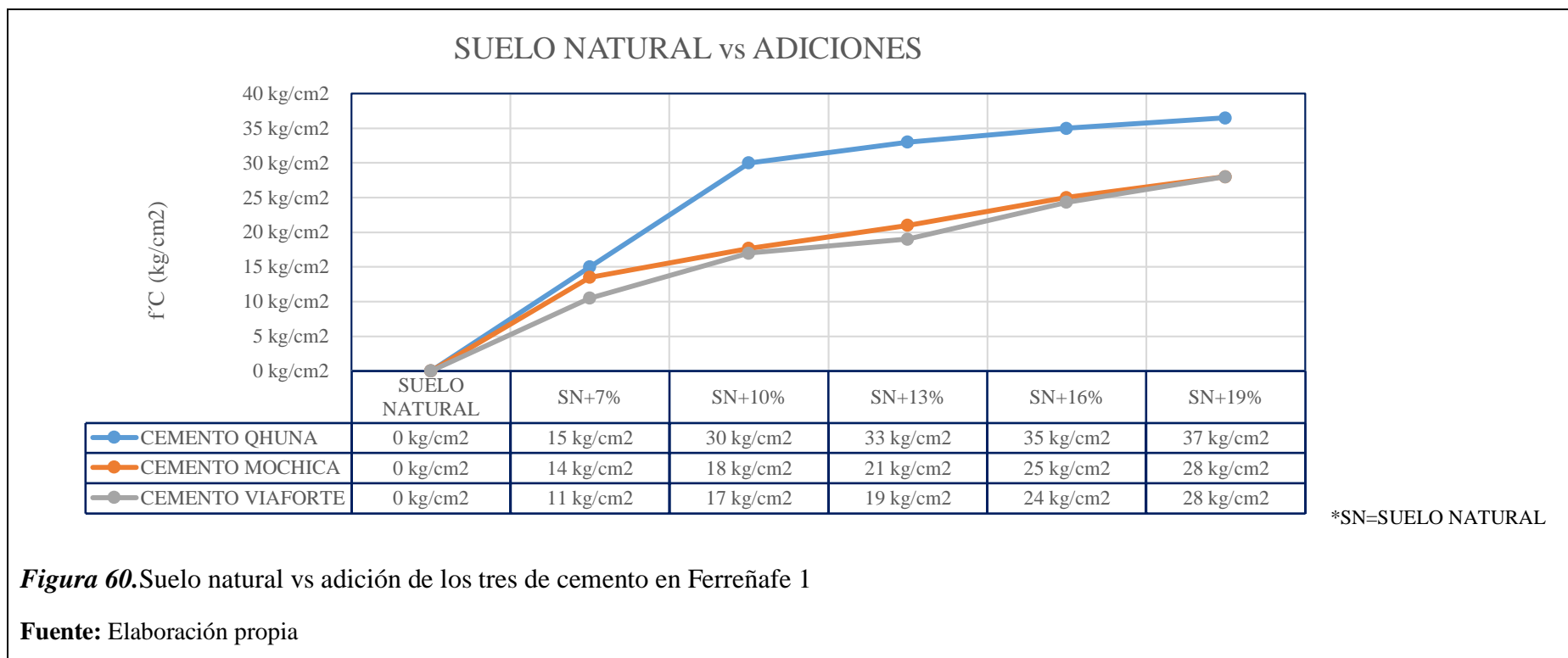
Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestran las resistencias del suelo natural y del suelo adicionado con cemento Vía fuerte en porcentajes de 7% a 19% de Afirmado III.

3.1.3 Determinación del porcentaje óptimo requerido de cemento en los suelos estabilizados.

3.1.3.1 Muestras de Arenas

A Muestra extraída de Ferreñafe 1



En la figura se observa que al incorporar cemento Qhuna al 10% su resistencia tiende a ser superior a la resistencia mínima de 1.76MPa(18kg/cm²), mientras que en Mochica al 10% y en Víaforte con el 13%. También se puede apreciar que la resistencia es mayor mientras más porcentaje de cemento se añade en los suelos arenosos.

B Muestra extraída de Lambayeque

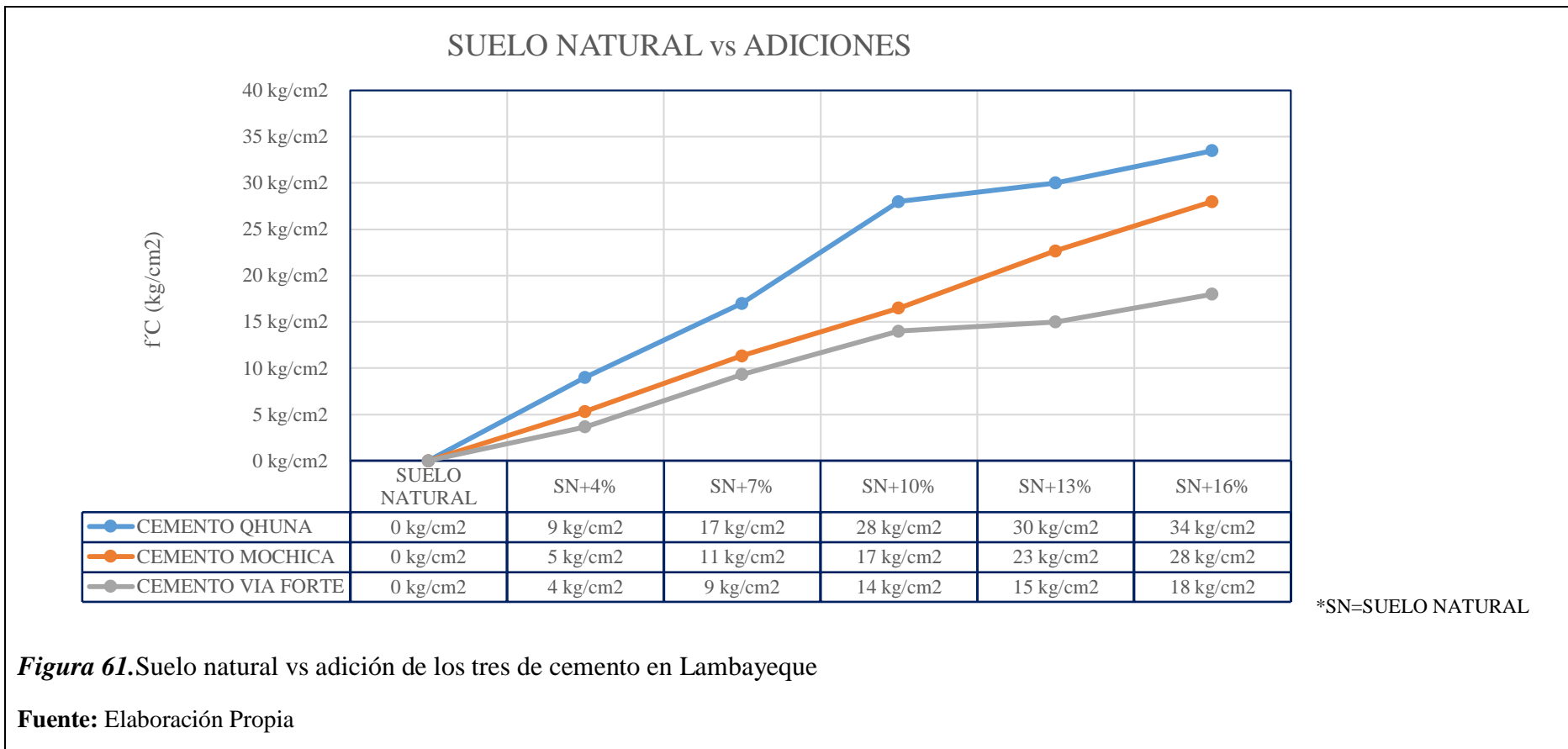


Figura 61. Suelo natural vs adición de los tres de cemento en Lambayeque

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se observa que al incorporar cemento Qhuna al 10% su resistencia tiende a ser superior a la resistencia mínima de 1.76MPa (18kg/cm²), mientras que en Mochica al 13% y en Vía fuerte con el 16%. También se puede apreciar que la resistencia es mayor mientras más porcentaje de cemento se añade en los suelos arenosos.

C Muestra extraída de Monsefú 1

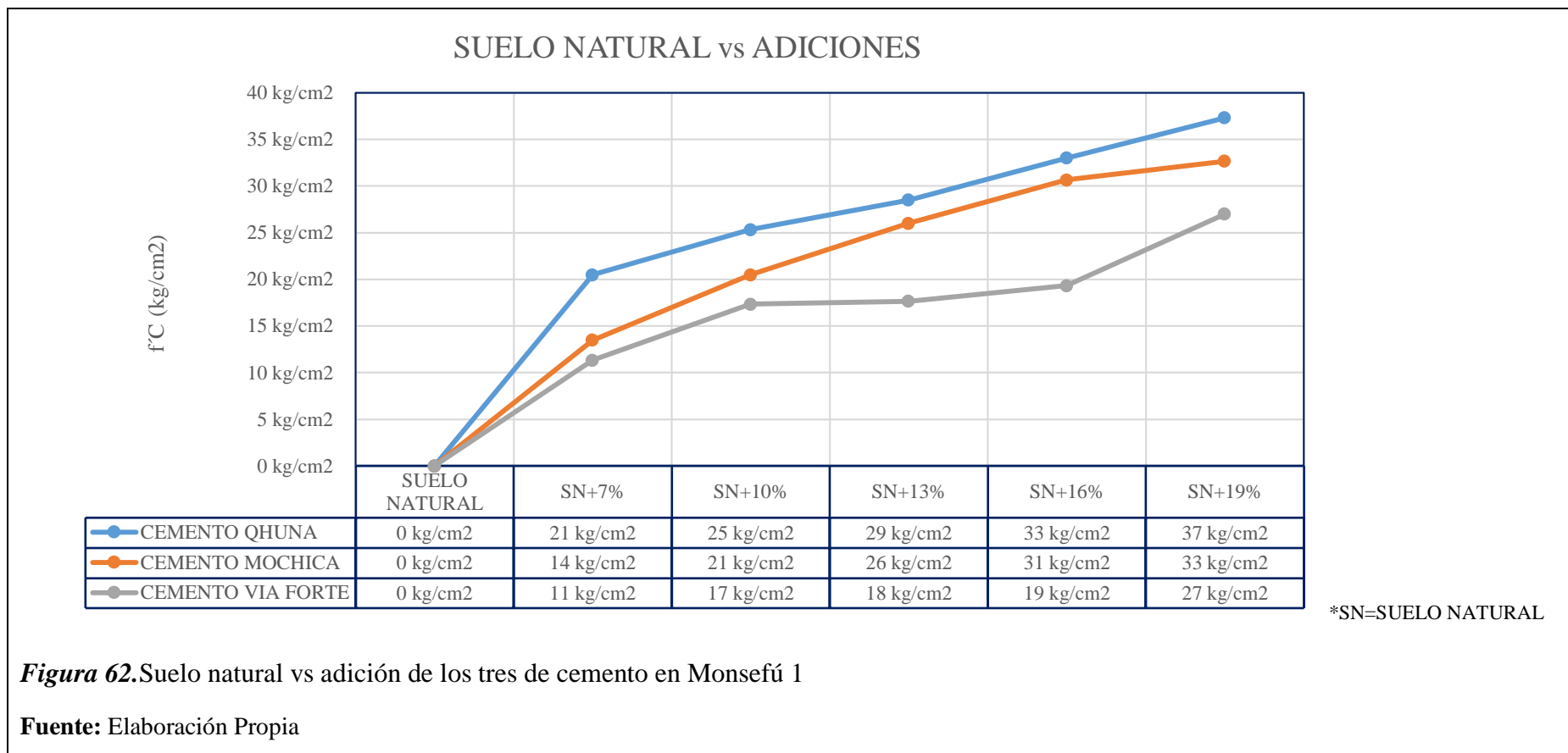


Figura 62. Suelo natural vs adición de los tres de cemento en Monsefú 1

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se observa que al incorporar cemento Qhuna al 7% su resistencia tiende a ser superior a la resistencia mínima de 1.76MPa(18kg/cm²), mientras que en Mochica al 10% y en Vía fuerte con el 13%. También se puede apreciar que la resistencia es mayor mientras más porcentaje de cemento se añade en los suelos arenosos.

3.1.3.2 Muestras de Arcillas

A Muestra extraída de Monsefú 2

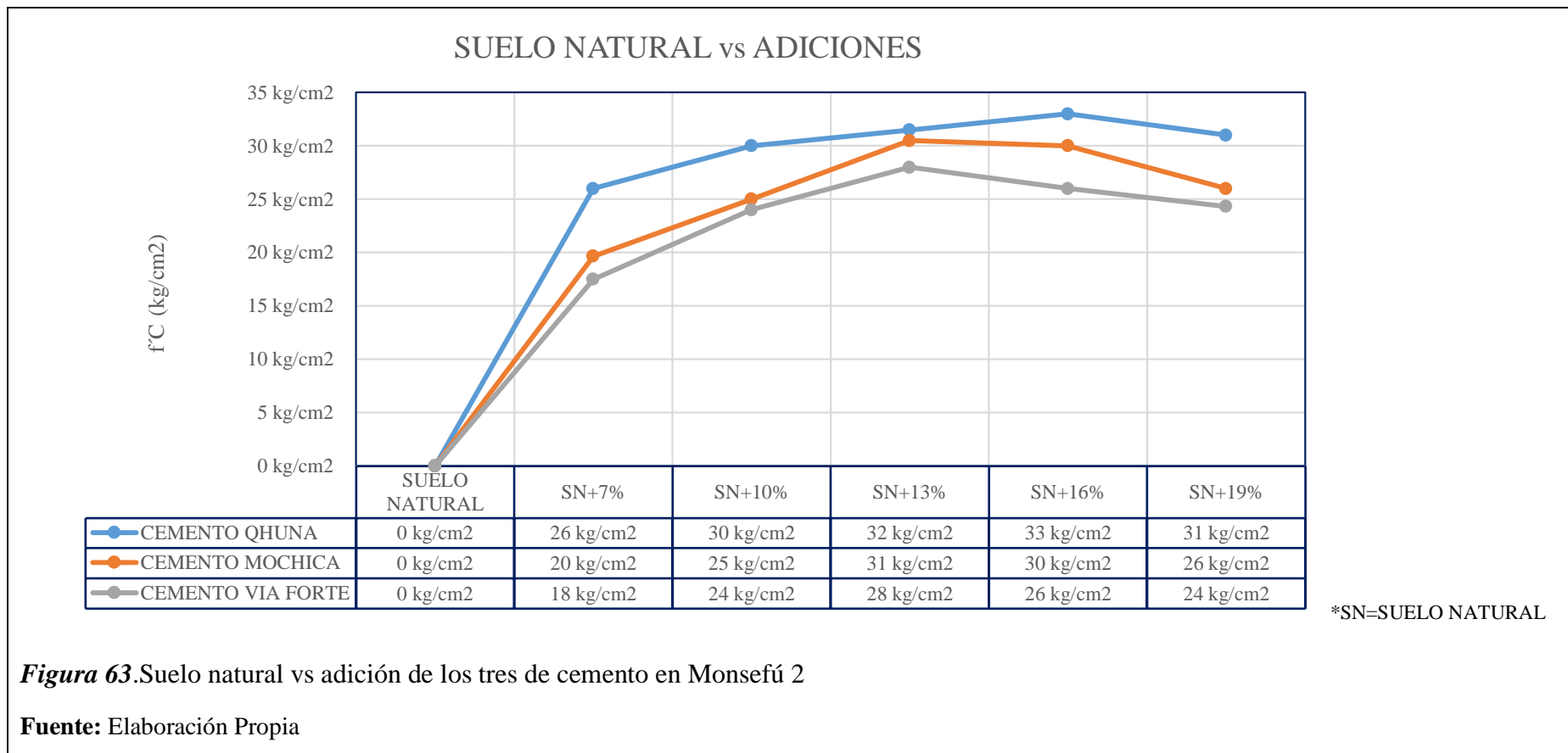


Figura 63.Suelo natural vs adición de los tres de cemento en Monsefú 2

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se observa que al incorporar cemento Qhuna ,Mochica y Vía fuerte al 7% su resistencia tiende a ser superior a la resistencia mínima de 1.76MPa(18kg/cm²). También se puede apreciar que la resistencia con respecto al cemento Qhuna tienen a bajar en el 16%, mientras que en Mochica y Vía fuerte en 13%, esto se da en suelos arcillosos.

