



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN EN BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA, CON ADICIÓN DE GOMA DE ALOE VERA, CAJAMARCA 2018”.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero civil

Autor:

Alexander Infante Guevara

Asesor:

M. Cs. Ing. Luis M. Tejada Arias

Cajamarca - Perú

2018

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor M. Cs. Ing. Luis M. Tejada Arias, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA CIVIL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

Infante Guevara Alexander

Por cuanto, CONSIDERA que la tesis titulada: “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN EN BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA, CON ADICIÓN DE GOMA DE ALOE VERA, CAJAMARCA 2018”. Para aspirar al título profesional de: Ingeniero civil por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, AUTORIZA al o a los interesados para su presentación.

M. Cs. Ing. Luis M. Tejada Arias
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados Han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: Alexander infante Guevara, para aspirar al título profesional con la tesis denominada: “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN EN BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA, CON ADICIÓN DE GOMA DE ALOE VERA, CAJAMARCA 2018”.

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Firman en señal de conformidad:

Ing. Manuel Rafael Urteaga Toro
Jurado
Presidente

Ing. Tulio Edgar Guillén Sheen
Jurado

Ing. Erick Rafael Muñoz Barboza
Jurado

DEDICATORIA

A dios por la vida, salud y por brindarme las fuerzas para lograr parte de mis objetivos, a mi familia en especial a mis padres por su amor, su comprensión y apoyo incondicional que me brindan sin importar las circunstancias, gracias a ellos por hacer realidad mis metas planteadas y a mis hermanos y amigos por estar en los momentos difíciles demostrándome su apoyo.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, hermanos y a la plana docente en general de la Universidad Privada del Norte por darme la oportunidad de estudiar y formarme como persona y como profesional.

A mi asesor de la Universidad Privada del Norte, Ing. Luis Matías Tejada Arias, por su apoyo y conocimientos que nos brindó para poder ejecutar el desarrollo mi tesis.

Al director de carrera: Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga, por el apoyo y por brindarnos sus conocimientos para establecer el tema de tesis.

TABLA DE CONTENIDOS

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS	ii
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xvi
RESUMEN.....	xx
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	21
1.1 Realidad problemática.....	21
1.2 Formulación del problema	30
1.3 Objetivos	30
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	30
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	30
1.4 Hipótesis.....	30
1.4.1 <i>Hipótesis genera</i>	30
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	31
2.1 Tipo de investigación	31
2.2 Población, muestra, tratamiento de estudios y unidad de estudio.....	31

<i>a. Población</i>	31
<i>b. Muestra</i>	31
<i>c. Tratamiento de estudio</i>	32
<i>d. Unidad de estudio</i>	32
2.3 Métodos y materiales e instrumentos de recolección y análisis de dato	33
<i>a. Instrumentos</i>	33
<i>b. Métodos o técnica y materiales</i>	33
<i>c. Análisis de datos</i>	35
2.4 Procedimiento	36
2.5 Ubicación de cantera	37
<i>a. Namora_ Cantera “Bellavista”</i>	37
2.6 Ubicación de donde se obtuvo el aloe vero.....	38
2.7 Ensayos de laboratorio	40
<i>2.7.1. Contenido de Humedad</i>	41
<i>2.7.2. Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado</i>	42
<i>2.7.3. Análisis granulométrico por sifonaje</i>	43
<i>2.7.4. Límites de plasticidad</i>	45
<i>2.7.5. Compactación Proctor modificado</i>	48
<i>2.7.6. Elaboración de bloques de tierra comprimida.</i>	49
<i>2.7.7. Importancia de la maquina CINVA RAM.</i>	50

2.7.8. Procedimiento de los bloques de tierra comprimida de la cantera Bellavista Namora sin adición.....	51
CAPÍTULO III. RESULTADOS	52
3.1 Resultado de los ensayos para la clasificación de suelos.	52
3.1.1 Contenido de humedad.....	52
3.1.2 Límites de consistencia.	52
3.1.3 Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado	53
3.2 Clasificación de suelo.	53
3.3 Ensayo de Compactación Proctor Modificado.....	54
3.4 Resultados y análisis estadístico de resistencias a compresión y absorción de los bloques de tierra comprimida.	55
3.4.1 Resistencia a compresión de los bloques de tierra comprimida.....	55
a. Análisis estadístico de la resistencia a compresión de bloques de tierra comprimida.	57
3.4.2 Resistencia a la absorción de los bloques de tierra comprimida.	62
a. Análisis estadístico de la resistencia a la absorción de los bloques de tierra comprimida.	63
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	67
4.1 DISCUSIÓN	67
4.1.1 Limitaciones	67
4.1.2 Comparación.....	67
4.1.3 Implicancia.....	69

4.2 CONCLUSIONES	71
REFERENCIAS	73
<i>Alvarez, L., Hernán, A., & Enrique, M. (1986). Comportamiento de los suelos para la confección de adobes. España.</i>	<i>73</i>
ANEXOS.....	75
ANEXO N° 1.- PANEL Y FOTOGRAFICO.....	75
ANEXO N° 2.- ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS.	87
a. Ensayo de contenido de humedad	87
b. Ensayo de límites de consistencia (LL-LP)	87
c) Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado	88
c. Análisis granulométrico mediante tamizado por sifonaje.	89
A.2 PROCTOR MODIFICADO	90
A.3 CALCULO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	95
a. Cálculo de la resistencia a compresión de la muestra patrón.	95
b. Cálculo de la resistencia a compresión con adición del 3% de goma aloe vera.	103
c. Cálculo de la resistencia a compresión con 6% de goma aloe vera.	111
d. Cálculo de la resistencia a compresión con 9% de goma aloe vera.	119
A.4 CALCULO DE LA ABSORCIÓN DE AGUA DE LOS BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA.....	127
a. Ensayo de absorción de agua en bloques de tierra comprimida.....	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Unidades de estudio.....	33
Tabla 2. Métodos y materiales.....	34
Tabla 3. Porcentajes de humedad del suelo	52
Tabla 4. Resultados de Límites de consistencia del suelo.....	52
Tabla 5. Resultados de análisis granulométrico por lavado.	53
Tabla 6. Resultados de la clasificación del suelo.	53
Tabla 7. Resultados de proctor modificado	54
Tabla 8. Dosificación de agua y goma de aloe vera por bloque de tierra comprimida	55
Tabla 9. Resistencia a compresión de los bloques de tierra comprimida de la muestra patrón sin adición de goma de aloe vera.	55
Tabla 10. Resistencia a compresión de los bloques de tierra comprimida con 3% de adición de goma de aloe vera.	56
Tabla 11. Resistencia a compresión de los bloques de tierra comprimida con 6% de adición de goma de aloe vera.	56
Tabla 12. Resistencia a compresión de los bloques de tierra comprimida con 9% de adición de goma de aloe vera.	56
Tabla 13. Análisis de la varianza de resistencia a compresión de bloques de tierra comprimida, según los tratamientos.	57

Tabla 14. Medias de resistencia a compresión de los bloques de tierra comprimida, según los tratamientos.	57
Tabla 15. Agrupación de información de resistencia a compresión de los bloques de tierra comprimida, según los tratamientos utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.	58
Tabla 16. Resistencia a la absorción con 3% de adición de goma de aloe vera.	62
Tabla 17. Resistencia a la absorción con 6% de adición de goma de aloe vera.	62
Tabla 18. Resistencia a la absorción 9% de adición de goma de aloe vera.	62
Tabla 19. Análisis de la varianza de resistencia a la absorción de los bloques de tierra comprimida, según los tratamientos.	63
Tabla 20. Medias de resistencia a la absorción de los bloques de tierra comprimida, según los tratamientos.	63
Tabla 21. Agrupación de la información de la resistencia a la absorción de los bloques de tierra comprimida, según los tratamientos utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.	64
Tabla 22. Determinación del Contenido de Humedad.....	87
Tabla 23. Determinación del Límite líquido y limite plástico.....	87
Tabla 25. Análisis Granulométrico por Lavado Cantera Namora “Bellavista”.....	88
Tabla 25. Análisis Granulométrico por Sifonaje.	89
Tabla 26. Proctor Modificado de la Muestra Patrón sin adición de coma aloe vera.	90
Tabla 27. Proctor Modificado con Adición de 3% de Goma de Aloe Vera	91
Tabla 28. Proctor Modificado con Adición de 6% de Goma de Aloe Vera	93
Tabla 29. Proctor Modificado con Adición de 9% de Goma de Aloe Vera	94

Tabla 30. Resultado del Ensayo a Compresión de la Muestra Patrón PM1	95
Tabla 31. Resultado del Ensayo a Compresión de la Muestra Patrón PM2	96
Tabla 32. Resultado del Ensayo a Compresión de la Muestra Patrón PM3	97
Tabla 33. Resultado del Ensayo a Compresión de la Muestra Patrón PM4	98
Tabla 34. Resultado del Ensayo a Compresión de la Muestra Patrón PM5	99
Tabla 35. Resultado del Ensayo a Compresión de la Muestra Patrón PM6	100
Tabla 36. Resultado del Ensayo a Compresión de la Muestra Patrón PM7	101
Tabla 37. resultado del Ensayo a Compresión de la Muestra Patrón PM8.....	102
Tabla 38. Resultado del Ensayo a Compresión con 3% de Adición de goma aloe vera Muestra- M1.....	103
Tabla 39. Resultado del Ensayo a Compresión con 3% de Adición de goma aloe vera Muestra- M2.....	104
Tabla 40. Resultado del Ensayo a Compresión con 3% de Adición de goma aloe vera Muestra- M3.....	105
Tabla 41. Resultado del Ensayo a Compresión con 3% de Adición de goma aloe vera Muestra- M4.....	106
Tabla 42. Resultado del Ensayo a Compresión con 3% de Adición de goma aloe vera Muestra- M5.....	107
Tabla 43. Resultado del Ensayo a Compresión con 3% de Adición de goma aloe vera Muestra- M6.....	108

Tabla 44. Resultado del Ensayo a Compresión con 3% de Adición de goma aloe vera Muestra-M7.....	109
Tabla 45. Resultado del Ensayo a Compresión con 3% de Adición de goma aloe vera Muestra-M8.....	110
Tabla 46. Resultado del Ensayo a Compresión con 6% de Adición de goma aloe vera Muestra-M1.....	111
Tabla 47. Resultado del Ensayo a Compresión con 6% de Adición de goma aloe vera Muestra-M2.....	112
Tabla 48. Resultado del Ensayo a Compresión con 6% de Adición de goma aloe vera Muestra-M3.....	113
Tabla 49. Resultado del Ensayo a Compresión con 6% de Adición de goma aloe vera Muestra-M4.....	114
Tabla 50. Resultado del Ensayo a Compresión con 6% de Adición de goma aloe vera Muestra-M5.....	115
Tabla 51. Resultado del Ensayo a Compresión con 6% de Adición de goma aloe vera Muestra-M6.....	116
Tabla 52. Resultado del Ensayo a Compresión con 6% de Adición de goma aloe vera Muestra-M7.....	117
Tabla 53. Resultado del Ensayo a Compresión con 6% de Adición de goma aloe vera Muestra-M8.....	118

Tabla 54. Resultado del Ensayo a Compresión con 9% de Adición de goma aloe vera Muestra-M1.....	119
Tabla 56. Resultado del Ensayo a Compresión con 9% de Adición de goma aloe vera Muestra-M2.....	120
Tabla 56. Resultado del Ensayo a Compresión con 9% de Adición de goma aloe vera Muestra-M3.....	121
Tabla 57. Resultado del Ensayo a Compresión con 9% de Adición de goma aloe vera Muestra-M4.....	122
Tabla 58. Resultado del Ensayo a Compresión con 9% de Adición de goma aloe vera Muestra-M5.....	123
Tabla 59. Resultado del Ensayo a Compresión con 9% de Adición de goma aloe vera Muestra-M6.....	124
Tabla 60. Resultado del Ensayo a Compresión con 9% de Adición de goma aloe vera Muestra-M7.....	125
Tabla 61. Resultado del Ensayo a Compresión con 9% de Adición de goma aloe vera Muestra-M8.....	126
Tabla 62. Cálculo de la Absorción de Agua con 3% de Goma de Aloe Vera	127
Tabla 63. Cálculo de la Absorción de Agua con 6% de Goma de Aloe Vera	127
Tabla 64. Cálculo de la Absorción de Agua con 9% de Goma de Aloe Vera	127

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Ubicación de la cantera Bellavista Namora.	37
Fotografía 2. Extracción manual del suelo de la cantera Bellavista – Namora	38
Fotografía 3. Ubicación de donde se ha obtenido Aloe vera.	39
Fotografía 4. Extracción del aloe vera.	40
Fotografía 5. Material Extraído de la Cantera Bellavista- Namora Distrito de Cajamarca	75
Fotografía 6. Aloe Vera o Sábila Extraída del Distrito de San Marcos-Cajamarca	75
Fotografía 7. Preparación de la Goma de Aloe Vera.....	76
Fotografía 8. Determinación del ensayo de Contenido de Humedad	76
<i>Fotografía 9. Ensayo de Análisis Granulométrico por Lavado</i>	<i>77</i>
Fotografía 10. Tamizado de Análisis Granulométrico por Lavado	77
<i>Fotografía 11. Ensayo de Límites de Consistencia (Límite Líquido).....</i>	<i>78</i>
Fotografía 12. Ensayo de Límites de Consistencia (Límite Plástico).....	78
Fotografía 13. Ensayo de Análisis Granulométrico Mediante Sifonaje	79
Fotografía 14. Peso la Goma Aloe Vera para Realizar la Compactación de Proctor Modificado	79
Fotografía 15. Mezcla, Compactación y Peso de Molde más Muestra Durante la Realización del Proctor Modificado.....	80
Fotografía 16. Preparación de Material para Realizar los Bloques de Tierra Comprimida.	80
Fotografía 17. Con mi asesor constatando la fabricación de los bloques de tierra comprimida.	81
Fotografía 18. Elaboración de los Bloques de Tierra Comprimida por la Maquina Cinva Ram	81
Fotografía 19. Con mi Asesor constatando la Culminación de la Fabricación de los BTC	82
Fotografía 20. Curado de los Bloques de Tierra Comprimida.....	82
Fotografía 21. Bloques de tierra comprimida en Laboratorio de la UPN para Realizar las Respectivas Pruebas	83
Fotografía 22. Realizando la Medición de los Bloques de Tierra Comprimida	83
Fotografía 23. Ensayo a Compresión de los Bloques de Tierra Comprimida en Presencia de mi Asesor de Tesis.....	84
Fotografía 24. Ensayo de Absorción a la Muestra Parón sin adición de goma aloe vera.....	85
<i>Fotografía 25. Ensayo de Absorción a la Muestra con 3% de adición de goma aloe vera.</i>	<i>85</i>
Fotografía 26. Ensayo de Absorción a la Muestra con 6% de adición de goma aloe vera.....	86
Fotografía 27. Ensayo de Absorción a la Muestra con 9% de adición de goma aloe vera.....	86

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Gráficas de intervalos para agrupaciones de resistencia a la compresión de los bloques de tierra comprimida por tratamiento.	59
Gráfico 2. Gráficas de valores individuales y cajas de resistencia a la compresión de los bloques de tierra comprimida por tratamiento.	59
Gráfico 3. Gráficas boxplot o diagrama de caja de resistencia a la compresión de los bloques de tierra comprimida.	60
Gráfico 4. Gráficos de valores individuales y cajas de resistencia a la absorción por tratamiento.	65
Gráfico 5. Gráficas boxplot o diagrama de caja de resistencia a la absorción	65
Gráfico 6. Límites de consistencia del suelo Cantera Namora “Bellavista”	88
Gráfico 7. Análisis Granulométrico por Lavado.	89
Gráfico 8. Análisis granulométrico por Sifonaje.	90
Gráfico 9. Proctor Modificado Muestra Patrón	91
Gráfico 10. Proctor Modificado con Adición del 3% de Goma de Aloe Vera.....	92
Gráfico 11. Proctor Modificado con Adición del 6% de Goma de Aloe Vera.....	93
Gráfico 12. Proctor Modificado con Adición del 9% de Goma de Aloe Vera.....	94
Gráfico 13. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra Patrón PM1	95
Gráfico 14. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra Patrón PM2.....	96
Gráfico 15. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra Patrón PM3.....	97
Gráfico 16. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra Patrón PM4.....	98

Gráfico 17. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra Patrón PM5.....	99
Gráfico 18. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra Patrón PM6.....	100
Gráfico 19. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra Patrón PM7.....	101
Gráfico 20. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra Patrón PM8.....	102
Gráfico 21. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 3% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M1	103
Gráfico 22. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 3% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M2	104
Gráfico 23. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 3% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M3	105
Gráfico 24. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 3% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M4	106
Gráfico 25. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 3% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M5	107
Gráfico 26. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 3% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M6	108
Gráfico 27. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 3% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M7	109
Gráfico 28. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 3% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M8	110

Gráfico 29. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 6% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M1	111
Gráfico 30. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 6% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M2	112
Gráfico 31. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 6% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M3	113
Gráfico 32. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 6% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M4	114
Gráfico 33. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 6% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M5	115
Gráfico 34. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 6% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M6	116
Gráfico 35. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 6% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M7	117
Gráfico 36. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 6% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M8	118
Gráfico 37. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 9% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M1	119
Gráfico 38. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 9% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M2	120

Gráfico 39. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 9% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M3	121
Gráfico 40. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 9% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M4	122
Gráfico 41. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 9% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M5	123
Gráfico 42. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 9% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M6	124
Gráfico 43. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 9% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M7	125
Gráfico 44. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 9% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M8	126

RESUMEN

La presente tesis tiene como principal objetivo Determinar cuál es la influencia de la adición de goma aloe vera en ladrillos de tierra comprimidos en cuanto a la resistencia a la compresión y la absorción, los cuales serán elaborados con la maquina CINVA RAM. La investigación se basó principalmente en analizar diferentes canteras de los distritos de Cajamarca, con la finalidad de determinar la clasificación del suelo más óptimo para su elaboración, utilizando adición de goma aloe vera en diferentes niveles 3%, 6% y 9%; para luego evaluar sus efectos en su resistencia a compresión y absorción comparando estos resultados con la muestra patrón, bloques de tierra comprimida sin adición de goma aloe vera.

Los resultados obtenidos del ensayo a compresión de los bloque de tierra comprimida ensayados en mitades, nos arrojó valores que superan la resistencia mínima que indica la norma técnica de edificaciones E.080, obteniendo para la muestra patrón sin adición valores de resistencia a compresión de 16.07 kg/cm² y con adición de goma aloe vera en porcentajes de 3%, 6% y 9% presentando valores de 20.68 kg/cm², 22.71 kg/cm² y 22.84 kg/cm² respectivamente, siendo el adobe con mejor resistencia a la compresión el con adición de 9% de goma de aloe vera.

Finalmente, para el ensayo o prueba de absorción de agua, la muestras patrón sin adición de goma aloe vera no resistieron la prueba, a diferencia de los bloques de tierra comprimida con adición de 3%, 6% y 9% de goma aloe vera, resistieron a la prueba de absorción de agua, obteniéndose valores de 12.16%, 12.24% y 12.43% de absorción.

Palabras clave: Bloque de tierra comprimido, Aloe vera, compresión, absorción.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

La vivienda de adobe en el Perú constituye más del 50% de la vivienda rural del país, tiene gran acogida por su economía, durabilidad y además por ser un material fácil de adquirir, su facilidad para construir. El hombre rural viene construyendo desde épocas remotas con adobe siguiendo las técnicas constructivas que sus antepasados le han heredado, el problema está en que estas viviendas son vulnerables ante la presencia de un movimiento sísmico y nuestro país tiene esta naturaleza, pero: ¿por qué tenemos que dejar en el olvido estas técnicas? Pienso que lo que debemos hacer es mejorar con nuevos procedimientos y materiales, logrando una simbiosis estructural para que la edificación adquiera características sismo-resistentes (Valdéz, 2017).

Según (Alvarez, Hernán, & Enrique, 1986). Los materiales de construcción han ido desarrollándose técnicamente con el progreso de nuestra civilización, y es así como han logrado adaptarse a las variadas necesidades constructivas de nuestro tiempo. Este avance ha debido considerar estudios de cualidades más relevantes, como también sus desventajas. Sin embargo, en ocasiones se ha adoptado el uso de sistemas y elementos, empleados por tradición, sin analizar sus características en forma sistemática.

En un principio, el hombre utilizó como abrigo elementos naturales como cavernas y grietas. Después, ante la necesidad de cazar, de cultivar y por lo mismo de desplazarse, construyó abrigos con materiales fáciles de manejar y disponibles sobre el propio terreno.

Entre ellos, naturalmente, la tierra. El proceso constructivo primitivo utilizaba lodo, el que se extraía de riberas y era preparado en pozos especialmente adaptados para ello, se le agregaba 1/3 de paja y 1/3 de guano de vacuno y se procedía al amasado de estos componentes hasta formar una masa uniforme. El estiércol podría actuar como plastificante y reducir las contracciones de secado. La paja puede considerarse como un refuerzo primitivo. Hoy en día, debido a la escasez y costo de los productos energéticos, debe recurrirse a mejorar las técnicas para emplear materiales que disminuyan estos insumos en su elaboración.

En nuestra realidad según (INEI, 2017), A nivel nacional, el segundo material más utilizado en las paredes exteriores de las viviendas particulares es adobe o tapia, con 2 millones 148 mil 494, que representa al 27,9% del total de viviendas. Los resultados del censo de 2017, nos muestra a nivel departamental que Huancavelica tiene el mayor número de viviendas con paredes exteriores de adobe o tapia con 84 mil 835, que equivale al 82,4% del total de viviendas, seguido de Apurímac con 91 mil 752 viviendas (76,1%), Cajamarca con 264 mil 310 viviendas (70,3%) y Cusco con 217 mil 794 viviendas (67,3%), entre las principales. En cambio, los departamentos de Loreto con 1 mil 334 viviendas particulares, que equivale al 0,7% del total de viviendas, Ucayali con 1 mil 84 viviendas (0,9%), Madre de Dios con 723 viviendas (1,8%), la Provincia Constitucional del Callao con 4 mil 505 (1,8%) y la Provincia de Lima con 52 mil 272 viviendas (2,4%), son los que presentan menor proporción de paredes exteriores de adobe o tapia en sus viviendas.

La gran necesidad de tener una vivienda en la ciudad de Cajamarca en especial en la zona rural, obliga a buscar alternativas de solución. En la actualidad la mayoría de la población se está dejando de construir con el adobe; sin embargo, en la zona rural sigue utilizando con gran intensidad a pesar de que estas viviendas no tienen mucha resistencia a los movimientos sísmicos y su poca durabilidad por la falta de conocimiento del adobe reforzado (Bolaños, 2016).

Según (NTE E-080, 2017), Adobe, existen diferentes definiciones sobre el adobe, el cual se describe a continuación. Como unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja, arena gruesa u otros materiales con la finalidad de mejorar su resistencia y durabilidad.

Según (Rios, 2010), el adobe es un material de construcción muy antiguo que se ha utilizado para abrigar al hombre de los elementos naturales y tiene sus orígenes en las construcciones a base de tierra. En el transcurso de la historia de la humanidad este material no ha sufrido modificaciones importantes en su elaboración; y ha sido la compactación mecánica del adobe. Sin embargo, debido a la intervención de agentes como: lluvia, viento y sismos, además de la naturaleza propia de los suelos con los que se elaboran, por ser arcillas en el mayor de los casos, tienden a mostrar afinidad por el agua, lo que reduce la resistencia mecánica, así como la desintegración de los mismos al entrar en contacto con el agua, por lo que la durabilidad de las estructuras construidas con este material es relativamente corta.

Las construcciones de adobe se realizarán con recursos propios de la zona, aledaños a la obra el material elaborado es de tierra y paja, es claro que este tipo de sistema disminuye el tiempo de mano de obra y el costo del muro. Las unidades están conformadas a base de tierra y paja en donde la técnica no ha tenido una evolución, los operarios por lo referente tienen cuidado con el modo de empleo de la tierra que debe ser de buena calidad para que esta evite agrietamientos, así como el uso de moldes rígidos de madera que permitan una compactación aceptable (Valdéz, 2017).

Desde esta perspectiva, el problema está en la falta de un estudio donde se determine la posibilidad de utilizar algún material económico como aglutinante para mejorar las condiciones de resistencia y absorción de los bloques de tierra comprimida. A partir de lo que se menciona, es imperativo que se conozcan los detalles y las características del nuevo componente que se busca utilizar para la preparación de suelos; tomando como referencia lo que menciona (Ortiz, 2010), sobre la sábila o aloe vera:

Según (Ortiz, 2010), Aloe vera (sábila): El Aloe Vera es una planta siempre verde, de hojas largas y carnosas. Normalmente crece en estado espontáneo en las lomas, a orillas de los caminos y en lugares pedregosos, donde llueve poco. Su poder de resistencia a las sequías, es tan fuerte que puede vivir sin agua por varios años, dentro de las casas, sólo dependiendo de la humedad del ambiente.

Características del aloe vera:

- Por lo general crece hasta 35 cm de altura.
- Sus hojas son de color verde, con ancho de 6 cm que crece para arriba estrechándose con márgenes espinosos.
- La flor de la sábila crece de manera erguida en ciertos casos puede superar la altura de la planta.
- Las flores de sábila son de color amarillo único, y entre amarillo y rojo crecen hasta un aproximado de 2 cm.

Con la implementación del proyecto, se pretende seguir ampliando el marco de la investigación de los bloques de tierra comprimida, planteando la posibilidad del uso de la sábila como alternativa probablemente más económica para ser aplicada en la mezcla, con lo que se pretende aumentar la resistencia mecánica, reducir la absorción de agua y alargar su vida útil.

Los bloques de tierra comprimida (BTC) están actualmente siendo estudiados en gran parte del mundo con diferentes estabilizantes para mejorar sus diversas características. Esta situación es debido a la importancia que la tierra cruda tiene en el planeta como material de construcción. Su fácil disponibilidad, bajo coste e inercia térmica hacen de la tierra una materia prima fundamental para las viviendas de ciertas poblaciones en el mundo (Carcedo, 2012). Gracias a las nuevas investigaciones que se están llevando a cabo, se está mejorando el comportamiento mecánico del mismo, por consiguiente, daremos a conocer algunos estudios realizados:

(Barek, 2015) en su tesis “mejorar la capacidad portante de los suelos usando sábila, para la construcción de caminos rurales” tuvo como objetivo principal Mejorar la capacidad

portante de los suelos de mala calidad, utilizando sábila como aglutinante, para que sean empleados en la construcción de caminos rurales, llegando a concluir que la nueva técnica de utilización de la sábila asegura su rápida dispersión y el drenaje de las aguas superficiales. La sábila como material aglutinante puede lograr que el suelo se vuelva más compacto, con lo que se reduce el levantamiento de polvo y el desgaste del mismo. La sábila al contar con una característica aglutinante, mejora la densidad del suelo por ello, y en base las características de este tipo de planta, se la ha considerado idónea para realizar pruebas, e identificar el porcentaje apropiado de una parte de esta planta, para emplearla como aglutinante en la construcción de caminos rurales.

(Bolaños, 2016), en su tesis “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna” tuvo como objetivo principal Determinar la resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna en diferentes porcentajes, llegando a concluir que la resistencia a compresión de los bloques de adobe compactado y ensayado en mitades tiene una resistencia de 19.19 kg para la muestra patrón y para los porcentajes de 5%, 10% y 15% presenta valores de 21.90 kg/cm², 25.27 kg/cm² y 27.56 kg/cm² respectivamente, siendo estos valores mayor a lo que especifica la norma E.080 – Adobe, el cual indica una resistencia mínima a compresión de 12 kg/cm². Así mismo el porcentaje de absorción del bloque de adobe compactado con 5%, 10% de goma de tuna es de 12.68% y 14.62% respectivamente, la muestra patrón y los de bloques de adobe con 15% no resiste la prueba de absorción.

(Benites, 2017), en su tesis “Adobe estabilizado con extracto de cabuya.” Tiene como objetivo evaluar el uso del extracto de Cabuya (*Furcraea andina*), como polímero natural estabilizador de adobe compactado y su impacto en su resistencia mecánica y al agua, llegando a concluir que el extracto de Cabuya es un polímero vegetal que sí contribuye significativamente a la estabilización del adobe, mejorando sus propiedades de resistencia al agua, como un polímero aglutinante que reduce a casi cero el efecto de daño por inmersión y chorro de agua en el adobe. Tiene además cierto efecto en sus propiedades mecánicas, pues para ciertas condiciones, se puede registrar una mejora en la resistencia a la compresión de hasta el 9.6%; mejora la capacidad de deformación y adherencia, con un módulo de rotura que llega hasta un 133.7%. así mismo El uso del extracto de Cabuya como estabilizante puede sustituir a otros materiales como la tuna, la cal, el cemento o las cenizas volcánicas en la estabilización de adobes para albañilería, ya que presenta propiedades de resistencia al agua muy similares. Aunque puede disminuir la resistencia a la compresión, ésta sigue siendo mayor que la mínima pedida por el reglamento peruano para adobes.

Según (Otero & Calderón , 2019), una de las alternativas para evitar el impacto ambiental es la construcción habitacional con bloque de suelo comprimido (BSC) de fácil producción, y su utilización es una técnica eficiente, rápida y económica, los bloques se pueden fabricar inclusive con diversas geometrías. Para lograr la fabricación y compactación del BSC, es indispensable una máquina prensadora, la más conocida es la CINVA RAM, ideada en Colombia, máquina manual para fabricar bloques de suelo-

cemento sin o con núcleos de diferentes formas, se fundamenta en la palanca de fuerza infinita y está considerada como una de las tecnologías latinoamericanas más difundidas en el mundo para combatir la pobreza o al menos mejorar el estilo y calidad de vida de las poblaciones desprotegidas.

Adobe compactado: La compactación en el adobe es una alternativa en la que se aprovecha las ventajas del adobe tradicional para minimizar sus desventajas de resistencia, ya que al mezclar adecuadamente los ingredientes del adobe tradicional y luego a éstos agregarle una fuerza de compactación con una prensa se obtiene un material más homogéneo. El efecto que la compactación produce, se refleja en el aumento en la densidad del adobe, incrementando su resistencia mecánica, debido a que se disminuye la porosidad, haciéndolo más denso en relación al adobe tradicional (Rios, 2010).

Según la norma española (UNE 41410, 2008), nos menciona que la tierra o suelo destinado a la construcción de los bloques de tierra comprimida está compuesta esencialmente por grava, arena, limo y arcilla, mezclado con agua y, opcionalmente, estabilizantes y aditivos.

Según norma (UNE 41410, 2008), menciona que hay diferentes tipos de estabilización, agrupados según la acción que ejerzan sobre el material tierra. Estas acciones son:

- Estabilización química (aceites naturales): coco, savia de caucho, savias naturales, látex, prensado de oliva, etc.
- Estabilización física (granulométrica): se realiza con la mezcla de suelos naturales.

- Estabilización física (con fibras): al añadir dichas fibras crea un armazón interno, lo que aporta una mejora en el reparto de las tensiones en la matriz terrosa logrando así incrementar la resistencia a flexión y a cortante.

Según norma (NTE E-080, 2017) En todas las edificaciones el principal problema de los adobes es la baja resistencia que éste representa, éstos tienen una resistencia a la compresión por unidad de 12 kg/cm^2 , el cual es muy baja para resistir grandes esfuerzos.

La resistencia a compresión de un material es la propiedad que tiene para resistir la acción de las fuerzas, cuando una fuerza actúa sobre un cuerpo se presenta fuerzas resistentes en la fibra del cuerpo que se denomina fuerzas internas. Fuerza interna es la resistencia interior del cuerpo a una fuerza externa (Rios, 2010).

Otro de los problemas del adobe es la resistencia a la absorción, ya que este material es muy utilizado en la sierra especialmente en la zona rural por personas de bajos recursos; sin embargo, presentan muy baja resistencia a la absorción frente a las constantes lluvias en épocas de invierno (Bolaños, 2016).

La absorción es la capacidad de medida de agua que puede contener un bloque de unidad saturada. Este ensayo tiene por objetivo conocer la capacidad de absorción de las muestras a ser ensayadas cuando alcanzan un estado de saturación, en otras palabras, obtendremos un índice que refleje la capacidad de absorción de agua de los especímenes durante 24 horas de ser sumergido en el agua (NTP.399.613, 2003).

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es la influencia de la adición de goma aloe vera en ladrillos de tierra comprimidos en cuanto a la resistencia a la compresión y la absorción?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar cuál es la influencia de la adición de goma aloe vera en los bloques de tierra comprimidos en cuanto a la resistencia a la compresión y la absorción.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la adición de porcentajes de 3%, 6% y 9% de aloe vera en la resistencia a compresión de los bloques de tierra comprimida.
- Determinar la influencia de la adición de porcentajes de 3%, 6% y 9% de aloe vera en la resistencia a la absorción de los bloques de tierra comprimida.
- Determinar y clasificar el suelo más óptimo para realizar los ladrillos de tierra comprimida, mediante ensayos de laboratorio.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis genera

La adición de goma de aloe vera incrementa la resistencia a compresión en un 20 % en bloques de tierra comprimida y reduce la absorción de agua en un 10%.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

Este estudio es una investigación **experimental**, ya que, se ha tenido en cuenta diseños experimentales, como estrategia para llevar un control y una metodología cuantitativa para el procesamiento, análisis y evaluación de la investigación, por lo que se tuvo en cuenta las variables dependientes que intervienen, como es, en este caso la cantidad de goma de aloe vera que se añadió en los ladrillos de tierra comprimida y también las propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión.

2.2 Población, muestra, tratamiento de estudios y unidad de estudio.

a. Población

La presente investigación al ser un estudio experimental, carece de población respecto al tratamiento de estudio realizado.

b. Muestra

En este estudio, al ser de tipo experimental, a partir de la muestra se hace una inferencia hacia la población. Por lo tanto, las muestras vienen a ser las unidades experimentales o especímenes de adobe correspondientes a cada tratamiento.

Para este caso se consideró:

- 16 especímenes compactados (8 para ensayo a compresión y 8 para ensayo de absorción) sin adición, los cuales conformaron la muestra patrón.

- 48 especímenes compactados (8 para ensayo a compresión y 8 para ensayo de absorción) con aditivo en diferentes porcentajes (3, 6 y 9%).
- La cantidad de unidades consideradas para los ensayos de compresión y absorción va de acuerdo a las normas de adobe E- 080, el cual indica un mínimo de 6 unidades para ensayo a compresión y la norma ASTM C-67 indica un mínimo de 5 unidades para absorción, de estos requerimientos normativos se tomó 8 unidades de especímenes por cada ensayo.

c. Tratamiento de estudio

Se tuvieron tres tratamientos de estudio y una muestra patrón, los que se indican a continuación:

- Muestra Patrón (0% de aloe): consistió en la elaboración de ladrillos sin agregar aloe vera.
- Tratamiento 1: Ladrillos elaborados con 3% de aloe vera
- Tratamiento 2: Ladrillos elaborados con 6% de aloe vera
- Tratamiento 3: Ladrillos elaborados con 9% de aloe vera

d. Unidad de estudio

Con cada uno de los tratamientos se elaboraron 16 especímenes de los cuales 8 especímenes fueron ensayados a resistencia a compresión y 8 especímenes fueron elaborados para ser ensayados a resistencia a la absorción. tal como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 1. Unidades de estudio

Tratamiento de Estudio	Cantidad de unidades de estudios
Muestra Patrón (0% de aloe)	16
Ladrillos elaborados con 3% de aloe vera	16
Ladrillos elaborados con 6% de aloe vera	16
Ladrillos elaborados con 9% de aloe vera	16
Total	64

2.3 Métodos y materiales e instrumentos de recolección y análisis de dato

a. Instrumentos

Protocolos de laboratorio: Esta guía, se estructura a través de columnas para favorecer el orden de los datos recogidos en laboratorio.

b. Métodos o técnica y materiales

Se ha tenido que identificar tres canteras denominadas: Cantera Shaullo, ubicada en la Carretera Cajamarca – Baños del Inca a 15 minutos del lugar, Cantera Las Arenas, ubicada en la Carretera Cajamarca – Llacanora a 10 minutos del lugar y la Cantera Bellavista, ubicada en el Km 26+000 de la carretera Cajamarca – Namora, canteras de donde provino el material para clasificar el tipo de suelo más óptimo posibles para la fabricación de bloques de tierra comprimida, suelos que será determinado mediante una serie de ensayos en laboratorio. Indicados a continuación:

Tabla 2. Métodos y materiales.

MÉTODOS	MATERIALES
<p><u>Ensayo de Contenido de humedad:</u></p> <p>Este ensayo consiste en tomar una porción de material húmedo extraído en el lugar fue pesada en un recipiente y luego fue secado durante 24 horas en una estufa a 110 ± 5 °C, para luego retirar y pesar el material previamente secado, Norma (MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Balanza: calibrada de precisión a 0.01 gr. - Taras: codificadas para cada tipo de muestras de suelo. - Estufa: con control de temperatura de 100 ± 10 °c
<p><u>Ensayos de granulometría:</u></p> <p>Este ensayo consiste en la separación del suelo previamente lavado (en el tamiz N°200) y secado en la estufa, con la finalidad de determinar los tamaños mediante los tamices, determinado la cantidad de arena fina, arcillas y limos que este material presenta, Norma ASTM D421.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Juego de Tamices: N° (4,10,20,30,40,60,100,200) - Balanza: calibrada de precisión a 0.01 gr. - Estufa: con temperatura de 100 ± 10 °c - Taras: codificadas
<p><u>Ensayo de Límites de consistencia o Atterberg:</u></p> <p>Estos ensayos son base en la clasificación del suelo para determinar el índice de plasticidad mediante el límite líquido y el límite plástico ensayo fundamental para clasificar el tipo de suelo. Norma ASTM D4318 / NTP E339.130– NTP E111.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Malla: N°40 - Copa de Casagrande. - Ranurador o acanalador. - Balanza, Estufa - Espátula, Probeta de 100 ml - Cápsula de porcelana, Taras - placa de vidrio
<p><u>Ensayo de Proctor modificado:</u></p> <p>Esta prueba tiene como finalidad determinar el óptimo contenido de humedad que puede recibir el suelo sin</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo: (molde, placa de base y anillo de extensión), Pisón Proctor modificado • Balanza: precisión a 0.01 gr.

adición y con adición de goma de aloe vera o sábila al 3, 6 y 9 %. Norma MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141.

- Estufa: temperatura $100 \pm 10^{\circ}\text{C}$
- Recipiente de 6 kg, de capacidad
- Probeta de 1000 ml, espátula y taras identificados

Resistencia a compresión:

En esta etapa se da uso a la máquina CINVA RA. La máquina procede a compactar la mezcla ya elaborada, aplicando una fuerza manual y dando forma al ladrillo. Luego son curados y ensayados en la maquina a compresión.

- máquina CINVA RAM: elaboración de los ladrillos.
- Máquina a compresión: Ladrillos sometidos a ensayo.

Resistencia a la absorción:

Se toma el peso seco de los ladrillos, luego son sumergidos al agua durante 24 horas, una vez pasado este tiempo son sacados y pesados para finalmente determinar el porcentaje de absorción de agua.

- Bandejas de plástico: depósitos que sirven para sumergir en agua los ladrillos.

c. Análisis de datos

Los resultados se analizaron mediante el análisis de varianza (ANOVA) con la prueba de Tukey

La información cuantitativa que se obtendrá de las variables de estudio de los tratamientos de bloques de tierra comprimida será procesada mediante métodos estadísticos como la determinación de medias y promedios, el análisis de varianza y agrupación de los tratamientos usando la prueba de rango múltiple de Tukey, respecto a

las Pruebas de Rango Múltiple (PRM) son pruebas estadísticas que permiten conocer la diferencia estadística entre las medias muestrales de los tratamientos que se estudian; Y también se utilizara el Análisis de Varianza (ANOVA) ya que es uno de los métodos estadísticos más utilizados y más elaborados en la investigación moderna. Para lo cual se emplearán programas computarizados como el Minitab 17, con los que se obtendrán resultados de estos métodos y sus respectivas gráficas representativas.

2.4 Procedimiento

a. Obtención de materiales

En esta primera etapa se eligió la cantera para la evaluación y clasificación del suelo más óptimo, material que fue extraído de la cantera mediante una excavación manual, para luego ser transportado en bolsas plásticas con la finalidad de no alterar su estado natural y evitar ser contaminado.

Para determinar la clasificación del suelo se ha tenido que realizar una serie de ensayos en laboratorio de la universidad privada del norte, ensayos que se verán a continuación, con los resultados obtenidos de los ensayos realizados se procedió a clasificar el tipo de suelo el cual fue mediante el método SUCS bajo cierta normativa y ciertos requisitos establecidos, con la finalidad de obtener el tipo de suelo apto para su próxima elaboración de los especímenes. la cantera escogida para realizar los especímenes fue la cantera Bellavista-Namora, por tener el suelo más óptimo y con parámetros de acuerdo a lo permitido en dicha normativa.

2.5 Ubicación de cantera

a. Namora_ Cantera “Bellavista”

Provincia: Cajamarca.

Distrito: Namora.

Nombre específico del lugar: Los Sapitos. Cantera Bellavista.

Acceso: Carretera Cajamarca – Namora (15 minutos antes del lugar).

Fotografía 1. Ubicación de la cantera Bellavista Namora.



Fuente: (Google Earth, 2018).

Una vez identificada la cantera se procedió a extraer el material mediante una excavación manual, para finalmente transportarlo al laboratorio de la universidad privada del norte.

Fotografía 2. Extracción manual del suelo de la cantera Bellavista – Namora



2.6 Ubicación de donde se obtuvo el aloe vera

Departamento: Cajamarca

Provincia: San Marcos

Distrito: Eduardo Villanueva

Centro poblado: la grama

Acceso: Carretera Cajamarca – San Marcos (15 minutos pasando del lugar).

Fotografía 3. Ubicación de donde se ha obtenido Aloe vera.



Fuente: (Google Earth, 2018).

La extracción de la goma de aloe vera fue elaborada por el tesista en el lugar de Cajamarca de la siguiente manera:

Se seleccionó y se cortó las plantas de aloe vera, seguidamente se procedió a abrir las hojas con la ayuda de unos cuchillos, para luego proceder a extraer la goma de su interior y asimismo fue depositado en un recipiente, para finalmente ser usado, en la adición de la mezcla para la elaboración de los bloques de tierra comprimida.

Fotografía 4. Extracción del aloe vera.



2.7 Ensayos de laboratorio

Para realizar dichos ensayos se procedió a extraer aproximadamente 50kg de material de cada una de las canteras ya mencionadas anteriormente, ensayos que fueron realizados en el laboratorio de La Universidad Privada del Norte, los cuales se describen a continuación.

2.7.1. Contenido de Humedad

Para determinar el contenido de humedad se realizó el ensayo de laboratorio de acuerdo a la norma: Norma (MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127). Una porción de material húmedo extraído en el lugar fue pesada en un recipiente y luego fue secado durante 24 horas en una estufa a 110 ± 5 °C, para luego retirar y pesar el material previamente secado.

Material

- Muestra alterada extraída de la cantera en estudio

Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa con control de temperaturas o Horno de Temperatura: 100 ± 10 °C
- Recipientes o Taras.

Procedimiento

- Identificación del recipiente (A)
- Pesar el recipiente o tara (B).
- Pesar la muestra húmeda en el recipiente o tara (C).
- Secar la muestra en la estufa durante 24 horas a 105°C.
- Pesar la muestra seca en el recipiente o tara (D).
- Determinar el peso masa húmeda (E) = C - B.
- Determinar el peso del suelo seco (F) = D - B
- Determinar el contenido de humedad (G) = $(E-F / F) * 100\%$

2.7.2. Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado

Este ensayo consiste en la separación del suelo previamente lavado (en el tamiz N°200) y secado en la estufa, con la finalidad de determinar los tamaños mediante los tamices, determinado la cantidad de arena fina, arcillas y limos que este material presenta, Norma ASTM D421.

Material:

Para este ensayo se utilizó muestra seca aproximadamente 500 gr. Si es material granular que contiene finos.

Equipo:

- Juego de tamices.
- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa con control de temperatura.
- Taras.