B Muestra extraída de Ferreñafe 2

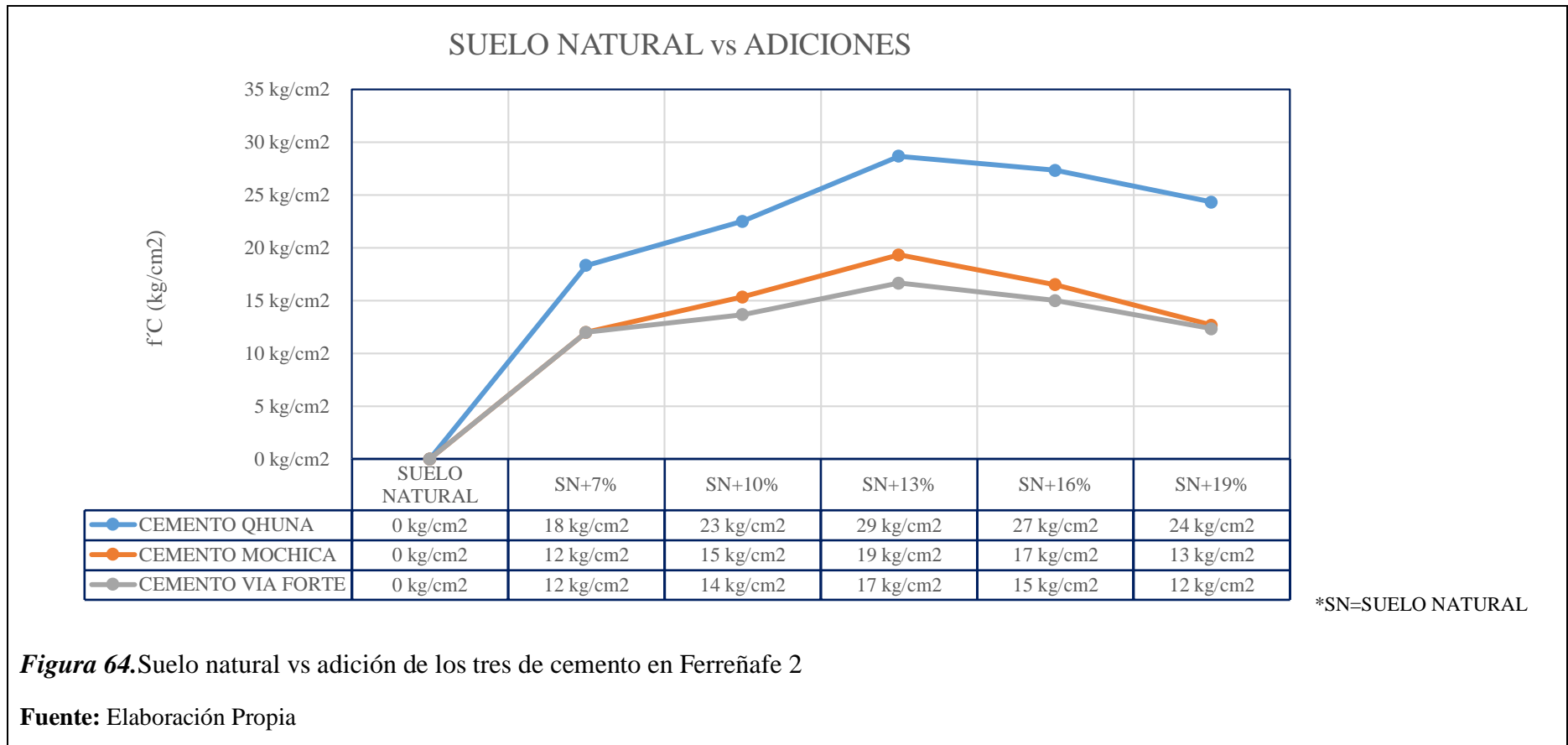


Figura 64.Suelo natural vs adición de los tres de cemento en Ferreñafe 2

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se observa que al incorporar cemento Qhuna al 7% su resistencia tiende a ser superior a la resistencia mínima de 1.76MPa(18kg/cm²), mientras que en Mochica al 13% y en Víaforte no llega a tener la resistencia mínima requerida. También se puede apreciar que la resistencia con respecto al cemento Qhuna , Mochica y Víaforte tienen a bajar en el 13% esto se da en suelos arcillosos.

C Muestra extraída de Pomalca

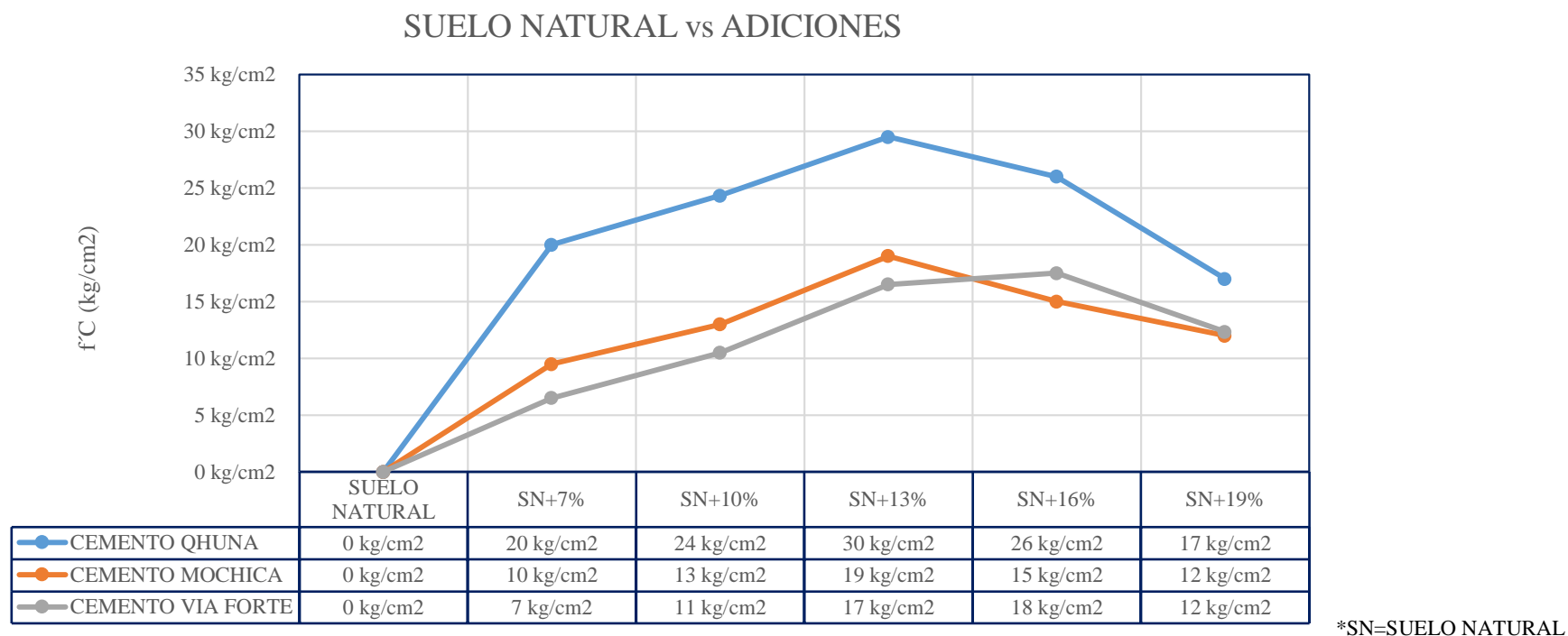


Figura 65.Suelo natural vs adición de los tres de cemento en Pomalca

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se observa que al incorporar cemento Qhuna al 7% su resistencia tiende a ser superior a la resistencia mínima de 1.76MPa(18kg/cm²), mientras que en Mochica al 13% y en Víaforte con el 16%. También se puede apreciar que la resistencia con respecto al cemento Qhuna y Mochica tienen a bajar en el 13% y Víaforte en 16%, esto se da en suelos arcillosos.

3.1.3.3 Muestras de Afirmados

A Muestra de Afirmado I

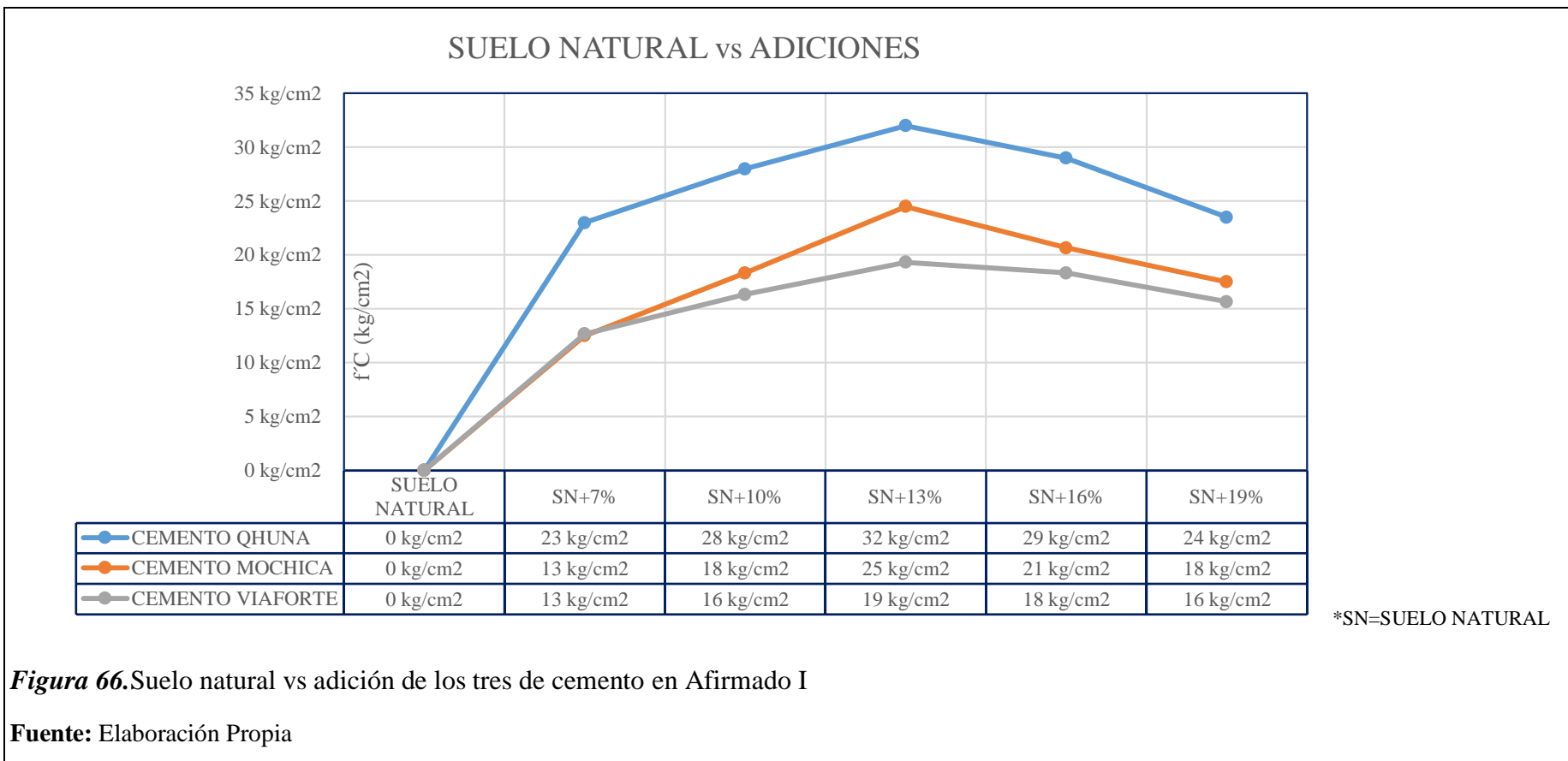


Figura 66.Suelo natural vs adición de los tres de cemento en Afirmado I

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se observa que al incorporar cemento Qhuna al 7% su resistencia tiende a ser superior a la resistencia mínima de 1.76MPa(18kg/cm²), mientras que en Mochica al 10% y en Víaforte con el 13%. También se puede apreciar que la resistencia con respecto al cemento Qhuna ,Mochica y Víaforte en 13% tienen a bajar, esto se da en suelos de afirmado.

B Muestra de Afirmado II

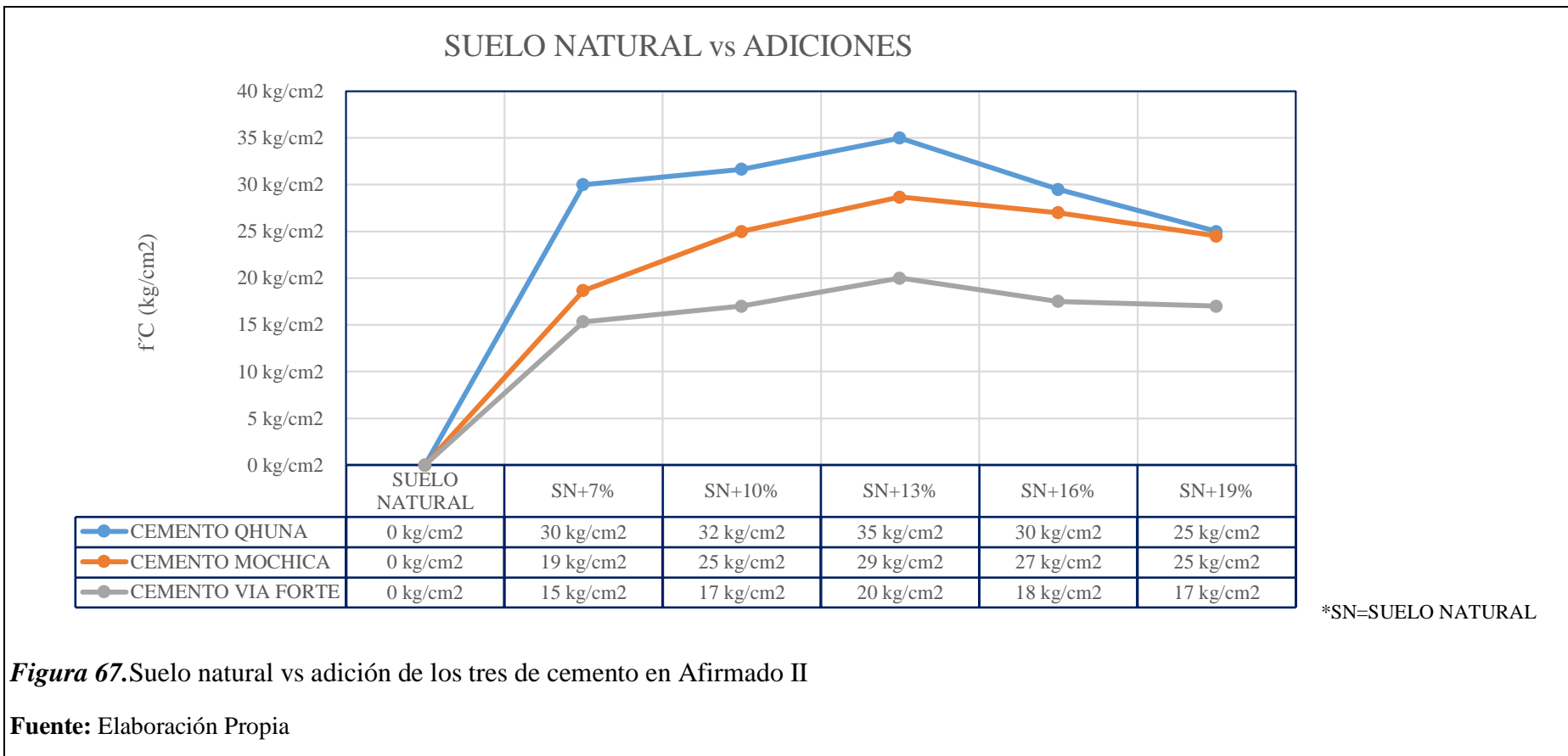


Figura 67.Suelo natural vs adición de los tres de cemento en Afirmado II

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se observa que al incorporar cemento Qhuna al 7% su resistencia tiende a ser superior a la resistencia mínima de 1.76MPa(18kg/cm²), mientras que en Mochica al 7% y en Víaforte con el 13%. También se puede apreciar que la resistencia con respecto al cemento Qhuna, Mochica y Víaforte en 13% tienen a bajar, esto se da en suelos de afirmado.