Procedimiento:

- Secar la muestra, Pesar la muestra seca (Ws)
- Colocar la muestra en un recipiente, cubrir con agua y dejar durante algunas horas dependiendo del tipo de material.
- Tamizar la muestra por la malla N°200 mediante chorro de agua
- La muestra retenida en la malla N°200 se retira en un recipiente y se deja secar.
- Pasar la muestra seca por el juego de tamices, agitando en forma manual o mediante tamizador.
- Determinar los porcentajes de los pesos retenidos en cada tamiz (%RP).

- Determinar los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz %RA, para lo cual se sumarán en forma progresiva los %RP, es decir:

$$\begin{aligned}\%RA1 &= \%RP1 \\ \%RA2 &= \%RP1 + \%RP2 \\ \%RA3 &= \%RP1 + \%RP2 + \%RP3, \text{ ect.}\end{aligned}$$

Determinar los porcentajes acumulados que pasan en cada tamiz

$$\% \text{ que pasa} = 100\% - \%R. A.$$

- Dibujar la curva granulométrica en escala semilogarítmica, en el eje de las abscisas se registrará la abertura de las mallas en milímetros, y en el eje de las ordenadas se registrará los porcentajes acumulados que pasan en las mallas que se utilizan.

2.7.3. Análisis granulométrico por sifonaje

Ensayo fundamental que nos permite encontrar la cantidad de arcilla que un material puede tener, así como también el porcentaje de limos y arenas fina. Norma ASTM D421.

Material:

- Muestra seca
- 5 ml. de defloculante (silicato de sodio), en este caso se utilizó la glicerina
- Agua

Equipo:

- Agitador mecánico
- Probeta de 5 ml.

- Probeta de 100 ml.
- Pisco metálico con vástago
- Manguera para sifonear
- Estufa con control de temperatura
- Tamiz N°10, N°40, N°200, Cazoleta y Cápsula de porcelana

Procedimiento:

- Secar la muestra
- Pesar la muestra seca (W_s)
- Separar el material mediante la malla N°10, el material retenido es grava, el material que pasa es arena y arcilla.
- Pesar el material retenido en la malla N°10
- Pesar el material que pasa la malla N°10, colocar en la cápsula de porcelana, agregar agua, 5 ml, de silicato de sodio y mezclar.
- Trasladar la muestra a un agitador mecánico y dejar 15 minutos.
- Vaciar la mezcla del agitador a una probeta de 1000 ml luego agregar agua hasta una altura de 20 cm, agitar durante 1 minuto.
- Dejar reposar la probeta con la muestra durante 15 minutos si se considera que los tamaños de las partículas del limo están comprendidos entre 0.075 mm y 0.005 mm, durante 30 minutos si se considera que los tamaños de las partículas del limo están comprendidos entre 0.075 mm y 0.002 mm, durante 20 minutos si se considera que los tamaños de las partículas del limo están comprendidos entre 0.05 mm y 0.005 mm.

- Colocar el disco metálico en la probeta hasta donde se encuentra el material sedimentado, luego sifonear con la manguera el agua con el material que quedado en suspensión.
- Sacar la muestra sedimentada, secar en la estufa durante 24 horas a 105 °C.
- Pesar la muestra seca (Ws)
Determinar la cantidad de arcilla por diferencias de pesos W arcilla.
- La muestra sedimentada seca se tamiza en las mallas N°40 y N°200.
 - ✓ El material retenido en la malla N°40 es arena gruesa.
 - ✓ El material que pasa la malla N°40 y se retiene en la malla N°200 es arena fina.
 - ✓ El material que pasa la malla N°200 es limo.
 - ✓ El porcentaje de arcilla se determina restando el peso del material que pasa la malla N°10 menos peso seco.

2.7.4. Límites de plasticidad

a) Ensayo: Limite Líquido

Estos ensayos son base en la clasificación del suelo para determinar el índice de plasticidad mediante el límite líquido y el límite plástico ensayo fundamental para clasificar el tipo de suelo y para la realización de los especímenes de (BTC). Norma ASTM D4318 / NTP E339.130 – NTP E111.

Material:

- Suelo seco que pasa la malla N°40

Equipo:

- Malla N°40
- Copa de Casagrande, ranurador o acanalador
- Balanza con aproximación de 0.01 gr
- Estufa con control de temperatura
- Espátula
- Probeta de 100 ml
- Cápsula de porcelana
- Taras identificadas

Procedimiento:

- En una cápsula de porcelana mezclar el suelo con agua mediante una espátula hasta obtener una pasta uniforme
- Colocar una porción de la pasta en la copa de Casagrande, nivelar mediante la espátula hasta obtener un espesor de 1 cm.
- En el centro hacer una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra queda dividida en dos partes
- Elevar y caer la copa mediante la manivela a razón de 2 caídas por segundo hasta que las dos mitades de suelo se pongan en contacto en la parte inferior de la ranura y a lo largo de 1.27 cm, registrar el número de golpes.
- Mediante la cápsula retirar la porción de suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior de la ranura y colocarlo en una tara para determinar su contenido de humedad.

Retirar el suelo de la copa de Casagrande y colocar en la capsula de porcelana, agregar agua si el número de golpes del ensayo anterior ha sido alto, o agregar suelo si el número de golpes ha sido bajo. (el número de golpes debe estar comprendido entre 6 y 35)

- Lavar y secar el acanalador
- Repetir el ensayo minimo 2 veces
- Dibujar a curva de fluidez (la recta) en escala semilogarítmica, en el eje de las abscisas se registrará el número de golpes en escala logarítmica, en el eje de ordenadas los contenidos de humedad en escala natural.

Determinar la ordenada correspondiente a los 25 golpes en la curva de fluidez, este valor será el límite líquido del suelo.

b) Ensayo: Limite Plástico

Referencias:

- Norma ASTM D4318 / MTC E111

Material:

- Una porción de la mezcla preparada para el límite líquido

Equipo:

Balanza con aproximación de 0.01 gr y estufa.

Cápsula de porcelana, placa de vidrio, espátula y taras identificadas.

Procedimiento

- A la porción de la mezcla preparada para el límite líquido agregar suelo seco de tal manera que la pasta baje su contenido de humedad.
- Enrollar la muestra con la mano sobre una placa de vidrio hasta obtener cilindros de 3 mm de diámetro y que presenten agrietamientos, determinar su contenido de humedad.
- Repetir el ensayo una vez más
- El límite plástico es el promedio de los 2 valores de contenidos de humedad.

2.7.5. Compactación Proctor modificado

Esta prueba tiene como finalidad determinar el óptimo contenido de humedad que puede recibir el suelo sin adición y con adición de goma de aloe vera o sábila al 3, 6 y 9 %. Norma MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339.141.

Material:

- Muestra alterada seca y papel filtro

Equipo:

- Equipo proctor modificado (molde, placa de base y anillo de extensión), Pisón proctor modificado
- Balanza con aproximación de 0.01 gr y estufa con control de temperatura
- Recipiente de 6 kg, de capacidad
- Probeta de 1000 ml, espátula y recipientes identificados

Procedimiento:

- Obtener la muestra seca para el ensayo, de acuerdo a utilizar (método A, B o C).
- Preparar 5 muestras con una determinada cantidad de agua, de tal manera que el contenido de humedad de cada una de ellas varíe aproximadamente en $\frac{1}{4}$ % entre ellas.
- Ensamblar el molde cilíndrico con la placa de base y el collar de extensión y el papel filtro.
- Compactar cada muestra en 5 capas y cada capa con 25 o 56 golpes (depende del método A, B o C), al terminar de compactar la última capa, se retira el collar de extensión, se enrasa con la espátula y se determina la densidad húmeda (D_h).
- Determinar el contenido de humedad de cada muestra compactada (W %), utilizando muestras representativas de la parte superior e inferior.
- Determinar las densidades secas de cada muestra compactada (D_s).

$$D_s = \frac{D_h}{(1 + 100) \frac{w\%}{100}}$$

- Dibujar la curva de compactación en escala natural, el dato del contenido de humedad se registra en el eje de abscisas y los datos de densidad seca en el eje de ordenadas y determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

2.7.6. Elaboración de bloques de tierra comprimida.

Para realizar los BTC primeramente se ha tenido que determinar el óptimo contenido de humedad con y sin adición de goma de aloe vera mediante el ensayo de Proctor modificado

método “A”, logrando una mezcla uniforme de los especímenes según la adición y la muestra patrón correspondiente, con la finalidad de lograr el tamaño adecuado de los mismos (30*15*10cm).

2.7.7. Importancia de la maquina CINVA RAM.

a. Maquina CINVA RAM

Con respecto a la maquina CINVA RAM según, Mejía (2014) indica que: consta de una caja o molde dentro del cual un pistón actuado por un dispositivo de palanca operado a mano, comprime la mezcla de tierra fresca para formar el bloque. Al accionar la palanca en sentido inverso, el mismo pistón expulsa el bloque, el cual es retirado manualmente para ser puesto a curar a la sombra y húmedo por un período mínimo de siete días.

b. Características de la Prensa CINVA RAM:

- Peso: 67 kg (kilogramos)
- Altura y ancho de la base: 25 cm * 41 cm * 51 cm (centímetros).
- Aplicación de la fuerza a la palanca: 36.5 kg.
- Presión producida por esta fuerza: 18 000 kg.
- Fuerza de resistencia a la compresión: 280 000 – 560 000 kg/m cuadrado); es decir (28 – 56 kg/cm²)
- Promedio de bloques que pueden ser hechos por jornada: 300 – 500 bloques.

2.7.8. Procedimiento de los bloques de tierra comprimida de la cantera Bellavista Namora sin adición

Para realizar los bloques de tierra comprimida se necesitó de espacio por lo que fueron realizados fuera de la Universidad Privada del Norte bajo supervisión del asesor encargado y siguiendo cuatro pasos para la elaboración, los cuales describiremos a continuación:

a. Preparación del material

Una vez clasificado el suelo óptimo y tamizado se seleccionó mediante peso por tanda de BTC a realizar. Teniendo en cuenta de acuerdo a investigaciones realizadas que por BTC entra en la maquina CINVA RAM un aproximado de 9 a 10 kg de material dosificado y mezclado.

b. Dosificación del material con y sin adición

Con el ensayo de proctor modificado por el método A se determinó el óptimo contenido de agua, dato fundamental que se utilizó para la mezcla del material, de acuerdo a la tanda de especímenes a realizar.

c. Compactación

En esta etapa se da uso a la máquina CINVA RAM de la Universidad Privada del Norte. La máquina procede a compactar la mezcla ya elaborada con las adiciones respectivas, aplicando una fuerza que hace fraguar al espécimen, dando forma al bloque.

d. Curado

Finalmente, una vez compactado el espécimen en la maquina CINVA RAM se procede a retirar el bloque con el mayor cuidado posible ubicándolo en un lugar seguro para su respectivo secado establecido por 28 días.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Resultado de los ensayos para la clasificación de suelos.

En esta oportunidad estamos presentando los resultados de la cantera con el suelo más óptimo para la elaboración de los especímenes.

3.1.1 Contenido de humedad.

Tabla 3. Porcentajes de humedad del suelo

ENSAYO N°	FECHA DE ENSAYO	IDENT.	PORCENTAJE DE HUMEDAD
1	26/09/18-27/09/18	M-1	8.18%
2	26/09/18-27/09/19	M-2	7.94%
3	26/09/18-27/09/20	M-3	8.09%
PROMEDIO			8.07%

(*) *Se determino realizar 03 veces el contenido de humedad a la muestra extraída con la finalidad de obtener el mejor porcentaje de humedad.*

3.1.2 Límites de consistencia.

Tabla 4. Resultados de Límites de consistencia del suelo.

ENSAYO	FECHA DE ENSAYO	IDENT.	PORCENTAJE
Límite Líquido:	28/09/18-29/09/18	LL	23.57%
Límite Plástico:	28/09/18-29/09/19	LP	16.54%
Índice de Plasticidad:	28/09/18-29/09/20	IP	7.02%

3.1.3 Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado

Tabla 5. Resultados de análisis granulométrico por lavado.

DESCRP.	FECHA DE ENSAYO	TAMIZ	% QUE PASA
% que pasa N° 4	26/09/18-27/09/18	N° 4	100.00%
% que pasa N° 200	26/09/18-27/09/19	N°200	34.46%

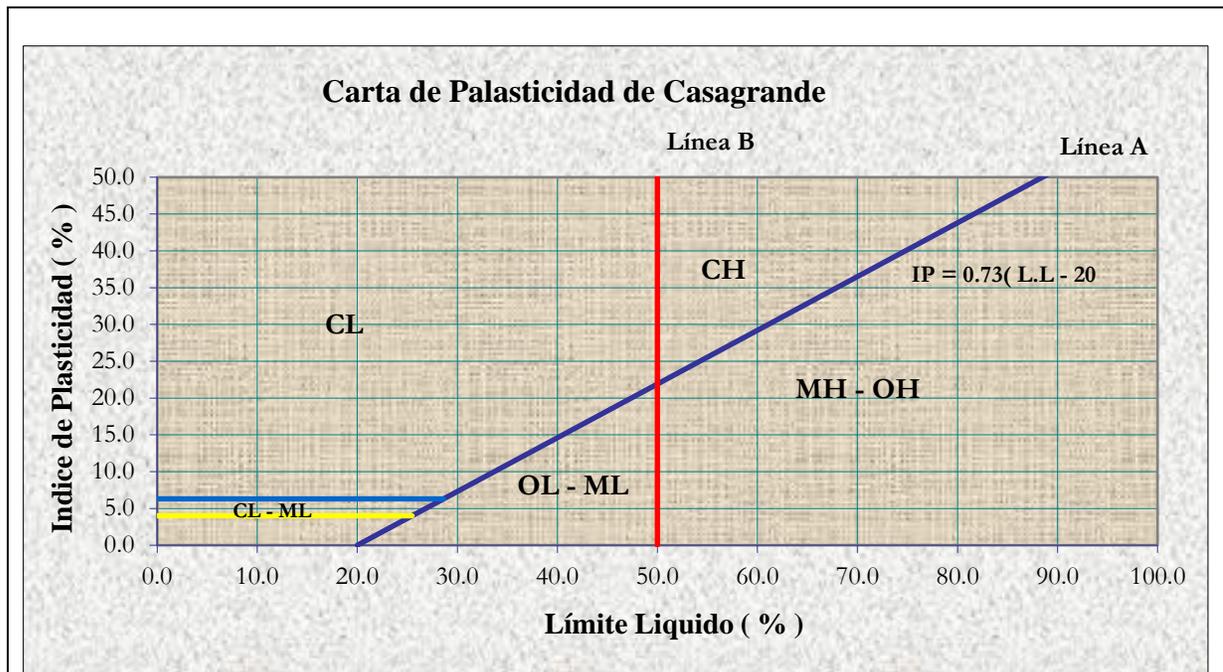
* Se puede ver que más del 12% pasa la malla N° 200 por lo tanto el suelo es adecuado para la elaboración de los especímenes, ya que según la norma E.080, la gradación del suelo debe aproximarse a: arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-70% y no se deberá utilizar suelos orgánicos.

3.2 Clasificación de suelo.

Con los resultados obtenidos anteriormente, se procedió a realizar la Clasificación de Suelos, según el sistema SUCS. Obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 6. Resultados de la clasificación del suelo.

SUELOS FINOS								SUELOS GRUESOS		
Suelo que pasa la malla N° 200 es > al 50 %								Suelo que pasa la malla N° 200 es < al 50 %		
BAJA PLASTICIDAD Límite Líquido < al 50 %				ALTA PLASTICIDAD Límite Líquido > al 50 %				ARENAS La porción de Fracción Gruesa que pasa la malla N° 4 es menor	GRAVAS La porción de Fracción Gruesa que pasa la malla N° 4 es menor	
SC	SM	SP	SW	GC	GM	GP	GW	De acuerdo al Porcentaje que pasa la malla N° 200 se tiene:		
Sobre la Línea "A"	Bajo la Línea "A"	No Cumple Anteriores	Cu > 6 y 1 < Cc < 3	Sobre la Línea "A"	Bajo la Línea "A"	No Cumple Anteriores	Cu > 6 y 1 < Cc < 3	% Que Pasa la Malla N° 200	Probable Tipo de Suelo	
								Menor o Igual a 5 %	GW, SW, GP o SP	
								Entre el 5% y 12 %	Hay que usar Simbología Doble	
								Mayor del 12 %	GM, GC, SM, SC	



*Menos del 50% pasa la malla N° 200 suelo grueso y con los datos de Límite Líquido e Índice de Plasticidad, se lleva estos valores a la Carta de Plasticidad, en la cual los valores se ubican encima de la Línea A y además su Índice de Plasticidad es mayor que 7, por lo que su clasificación se considera como: (Según clasificación SUCS es un SC: Arena arcillosa).

3.3 Ensayo de Compactación Proctor Modificado.

Para determinar el contenido óptimo de humedad y así tener el óptimo grado de compactación, se procedió a realizar el ensayo de Proctor Modificado (Método A) según la ASTM D-1557.91, con cada uno de los tratamientos. Presentando los siguientes resultados:

Tabla 7. Resultados de proctor modificado

DESCRP.	MUESTRA PATRÓN	3% GOMA ALOE VERA	6% GOMA ALOE VERA	9% GOMA ALOE VERA
Humedad Óptima (%)	10.40%	11.00%	11.40%	12.42%
Densidad Seca Max. (gr/cm ³)	2.03	2.01	2.01	1.98

Tabla 8. Dosificación de agua y goma de aloe vera por bloque de tierra comprimida

DESCRP.	MUETRA PATRON	3% GOMA ALOE VERA	6% GOMA ALOE VERA	9% GOMA ALOE VERA
Goma de aloe vera (%)	0.00%	3.00%	6.00%	9.00%
Agua (ml)	1040	800	540	342
Suelo (kg)	10.00	10.00	10.00	10.00

*Por cada unidad de bloque de tierra comprimida se utiliza aproximadamente 10kg de materia, con respecto a esta cantidad se determina lo necesario de Goma aloe vera y Agua.

3.4 Resultados y análisis estadístico de resistencias a compresión y absorción de los bloques de tierra comprimida.

3.4.1 Resistencia a compresión de los bloques de tierra comprimida.

Tabla 9. Resistencia a compresión de los bloques de tierra comprimida de la muestra patrón sin adición de goma de aloe vera.

Muestra	Carga Máx. (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)
M1	3775.00	3.46	16.97
M2	3708.00	4.21	15.78
M3	3666.00	3.86	15.80
M4	4516.00	3.76	19.46
M5	4219.00	3.28	18.45
M6	3224.00	3.88	13.95
M7	3399.00	3.94	14.87
M8	3119.00	2.82	13.32

Tabla 10. Resistencia a compresión de los bloques de tierra comprimida con 3% de adición de goma de aloe vera.

Muestra	Carga Máx. (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)
M1	4127.00	3.64	17.97
M2	4583.00	4.14	20.33
M3	5628.00	4.74	24.32
M4	5090.00	4.64	22.42
M5	5454.00	4.24	23.91
M6	4370.00	3.66	19.58
M7	4431.00	3.54	19.00
M8	4194.00	3.43	17.88

Tabla 11. Resistencia a compresión de los bloques de tierra comprimida con 6% de adición de goma de aloe vera.

Muestra	Carga Máx. (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)
M1	5311.00	4.98	22.80
M2	5553.00	4.54	24.57
M3	5162.00	6.67	22.27
M4	5466.00	4.15	24.29
M5	5289.00	3.58	23.50
M6	4842.00	3.15	20.81
M7	5071.00	3.86	22.01
M8	4878.00	3.72	21.46

Tabla 12. Resistencia a compresión de los bloques de tierra comprimida con 9% de adición de goma de aloe vera.

Muestra	Carga Máx. (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)
M1	5046.00	4.70	22.60
M2	5260.00	3.98	23.38
M3	5314.00	4.04	23.21
M4	5217.00	4.28	23.57
M5	5721.00	4.58	24.23
M6	4812.00	4.14	20.68
M7	4713.00	4.26	20.88
M8	5616.00	4.54	24.16

a. Análisis estadístico de la resistencia a compresión de bloques de tierra comprimida.

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA), de los datos de la variable de resistencia a compresión de las Tablas N° 09, 10, 11 y 12. Así mismo se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey, para observar la diferencia estadística entre los tratamientos. Los resultados se presentan en las siguientes tablas y gráficos:

Tabla 13. Análisis de la varianza de resistencia a compresión de bloques de tierra comprimida, según los tratamientos.

Fuente de variabilidad	GL	SC Ajust.	CM Ajust.	Valor F	Valor P.
Tratamiento	3	239.8	79.930	21.66	0.000
Error	28	103.3	3.691		
Total	31	343.1			

*nivel de significación estadística en el ANOVA ($0.01 < P < 0.05$); **: con alta significación estadística en el ANOVA ($P < 0.01$); ns: sin diferencia estadística en el ANOVA ($P > 0.05$); GL (Grados de Libertad); SC (Suma de cuadrado); CM (Cuadrado Medio), F (F calculado), Valor P (valor de probabilidad).

Nota: al saber que el valor de probabilidad es menor que 0.05 ($P < 0.05$), concluimos que existe alta significación estadística en el ANOVA, por lo tanto, algún promedio de estos tratamientos o métodos es diferente.

Tabla 14. Medias de resistencia a compresión de los bloques de tierra comprimida, según los tratamientos.

TRATAMIENTO	N° de repeticiones	Media (kg/cm ²)	Desv.Est. (kg/cm ²)	IC de 95% (*)
Muestra patrón	8	16.074	2.126	(14.682; 17.465)
3% de goma aloe vera	8	20.678	2.564	(19.286; 22.069)
6% de goma aloe vera	8	22.714	1.335	(21.323; 24.105)
9% de goma aloe vera	8	22.839	1.374	(21.448; 24.231)

Desv.Est. agrupada = 1.92120

*IC (Índice de confianza)

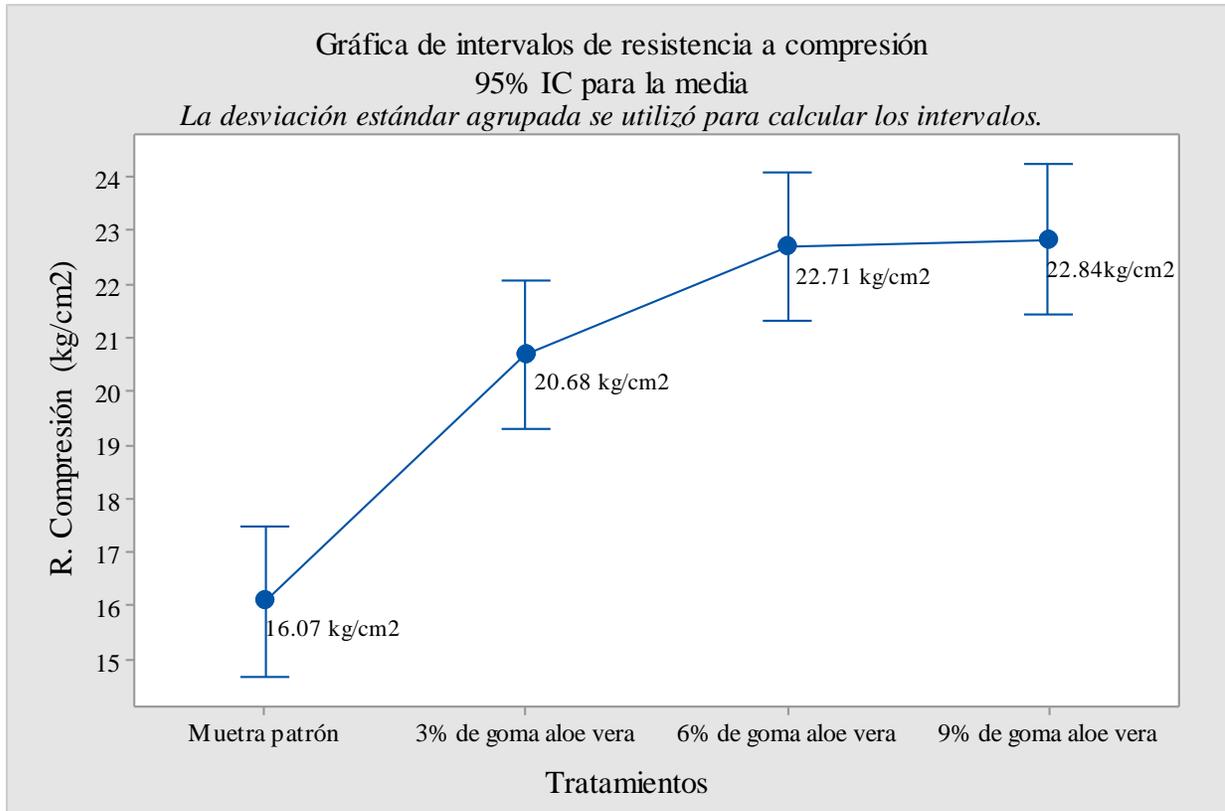
Nota: con un 95% de nivel de confianza se determina la inferencia en base a la media de cada uno de los tratamientos realizados, intervalo en el cual estará oscilando o posicionándose la media de la muestra, es decir, para cada uno de los tratamientos realizados obtenemos una resistencia promedio definida como la media.

Tabla 15. Agrupación de información de resistencia a compresión de los bloques de tierra comprimida, según los tratamientos utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.

TRATAMIENTO (orden merito)	Nº de repeticiones	Media (kg/cm2)	Agrupación (*)
9% de goma aloe vera	8	22.839	A
6% de goma aloe vera	8	22.714	A
3% de goma aloe vera	8	20.678	A
Muestra patrón	8	16.074	B
* Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes			

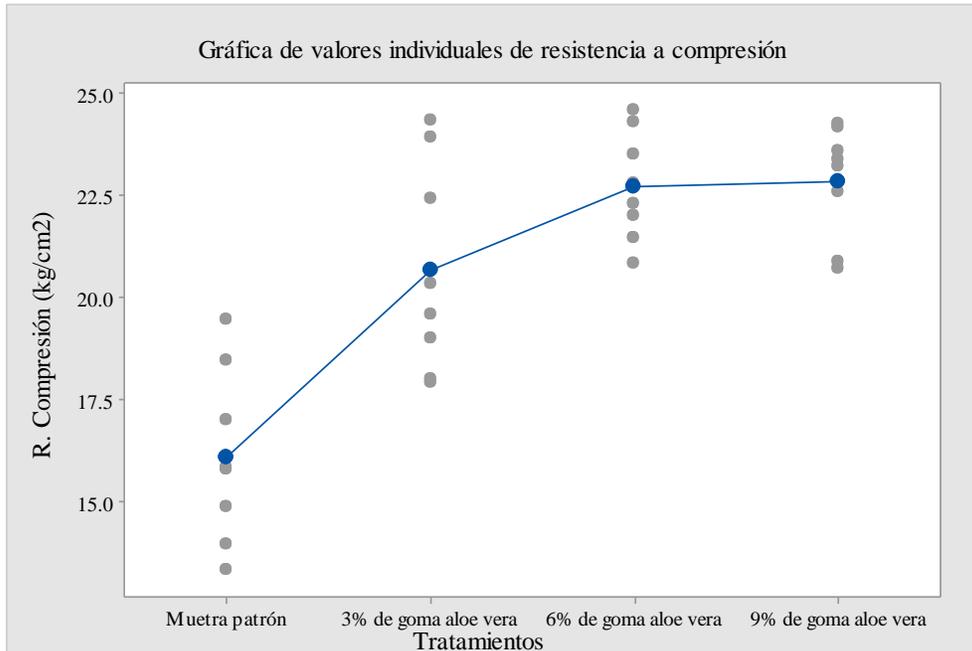
Nota: La prueba Tukey hace la comparación de los tratamientos, según las comparaciones realizadas los tratamientos que comparten letra de agrupación, nos quieren decir que, son significativamente iguales ya que su resistencia promedio oscilan en el mismo intervalo de confianza.

Gráfico 1. Gráficas de intervalos para agrupaciones de resistencia a la compresión de los bloques de tierra comprimida por tratamiento.



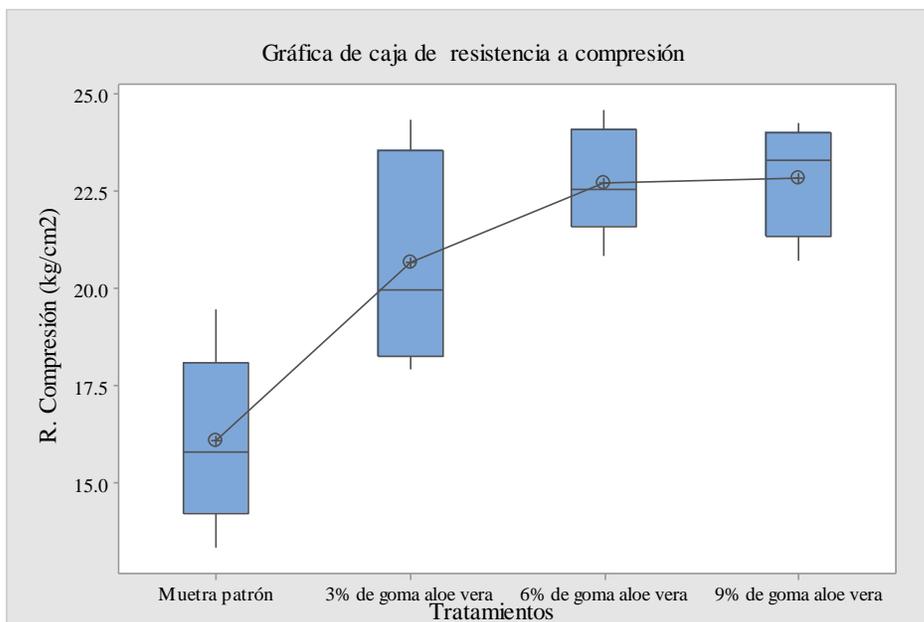
Nota: Es una gráfica que presenta los intervalos de confianza para la media los cuales son calculados con un 95% de nivel de confianza. Los tratamientos que comparten una letra de agrupación son trasladados o comparten una parte del intervalo de confianza (ver grafica N° 01).

Gráfico 2. Gráficas de valores individuales y cajas de resistencia a la compresión de los bloques de tierra comprimida por tratamiento.



Nota: lo que esta grafica hace, es graficar los valores individuales para la media de cada uno de los tratamientos que representa la muestra.

Gráfico 3. Gráficas boxplot o diagrama de caja de resistencia a la compresión de los bloques de tierra comprimida.



Nota: representa el tratamiento que mejor desempeño ha tenido durante el proceso y la significancia estadística entre cada uno de los mismos.

En el Análisis de Varianza (ANOVA) se observa que para la fuente de variabilidad de los tratamientos hubo alta significación estadística, lo que significa que hubo importante diferencia estadística entre las medias y la resistencia a compresión de los tratamientos. Y, de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Tukey los datos de resistencia a la compresión de los tratamientos de los bloques de tierra comprimida con adición de 3%, 6% y 9% de goma de aloe vera, son estadísticamente similares, pero, estos tratamientos tienen una gran dispersión estadística con respecto a los resultados de resistencia a la compresión de los bloques de tierra comprimida de la muestra patrón, que también son estadísticamente similares entre sí.

Según la Tabla N° 15, se observa que el tratamiento que mostró menor superioridad estadística en cuanto a la resistencia a la compresión fue en los bloques de tierra comprimida sin adición denominada como muestra patrón con 16.074 kg/cm². Por otro lado, se observa que el tratamiento con 3%, 6% y 9% de goma de aloe vera que fueron estadísticamente similares teniendo valores de 20.678, 22.714 y 22.839 kg/cm², respectivamente, y con una gran significancia o dispersión estadística con respecto a la muestra patrón.

3.4.2 Resistencia a la absorción de los bloques de tierra comprimida.

Los resultados a la prueba de absorción de los especímenes de la muestra patrón sin adición de goma aloe vera, no soporto la prueba de absorción y la muestra con adición del 3, 6 y 9% de goma de aloe vera presentan los siguientes resultados:

Tabla 16. Resistencia a la absorción con 3% de adición de goma de aloe vera.

Muestra	Peso seco (kg)	Peso saturado (kg)	Absorción (% ABS)
3%M1	9.360	10.492	12.09%
3%M2	9.425	10.422	10.58%
3%M3	9.095	10.294	13.18%
3%M4	9.360	10.492	12.09%
3%M5	9.210	10.394	12.86%

Tabla 17. Resistencia a la absorción con 6% de adición de goma de aloe vera.

Muestra	Peso seco (kg)	Peso saturado (kg)	Absorción (% ABS)
6%M1	9.235	10.340	11.97%
6%M2	9.005	10.211	13.39%
6%M3	9.065	10.203	12.55%
6%M4	9.460	10.544	11.46%
6%M5	9.139	10.219	11.82%

Tabla 18. Resistencia a la absorción 9% de adición de goma de aloe vera.

Muestra	Peso seco (kg)	Peso saturado (kg)	Absorción (% ABS)
9%M2	8.933	10.014	12.10%
9%M3	9.026	10.156	12.52%
9%M4	8.683	9.935	14.42%
9%M5	9.002	10.096	12.15%
9%M6	9.248	10.263	10.98%

a. Análisis estadístico de la resistencia a la absorción de los bloques de tierra comprimida.

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA), de los datos de la variable de resistencia a la absorción de las Tablas N° 16, 17 y 18. Así mismo se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey, para observar la diferencia estadística entre los tratamientos. Los resultados se presentan en las siguientes tablas y graficas:

Tabla 19. Análisis de la varianza de resistencia a la absorción de los bloques de tierra comprimida, según los tratamientos.

Fuente de variabilidad	GL	SC Ajust.	CM Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	0.20	0.10	0.09	0.911
Error	12	12.60	1.05		
Total	14	12.79			

* Nivel de significación estadística en el ANOVA ($0.01 < P < 0.05$); **: con alta significación estadística en el ANOVA ($P < 0.01$); ns: sin diferencia estadística en el ANOVA ($P > 0.05$); GL (Grados de Libertad); SC (Suma de cuadrado); CM (Cuadrado Medio), F (F calculado), Valor P (valor de probabilidad).

Nota: al saber que el valor de probabilidad es mayor que 0.05 ($P > 0.05$), concluimos que todas las medias son iguales, sin diferencia estadística en el ANOVA, por lo tanto, todos estos tratamientos o métodos son iguales estadísticamente.

Tabla 20. Medias de resistencia a la absorción de los bloques de tierra comprimida, según los tratamientos.

TRATAMIENTO	N° de repeticiones	Media (kg/cm ²)	Desv.Est. (kg/cm ²)	IC de 95% (*)
3% de goma aloe vera	5	12.161	1.005	(11.163; 13.159)
6% de goma aloe vera	5	12.238	0.757	(11.239; 13.236)
9% de goma aloe vera	5	12.434	1.251	(11.435; 13.432)

Desv.Est. agrupada = 1.02458

*IC (Índice de confianza)

Nota: con un 95% de nivel de confianza se determina la inferencia en base a la media de cada uno de los tratamientos realizados, intervalo en el cual estará oscilando o posicionándose la media de la muestra, es decir, para cada uno de los tratamientos realizados obtenemos una resistencia a la absorción promedio definida como la media.

Tabla 21. Agrupación de la información de la resistencia a la absorción de los bloques de tierra comprimida, según los tratamientos utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%.

TRATAMIENTO (orden merito)	Nº de repeticiones	Media (kg/cm2)	Agrupación (*)
9% de goma aloe vera	5	12.434	A
6% de goma aloe vera	5	12.238	A
3% de goma aloe vera	5	12.161	A

* Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

** la muestra patrón no resistió a la prueba de absorción.

Nota: según la prueba Tukey, al haber realizado las comparaciones de los tratamientos determinamos que todas las pruebas comparten la letra de agrupación, nos quieren decir que, son significativamente iguales ya que su resistencia a la absorción promedio oscilan en el mismo intervalo de confianza.

Figura N°30: Gráficos de intervalos para agrupaciones de resistencia a la absorción de los bloques de tierra comprimida por tratamiento

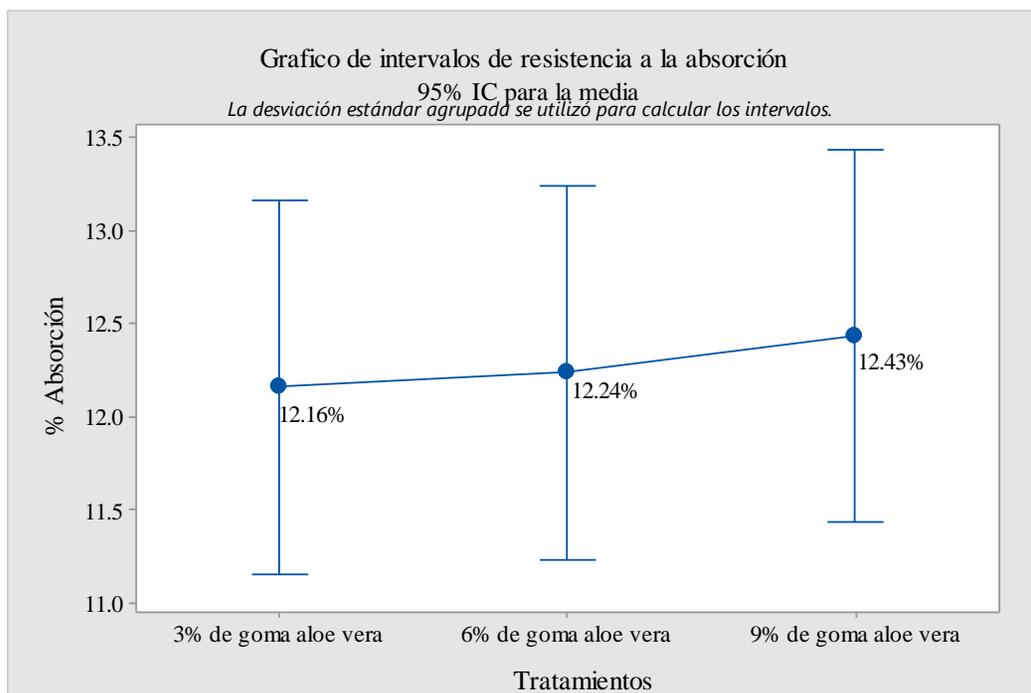
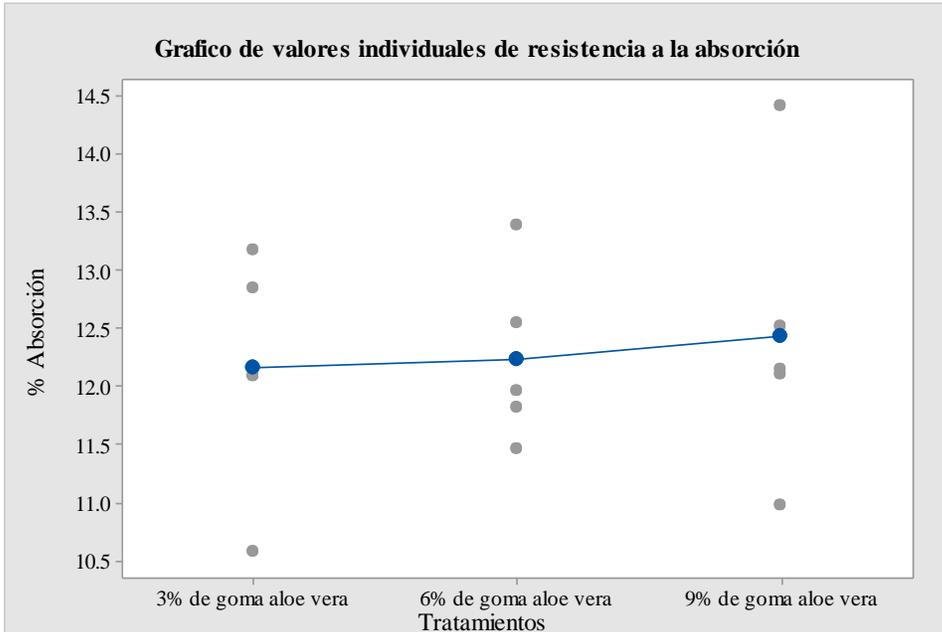
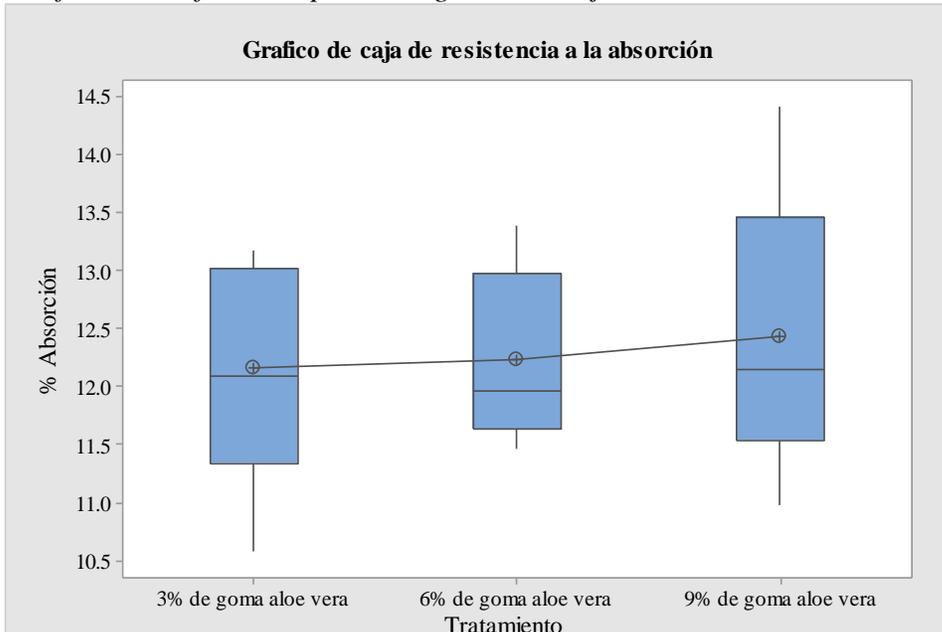


Gráfico 4. Gráficos de valores individuales y cajas de resistencia a la absorción por tratamiento.



Nota: lo que esta grafica haces es graficar los valores individuales para la media de cada uno de los tratamientos que representa la muestra.

Gráfico 5. Gráficas boxplot o diagrama de caja de resistencia a la absorción



Nota: representa el tratamiento que mejor desempeño ha tenido durante el proceso y la significancia estadística entre cada uno de los mismos.

En el Análisis de Varianza (ANOVA) se observa que para la fuente de variabilidad de los tratamientos no hubo alta significación estadística, lo que significa que no existe importante diferencia entre las medias de la resistencia a la absorción de los tratamientos. Y, de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Tukey los datos de resistencia a la absorción de los tratamientos de los bloques de tierra comprimida con adición de 3%, 6% y 9% de goma de aloe vera, son estadísticamente similares, pero, son diferentes entre sí.

Según la Tabla N° 21, se observa que los tratamientos con 3%, 6% y 9% de goma de aloe vera comparten letra de agrupación de modo que son significativamente similares, compartiendo valores de 12.16, 12.24 y 12.43%, respectivamente, y con respecto a la muestra patrón no resistió la prueba de absorción.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 DISCUSIÓN

4.1.1 Limitaciones

- Debido a la complejidad de realizar un muestreo y el tiempo que demanda lograr que las muestras sean representativas, la presente investigación no realizó el estudio de resistencia a flexión, así como también por la forma o tipo de estabilizante que se utilizó para los bloques de tierra comprimida la cual es goma aloe vera, a diferencia de otras investigaciones que si realizaron el estudio de resistencia a flexión la mismas que en su adición de tratamientos utilizan fibras, cabe destacar que la resistencia a flexión es aplicada con mayor interés a bloques estabilizados con los diferentes tipos de fibras naturales que existen.
- El periodo de tiempo de recolección de información y así mismo los ensayos a los cuales son sometidos los bloques de tierra comprimida limita realizar la variación de tratamientos utilizados en la presente investigación.

4.1.2 Comparación.

- Con respecto a los bloques de tierra comprimida evaluados mediante la maquina CINVA RAM, la muestra patrón sin adición de goma de aloe vera y los bloques de tierra

comprimida con adición de 3, 6 y 9% superan la resistencia a compresión en comparación con la resistencia que exige la norma E.080, la cual establece como 12 kg/cm², y con respecto a los bloques de tierra comprimida con adición de 3, 6 y 9% superan su resistencia a los bloques de tierra comprimida de la muestra patrón en un 28, 41 y 42%.