C Muestra de Afirmado III

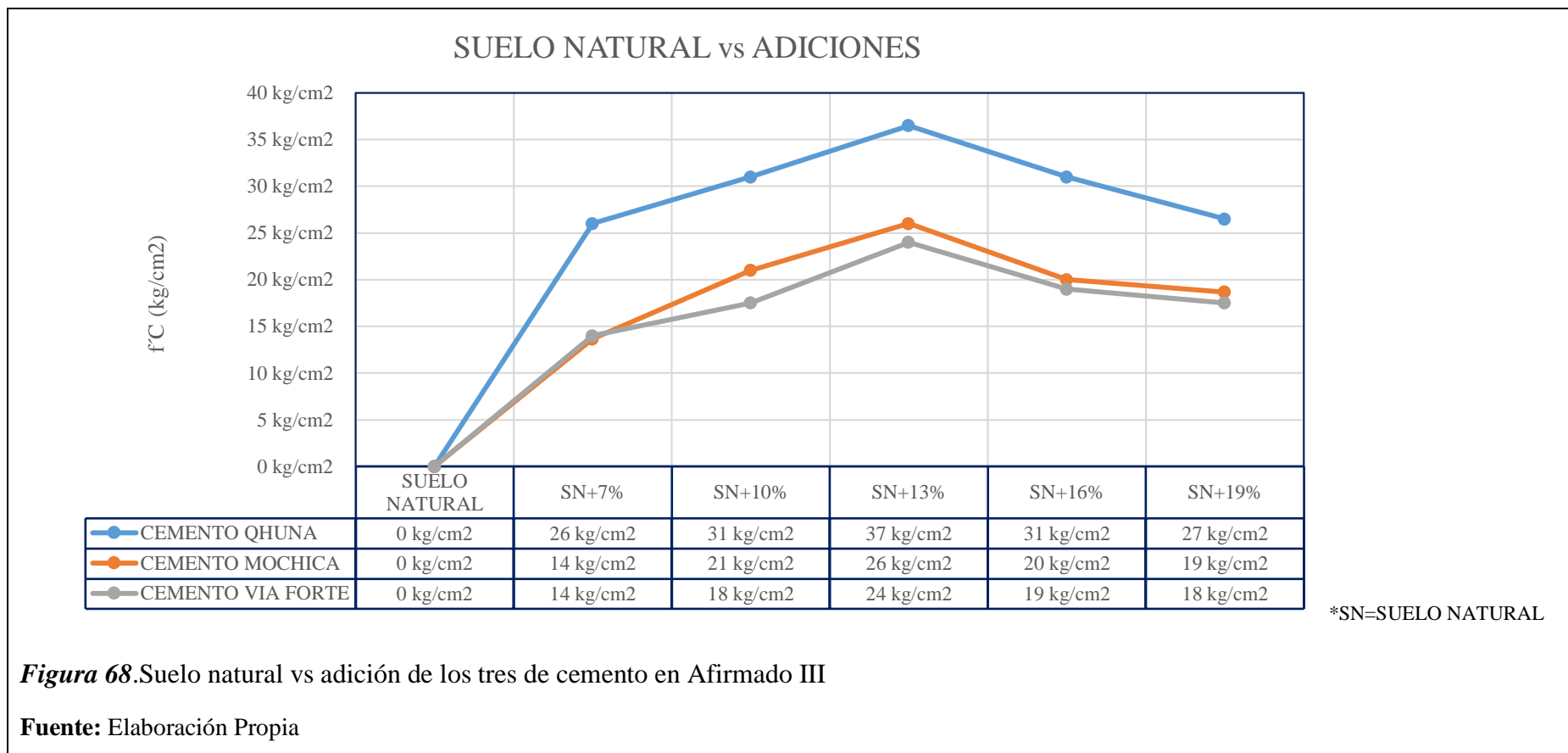


Figura 68.Suelo natural vs adición de los tres de cemento en Afirmado III

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se observa que al incorporar cemento Qhuna al 7% su resistencia tiende a ser superior a la resistencia mínima de 1.76MPa(18kg/cm²), mientras que en Mochica al 10% y en Vía fuerte con el 10%. También se puede apreciar que la resistencia con respecto al cemento Qhuna, Mochica y Vía fuerte en 13% tienen a bajar, esto se da en suelos de afirmado.

3.2 Discusión de resultados

3.2.1 Análisis de las propiedades y características físicas y mecánicas de los suelos.

Se realizaron los ensayos de laboratorio para identificar sus características físicas y así poder determinar el tipo de suelo al que correspondía, respecto a las muestras extraídas mediante calicata, donde determinamos que los planos de INDECI (Instituto nacional de Defensa Civil) del año 2003 sobre los tipos de suelos de la región de Lambayeque, no se encuentran actualizados, pues no coincidimos en un punto donde detallaba arcilla y encontramos arena. Para el presente estudio la característica principal es trabajar con suelos arenosos y arcillosos, encontrados en su estado natural, a diferencia del afirmado que la muestra se trajo de cantera y se realizó estudios de laboratorio para identificar sus características físicas correspondientes.

También se realizó ensayo de pretor a los diferentes tipos de suelos, para poder estabilizar con su óptimo contenido de humedad a los suelos. Siendo este dato importante para realizar las probetas suelo cemento.

3.2.2 Análisis de la resistencia mecánica (compresión simple) de los suelos estabilizados

Según la norma CE.020 indica que la resistencia mínima a los siete días de curado húmedo de probetas cilíndricas compactadas suelo cemento deberá ser (18 Kg/cm²), así mismo los rangos estipulados de adición de cemento es de 3 a 16%, trabajando en nuestra investigación con rangos comprendidos entre 4% a 19% de adición de cemento respecto al suelo, para fines de estudio del suelo.

Según los resultados obtenidos del ensayo estándar para la resistencia a la compresión de cilindros de cemento de suelo moldeados se obtuvo que la adición en porcentaje del cemento Qhuna en comparación a los cemento Mochica y ViaForte se obtiene resistencias mayores, en el caso de las arenas siempre tiende a aumentar pues que al incorporar cemento se convierte en un mortero, en las arcillas y afirmados se tienen un porcentaje máximo donde alcanza su mayor resistencia luego tiende a bajar.

3.2.3 Determinación del porcentaje óptimo requerido de cemento en los suelos estabilizados.

Según la norma CE.020 estipula la adición de cemento entre el 3 a 16%, lo cual mediante el ensayo estándar para la resistencia a la compresión de cilindros de cemento de suelo moldeados se determinó los rangos para estabilizar adecuadamente los tres tipos de suelos estudiados lo cual se escogió el cemento Qhuna con respecto a Mochica y ViaForte por tener resistencias mayores.

En el caso de las arenas no existe un rango definido ya que al incorporar más porcentaje de cemento tienen aumentar su resistencia sin tendencia a bajar. En el caso de las arcillas de Monsefú 2 se define un rango adecuado de estabilización entre 7% al 16%, Ferreñafe 2 y Pomalca un rango de 7% al 13%. Y para los afirmados se define un rango de 7% al 13% para la adecuada estabilización de suelo cemento. Se puede ver que los rangos de estabilización obtenidos se encuentran dentro de lo que la norma CE.020 estipula.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Las propiedades físicas y mecánica de los suelos definieron el tipo de suelo al que pertenecían, se tomó de referencia los planos de INDECI (Instituto nacional de Defensa Civil) del año 2003 sobre los tipos de suelos de la región de Lambayeque, los cuales no se encuentran actualizados, pues no coincidimos con el suelo definido en dicho mapa geológico en la provincia de Lambayeque.

Mediante el ensayo estándar para la resistencia a la compresión de cilindros de cemento de suelo moldeados se obtuvo que la adición en porcentaje del cemento Qhuna en comparación al cemento Mochica y ViaForte se obtiene resistencias mayores, eligiendo a dicho cemento como el mejor en resultados de resistencia en su comportamiento mecánico.

En el caso de las arenas no existe un rango definido ya que al incorporar más porcentaje de cemento tienen aumentar su resistencia sin tendencia a bajar cabe recalcar que con adición del 7% de cemento cumplen con las exigencias mínimas requeridas según el MTC el cual es 18 kg/cm².

En las arcillas de Monsefú 2 se define un rango adecuado de estabilización entre 7% al 16%, Ferreñafe 2 y Pomalca un rango de 7% al 13%.

Para los afirmados se define un rango de 7% al 13% para la adecuada estabilización de suelo cemento, los cuales cumplen con la resistencia mínimo de 18 kg/cm²

4.2 Recomendaciones

Tener en cuenta cuando se tome como referencia los planos del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), porque sus planos no se encuentran actualizados referente a los tipos de suelo.

Se recomienda realizar ensayos pertinentes y adecuados para que cada proceso de estabilización, así de esta manera obtendremos los valores adecuados para alcanzar los valores óptimos de suelo cemento

El estudio de estabilización es un tema innovador, razón por la cual se podría efectuar un estudio para comparar diferentes tipos de estabilizaciones, y así establecer parámetros para la selección de estabilizaciones económicas y duraderas.

Realizar un estudio de estabilización con cemento, a 14 días y 28 días para analizar cuánto aumenta su resistencia, porque el manual de suelo recomienda realizar el estudio a 7 días de saturación en suelo húmedo.

Se recomienda utilizar este tipo de estabilización en la sub-rasante para mejoramiento de suelos en carreteras no pavimentadas

REFERENCIAS

- Albán, M. A. (2014). *Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector Calcical del Cantón Tosagua Provincia de Manabí*. QUITO.
- Alvarado, J. (8 de Abril de 2017). *El suelo cemento una solución eficiente para el mantenimiento vial*. Obtenido de expreso.ec: <http://www.expreso.ec/vivir/el-suelo-cemento-una-solucion-eficiente-para-el-mantenimiento-vial-EC1224006>
- Asociación productores de cemento. (13 de Febrero de 2018). *Suelo-Cemento para la Reconstrucción*. Obtenido de Asociación productores de cemento: <http://www.asocem.org.pe/noticias-internacionales/suelo-cemento-para-la-reconstruccion>
- Ayala, L. E., & Gallardo, T. E. (2015). *Estabilización de la base de un pavimento rígido con cemento portland utilizando las canteras el gavilán, don lucho y el río chonta, Cajamarca, 2015*. Cajamarca – Perú: Universidad privada del Norte.
- Benavides, D. I. (2016). *Análisis comparativo de los procesos de estabilización de suelos con enzimas orgánicas y suelos-cemento, aplicado a suelos arcillosos de subrasante*. Ambato – Ecuador.
- Bonifacio, V. W., & Sánchez, B. J. (2015). *Estabilización química en carreteras no pavimentadas usando cloruro de magnesio, cloruro de calcio y cemento en la región Lambayeque*. Pimentel - Perú: Universidad Señor de Sipán.
- Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo: Borja Suarez Manuel.
- Burgos, F. (2014). *Suelo cemenito in situ*. Recuperado el 25 de MAYO de 2018, de Trabajos bituminosos: <https://www.trabit.com/wp-content/uploads/2014/03/Ficha-T%C3%A9cnica-suelo-cemento-in-situ.pdf>
- Castro, A. A. (7 de Julio de 2017). *Arreglan vías rurales con suelo-cemento*. Obtenido de Vanguardia.com: <http://www.vanguardia.com/santander/region/402766-arreglan-vias-rurales-con-suelo-cemento>
- Chura, M. E., & Romero, Y. S. (2017). *Estabilización de suelos cohesivos mediante el uso de geomallas, geotextil, cal y cemento con fines de pavimentación en el tramo de acceso del km 00+000 al km 00+750 del campus universitario UPeU Juliaca*. Juliaca: Universidad Peruana Unión.

- Colegio de Ingenieros del Perú. (2018). *Código de ética del colegio de ingeniero del Perú*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Cubas, B. K., & Falen, C. A. (2016). *Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas*. Pimentel - Perú: Universidad Señor de Sipán.
- De la Fuente, L. E. (2013). *Suelo - Cemento*. Mexico: Instituto Mexicano del cemento y del concreto.
- El Informante. (14 de Setiembre de 2015). *MPCh inicia prueba de estabilización del suelo en PJ San Cristian*. Obtenido de El Informante: http://www.elinformante.pe/plantilla_noticia.php?codnoticia=82&cod=3
- Espinoza, M. F. (16 de Marzo de 2018). *Reconstrucción responsable y con verdaderos cambios en la región Lambayeque*. Obtenido de Centro Ideas: <http://www.ideas.org.pe/component/k2/item/1008-reconstruccion-responsable-y-con-verdaderos-cambios-en-la-region-lambayeque>
- Federación Interamericana del Cemento. (2007). *El estado del arte del suelocemento en estructuras de pavimentos*. Colombia: Primera Edición.
- Gavilanes, B. E. (2015). *Estabilización y mejoramiento de sub-rasante mediante cal y cemento para una obra vial en el sector de santos pamba barrio colinas del sur*. Quito, Ecuador: Universidad Internacional del Ecuador.
- Gracia, A. I. (s.f.). *PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN Y MEJORAMIENTO, CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y/O CEMENTO, DE LOS MATERIALES GRANULARES EXISTENTES EN LAS VÍAS Terciarias. BÓGOTA*.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- Huezo, M. H., & Orellana, M. A. (2009). *Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en el salvador*". El Salvador: Universidad el Salvador.

- Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones. (2012). *Manual de estabilización de suelos con cemento o cal*. Madrid: Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones.
- Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones. (2013). *Estabilización de suelos con cemento*. Madrid: Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones. Obtenido de Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones.
- Instituto Nacional de Defensa Civil . (2015). *Mapas geotécnicos elaborados por el Instituto Nacional de Defensa Civil* . Lambayeque: Instituto Nacional de Defensa Civil .
- Jara, R. A. (2014). *Efectos de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso*. Cajamarca, Perú.
- Matute, A. A. (2016). *Comparación técnico económica del uso de bases granulares y bases estabilizadas con cemento, para diversos casos de tráfico, con y sin capa de rodadura, para nuestro medio*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Ministerio de economía y finanzas. (2018). *Ministerio de economía y finanzas*. Obtenido de <https://www.mef.gob.pe/es/>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de carreteras, especificaciones técnicas generales para la construcción EG - 2013*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de ensayos de materiales*. Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Murillo, V. E. (2010). *Estudio del comportamiento de las bases de pavimentos rígidos en la ciudad de Cuenca y su influencia en el diseño*. Cuenca, Ecuador: Ing.Eithel Xavier Murillo Vazquez .
- Pacasmayo. (2017). *Cementos Pacasmayo*. Obtenido de Pacasmayo: <http://www.cementospacasmayo.com.pe/>
- Ruiz, G. (11 de Abril de 2017). *Afirmado, asfalto o concreto, ¿con qué se rehabilitará las vías?* Recuperado el 27 de MAYO de 2018, de udep(Hoy): <http://udep.edu.pe/hoy/2017/afirmado-asfalto-o-concreto-con-que-se-rehabilitara-las-vias/>

- Ruíz, S. N. (18 de Mayo de 2018). Entrevista sobre problemas en las carreteras de Lambayeque después del fenómeno del niño. (A. C. Becerra Saavedra, & A. E. Herrera Gonzáles, Entrevistadores)
- Salas, M. D. (2017). *Estabilización de suelos con adición de cemento y aditivo terrasil para el mejoramiento de la base del km 11+000 al km 9+000 de la carretera Puno – Tiquillaca – Mañazo*. Juliaca: Universidad Andina “Nestor Cáceres Velasquez”.
- Segura, R. C. (2015). *Estabilización de suelos de alta plasticidad usando cemento portland en el departamento de Lambayeque*. Lambayeque: Universidad Señor de Sipán.
- Silva, S. J. (19 de Setiembre de 2016). *Estabilización de suelos con emulsión asfáltica potencializada con estabilizador químico*. Recuperado el 27 de MAYO de 2018, de Revista especializada PERUVIAS: <http://peruvias.pe/estabilizacion-de-suelos-con-emulsion-asfaltica-potencializada-con-estabilizador-quimico/>
- Toirac, C. J. (OCTUBRE de 2008). *El suelo cemento como material de construcción*. Recuperado el 25 de MAYO de 2018, de Ciencia y Sociedad: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87012672003>
- Ulale, C. A. (Mayo de 2017). *Estabilización de suelos y materiales granulares en caminos de bajo volumen de tránsito, empleando productos no tradicionales*. Obtenido de El laboratorio nacional de materiales y modelos estructurales - Universidad de Costa Rica: http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/boletines/Boletin_PITRA_2_-_2017.pdf
- Universidad Señor de Sipán. (2015). *Metodología de la investigación científica*. Pimentel - Perú: Universidad Señor de Sipán.
- Universidad Señor de Sipán. (2017). *Código de ética de investigación de la USS*. Chiclayo - Perú: Dirección de Investigación, Universidad Señor de Sipán.
- Velarde , A. (2015). *Aplicación de la metodología de superficie de respuesta en la determinación de la resistencia a la compresión simple de suelos arcillosos estabilizados con cal y cemento*. Puno, Perú.