- Los resultados obtenidos en dicha tesis demuestran que los bloques de tierra comprimida tienen un gran comportamiento en cuanto a resistencia, logrando valores de 16.07 kg/cm² para la muestra patrón sin adición de goma de aloe vera, 20.68 kg/cm² para la muestra con adición del 3% de goma, 22.71 kg/cm² para la muestra con adición del 6% de goma y 22.84 kg/cm² para la muestra con adición del 9% de goma aloe vera, valores que superan la resistencia establecida en la normativa E.080.
- Al comparar los resultados de la tesis “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna, Cajamarca 2016” hecha por Juan Bolaños; en donde utilizó goma de tuna y tratamientos de 5, 10, y 15%; obtuvo valores de resistencia a la compresión similares a los valores de resistencia encontrado en la presente investigación que se obtuvo al adicionar tratamientos de 3, 6 y 9% de goma de aloe vera, cuya resistencia máxima fue de 22.84 kg/cm² con goma de aloe vera y 27.56 kg/cm² aplicando goma de tuna.

- En comparación con la investigación realizada por Barek, (2015), en su tesis “Mejorar la capacidad portante de los suelos usando sábila”, el uso del aloe vera o sábila reduce en un gran porcentaje la expansión de vacíos durante la compactación, estudio que fue comprobado en esta tesis de investigación, debido a la alta resistencia que presenta un bloque de tierra comprimida con adición de la sábila a diferencia de un bloque que no presenta adición de la misma.
- En la presente investigación se lograron resultados óptimos en lo que es absorción de agua en bloques de tierra comprimida sumergidos durante 24 horas, los especímenes con porcentajes de adición de 3, 6 y 9% de goma de aloe vera, si resisten a la prueba de absorción, en comparación a la muestra patrón sin adición que no logro resistir a la prueba de absorción.

4.1.3 Implicancia.

- Seguir con esta investigación realizando Ensayos de pilas y de muretes según norma E-080 con unidades de adobe compactado y estabilizado con goma de aloe vera.
- Generar nuevas investigaciones con otros porcentajes de goma de aloe vera, evaluar otras sustancias nativas según la zona es un buen modo de hacer ingeniería sostenible y económica.

- Fomentar el uso de los bloques de tierra comprimida en la construcción, dado que el aloe vera es un estabilizante natural, su uso resultaría económico ya que es una planta oriunda de la sierra, lugar en donde la mayoría de viviendas son hechas de adobe y cuyos recursos en algunos casos son escasos.
- Generar nuevas investigaciones con gomo de aloe vera aplicando dosificaciones de otros materiales como la cal, el cemento o las cenizas volcánicas a los bloques de tierra comprimida.

4.2 CONCLUSIONES

Finalmente, como se desea mejorar la resistencia de los bloques de tierra comprimida, empleando el aloe vera como adición al suelo y haciendo el uso de análisis de varianza ANOVA y prueba de TUKEY, se demostró que:

- La nueva técnica de utilización del aloe vera mejora la resistencia a compresión y reduce el porcentaje de absorción. El aloe vera con adición de 3, 6 y 9%, aumenta su resistencia hasta en un 42% con respecto a la muestra patrón sin adición. Y en lo que concierne a la absorción de agua en los bloques de tierra comprimida con adición de 3, 6 y 9% de aloe vera si resisten la prueba de absorción, pero los bloques de tierra comprimida de la muestra patrón no resistió la prueba de absorción, finalmente con los resultados obtenidos se dice que la hipótesis ha sido demostrada.
- En el Análisis de Varianza (ANOVA) al saber que el valor de probabilidad es menor que 0.05 ($P < 0.05$), concluimos que existe alta significación estadística, por lo tanto, algún promedio de estos tratamientos tiene una gran dispersión estadística. Según Tukey, se observa que el tratamiento que mostró mayor dispersión estadística en cuanto a la resistencia a la compresión fue la muestra patrón con valor de 16.074 kg/cm² seguida de la muestra con adición del 3% de goma aloe vera con valor de 20.678 kg/cm², con respecto a los tratamientos con adición de, 6% y 9% que fueron estadísticamente similares teniendo valores de, 22.714 y 22.839 kg/cm², respectivamente. los mismos que superan la resistencia mínima de 12 kg/cm² establecida por la norma E.080.

- Según el análisis de varianza ANOVA y prueba de TUKEY, con un nivel de confianza de 95%, el tratamiento más recomendable a utilizar es el 6%, de adición de goma aloe vera, con respecto a la resistencia a compresión y el tratamiento que no es recomendable es el 3% de adición porque existe una variación de dispersión con respecto a los demás tratamientos.
- El porcentaje de absorción de los bloques de tierra comprimida con 3%, 6% Y 9% de goma de aloe vera es de 12.16%, 12.24% y 12.43%, los mismos que, si pasaron la prueba de absorción y con respecto a la muestra patrón sin adición no resistió la prueba de absorción.
- De los ensayos de suelos realizados en laboratorio los resultados del análisis granulométrico y límites de consistencia nos determinó según la clasificación SUCS, un suelo del tipo SC arena arcillosa con porcentajes permitidos según los parámetros y límites que exige la norma E-080.

REFERENCIAS

Alvarez, L., Hernán, A., & Enrique, M. (1986). Comportamiento de los suelos para la confección de adobes. España.

Barek, A. (2015). Mejorar la capacidad portante de los suelos usando sábila, para la construcción de caminos rurales. Samborondón-Colombia.

Benites, V. (2017). Adobe estabilizado con extracto de cabuya. Piura.

Bolaños, J. (2016). Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna. Cajamarca – Perú.

Carcedo, M. (2012). Resistencia a compresión de bloques de tierra comprimida estabilizada con materiales de sílice de diferente tamaño de partícula.

Norma ASTM D2216. Métodos de prueba estándar para la determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelo y roca por masa. Lima-Perú.

Norma ASTM D421. Analisis granulometrico del tamaños de las particulas.

Norma ASTM D4318. Límite líquido, límite de plástico, y el índice de plasticidad de los suelos.

Norma MTC E108. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. Lima-Perú.

Norma MTC E115, ASTM D1557, & NTP 339.141. Compactacion de suelos en laboratorio utilizando una energia, proctor modificado.

Norma Técnica Peruana E139.130, & NTP E111. Ensayo: límite líquido. material: suelo seco que pasa la malla n° 40. Lima-Perú.

Instituto nacional de estadística e informática INEI. (2017). Viviendas, según material predominante en las paredes exteriores y área de residencia. Perú.

Norma ASTM D2216. Métodos de prueba estándar para la determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelo y roca por masa. Lima-perú.

Norma Técnica Peruana NTE E -080. (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Perú.

Norma Técnica Peruana NTP 399.613. (2003). Pruebas que corresponden a evaluación de unidades de albañilería. Lima-Perú.

Norma Técnica Peruana 339.127. Suelos. método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. Lima-Perú.

Ortiz, J. L. (2010). Aloe vera: la planta del futuro: sábila.

Otero, J. L., & Calderón, H. A. (2019). Fabricación de máquina prensadora mecánica cinva ram.

Rios, E. Y. (2010). Efecto de la adición de látex natural y jabón en la resistencia mecánica y absorción del adobe compactado. Mexico.

Norma UNE 41410. (2008). Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques definiciones, especificaciones y métodos de ensayo. España.

Valdéz, E. J. (2017). Vivienda económica en adobe de 02 pisos. Lima-perú.

ANEXOS

ANEXO N° 1.- PANEL Y FOTOGRÁFICO

Fotografía 5. Material Extraído de la Cantera Bellavista- Namora Distrito de Cajamarca



Fotografía 6. Aloe Vera o Sábila Extraída del Distrito de San Marcos-Cajamarca



Fotografía 7. Preparación de la Goma de Aloe Vera



Fotografía 8. Determinación del ensayo de Contenido de Humedad



Fotografía 9. Ensayo de Análisis Granulométrico por Lavado



Fotografía 10. Tamizado de Análisis Granulométrico por Lavado



Fotografía 11. Ensayo de Límites de Consistencia (Límite Líquido)



Fotografía 12. Ensayo de Límites de Consistencia (Límite Plástico)



Fotografía 13. Ensayo de Análisis Granulométrico Mediante Sifonaje



Fotografía 14. Peso la Goma Aloe Vera para Realizar la Compactación de Proctor Modificado



Fotografía 15. Mezcla, Compactación y Peso de Molde más Muestra Durante la Realización del Proctor Modificado



Fotografía 16. Preparación de Material para Realizar los Bloques de Tierra Comprimida.



Fotografía 17. Con mi asesor constatando la fabricación de los bloques de tierra comprimida.



Fotografía 18. Elaboración de los Bloques de Tierra Comprimida por la Maquina Cinva Ram



Fotografía 19. Con mi Asesor constatando la Culminación de la Fabricación de los BTC



Fotografía 20. Curado de los Bloques de Tierra Comprimida



Fotografía 21. Bloques de tierra comprimida en Laboratorio de la UPN para Realizar las Respectivas Pruebas



Fotografía 22. Realizando la Medición de los Bloques de Tierra Comprimida



Fotografía 23. Ensayo a Compresión de los Bloques de Tierra Comprimida en Presencia de mi Asesor de Tesis



A continuación, mostraremos los bloques de tierra comprimida sometidos a la prueba de absorción durante 24 horas, tanto la muestra patrón sin adición, así como también la muestra con adición de 3%, 6% y 9% de goma de aloe vera.

Fotografía 24. Ensayo de Absorción a la Muestra Patrón sin adición de goma aloe vera.



*No resistió la prueba de absorción.

Fotografía 25. Ensayo de Absorción a la Muestra con 3% de adición de goma aloe vera.



Fotografía 26. Ensayo de Absorción a la Muestra con 6% de adición de goma aloe vera.



Fotografía 27. Ensayo de Absorción a la Muestra con 9% de adición de goma aloe vera.



ANEXO N° 2.- ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS.

a. Ensayo de contenido de humedad

Tabla 22. Determinación del Contenido de Humedad.

ID	DESCRIPCION	Unidades	1	2	3
A	Identificación de tara		M-1	M-2	M-3
B	Peso de la Tara	gr	27.30	27.40	27.00
C	Peso Tara + Muestra Húmeda	gr	146.30	167.50	186.00
D	Peso Tara + Muestra Seca	gr	137.30	157.20	174.10
E	Peso de la Muestra Húmeda	gr	119.00	140.10	159.00
F	Peso de la Muestra Seca	gr	110.00	129.80	147.10
G	Peso del Agua (Ww)	gr	9.00	10.30	11.90
W%	Contenido de Humedad (G/F) *100	%	8.18	7.94	8.09
PROMEDIO		%	8.07		

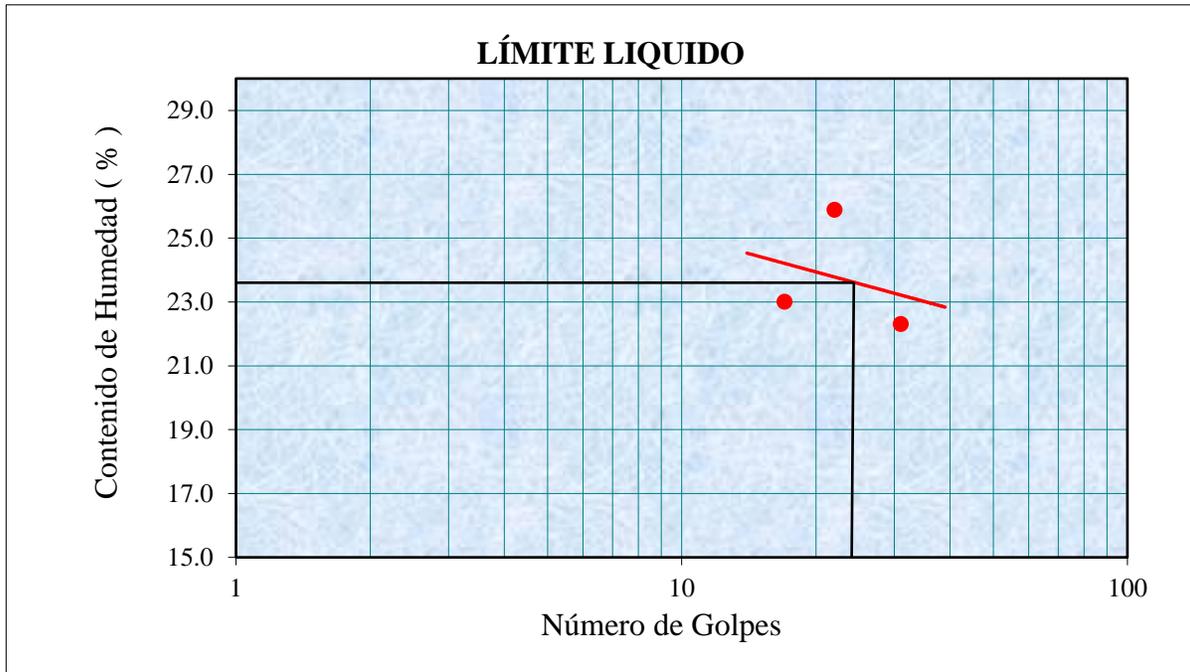
b. Ensayo de límites de consistencia (LL-LP)

Tabla 23. Determinación del Límite líquido y límite plástico.

ID	TARA NÚMERO	UNIDADES	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
			1	2	3	1	2	3
A	Identificación de Recipiente		M-1	M-2	M-3	M-1	M-2	M-3
B	Peso de la Tara	gr	27.30	26.80	28.20	26.80	27.30	28.20
C	Peso Tara + Muestra Húmeda	gr	41.20	41.60	42.30	36.40	36.60	38.90
D	Peso Tara + Muestra Seca	gr	38.60	38.90	39.40	35.00	35.30	37.40
E	Peso de la Muestra Húmeda	gr	13.90	14.80	14.10	9.60	9.30	10.70
F	Peso de la Muestra Seca	gr	11.30	12.10	11.20	8.20	8.00	9.20
G	Peso del Agua	gr	2.60	2.70	2.90	1.40	1.30	1.50
H	Contenido de Humedad	%	23.01	22.31	25.89	17.07	16.25	16.30
Número de Golpes		N°	17	31	22	PROMEDIO		16.54

*Del gráfico que se muestra a continuación, se obtuvo los siguientes datos: A los 25 golpes el límite líquido (LL) es 23.57% y el límite plástico (LP) es 16.54% y como índice de plasticidad es 7.03% resultados que se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

Gráfico 6. Límites de consistencia del suelo Cantera Namora “Bellavista”



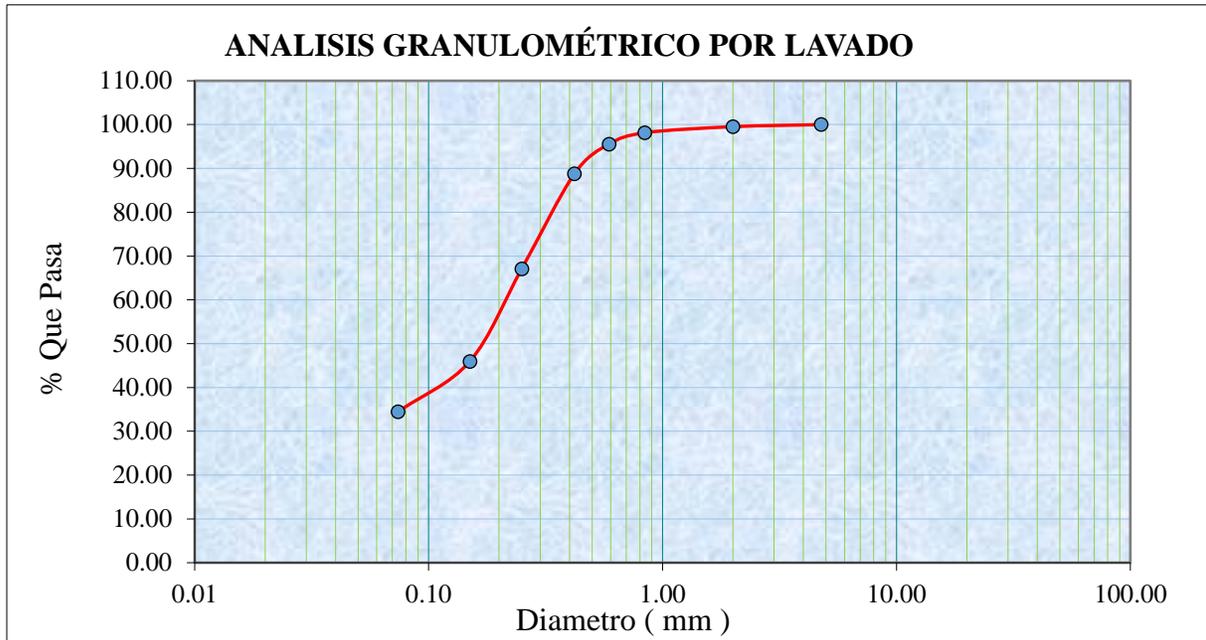
c) Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado

Tabla 24. Análisis Granulométrico por Lavado Cantera Namora “Bellavista”

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RP	%RA	% QUE PASA
Nº 4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº10	2.000	2.40	0.48	0.48	99.52
Nº20	0.840	6.90	1.38	1.86	98.14
Nº30	0.590	12.90	2.58	4.44	95.56
Nº40	0.420	33.90	6.78	11.22	88.78
Nº60	0.250	108.50	21.70	32.92	67.08
Nº100	0.150	105.60	21.12	54.04	45.96
Nº200	0.074	57.50	11.50	65.54	34.46
Perdida. por Lavado:		172.30	34.46	100.00	0.00
TOTAL		500.00	100.00		

*Del ensayo de granulometría se obtuvo material que pasa la malla Nº 4 = 100% y material que pasa la Nº 200 = 34.46%.

Gráfico 7. Análisis Granulométrico por Lavado.

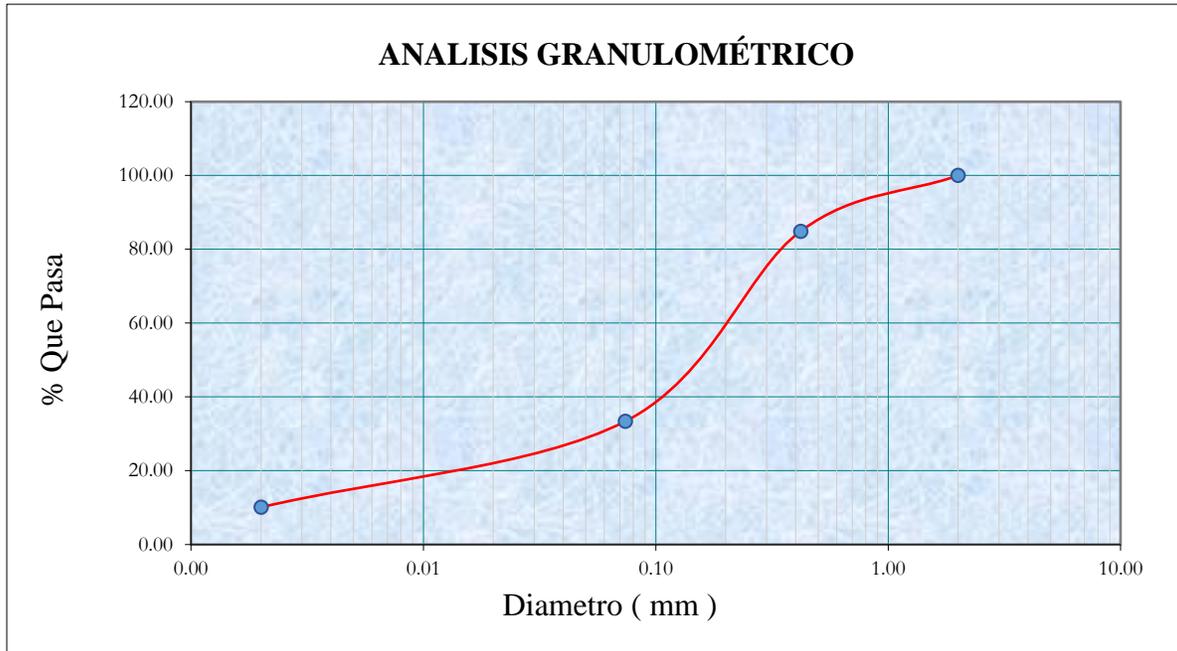


c. Análisis granulométrico mediante tamizado por sifonaje.

Tabla 25. Análisis Granulométrico por Sifonaje.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RP	%RA	% QUE PASA
N°10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
N°40	0.420	15.10	15.10	15.10	84.90
N°200	0.074	51.50	51.50	66.60	33.40
Limo	0.002	23.30	23.30	89.90	10.10
Arcilla	0.000	10.10	10.10	100.00	0.00
TOTAL		100.00			

Gráfico 8. Análisis granulométrico por Sifonaje.



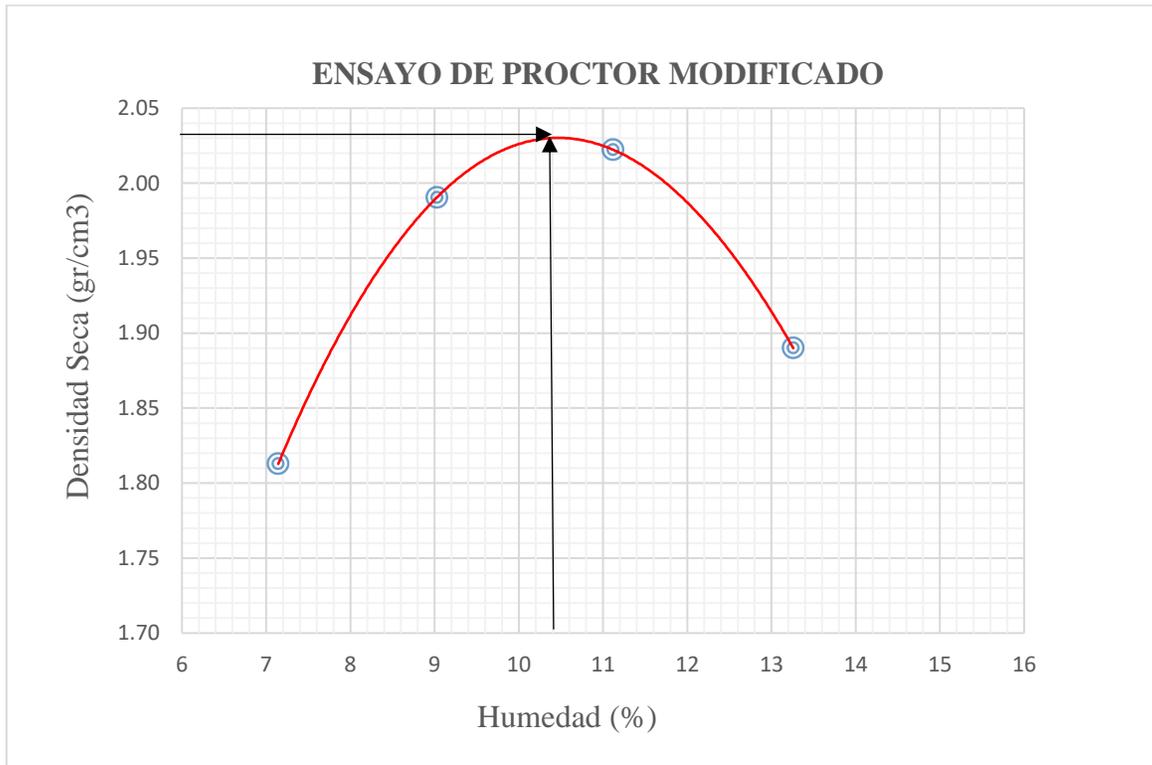
A.2 PROCTOR MODIFICADO

Tabla 26. Proctor Modificado de la Muestra Patrón sin adición de coma aloe vera.

DESCRIPCIÓN	UND	MOLDE N°1		MOLDE N°2		MOLDE N°3		MOLDE N°4	
Peso Molde	gr	4155.00	4155.00	4155.00	4155.00	4155.00	4155.00	4155.00	4155.00
P. Muestra Húmeda + Molde	gr	5996.00	6212.00	6212.00	6212.00	6285.00	6285.00	6184.00	6184.00
P. Muestra Húmeda	gr	1841.00	2057.00	2057.00	2057.00	2130.00	2130.00	2029.00	2029.00
Diámetro de molde	cm	10.20	10.20	10.20	10.20	10.20	10.20	10.20	10.20
Altura molde	cm	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60
Volumen Muestra húmeda	cm ³	947.87	947.87	947.87	947.87	947.87	947.87	947.87	947.87
Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	1.94	2.17	2.17	2.17	2.25	2.25	2.14	2.14
Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
P. Recipiente	gr	27.70	27.30	26.90	28.20	26.80	28.40	27.30	25.90
P. Muestra húmeda + Recipiente	gr	149.70	149.80	157.60	154.70	175.20	169.70	162.50	166.60
P. Muestra Seca + Recipiente	gr	141.80	141.40	146.60	144.40	160.10	155.80	146.70	150.10
P. del Agua	gr	7.90	8.40	11.00	10.30	15.10	13.90	15.80	16.50

Peso Muestra seca	gr	114.10	114.10	119.70	116.20	133.30	127.40	119.40	124.20
Contenido de Humedad W%	%	6.92	7.36	9.19	8.86	11.33	10.91	13.23	13.29
Prom. Cont. Hum. Óptimo	%	7.14		9.03		11.12		13.26	
Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm³	1.81		1.99		2.02		1.89	

Gráfico 9. Proctor Modificado Muestra Patrón



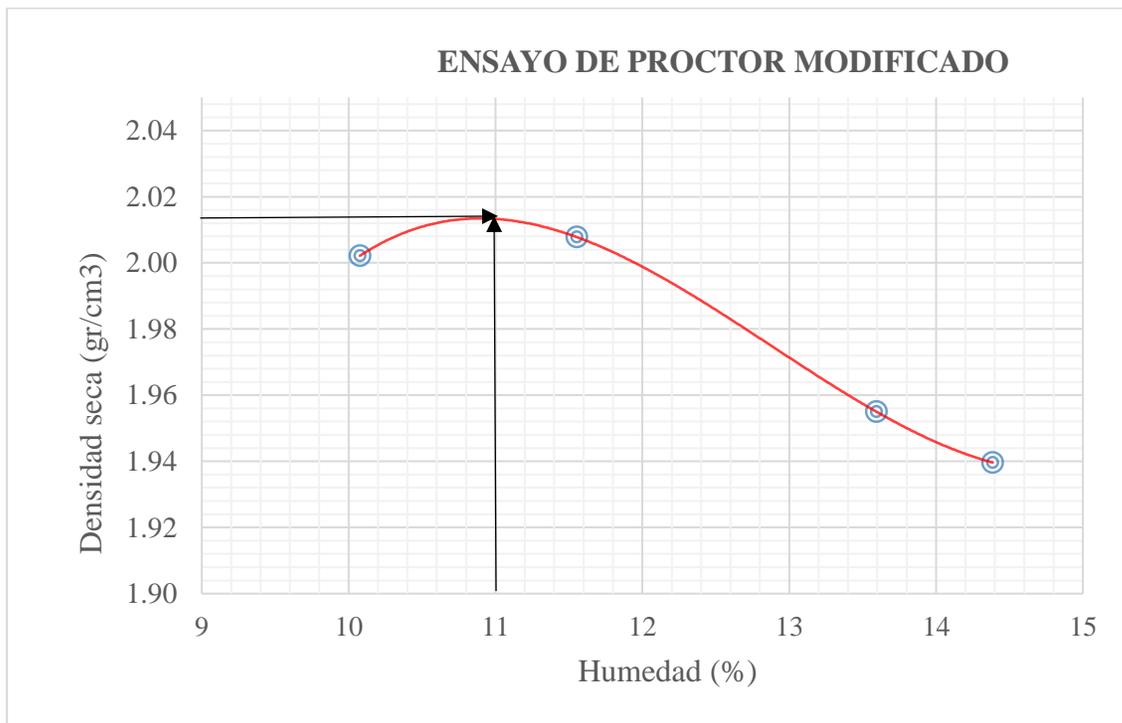
*De la gráfica del Proctor Modificado (Muestra patrón) se obtiene como óptimo contenido de agua (O.C.H. = 10.40% y una densidad seca máxima igual a 2.03 gr/cm³).

Tabla 27. Proctor Modificado con Adición de 3% de Goma de Aloe Vera

DESCRIPCIÓN	UND	MOLDE N°1	MOLDE N°2	MOLDE N°3	MOLDE N°4
Peso Molde	gr	4155.00	4155.00	4155.00	4155.00
P. Muestra Húmeda + Molde	gr	6244.00	6278.00	6260.00	6258.00
P. Muestra Húmeda	gr	2089.00	2123.00	2105.00	2103.00
Diámetro de molde	cm	10.20	10.20	10.20	10.20
Altura molde	cm	11.60	11.60	11.60	11.60
Volumen Muestra húmeda	cm ³	947.87	947.87	947.87	947.87

Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	2.20	2.24	2.22	2.22
Recipiente	Nº	a	b	a	b
P. Recipiente	gr	28.40	26.80	28.40	26.80
P. Muestra húmeda + Recipiente	gr	156.60	153.10	143.50	144.60
P. Muestra Seca + Recipiente	gr	144.70	141.70	131.00	133.00
P. del Agua	gr	11.90	11.40	12.50	11.60
Peso Muestra seca	gr	116.30	114.90	102.60	106.20
Contenido de Humedad W%	%	10.23	9.92	12.18	10.92
Prom. Cont. Hum. Óptimo	%	10.08	11.55	13.59	14.39
Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm ³	2.00	2.01	1.96	1.94

Gráfico 10. Proctor Modificado con Adición del 3% de Goma de Aloe Vera



*De la gráfica del Proctor Modificado con 3% de goma aloe vera se obtiene como óptimo contenido de agua (O.C.H. = 11.00%, así mismo una densidad seca máxima igual a 2.014 gr/cm³).

Tabla 28. Proctor Modificado con Adición de 6% de Goma de Aloe Vera

DESCRIPCIÓN	UND	MOLDE N°1		MOLDE N°2		MOLDE N°3		MOLDE N°4	
Peso Molde	gr	4155.00		4155.00		4155.00		4155.00	
P. Muestra Húmeda + Molde	gr	6054.00		6226.00		6287.00		6227.00	
P. Muestra Húmeda	gr	1899.00		2071.00		2132.00		2072.00	
Diámetro de molde	cm	10.20		10.20		10.20		10.20	
Altura molde	cm	11.60		11.60		11.60		11.60	
Volumen Muestra húmeda	cm ³	947.87		947.87		947.87		947.87	
Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	2.00		2.18		2.25		2.19	
Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
P. Recipiente	gr	27.70	27.30	27.00	28.30	26.80	28.40	27.30	25.90
P. Muestra húmeda + Recipiente	gr	151.40	137.80	135.40	136.40	158.20	164.60	179.00	167.70
P. Muestra Seca + Recipiente	gr	141.20	130.40	125.10	126.80	144.00	150.00	160.50	150.50
P. del Agua	gr	10.20	7.40	10.30	9.60	14.20	14.60	18.50	17.20
Peso Muestra seca	gr	113.50	103.10	98.10	98.50	117.20	121.60	133.20	124.60
Contenido de Humedad W%	%	8.99	7.18	10.50	9.75	12.12	12.01	13.89	13.80
Prom. Cont. Hum. Óptimo	%	8.08		10.12		12.06		13.85	
Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm ³	1.85		1.98		2.01		1.92	

Gráfico 11. Proctor Modificado con Adición del 6% de Goma de Aloe Vera

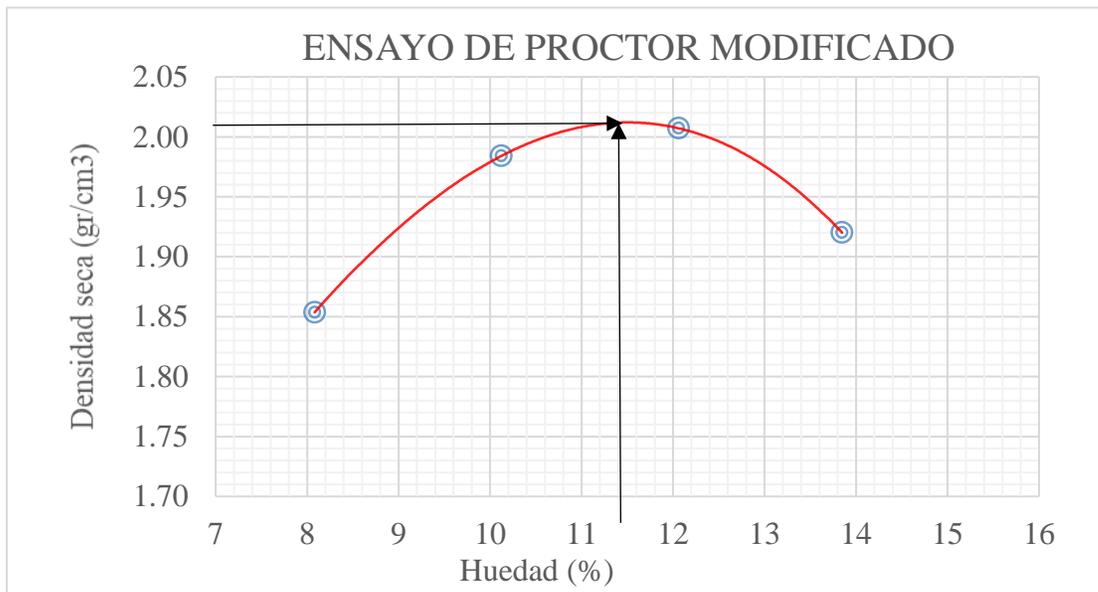
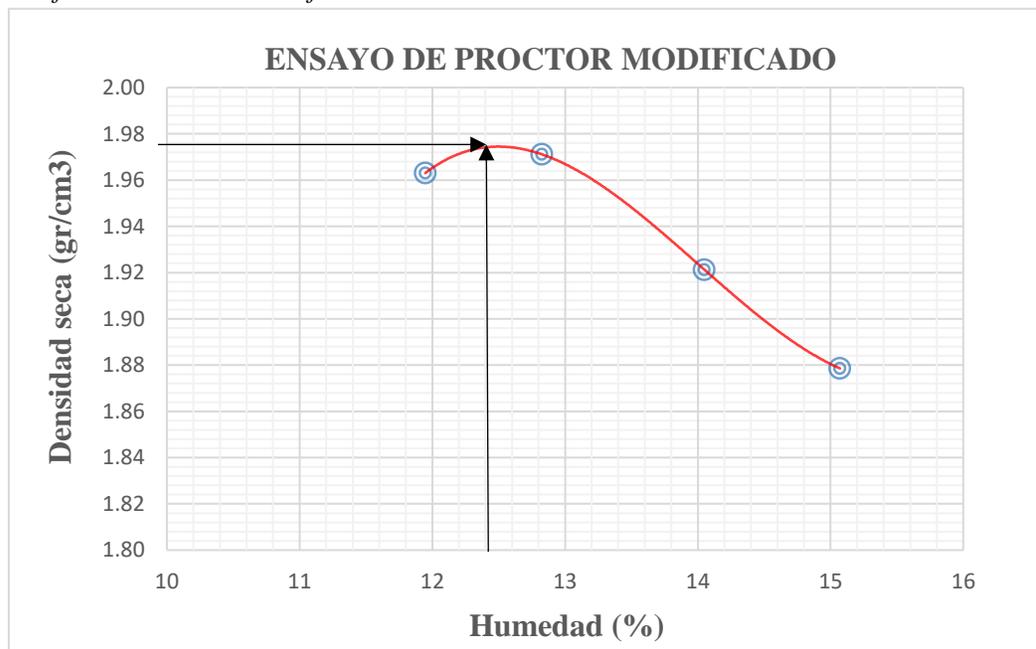


Tabla 29. Proctor Modificado con Adición de 9% de Goma de Aloe Vera

DESCRIPCIÓN	UND	MOLDE N°1		MOLDE N°2		MOLDE N°3		MOLDE N°4	
Peso Molde	gr	4155.00		4155.00		4155.00		4155.00	
P. Muestra Húmeda + Molde	gr	6238.00		6263.00		6232.00		6204.00	
P. Muestra Húmeda	gr	2083.00		2108.00		2077.00		2049.00	
Diámetro de molde	cm	10.20		10.20		10.20		10.20	
Altura molde	cm	11.60		11.60		11.60		11.60	
Volumen Muestra húmeda	cm ³	947.87		947.87		947.87		947.87	
Densidad húmeda; Dh	gr/cm ³	2.20		2.22		2.19		2.16	
Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
P. Recipiente	gr	28.40	28.40	27.00	27.70	27.90	28.30	28.00	27.60
P. Muestra húmeda + Recipiente	gr	170.60	193.60	192.10	197.80	217.80	205.70	172.20	239.60
P. Muestra Seca + Recipiente	gr	155.40	176.00	173.20	178.60	193.40	184.80	153.00	212.30
P. del Agua	gr	15.20	17.60	18.90	19.20	24.40	20.90	19.20	27.30
Peso Muestra seca	gr	127.00	147.60	146.20	150.90	165.50	156.50	125.00	184.70
Contenido de Humedad W%	%	11.97	11.92	12.93	12.72	14.74	13.35	15.36	14.78
Prom. Cont. Hum. Óptimo	%	11.95		12.83		14.05		15.07	
Densidad Seca Máxima; D_s	gr/cm ³	1.96		1.97		1.92		1.88	

Gráfico 12. Proctor Modificado con Adición del 9% de Goma de Aloe Vera



A.3 CALCULO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

a. Cálculo de la resistencia a compresión de la muestra patrón.

Tabla 30. Resultado del Ensayo a Compresión de la Muestra Patrón PM1

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.14	2.25	0.001
3	1000	0.66	4.49	0.006
4	1500	1.06	6.74	0.010
5	2000	1.52	8.99	0.015
6	2500	1.93	11.24	0.019
7	3000	2.46	13.48	0.024
8	3500	2.82	15.73	0.027
9	3775	3.46	16.97	0.033

Gráfico 13. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra Patrón PM1

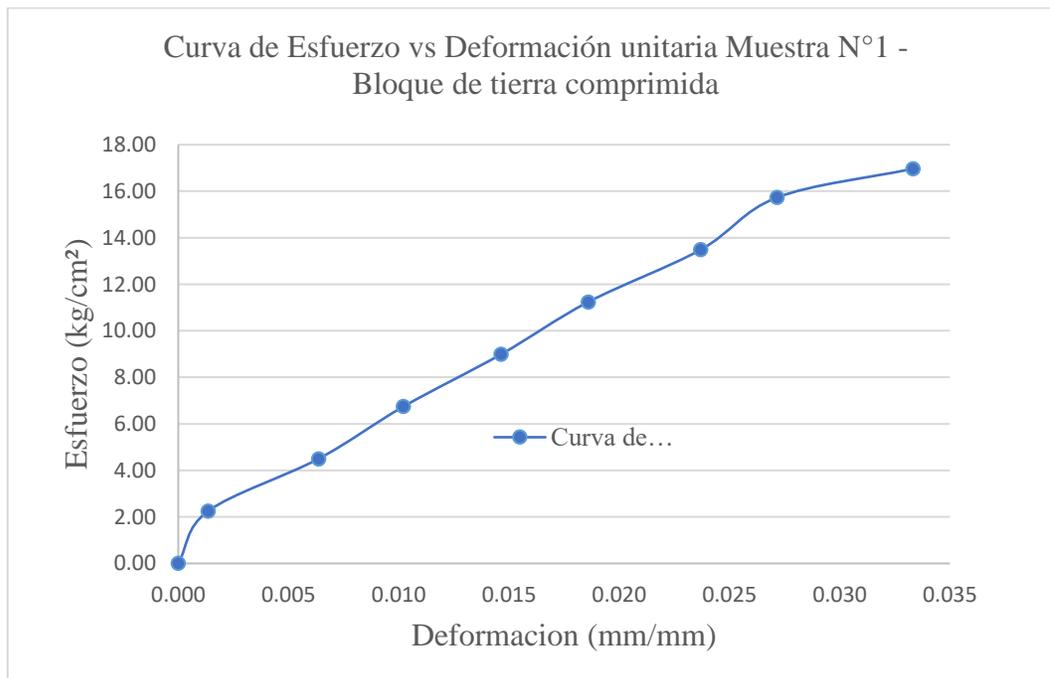


Tabla 31. Resultado del Ensayo a Compresión de la Muestra Patrón PM2

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.38	2.13	0.004
3	1000	0.83	4.26	0.008
4	1500	1.42	6.38	0.014
5	2000	1.96	8.51	0.019
6	2500	2.52	10.64	0.024
7	3000	3.16	12.77	0.030
8	3500	3.58	14.89	0.034
9	3708	4.21	15.78	0.040

Gráfico 14. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra Patrón PM2

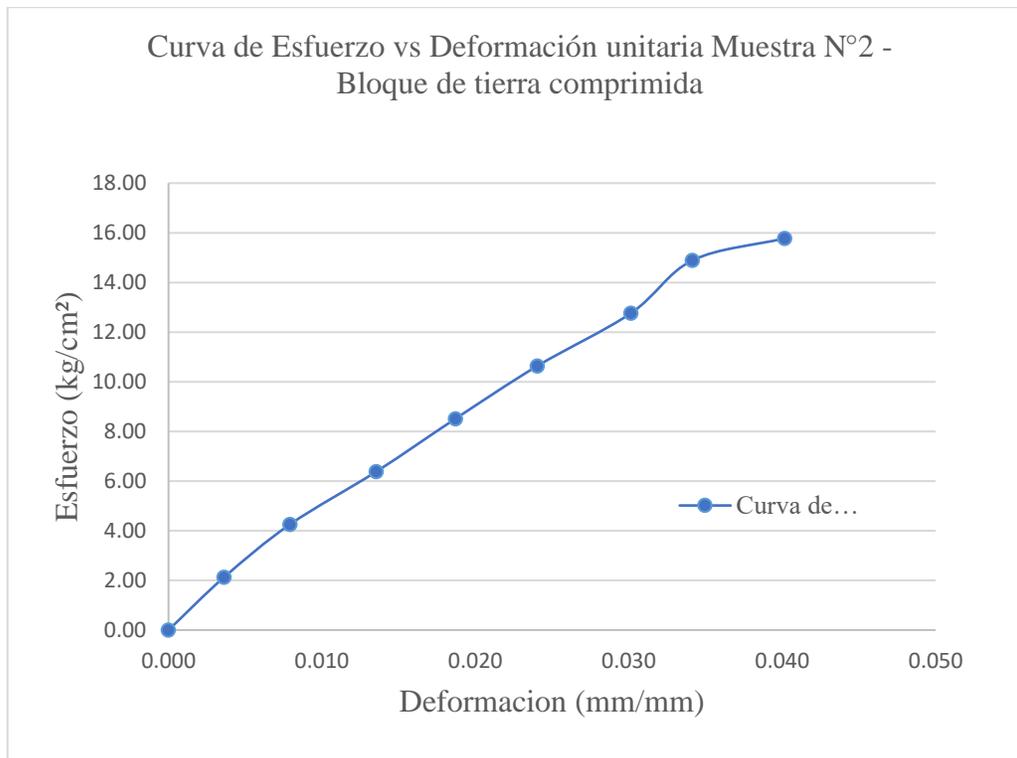


Tabla 32. Resultado del Ensayo a Compresión de la Muestra Patrón PM3

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.46	2.15	0.004
3	1000	0.92	4.31	0.009
4	1500	1.31	6.46	0.013
5	2000	1.66	8.62	0.016
6	2500	2.15	10.77	0.021
7	3000	2.58	12.93	0.025
8	3500	3.08	15.08	0.030
9	3666	3.86	15.80	0.037