ANEXOS

ANEXO 1 ANÁLISIS DOCUMENTAL

ANEXO 1.1 FICHA TÉCNICA DE LOS CEMENTOS

ANEXO 1.1.1 FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO QHUNA

CEMENTO PORTLAND TIPO I

MÁS PUNCHE, MENOS BOLSAS



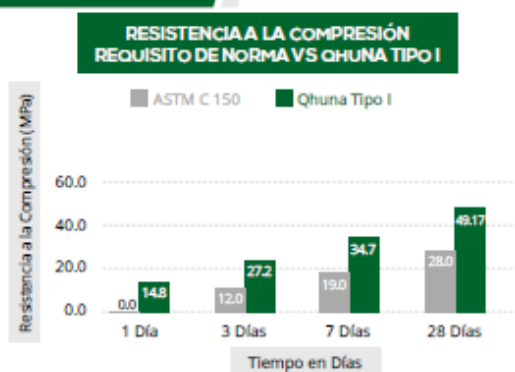
Cemento portland TIPO I, es un cemento de uso general, fabricado mediante la molienda de clinker y yeso en adecuadas proporciones, asegurando de esa manera un producto de calidad, con mayores resistencias y tiempo de fraguado óptimo para una buena trabajabilidad para construcciones donde se requieran propiedades de avance y durabilidad en obra.

Cumple con los requisitos de las normas técnicas NTP 334.009 y ASTM C 150.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

PROPIEDADES FÍSICAS	CEMENTO QHUNA - TIPO I	REQUISITO DE NORMA NTP 334.009 - ASTM C 150
Superficie Específica (cm ² / gr)	3540	Mínimo 2800
Contenido de Aire (%)	8.0	Máximo 12.0
Expansión de autoclave (%)	0.01	Máximo 0.80
PROPIEDADES MECÁNICAS: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		
1 Día - MPa	14.8	NE
3 Días - MPa	27.2	12.0
7 Días - MPa	34.7	19.0
28 Días - MPa	50.00	28.0
TIEMPO DE FRAGUADO		
Fraguado Inicial, Método Vicat (min)	121	45 Mínimo
Fraguado Final, Método Vicat (min)	270	375 Máximo
COMPOSICIÓN QUÍMICA		
SO (%)	2.53	Máximo 3.0
MgO (%)	0.90	Máximo 6.0
Pérdida por Ignición (%)	1.90	Máximo 3.0
Residuo Insoluble (%)	0.52	Máximo 0.75
Fe O (%)	3.59	Máximo 6.0
Al O (%)	4.79	Máximo 6.0
CA (%)	6.42	Máximo 8.0

CUADRO COMPARATIVO DE RESISTENCIAS



ANEXO 1.1.2 FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO MOCHICA



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
 Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterico Santiago de Surco - Lima
 Carretera Panamericana Norte Km. 586 Pacasmayo - La Libertad
 Teléfono 317 - 8000



SGC-REG-06-00002
 Versión 01

CEMENTO MOCHICA

Cemento Portland Tipo GU

Conforme a la NTP 334.082 / ASTM C1157
 Pacasmayo, 15 de Junio del 2016

PROPIEDADES FISICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.082 / ASTM C1157
Contenido de Aire	%	5	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	6470	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	4.0	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	2.89	NO ESPECIFICA
Resistencia a Compresión :			
Resistencia Compresión a 3 días	MPa (kg/cm ²)	23.4 (238)	Mínimo 13.0 (Mínimo 133)
Resistencia Compresión a 7 días	MPa (kg/cm ²)	29.8 (302)	Mínimo 20.0 (Mínimo 204)
Resistencia Compresión a 28 días	MPa (kg/cm ²)	38.7 (374)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)
Tiempo de Fraguado Vicat :			
Fraguado Inicial	min	138	Mínimo 45
Fraguado Final	min	284	Máximo 420
Expansión Barra de Mortero a 14 días			
Expansión Barra de Mortero a 14 días	%	0.007	Máximo 0.020

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el período del 01-05-2016 al 31-05-2016
 La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Abril 2016
 La expansión de la barra del mortero corresponde al mes de Abril 2016

Ing. Ivanor Rojas
 Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

ANEXO 1.1.3 FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO VÍAFORTE



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002
Versión 01

VÍA FORTÉ

ESTABILIZADOR DE SUELOS

Conforme a la clasificación MH de NTP 334.082 / ASTM C1157
Pacasmayo, 21 de noviembre del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisitos NTP 334.082
MgO	%	2.17	No indicado
SO3	%	2.59	No indicado
Pérdida por calcinación	%	15.7	No indicado

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisitos NTP 334.082
Calor de hidratación a 7 días	KJ/Kg (kcal/kg)		Máximo 290 (70)
Calor de hidratación a 28 días	KJ/Kg (kcal/kg)		No indicado
Contenido de Aire	%	6.0	Máximo 12
Expansión de Autoclave	%	0.06	Máximo 0.80
Expansión en barra a 14 días	%	0.004	Máximo 0.020
Finura	%	4.4	NO ESPECIFICA
Superficie Específica	cm ² /g	5120	NO ESPECIFICA
Densidad	g/cm ³	2.97	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia compresión a 3 días	MPa (kg/cm ²)	13.1 (133.6)	Mínimo 5.0 (Mínimo 51)
Resistencia compresión a 7 días	MPa (kg/cm ²)	17.8 (181.5)	Mínimo 11.0 (Mínimo 112.2)
Resistencia compresión a 28 días	MPa (kg/cm ²)	23.2 (236.5)	Mínimo 22.0* (Mínimo 224.4)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	Mín	155	Mínimo 45
Fraguado Final	Mín	320	Máximo 420

* Requisito opcional

ANEXO 2 GUÍAS DE OBSERVACIÓN

ANEXO 2.1 ENSAYOS DE LABOR ATORIO

ANEXO 2.1.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, LIMITES DE ATTERBERG Y CONTENIDO DE HUMEDAD



Tesistas : Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 : Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis : ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018

Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

Ensayo : SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

Referencia : NTP 339.128:1999
 : NTP 339.129:1999
 : NTP 339.127:1998

Muestra

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados					
		Retenido	Que pasa				
3"						Límite líquido (LL)	(%)
2"						Límite Plástico (LP)	(%)
1 1/2"						Índice Plástico (IP)	(%)
1"							
3/4"							
1/2"							
3/8"							
N° 4							
N° 10							
N° 20							
N° 40							
N° 60							
N° 140							
N° 200							
Distribución granulométrica							
% Grava	G.G. %			Clasificación (S.U.C.S.) Descripción del suelo Clasificación (AASHTO) Descripción			
	G. F. %						
% Arena	A.G. %						
	A.M. %						
	A.F. %						
% Arcilla y Limo							
Total							
Contenido de Humedad (%)			4.21				
CURVA GRANULOMÉTRICA							
Grava		Arena			Arcilla y Limos		
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina			
3"	2" 1 1/2" 1" 3/4"	1/2" 3/8"	N°4 N°10 N°20 N°40 N°60 N°140 N°200				

ANEXO 2.1.2

RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)



Tesistas : Becerra Santillán,Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles,Alfredo Emmanuel
 Tesis: : "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018"
 Ubicación : Distrito de Pimentel,Provincia de Chiclayo,Departamento de Lambayeque.
 Ensayo: : **SUELO. Método de ensayo para la compactación de suelo en laboratorio utilizando una energía modificada 2700KN-m/m3 (56000pie-Lbf/pie3)**
 Referencia : N.T.P. 339.141 : 1999

Identificación de la muestra:

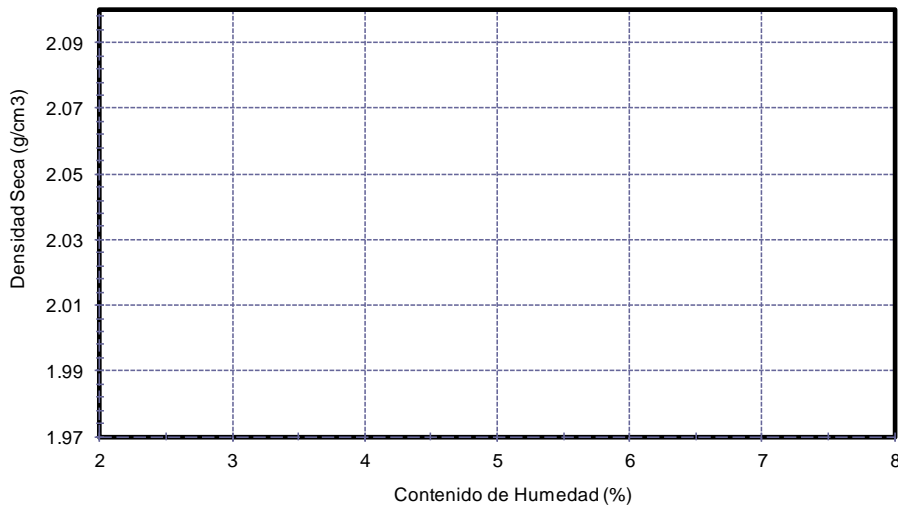
LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
DENSIDAD SECA (g/cm3)				

Máxima Densidad Seca
 Óptimo Contenido de Humedad
 Procedimiento utilizado
 Método de preparación

g/cm³
 %

CURVA DE COMPACTACIÓN



ANEXO 3 RESULTADOS

**ANEXO 3.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, LIMITES DE ATTERBERG Y
CONTENIDO DE HUMEDAD**

Tesistas : Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
: Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

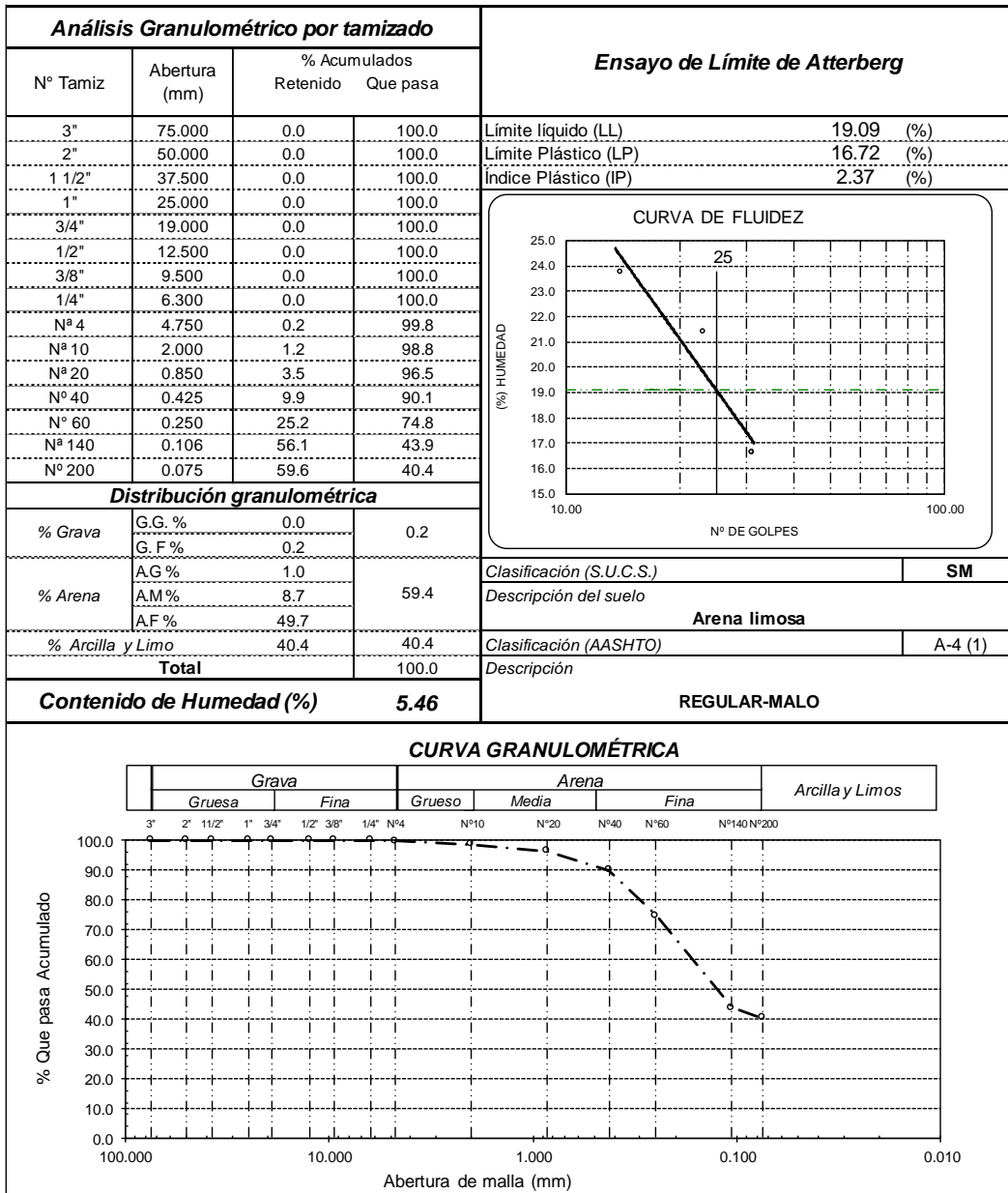
Tesis : ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018

Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

Ensayo : SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico
: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

Referencia : NTP 339.128:1999
: NTP 339.129:1999
: NTP 339.127: 1998

Muestra : Ferrañafe 1



Tesistas : Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
: Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis : ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018

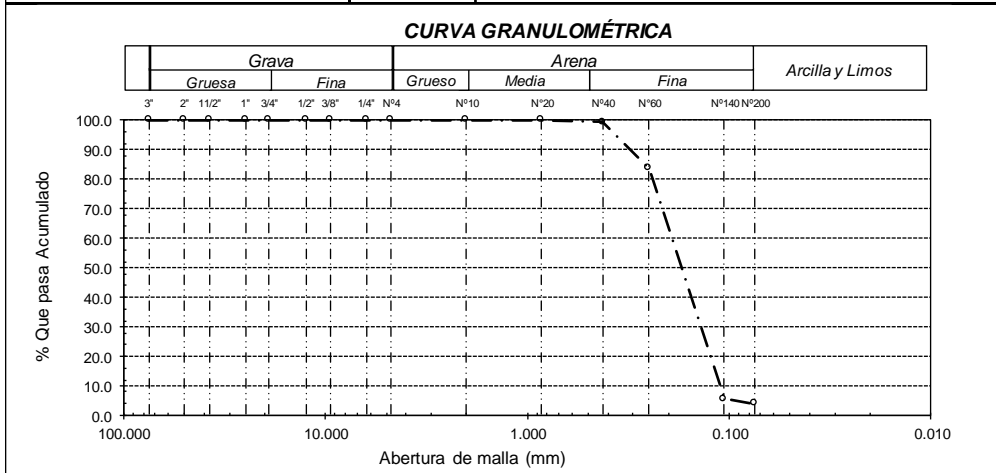
Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

Ensayo : SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico
: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

Referencia : NTP 339.128:1999
: NTP 339.129:1999
: NTP 339.127: 1998

Muestra : Lambayeque

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados					
		Retenido	Que pasa				
3"	75.000	0.0	100.0	Límite líquido (LL)	N.P. (%)		
2"	50.000	0.0	100.0	Límite Plástico (LP)	N.P. (%)		
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	Índice Plástico (IP)	N.P. (%)		
1"	25.000	0.0	100.0	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">CURVA DE FLUIDEZ</p> </div>			
3/4"	19.000	0.0	100.0				
1/2"	12.500	0.0	100.0				
3/8"	9.500	0.0	100.0				
1/4"	6.300	0.0	100.0				
Nº 4	4.750	0.0	100.0				
Nº 10	2.000	0.0	100.0				
Nº 20	0.850	0.0	100.0				
Nº 40	0.425	0.6	99.4				
Nº 60	0.250	16.3	83.7				
Nº 140	0.106	94.5	5.5				
Nº 200	0.075	95.9	4.1				
Distribución granulométrica							
% Grava	G.G. %	0.0	0.0			Clasificación (S.U.C.S.) SP Descripción del suelo Arena pobremente graduada	
	G.F. %	0.0					
% Arena	A.G. %	0.0	95.9			Clasificación (AASHTO) A-3 (0) Descripción BUENO	
	A.M. %	0.6					
	A.F. %	95.3					
% Arcilla y Limo		4.1	4.1				
Total			100.0				
Contenido de Humedad (%)			7.41				



Tesistas : Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
: Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