Gráfico 15. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra Patrón PM3

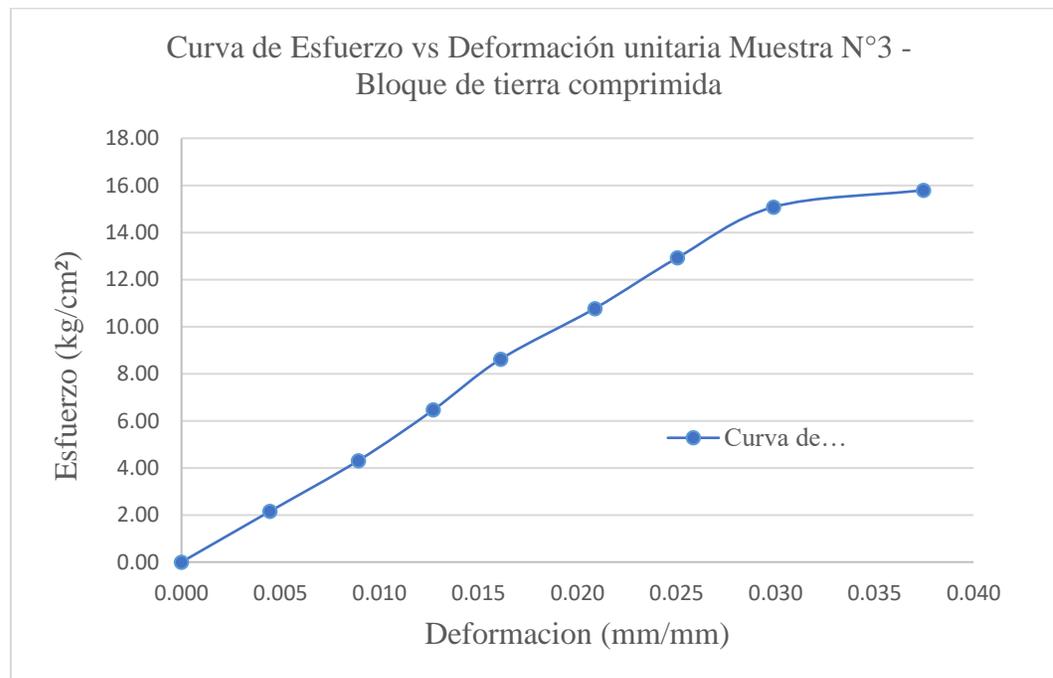


Tabla 33. Resultado del Ensayo a Compresión de la Muestra Patrón PM4

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.14	2.15	0.001
3	1000	0.48	4.31	0.005
4	1500	0.76	6.46	0.007
5	2000	1.12	8.62	0.011
6	2500	1.54	10.77	0.015
7	3000	1.87	12.93	0.018
8	3500	2.35	15.08	0.023
9	4000	2.73	17.24	0.026
10	4500	3.24	19.39	0.031
11	4516	3.76	19.46	0.036

Gráfico 16. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra Patrón PM4

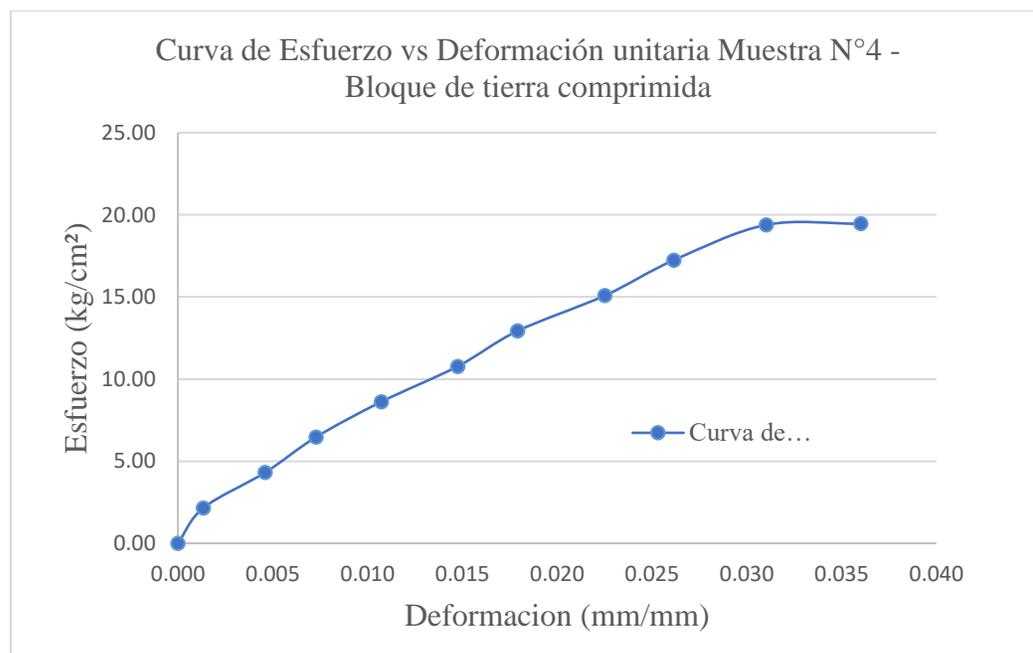


Tabla 34. Resultado del Ensayo a Compresión de la Muestra Patrón PM5

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.27	2.19	0.003
3	1000	0.62	4.37	0.006
4	1500	0.98	6.56	0.009
5	2000	1.33	8.75	0.013
6	2500	1.72	10.93	0.016
7	3000	2.02	13.12	0.019
8	3500	2.38	15.30	0.023
9	4000	2.83	17.49	0.027
10	4219	3.28	18.45	0.031

Gráfico 17. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra Patrón PM5

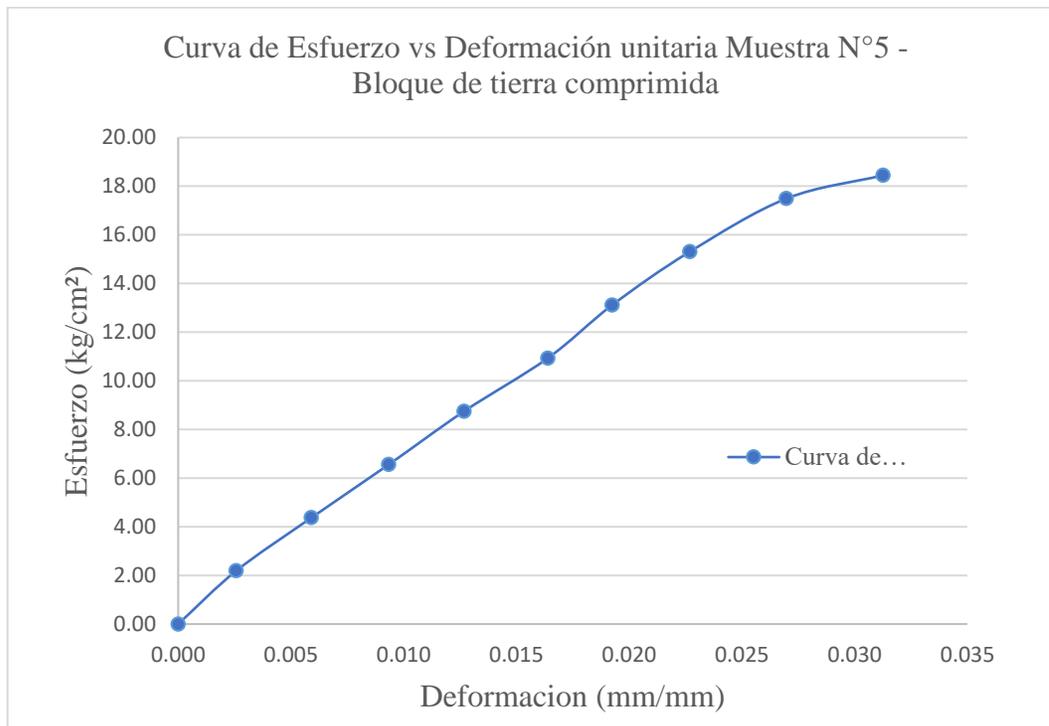


Tabla 35. Resultado del Ensayo a Compresión de la Muestra Patrón PM6

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.48	2.16	0.005
3	1000	0.96	4.33	0.009
4	1500	1.22	6.49	0.012
5	2000	1.68	8.65	0.016
6	2500	2.16	10.82	0.021
7	3000	2.64	12.98	0.025
8	3224	3.88	13.95	0.037

Gráfico 18. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra Patrón PM6

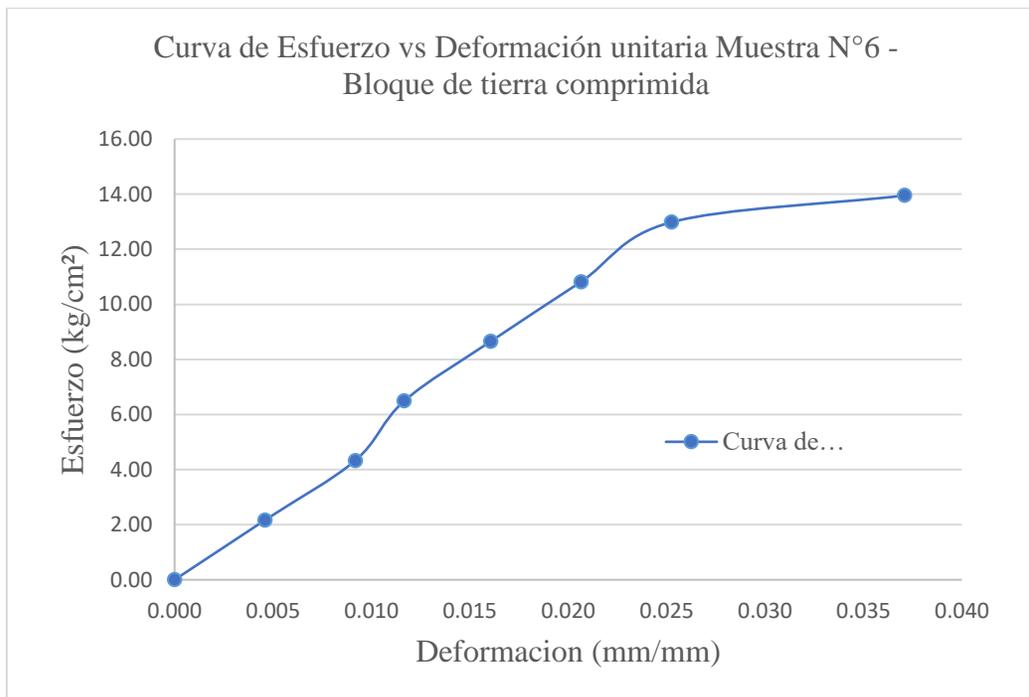


Tabla 36. Resultado del Ensayo a Compresión de la Muestra Patrón PM7

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.43	2.19	0.004
3	1000	0.82	4.38	0.008
4	1500	1.44	6.56	0.014
5	2000	2.18	8.75	0.021
6	2500	3.16	10.94	0.031
7	3000	3.66	13.13	0.036
8	3399	3.94	14.87	0.038

Gráfico 19. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra Patrón PM7

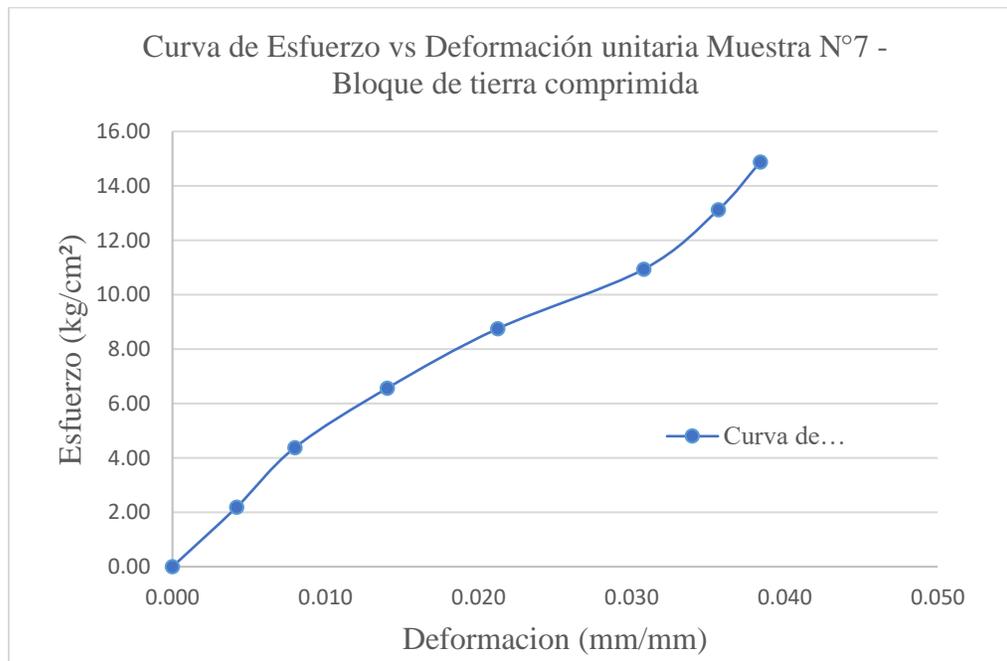
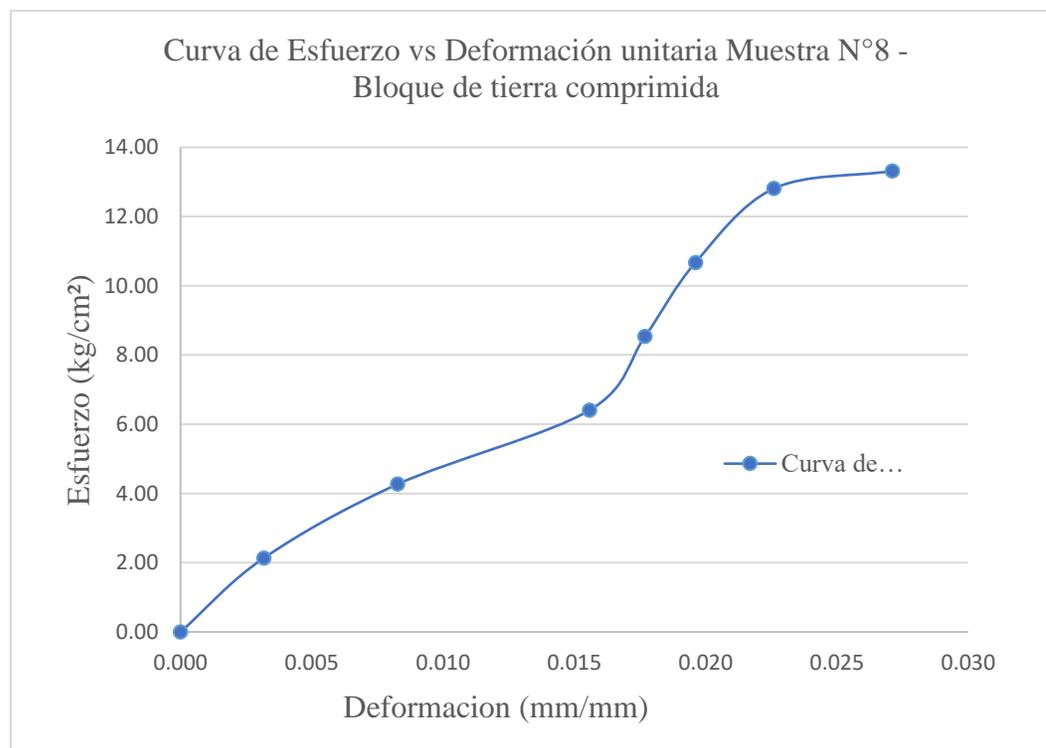


Tabla 37. resultado del Ensayo a Compresión de la Muestra Patrón PM8

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.33	2.13	0.003
3	1000	0.86	4.27	0.008
4	1500	1.62	6.40	0.016
5	2000	1.84	8.54	0.018
6	2500	2.04	10.67	0.020
7	3000	2.35	12.81	0.023
8	3119	2.82	13.32	0.027

Gráfico 20. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra Patrón PM8



b. Cálculo de la resistencia a compresión con adición del 3% de goma aloe vera.

Tabla 38. Resultado del Ensayo a Compresión con 3% de Adición de goma aloe vera Muestra-M1

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.34	2.18	0.003
3	1000	0.83	4.35	0.008
4	1500	1.14	6.53	0.011
5	2000	1.58	8.71	0.015
6	2500	1.89	10.89	0.018
7	3000	2.19	13.06	0.021
8	3500	2.57	15.24	0.025
9	4000	3.04	17.42	0.029
10	4127	3.64	17.97	0.035

Gráfico 21. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 3% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M1

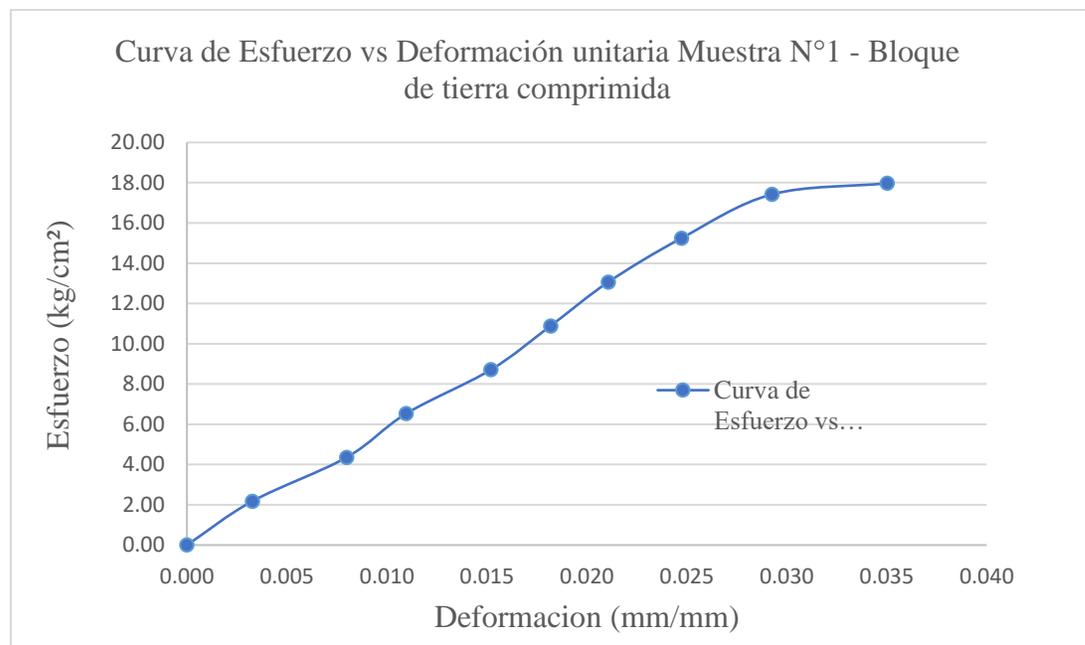


Tabla 39. Resultado del Ensayo a Compresión con 3% de Adición de goma aloe vera Muestra-M2

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.46	2.22	0.004
3	1000	1.08	4.44	0.010
4	1500	1.43	6.65	0.014
5	2000	1.73	8.87	0.017
6	2500	2.36	11.09	0.023
7	3000	2.84	13.31	0.027
8	3500	3.25	15.53	0.031
9	4000	3.58	17.74	0.035
10	4500	3.86	19.96	0.037
11	4583	4.14	20.33	0.040

Gráfico 22. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 3% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M2

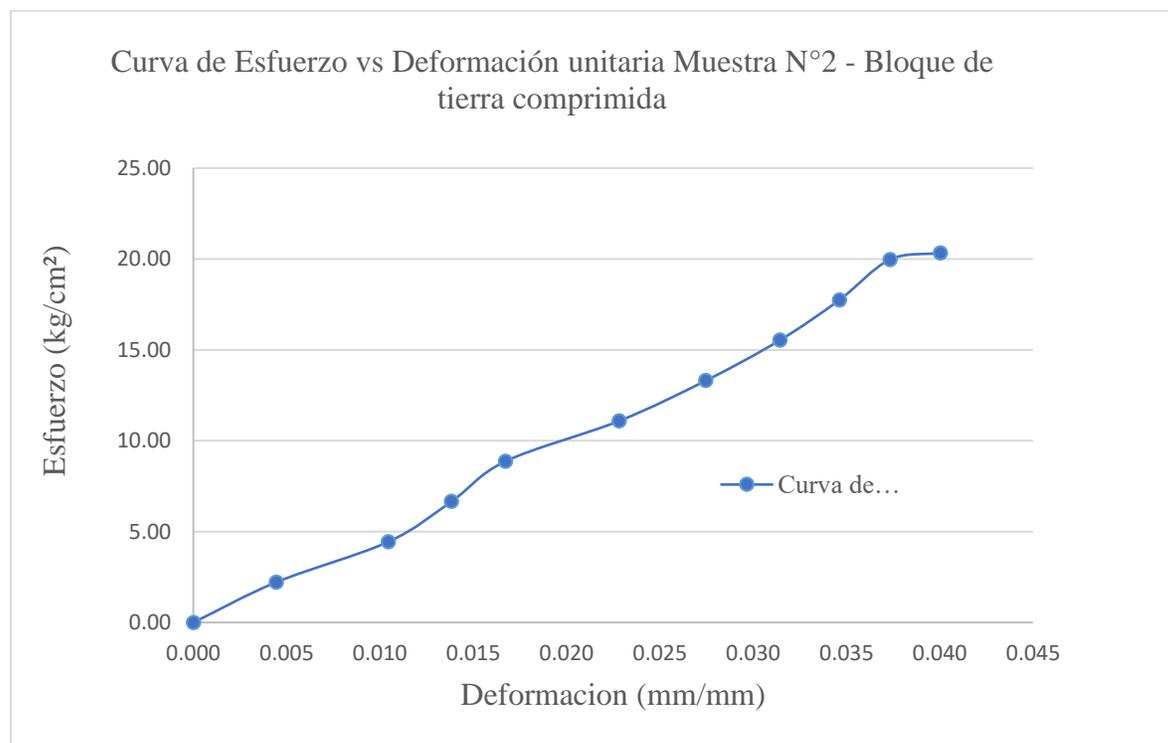


Tabla 40. Resultado del Ensayo a Compresión con 3% de Adición de goma aloe vera Muestra-M3

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.42	2.16	0.004
3	1000	0.68	4.32	0.007
4	1500	1.06	6.48	0.010
5	2000	1.42	8.64	0.014
6	2500	1.73	10.80	0.017
7	3000	2.04	12.96	0.020
8	3500	2.36	15.12	0.023
9	4000	2.91	17.28	0.028
10	4500	3.25	19.44	0.031
11	5000	3.68	21.60	0.035
12	5500	4.03	23.76	0.039
13	5628	4.74	24.32	0.045

Gráfico 23. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 3% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M3