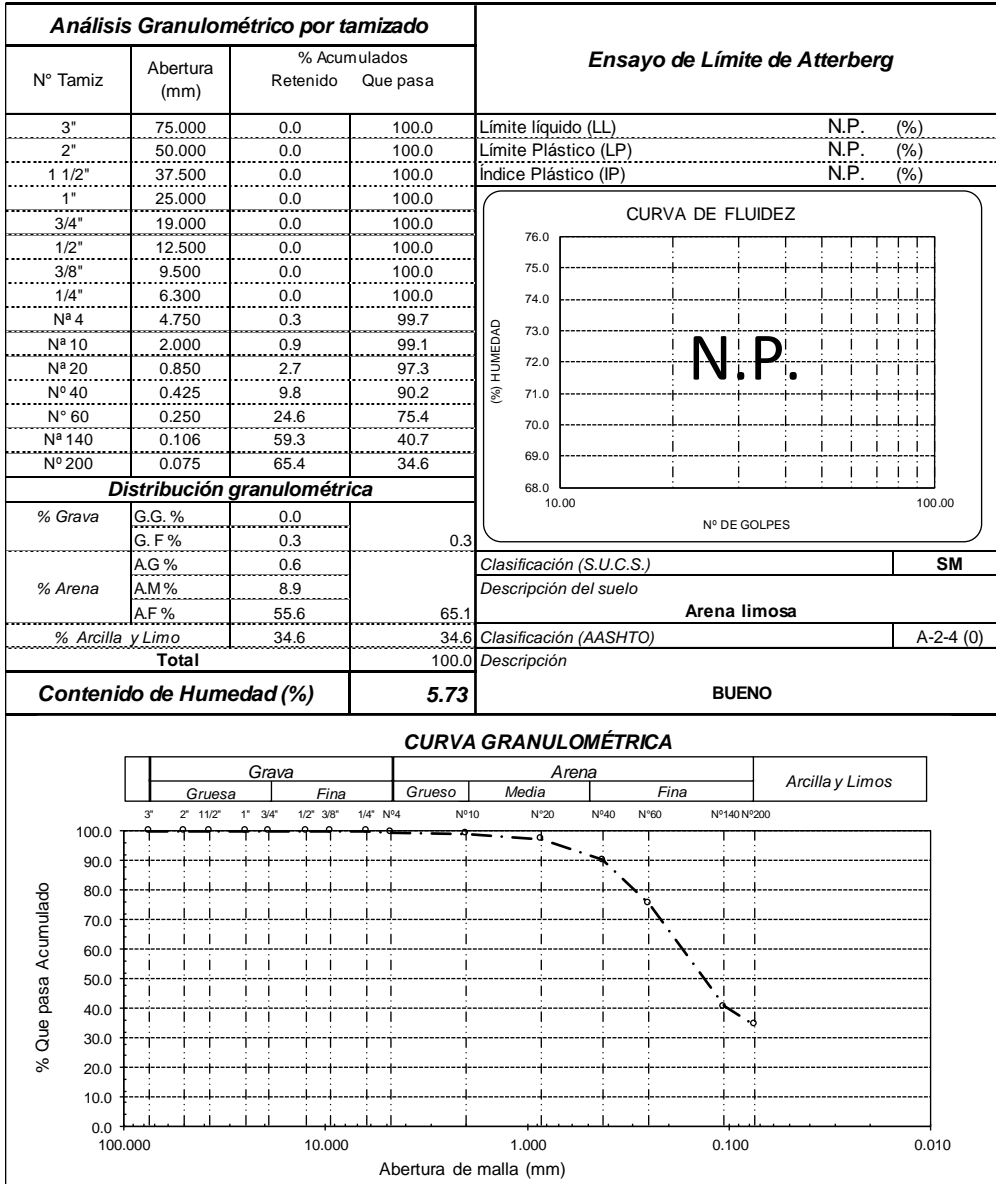
Tesis : ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018

Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

Ensayo : SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico
: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

Referencia : NTP 339.128:1999
: NTP 339.129:1999
: NTP 339.127: 1998

Muestra : Monsefú 1



Tesistas : Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
: Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

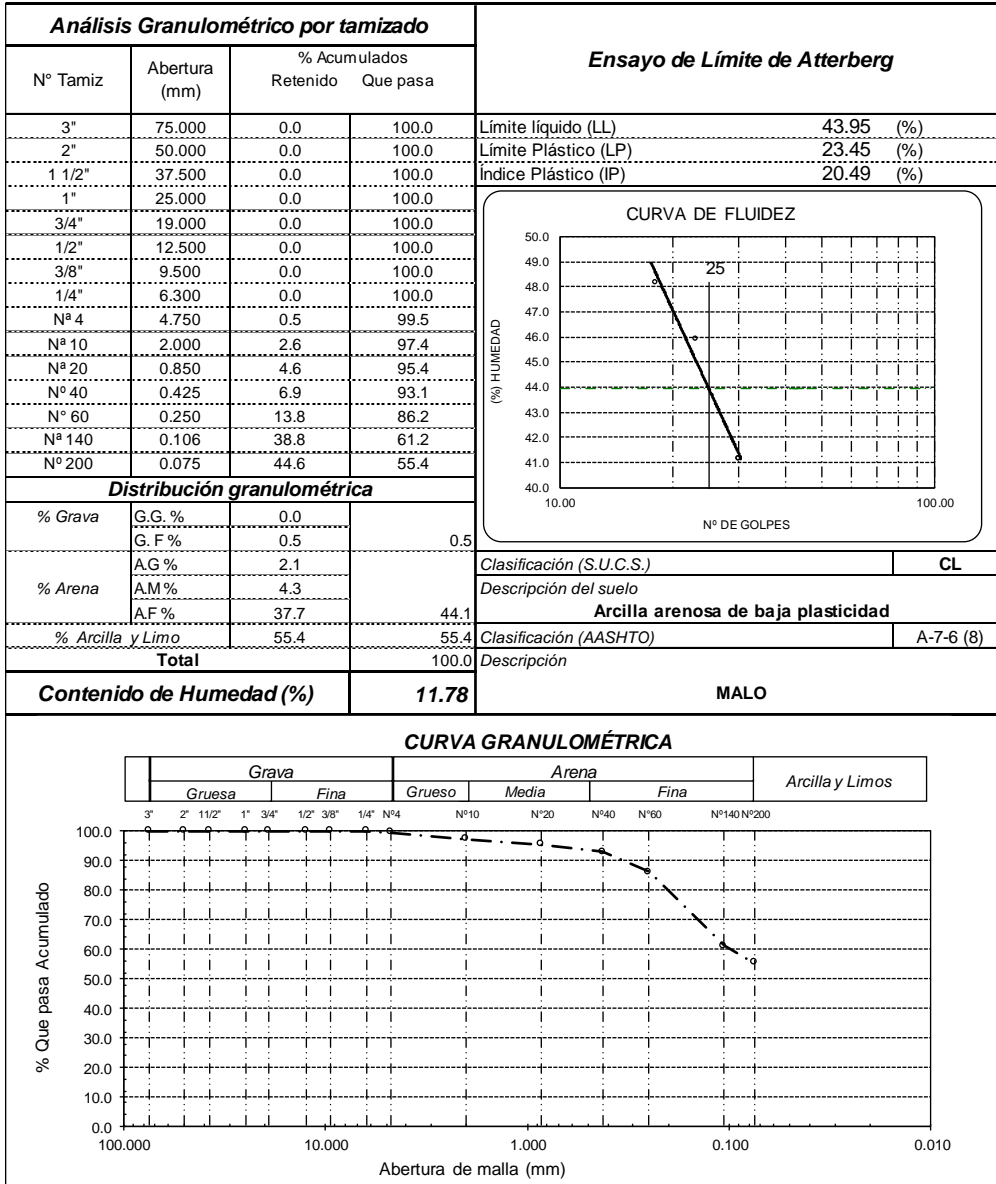
Tesis : ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018

Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

Ensayo : SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico
: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

Referencia : NTP 339.128:1999
: NTP 339.129:1999
: NTP 339.127: 1998

Muestra : Monsefú 2



Tesistas : Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
: Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

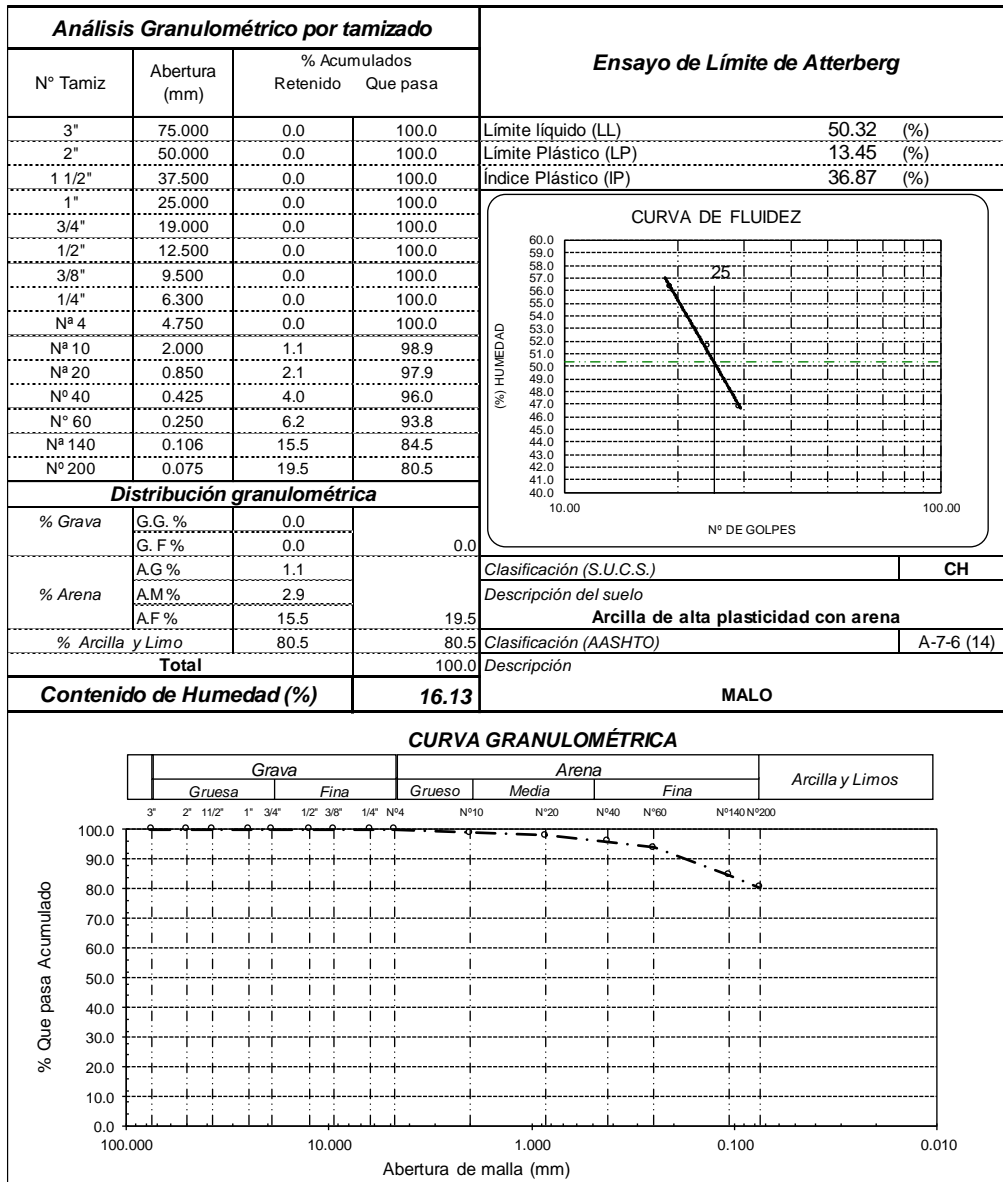
Tesis : ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018

Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

Ensayo : SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico
: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

Referencia : NTP 339.128:1999
: NTP 339.129:1999
: NTP 339.127: 1998

Muestra : Ferreñafe 2



Tesistas : Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
: Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

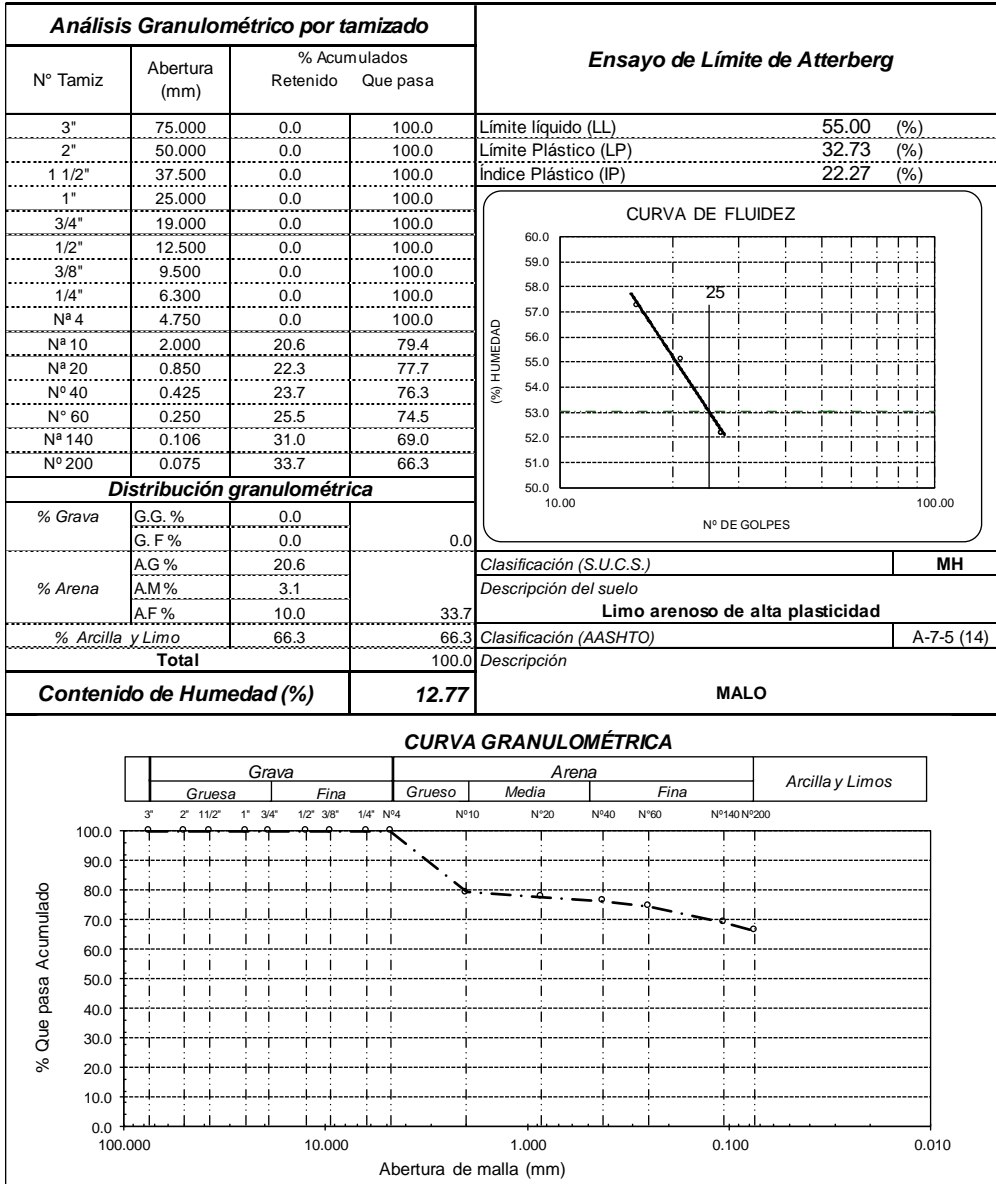
Tesis : ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018

Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

Ensayo : SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico
: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

Referencia : NTP 339.128:1999
: NTP 339.129:1999
: NTP 339.127: 1998

Muestra : Pomalca



Tesistas : Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
: Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis : ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018

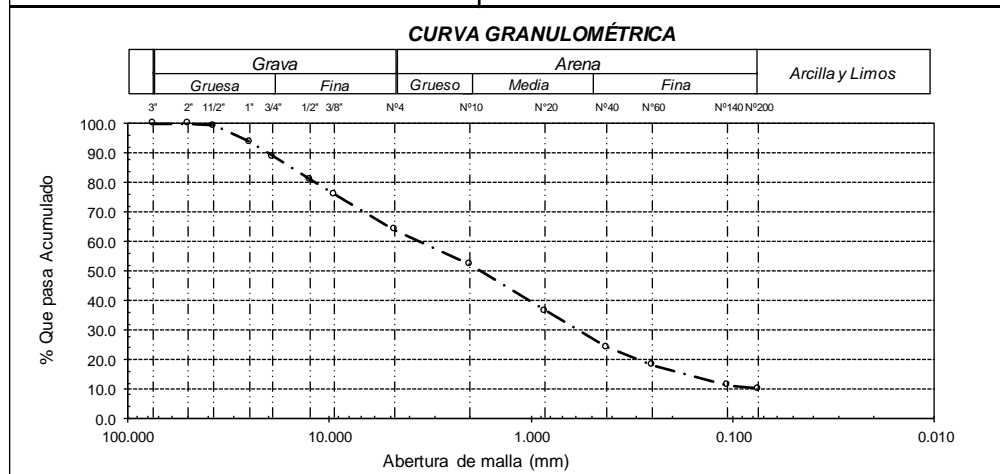
Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

Ensayo : SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico
: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

Referencia : NTP 339.128:1999
: NTP 339.129:1999
: N.T.P. 339.127: 1998

Muestra : Afirmado I

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados					
		Retenido	Que pasa				
3"	75.000	0.0	100.0	Límite líquido (LL)	N.P. (%)		
2"	50.000	0.0	100.0	Límite Plástico (LP)	N.P. (%)		
1 1/2"	37.500	0.7	99.3	Índice Plástico (IP)	N.P. (%)		
1"	25.000	6.1	93.9	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;">CURVA DE FLUIDEZ</p> </div>			
3/4"	19.000	11.2	88.8				
1/2"	12.500	18.9	81.1				
3/8"	9.500	23.8	76.2				
Nº 4	4.750	35.8	64.2				
Nº 10	2.000	47.8	52.2				
Nº 20	0.850	63.5	36.5				
Nº 40	0.425	75.7	24.3				
Nº 60	0.250	81.9	18.1				
Nº 140	0.106	88.7	11.3				
Nº 200	0.075	89.8	10.2				
Distribución granulométrica							
% Grava	G.G. %	11.2	35.8			Clasificación (S.U.C.S.) SW-SM	
	G.F %	24.6					
% Arena	A.G %	12.0	54.0	Descripción del suelo Arena bien graduada con limo y grava			
	A.M %	27.9					
	A.F %	14.1					
% Arcilla y Limo		10.2	10.2	Clasificación (AASHTO) A-1-b (0)			
Total			100.0	Descripción BUENO			
Contenido de Humedad (%)			4.21				



Tesistas : Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
: Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

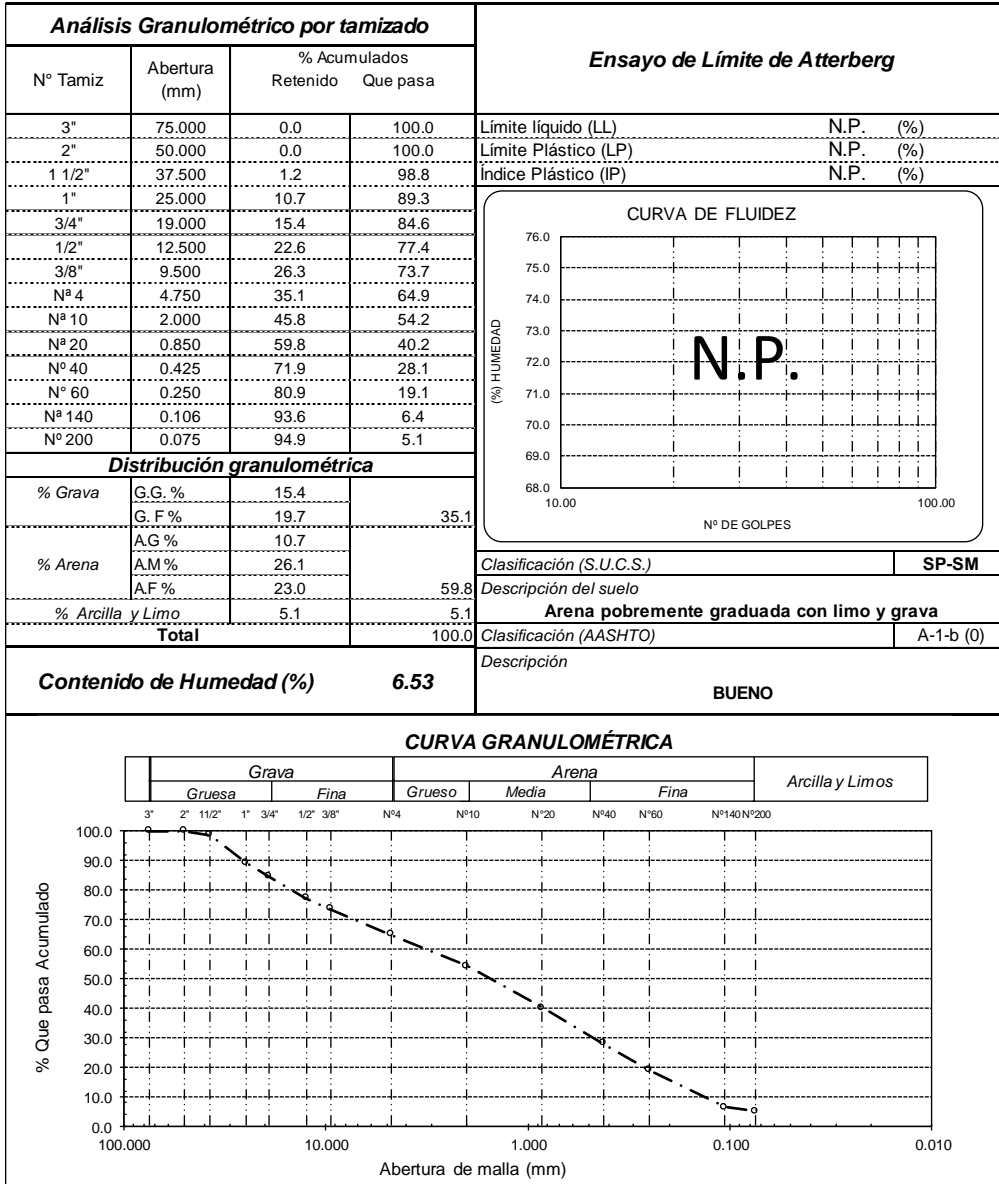
Tesis : ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018

Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

Ensayo : SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico
: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

Referencia : NTP 339.128:1999
: NTP 339.129:1999
: N.T.P. 339.127: 1998

Muestra : Afirmado II



Tesistas : Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
: Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

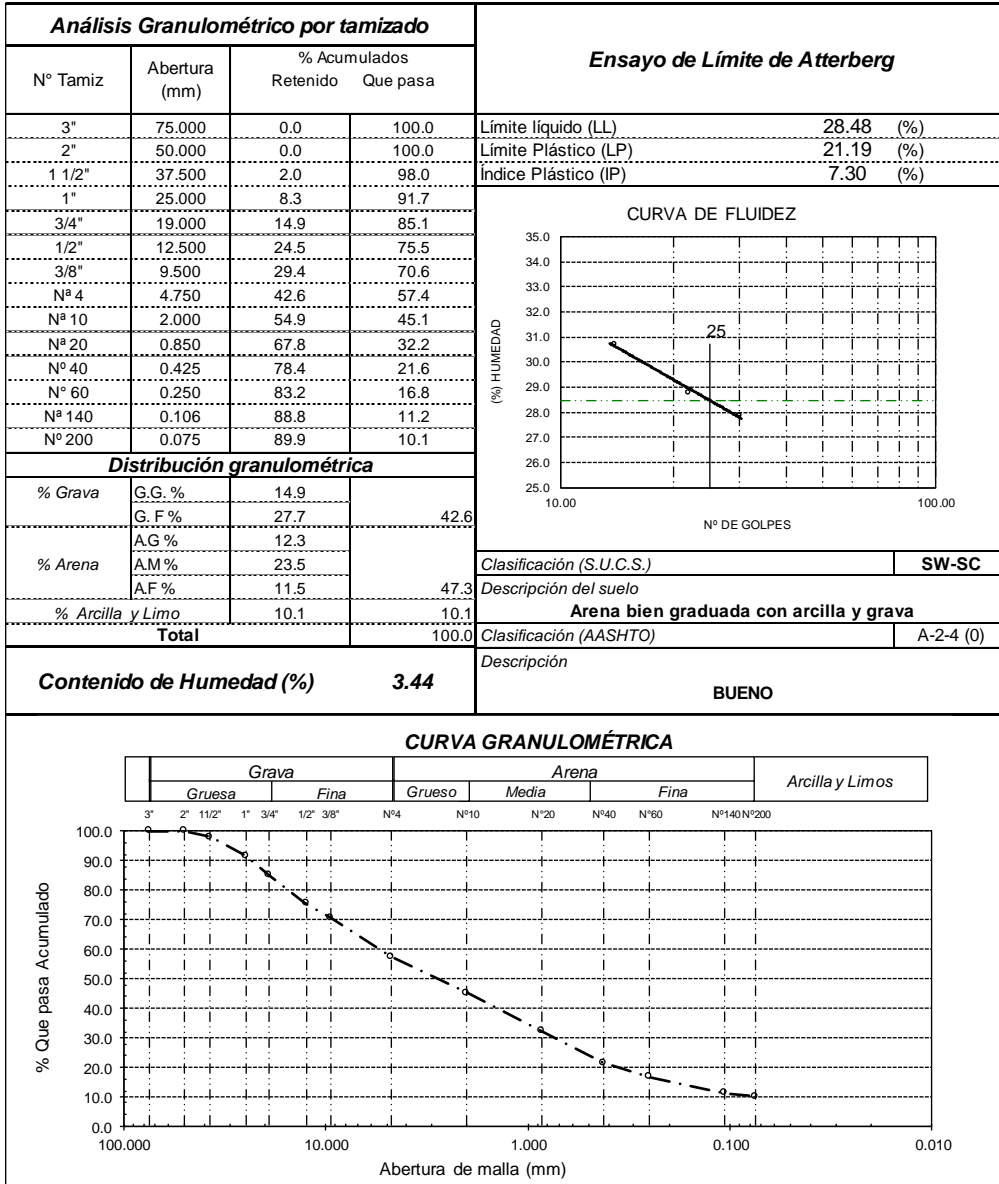
Tesis : ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018

Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

Ensayo : SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico
: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

Referencia : NTP 339.128:1999
: NTP 339.129:1999
: N.T.P. 339.127: 1998

Muestra : Afirmado III



ANEXO 3.2 RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)

**USS | UNIVERSIDAD
SEÑOR DE SIPÁN**
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas : Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel
 Tesis: : "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018"
 Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.
 Ensayo: : **SUELO. Método de ensayo para la compactación de suelo en laboratorio
 utilizando una energía modificada 2700KN-m/m³ (56000pie-Lbf/pie³)**
 Referencia : NTP 339.141:1999

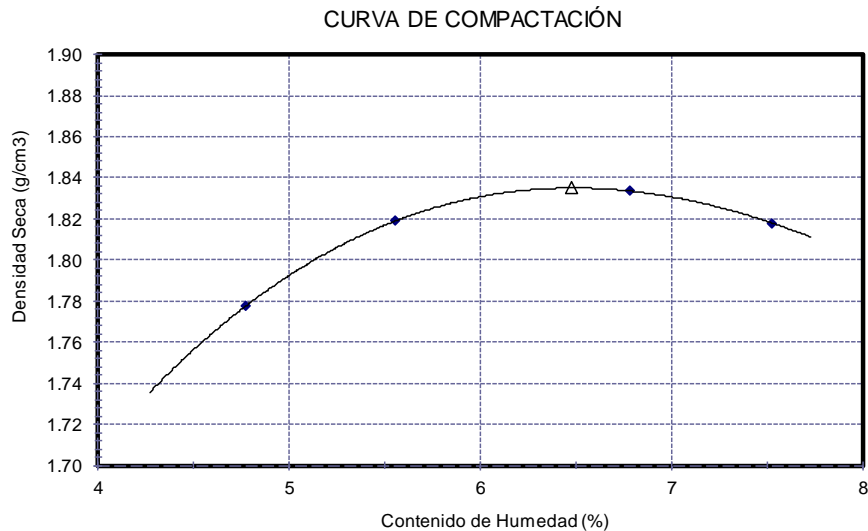
Identificación de la muestra:

Ferreñafe I

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.77	5.55	6.78	7.53
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.777	1.819	1.834	1.818

Máxima Densidad Seca	1.835	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	6.48	%
Procedimiento utilizado	Humedo	
Método de preparación	A	



**USS | UNIVERSIDAD
SEÑOR DE SIPÁN**
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas : Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel
 Tesis: : "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018"
 Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.
 Ensayo: : **SUELO. Método de ensayo para la compactación de suelo en laboratorio
 utilizando una energía modificada 2700KN-m/m3 (56000pie-Lbf/pie3)**
 Referencia : N.T.P. 339.141 : 1999

Identificación de la muestra:

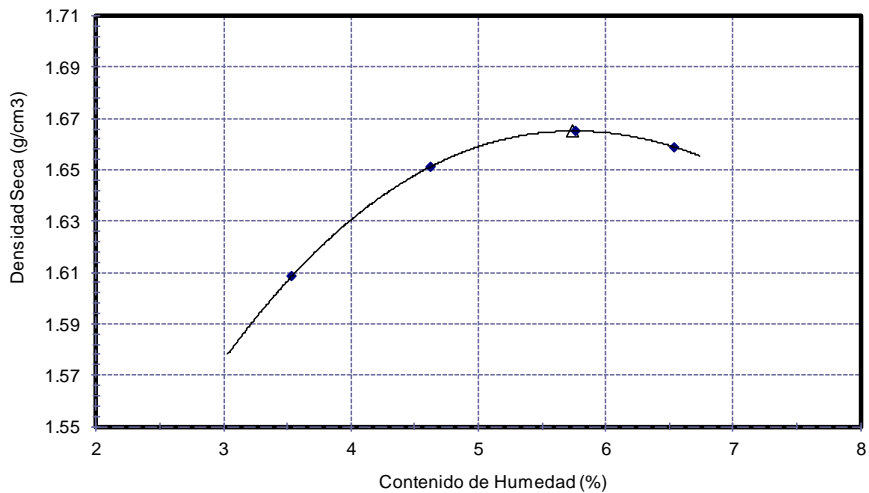
Lambayeque

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.53	4.62	5.76	6.53
DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.608	1.651	1.665	1.659

Máxima Densidad Seca	1.665	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	5.73	%
Procedimiento utilizado	Humedo	
Método de preparación	C	

CURVA DE COMPACTACIÓN



Tesistas : Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel
 Tesis: : "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO
 LOS CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA;
 LAMBAYEQUE. 2018"
 Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.
 Ensayo: : **SUELO. Método de ensayo para la compactación de suelo en laboratorio
 utilizando una energía modificada 2700KN-m/m³ (56000pie-Lbf/pie³)**
 Referencia : N.T.P. 339.141 : 1999

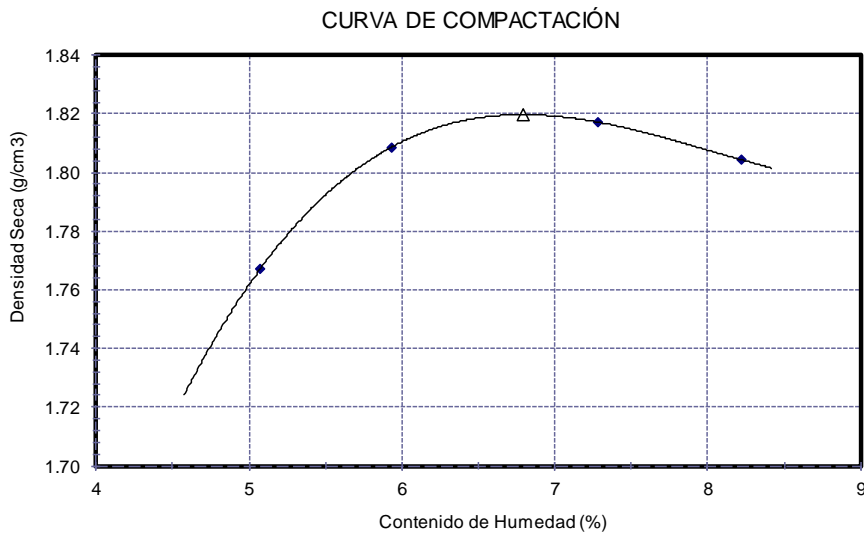
Identificación de la muestra:

Monsefú I

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.07	5.93	7.28	8.22
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.767	1.809	1.817	1.804

Máxima Densidad Seca	1.820	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	6.79	%
Procedimiento utilizado	Humedo	
Método de preparación	A	



**USS | UNIVERSIDAD
SEÑOR DE SIPÁN**
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas : Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel
 Tesis: : "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018"
 Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.
 Ensayo: : **SUELO. Método de ensayo para la compactación de suelo en laboratorio
 utilizando una energía modificada 2700KN-m/m³ (56000pie-Lbf/pie³)**
 Referencia : N.T.P. 339.141 : 1999

Identificación de la muestra:

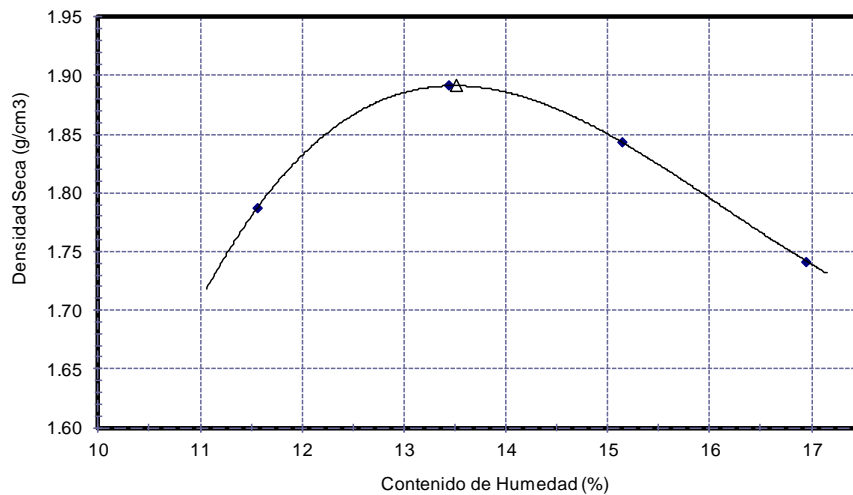
Monsefú II

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.56	13.44	15.14	16.95
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.787	1.891	1.843	1.742

Máxima Densidad Seca	1.891	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	13.52	%
Procedimiento utilizado	Humedo	
Método de preparación	A	

CURVA DE COMPACTACIÓN




**UNIVERSIDAD
SEÑOR DE SIPÁN**
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas : Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel
 Tesis: : "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018"
 Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.
 Ensayo: : **SUELO. Método de ensayo para la compactación de suelo en laboratorio
 utilizando una energía modificada 2700KN-m/m³ (56000pie-Lbf/pie³)**
 Referencia : N.T.P. 339.141 : 1999

Identificación de la muestra:

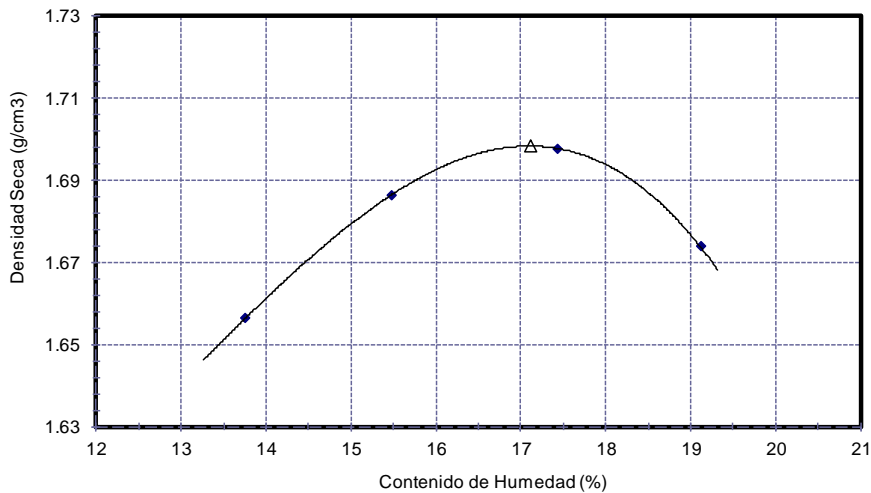
Ferreñafe II

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.76	15.48	17.43	19.11
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.656	1.686	1.698	1.674

Máxima Densidad Seca	1.698	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	17.12	%
Procedimiento utilizado	Humedo	
Método de preparación	A	

CURVA DE COMPACTACIÓN



**USS | UNIVERSIDAD
SEÑOR DE SIPÁN**
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas : Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel
 Tesis: : "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018"
 Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.
 Ensayo: : **SUELO. Método de ensayo para la compactación de suelo en laboratorio
 utilizando una energía modificada 2700KN-m/m3 (56000pie-Lbf/pie3)**
 Referencia : N.T.P. 339.141 : 1999

Identificación de la muestra:

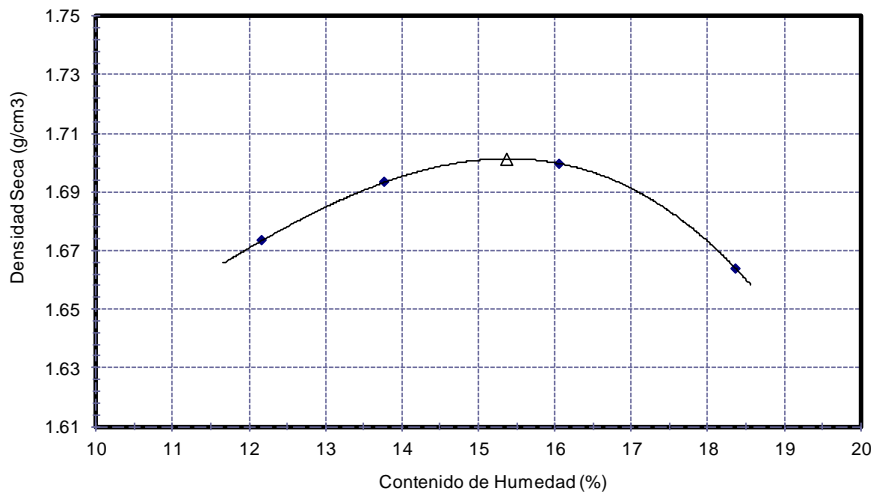
Pomalca

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.16	13.77	16.06	18.36
DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.673	1.693	1.700	1.664

Máxima Densidad Seca	1.701	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	15.36	%
Procedimiento utilizado	Humedo	
Método de preparación	B	

CURVA DE COMPACTACIÓN



Tesistas : Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel
 Tesis: : "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 : CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018"
 Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.
 Ensayo: : **SUELO. Método de ensayo para la compactación de suelo en laboratorio
 utilizando una energía modificada 2700KN-m/m³ (56000pie-Lbf/pie³)**
 Referencia : N.T.P. 339.141 : 1999

Identificación de la muestra:

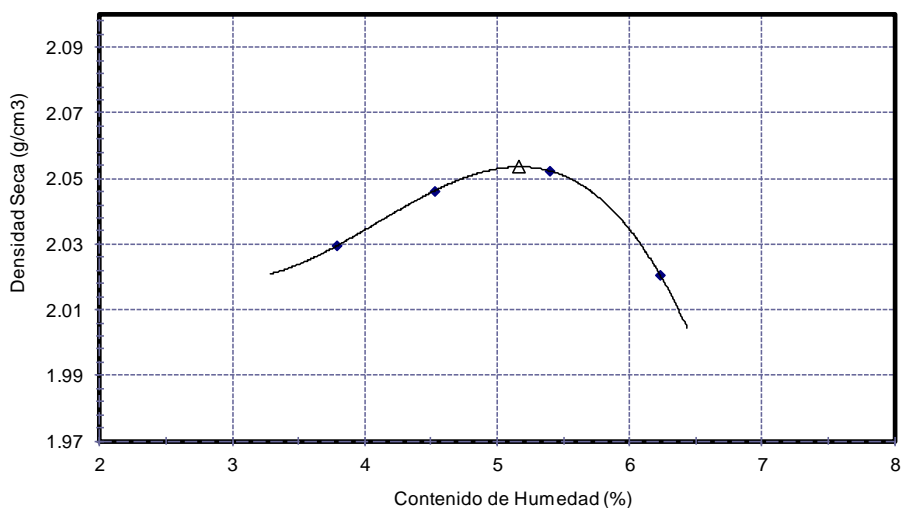
Afirmado I

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.79	4.53	5.40	6.23
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.029	2.046	2.052	2.020

Máxima Densidad Seca	2.054	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	5.17	%
Procedimiento utilizado	Humedo	
Método de preparación	C	

CURVA DE COMPACTACIÓN



**USS | UNIVERSIDAD
SEÑOR DE SIPÁN**
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas : Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel
 Tesis: : "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018"
 Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.
 Ensayo: : **SUELO. Método de ensayo para la compactación de suelo en laboratorio
 utilizando una energía modificada 2700KN-m/m3 (56000pie-Lbf/pie3)**
 Referencia : N.T.P. 339.141 : 1999

Identificación de la muestra:

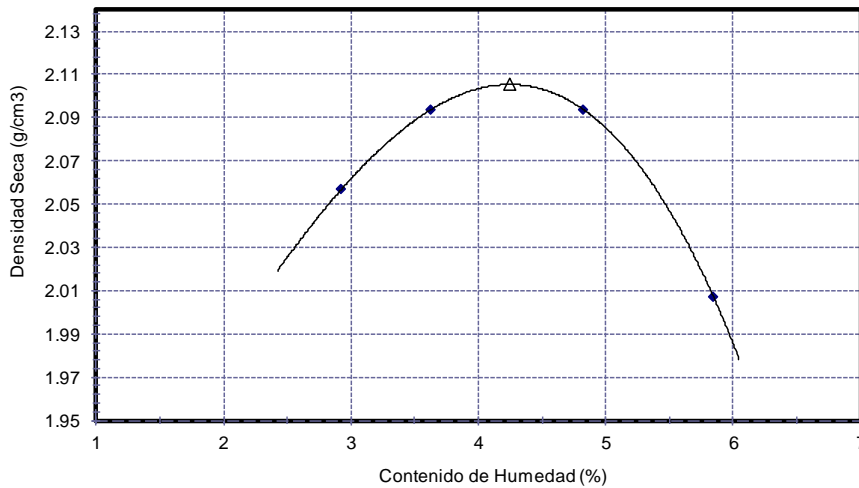
Afirmado II

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	2.92	3.62	4.83	5.85
DENSIDAD SECA (g/cm3)	2.057	2.094	2.094	2.007

Máxima Densidad Seca	2.105 g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	4.24 %
Procedimiento utilizado	Humedo
Método de preparación	C

CURVA DE COMPACTACIÓN




**UNIVERSIDAD
SEÑOR DE SIPÁN**
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas : Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel
 Tesis: : "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE. 2018"
 Ubicación : Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.
 Ensayo: : **SUELO. Método de ensayo para la compactación de suelo en laboratorio
 utilizando una energía modificada 2700KN-m/m³ (56000pie-Lbf/pie³)**
 Referencia : N.T.P. 339.141 : 1999

Identificación de la muestra:

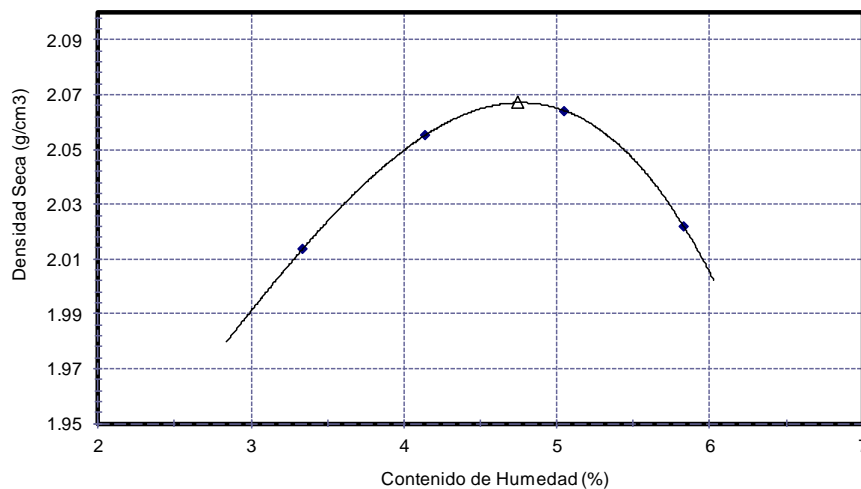
Afirmado III

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR SON :

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.34	4.13	5.05	5.83
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.014	2.055	2.064	2.022

Máxima Densidad Seca	2.067	g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad	4.75	%
Procedimiento utilizado	Humedo	
Método de preparación	C	

CURVA DE COMPACTACIÓN



**ANEXO 3.3 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DE CILINDROS DE SUELO MOLDEADOS.**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Ferreñafe 1

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%/VIAFORTE	03/10/2018	10/10/2018	7	11	1.03
2	Suelo/Cemento 10%/VIAFORTE	03/10/2018	10/10/2018	7	17	1.67
3	Suelo/Cemento 13%/VIAFORTE	04/10/2018	11/10/2018	7	19	1.86
4	Suelo/Cemento 16%/VIAFORTE	04/10/2018	11/10/2018	7	24	2.39
5	Suelo/Cemento 19%/VIAFORTE	04/10/2018	11/10/2018	7	28	2.75

USS | UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
 cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Ferreñafe 1

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%/MOCHICA	03/10/2018	10/10/2018	7	14	1.32
2	Suelo/Cemento 10%/MOCHICA	03/10/2018	10/10/2018	7	18	1.73
3	Suelo/Cemento 13%/MOCHICA	04/10/2018	11/10/2018	7	21	2.06
4	Suelo/Cemento 16%/MOCHICA	04/10/2018	11/10/2018	7	25	2.45
5	Suelo/Cemento 19%/MOCHICA	04/10/2018	11/10/2018	7	28	2.75

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
 cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Ferreñafe 1

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%/QHUNA	04/10/2018	11/10/2018	7	15	1.47
2	Suelo/Cemento 10%/QHUNA	04/10/2018	11/10/2018	7	30	2.94
3	Suelo/Cemento 13%/QHUNA	04/10/2018	11/10/2018	7	33	3.24
4	Suelo/Cemento 16%/QHUNA	04/10/2018	11/10/2018	7	35	3.43
5	Suelo/Cemento 19%/QHUNA	05/10/2018	12/10/2018	7	37	3.58

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de cilindros
 de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Lambayeque

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm2	MPa
1	Suelo/Cemento 4%/VIAFORTE	22/10/2018	29/10/2018	7	4	0.36
2	Suelo/Cemento 7%/VIAFORTE	22/10/2018	29/10/2018	7	9	0.92
3	Suelo/Cemento 10%/VIAFORTE	22/10/2018	29/10/2018	7	14	1.37
4	Suelo/Cemento 13%/VIAFORTE	22/10/2018	29/10/2018	7	15	1.47
5	Suelo/Cemento 16%/VIAFORTE	22/10/2018	29/10/2018	7	18	1.77

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
 cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Lambayeque

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 4%/MOCHICA	09/10/2018	16/10/2018	7	5	0.52
2	Suelo/Cemento 7%/MOCHICA	09/10/2018	16/10/2018	7	11	1.11
3	Suelo/Cemento 10%/MOCHICA	09/10/2018	16/10/2018	7	17	1.62
4	Suelo/Cemento 13%/MOCHICA	09/10/2018	16/10/2018	7	23	2.22
5	Suelo/Cemento 16%/MOCHICA	09/10/2018	16/10/2018	7	28	2.75

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
 cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Lambayeque

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 4%/QHUNA	09/10/2018	16/10/2018	7	9	0.88
2	Suelo/Cemento 7%/QHUNA	09/10/2018	16/10/2018	7	17	1.67
3	Suelo/Cemento 10%/QHUNA	09/10/2018	16/10/2018	7	28	2.75
4	Suelo/Cemento 13%/QHUNA	09/10/2018	16/10/2018	7	30	2.94
5	Suelo/Cemento 16%/QHUNA	09/10/2018	16/10/2018	7	34	3.29

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Monsefú 1

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%VIAFORTE	22/10/2018	29/10/2018	7	11	1.11
2	Suelo/Cemento 10%VIAFORTE	22/10/2018	29/10/2018	7	17	1.70
3	Suelo/Cemento 13%VIAFORTE	22/10/2018	29/10/2018	7	18	1.73
4	Suelo/Cemento 16%VIAFORTE	22/10/2018	29/10/2018	7	19	1.90
5	Suelo/Cemento 19%VIAFORTE	22/10/2018	29/10/2018	7	27	2.65

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
 cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Monsefú 1

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%/MOCHICA	05/10/2018	12/10/2018	7	14	1.32
2	Suelo/Cemento 10%/MOCHICA	05/10/2018	12/10/2018	7	21	2.01
3	Suelo/Cemento 13%/MOCHICA	05/10/2018	12/10/2018	7	26	2.55
4	Suelo/Cemento 16%/MOCHICA	05/10/2018	12/10/2018	7	31	3.01
5	Suelo/Cemento 19%/MOCHICA	05/10/2018	12/10/2018	7	33	3.20

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
 cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Monsefú 1

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%/QHUNA	05/10/2018	12/10/2018	7	21	2.01
2	Suelo/Cemento 10%/QHUNA	05/10/2018	12/10/2018	7	25	2.49
3	Suelo/Cemento 13%/QHUNA	05/10/2018	12/10/2018	7	29	2.80
4	Suelo/Cemento 16%/QHUNA	05/10/2018	12/10/2018	7	33	3.24
5	Suelo/Cemento 19%/QHUNA	05/10/2018	12/10/2018	7	37	3.66

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Monsefú 2

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%VIAFORTE	23/10/2018	30/10/2018	7	18	1.72
2	Suelo/Cemento 10%VIAFORTE	23/10/2018	30/10/2018	7	24	2.35
3	Suelo/Cemento 13%VIAFORTE	23/10/2018	30/10/2018	7	28	2.75
4	Suelo/Cemento 16%VIAFORTE	23/10/2018	30/10/2018	7	26	2.55
5	Suelo/Cemento 19%VIAFORTE	29/10/2018	05/11/2018	7	24	2.39

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
 cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Monsefú 2

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%/MOCHICA	11/10/2018	18/10/2018	7	20	1.93
2	Suelo/Cemento 10%/MOCHICA	11/10/2018	18/10/2018	7	25	2.45
3	Suelo/Cemento 13%/MOCHICA	11/10/2018	18/10/2018	7	31	2.99
4	Suelo/Cemento 16%/MOCHICA	11/10/2018	18/10/2018	7	30	2.94
5	Suelo/Cemento 19%/MOCHICA	11/10/2018	18/10/2018	7	26	2.55

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
 cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Monsefú 2

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm2	MPa
1	Suelo/Cemento 7%/QHUNA	10/10/2018	17/10/2018	7	26	2.55
2	Suelo/Cemento 10%/QHUNA	10/10/2018	17/10/2018	7	30	2.94
3	Suelo/Cemento 13%/QHUNA	10/10/2018	17/10/2018	7	32	3.09
4	Suelo/Cemento 16%/QHUNA	10/10/2018	17/10/2018	7	33	3.24
5	Suelo/Cemento 19%/QHUNA	11/10/2018	18/10/2018	7	31	3.04

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
 cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Ferreñafe 2

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%VIAFORTE	05/11/2018	12/11/2018	7	12	1.18
2	Suelo/Cemento 10%VIAFORTE	05/11/2018	12/11/2018	7	14	1.34
3	Suelo/Cemento 13%VIAFORTE	05/11/2018	12/11/2018	7	17	1.64
4	Suelo/Cemento 16%VIAFORTE	05/11/2018	12/11/2018	7	15	1.47
5	Suelo/Cemento 19%VIAFORTE	05/11/2018	12/11/2018	7	12	1.21

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
 cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Ferreñafe 2

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%/MOCHICA	06/11/2018	13/11/2018	7	12	1.18
2	Suelo/Cemento 10%/MOCHICA	06/11/2018	13/11/2018	7	15	1.50
3	Suelo/Cemento 13%/MOCHICA	06/11/2018	13/11/2018	7	19	1.90
4	Suelo/Cemento 16%/MOCHICA	06/11/2018	13/11/2018	7	17	1.62
5	Suelo/Cemento 19%/MOCHICA	06/11/2018	13/11/2018	7	13	1.24

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
 cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Ferreñafe 2

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%/QHUNA	07/11/2018	14/11/2018	7	18	1.80
2	Suelo/Cemento 10%/QHUNA	07/11/2018	14/11/2018	7	23	2.21
3	Suelo/Cemento 13%/QHUNA	07/11/2018	14/11/2018	7	29	2.81
4	Suelo/Cemento 16%/QHUNA	07/11/2018	14/11/2018	7	27	2.68
5	Suelo/Cemento 19%/QHUNA	07/11/2018	14/11/2018	7	24	2.39

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
 cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Pomalca

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%/VIAFORTE	08/11/2018	15/11/2018	7	7	0.64
2	Suelo/Cemento 10%/VIAFORTE	08/11/2018	15/11/2018	7	11	1.03
3	Suelo/Cemento 13%/VIAFORTE	08/11/2018	15/11/2018	7	17	1.62
4	Suelo/Cemento 16%/VIAFORTE	08/11/2018	15/11/2018	7	18	1.72
5	Suelo/Cemento 19%/VIAFORTE	08/11/2018	15/11/2018	7	12	1.21

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
 cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Pomalca

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%/MOCHICA	08/11/2018	15/11/2018	7	10	0.93
2	Suelo/Cemento 10%/MOCHICA	08/11/2018	15/11/2018	7	13	1.28
3	Suelo/Cemento 13%/MOCHICA	08/11/2018	15/11/2018	7	19	1.86
4	Suelo/Cemento 16%/MOCHICA	08/11/2018	15/11/2018	7	15	1.47
5	Suelo/Cemento 19%/MOCHICA	08/11/2018	15/11/2018	7	12	1.18

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
 cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Pomalca

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%/QHUNA	08/11/2018	15/11/2018	7	20	1.96
2	Suelo/Cemento 10%/QHUNA	08/11/2018	15/11/2018	7	24	2.39
3	Suelo/Cemento 13%/QHUNA	08/11/2018	15/11/2018	7	30	2.89
4	Suelo/Cemento 16%/QHUNA	08/11/2018	15/11/2018	7	26	2.55
5	Suelo/Cemento 19%/QHUNA	08/11/2018	15/11/2018	7	17	1.67

USS | UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de cilindros
de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Afirmado I

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm2	MPa
1	Suelo/Cemento 7%/VIAFORTE	10/10/2018	17/10/2018	7	13	1.24
2	Suelo/Cemento 10%/VIAFORTE	10/10/2018	17/10/2018	7	16	1.60
3	Suelo/Cemento 13%/VIAFORTE	10/10/2018	17/10/2018	7	19	1.90
4	Suelo/Cemento 16%/VIAFORTE	10/10/2018	17/10/2018	7	18	1.80
5	Suelo/Cemento 19%/VIAFORTE	10/10/2018	17/10/2018	7	16	1.54

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Afirmado I

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%/MOCHICA	10/10/2018	17/10/2018	7	13	1.23
2	Suelo/Cemento 10%/MOCHICA	10/10/2018	17/10/2018	7	18	1.80
3	Suelo/Cemento 13%/MOCHICA	10/10/2018	17/10/2018	7	25	2.40
4	Suelo/Cemento 16%/MOCHICA	10/10/2018	17/10/2018	7	21	2.03
5	Suelo/Cemento 19%/MOCHICA	10/10/2018	17/10/2018	7	18	1.72

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
 cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Afirmado I

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%/QHUNA	11/10/2018	18/10/2018	7	23	2.26
2	Suelo/Cemento 10%/QHUNA	11/10/2018	18/10/2018	7	28	2.75
3	Suelo/Cemento 13%/QHUNA	11/10/2018	18/10/2018	7	32	3.14
4	Suelo/Cemento 16%/QHUNA	11/10/2018	18/10/2018	7	29	2.84
5	Suelo/Cemento 19%/QHUNA	11/10/2018	18/10/2018	7	24	2.31

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
 cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Afirmado II

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%/VIAFORTE	17/10/2018	24/10/2018	7	15	1.50
2	Suelo/Cemento 10%/VIAFORTE	17/10/2018	24/10/2018	7	17	1.67
3	Suelo/Cemento 13%/VIAFORTE	17/10/2018	24/10/2018	7	20	1.96
4	Suelo/Cemento 16%/VIAFORTE	17/10/2018	24/10/2018	7	18	1.72
5	Suelo/Cemento 19%/VIAFORTE	17/10/2018	24/10/2018	7	17	1.67

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
 cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Afirmado II

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%/MOCHICA	12/10/2018	19/10/2018	7	19	1.83
2	Suelo/Cemento 10%/MOCHICA	12/10/2018	19/10/2018	7	25	2.45
3	Suelo/Cemento 13%/MOCHICA	12/10/2018	19/10/2018	7	29	2.81
4	Suelo/Cemento 16%/MOCHICA	12/10/2018	19/10/2018	7	27	2.65
5	Suelo/Cemento 19%/MOCHICA	12/10/2018	19/10/2018	7	25	2.40

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
 cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Afirmado II

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%/QHUNA	16/10/2018	23/10/2018	7	30	2.94
2	Suelo/Cemento 10%/QHUNA	16/10/2018	23/10/2018	7	32	3.11
3	Suelo/Cemento 13%/QHUNA	16/10/2018	23/10/2018	7	35	3.43
4	Suelo/Cemento 16%/QHUNA	16/10/2018	23/10/2018	7	30	2.89
5	Suelo/Cemento 19%/QHUNA	16/10/2018	23/10/2018	7	25	2.45

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
 cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Afirmado III

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%VIAFORTE	18/10/2018	25/10/2018	7	14	1.37
2	Suelo/Cemento 10%VIAFORTE	18/10/2018	25/10/2018	7	18	1.72
3	Suelo/Cemento 13%VIAFORTE	18/10/2018	25/10/2018	7	24	2.35
4	Suelo/Cemento 16%VIAFORTE	19/10/2018	26/10/2018	7	19	1.86
5	Suelo/Cemento 19%VIAFORTE	19/10/2018	26/10/2018	7	18	1.72

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
 cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Afirmado III

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%MOCHICA	12/10/2018	19/10/2018	7	14	1.34
2	Suelo/Cemento 10%MOCHICA	12/10/2018	19/10/2018	7	21	2.06
3	Suelo/Cemento 13%MOCHICA	12/10/2018	19/10/2018	7	26	2.55
4	Suelo/Cemento 16%MOCHICA	13/10/2018	20/10/2018	7	20	1.96
5	Suelo/Cemento 19%MOCHICA	13/10/2018	20/10/2018	7	19	1.83

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesistas: Becerra Santillán, Anthony Cesar Fernando
 Herrera Gonzáles, Alfredo Emmanuel

Tesis: "ESTABILIZACIÓN DE ARCILLAS, ARENAS Y AFIRMADOS, EMPLEANDO LOS
 CEMENTOS PACASMAYO VIAFORTE, MOCHICA Y QHUNA; LAMBAYEQUE.
 2018"

Ubicación: Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Perú

Ensayo: **Métodos de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de
 cilindros de cemento de suelo moldeados.**

Referencia: **ASTM D 1633**

Muestra: Afirmado III

Muestra N°	Descripción	Fecha de Suelo Moldeado	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Resistencia	
					kg/cm ²	MPa
1	Suelo/Cemento 7%/QHUNA	15/10/2018	22/10/2018	7	26	2.55
2	Suelo/Cemento 10%/QHUNA	15/10/2018	22/10/2018	7	31	3.04
3	Suelo/Cemento 13%/QHUNA	15/10/2018	22/10/2018	7	37	3.58
4	Suelo/Cemento 16%/QHUNA	16/10/2018	23/10/2018	7	31	3.04
5	Suelo/Cemento 19%/QHUNA	16/10/2018	23/10/2018	7	27	2.60

ANEXO 4 PANEL TOFOGRÁFICO



Figura 69. Extracción de muestra. Calicata Ferreñafe 2

Fuente: Elaboración Propia

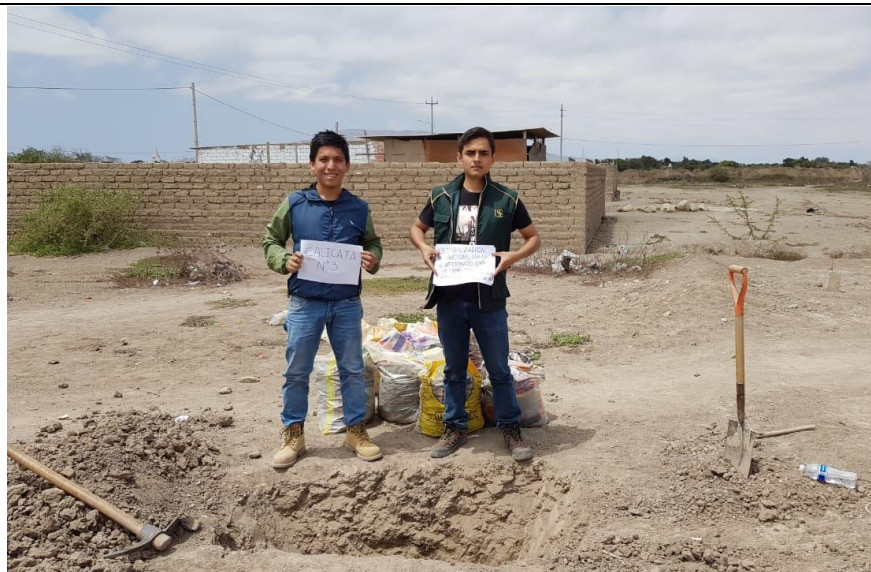


Figura 70. Extracción de muestra. Calicata Monsefú 2

Fuente: Elaboración Propia



Figura 71. Extracción de muestra. Calicata Ferreñafe 1

Fuente: Elaboración Propia



Figura 72. Obtención de muestra de afirmado en cantera Tres Tomas

Fuente: Elaboración Propia



Figura 73. Muestra inalterada, para obtener su contenido de humedad

Fuente: Elaboración Propia



Figura 74. Secado de muestra de suelo.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 75. Muestras para obtención de contenido de humedad

Fuente: Elaboración Propia



Figura 76. Tamizado de muestra por la malla N° 40

Fuente: Elaboración Propia



Figura 77. Peso de muestra para estabilizar suelo.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 78. Probetas suelo Lambayeque, con adición de diversos cementos

Fuente: Elaboración Propia



Figura 79. Probetas suelo cemento en bolsa para no perder su contenido de humedad

Fuente: Elaboración Propia



Figura 80. Probetas suelo cemento, en bolsa para su curado en tierra húmeda.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 81. Probetas suelo Monsefú 1, con adición de diversos cementos

Fuente: Elaboración Propia



Figura 82. Ejecución de ensayo a la resistencia suelo cemento

Fuente: Elaboración Propia



Figura 83. Rotura de probeta suelo cemento

Fuente: Elaboración Propia



Figura 84. Probetas después de su rotura

Fuente: Elaboración Propia



Figura 85. Probetas después de someterlas al anillo de carga de 50KN

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 5 PRESUPUESTO

Mano de Obra

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio s/.	Subtotal
Calicatas	h-h	6	54.00	S/. 324.00
Viáticos	Día	7	90	S/. 630.00
Total				S/. 954.00

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio s/.	Subtotal
Cemento Qhuna	Bolsa	1	20.8	S/. 20.80
Cemento Mochica	Bolsa	1	21.61	S/. 21.61
Cemento Pacasmayo Víaforte	Bolsa	1	-	-
Molde Partido de 4" diámetro	Unidad	1	320	S/. 320.00
Depósito de madera para muestras Saturadas	Unidad	1	300	S/. 300.00
EPP : Guantes	Unidad	9	8	S/. 72.00
EPP : Mascarillas	Docena	4	12	S/. 48.00
Bolsas herméticas x 100 unid	Unidad	5	75	S/. 375.00
Fuentes metálicas	Unidad	9	30	S/. 270.00
Materiales de escritorio	Global	1	500	S/. 500.00
Total				S/. 1,927.41

Ensayos de Laboratorio

Descripción	Referencia	Cantidad	Precio s/.	Subtotal
Contenido de humedad	N.T.P. 339.127	9	10	S/. 90.00
Límite Líquido	N.T.P. 339.129	9	20	S/. 180.00
Límite Plástico	N.T.P. 339.129	9	20	S/. 180.00
Análisis granulométrico	N.T.P. 339.128	9	30	S/. 270.00
Próctor modificado	N.T.P. 339.141	9	80	S/. 720.00
Resistencia a la compresión de probetas de suelo-cemento	MTC E 1103	432	50	S/. 21,600.00
Total				S/. 23,040.00

El costo total que demandó la realización de este proyecto asciende a los veinticinco mil novecientos veintiun 41/100 soles (S/. 25,921.41) de inversión.

La muestra de cemento Pacasmayo Víaforte utilizado en la investigación fue un prototipo adquirido con fines de investigación, el cual aún no tiene un valor en el mercado.

La Universidad Señor de Sipán aportó con los servicios prestados en el Laboratorio de Materiales con el 88.88% del presupuesto total.

Además, los autores de esta investigación aportaron el 11.12% del presupuesto invertido en este proyecto.