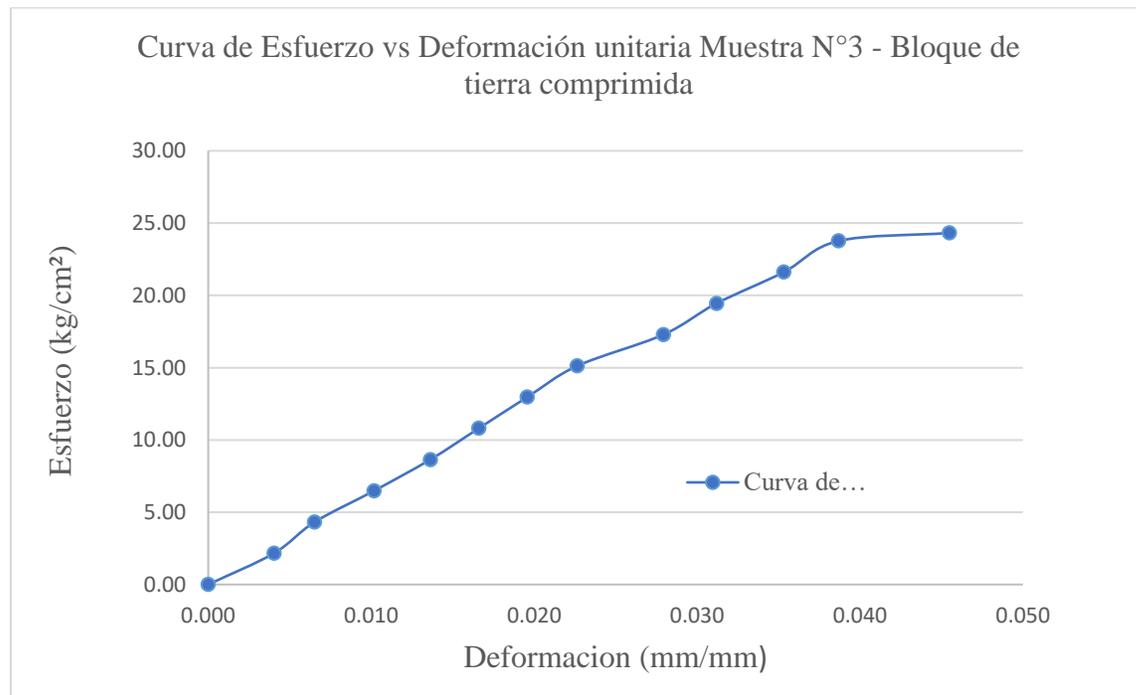


Tabla 41. Resultado del Ensayo a Compresión con 3% de Adición de goma aloe vera Muestra-M4

N°	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.29	2.20	0.003
3	1000	0.83	4.41	0.008
4	1500	1.25	6.61	0.012
5	2000	1.64	8.81	0.016
6	2500	2.03	11.01	0.020
7	3000	2.34	13.22	0.023
8	3500	2.66	15.42	0.026
9	4000	3.01	17.62	0.029
10	4500	3.48	19.82	0.034
11	5000	4.28	22.03	0.041
12	5090	4.64	22.42	0.045

Gráfico 24. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 3% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M4

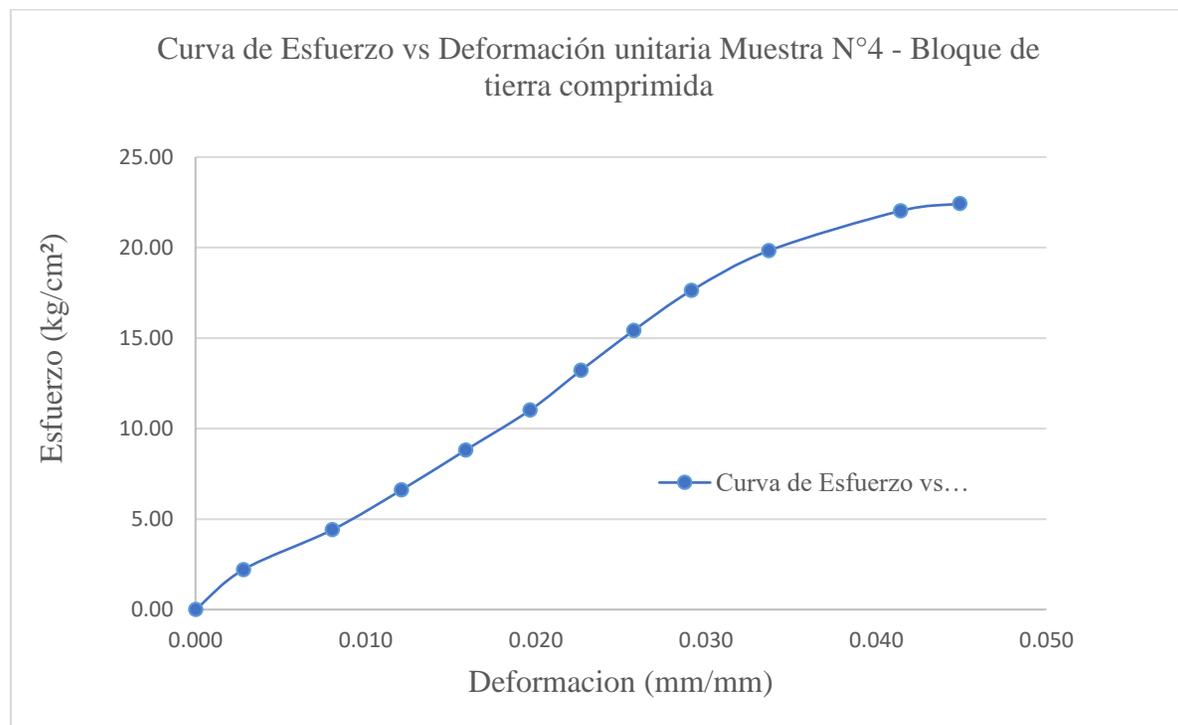


Tabla 42. Resultado del Ensayo a Compresión con 3% de Adición de goma aloe vera Muestra-M5

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.56	2.19	0.005
3	1000	1.04	4.38	0.010
4	1500	1.36	6.58	0.013
5	2000	1.74	8.77	0.017
6	2500	2.14	10.96	0.020
7	3000	2.56	13.15	0.024
8	3500	2.94	15.35	0.028
9	4000	3.18	17.54	0.030
10	4500	3.48	19.73	0.033
11	5000	3.86	21.92	0.037
12	5454	4.24	23.91	0.040

Gráfico 25. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 3% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M5

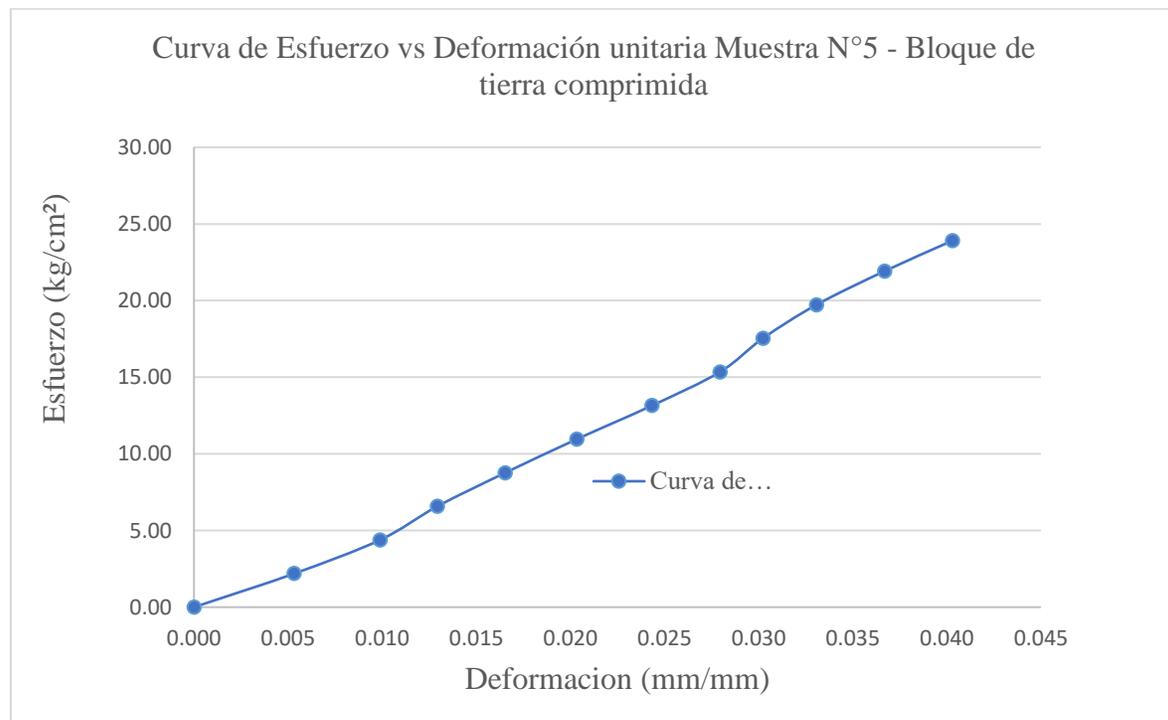


Tabla 43. Resultado del Ensayo a Compresión con 3% de Adición de goma aloe vera Muestra-M6

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.26	2.24	0.002
3	1000	0.82	4.48	0.008
4	1500	1.34	6.72	0.013
5	2000	1.73	8.96	0.017
6	2500	2.14	11.20	0.021
7	3000	2.44	13.44	0.023
8	3500	2.68	15.68	0.026
9	4000	3.08	17.92	0.030
10	4370	3.66	19.58	0.035

Gráfico 26. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 3% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M6

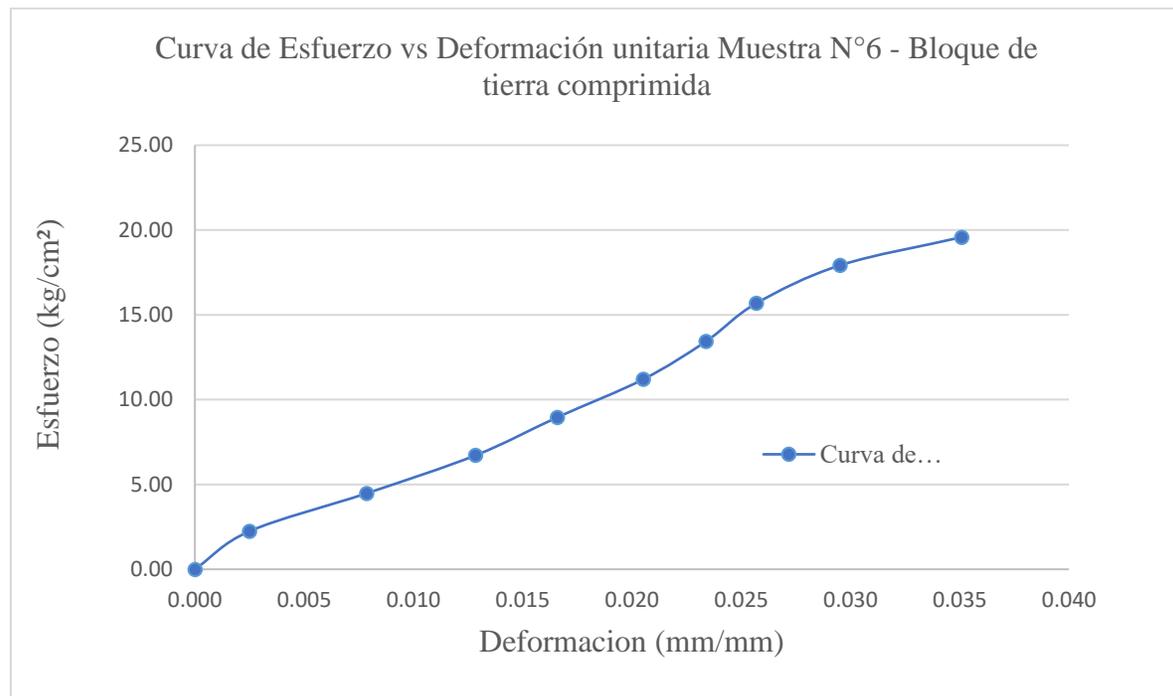


Tabla 44. Resultado del Ensayo a Compresión con 3% de Adición de goma aloe vera Muestra-M7

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.44	2.14	0.004
3	1000	0.86	4.29	0.008
4	1500	1.38	6.43	0.013
5	2000	1.76	8.58	0.017
6	2500	2.14	10.72	0.021
7	3000	2.54	12.87	0.025
8	3500	2.82	15.01	0.027
9	4000	3.22	17.16	0.031
10	4431	3.54	19.00	0.034

Gráfico 27. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 3% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M7

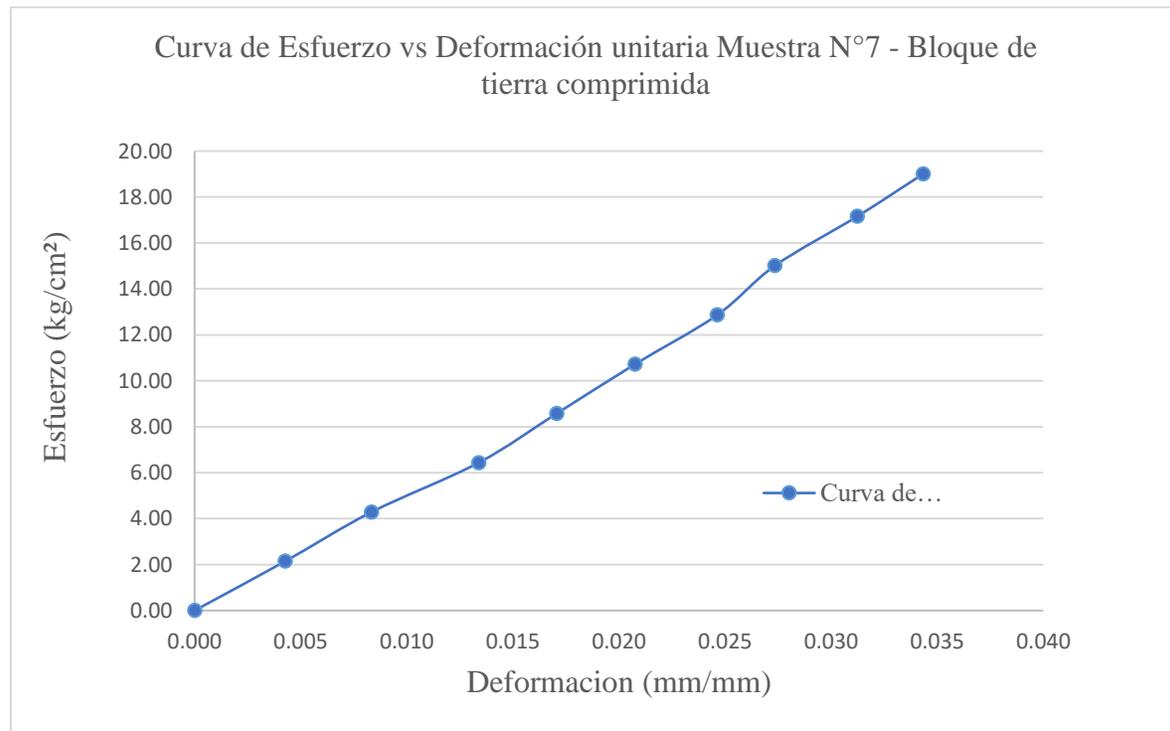
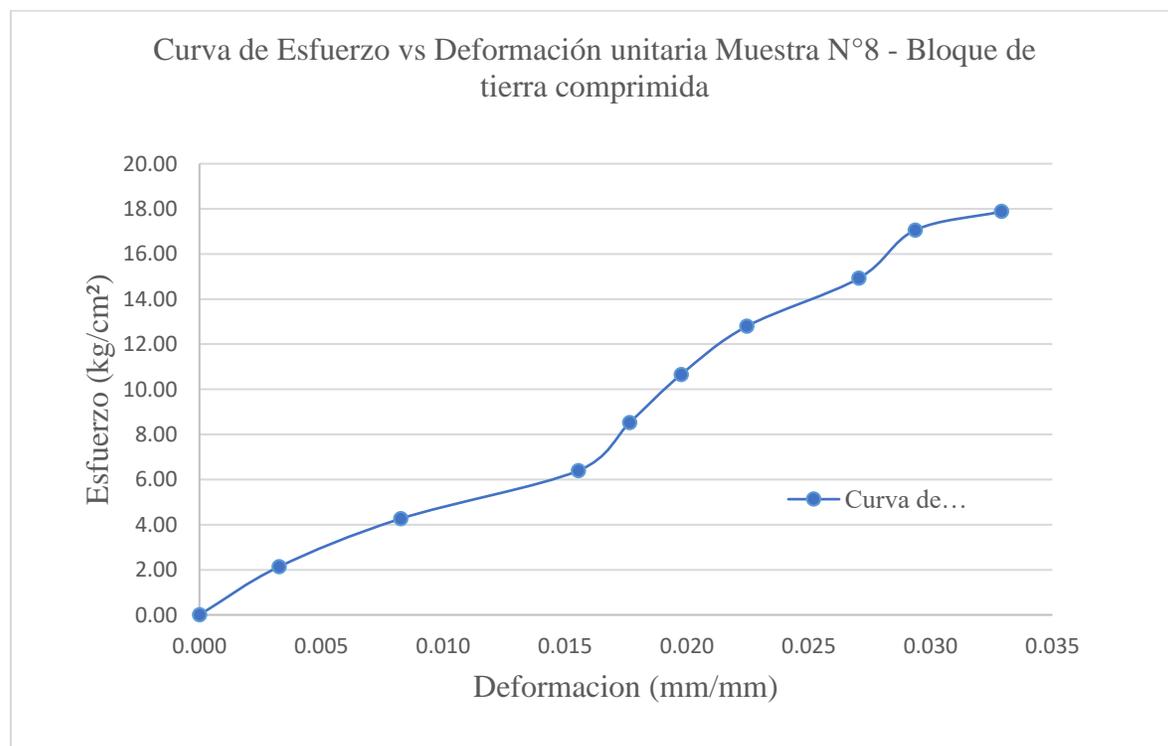


Tabla 45. Resultado del Ensayo a Compresión con 3% de Adición de goma aloe vera Muestra-M8

N°	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.34	2.13	0.003
3	1000	0.86	4.26	0.008
4	1500	1.62	6.40	0.016
5	2000	1.84	8.53	0.018
6	2500	2.06	10.66	0.020
7	3000	2.34	12.79	0.022
8	3500	2.82	14.92	0.027
9	4000	3.06	17.05	0.029
10	4194	3.43	17.88	0.033

Gráfico 28. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 3% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M8



c. Cálculo de la resistencia a compresión con 6% de goma aloe vera.

Tabla 46. Resultado del Ensayo a Compresión con 6% de Adición de goma aloe vera Muestra-M1

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.32	2.15	0.003
3	1000	0.81	4.29	0.008
4	1500	1.16	6.44	0.011
5	2000	1.58	8.58	0.015
6	2500	2.04	10.73	0.019
7	3000	2.63	12.88	0.025
8	3500	3.06	15.02	0.029
9	4000	3.32	17.17	0.032
10	4500	3.75	19.31	0.036
11	5000	4.32	21.46	0.041
12	5311	4.98	22.80	0.048

Gráfico 29. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 6% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M1

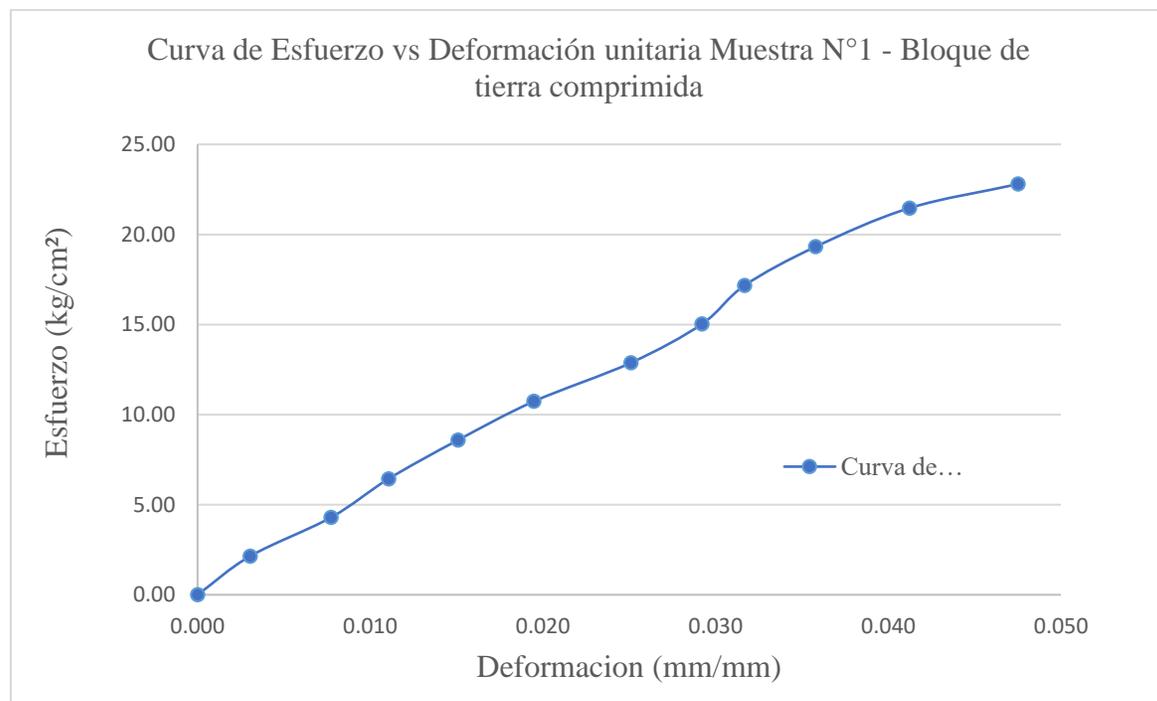


Tabla 47. Resultado del Ensayo a Compresión con 6% de Adición de goma aloe vera Muestra-M2

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.23	2.21	0.002
3	1000	0.64	4.43	0.006
4	1500	1.05	6.64	0.010
5	2000	1.42	8.85	0.014
6	2500	1.84	11.06	0.018
7	3000	2.16	13.28	0.021
8	3500	2.44	15.49	0.023
9	4000	2.73	17.70	0.026
10	4500	3.02	19.91	0.029
11	5000	3.41	22.13	0.033
12	5500	4.14	24.34	0.040
13	5553	4.54	24.57	0.044

Gráfico 30. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 6% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M2

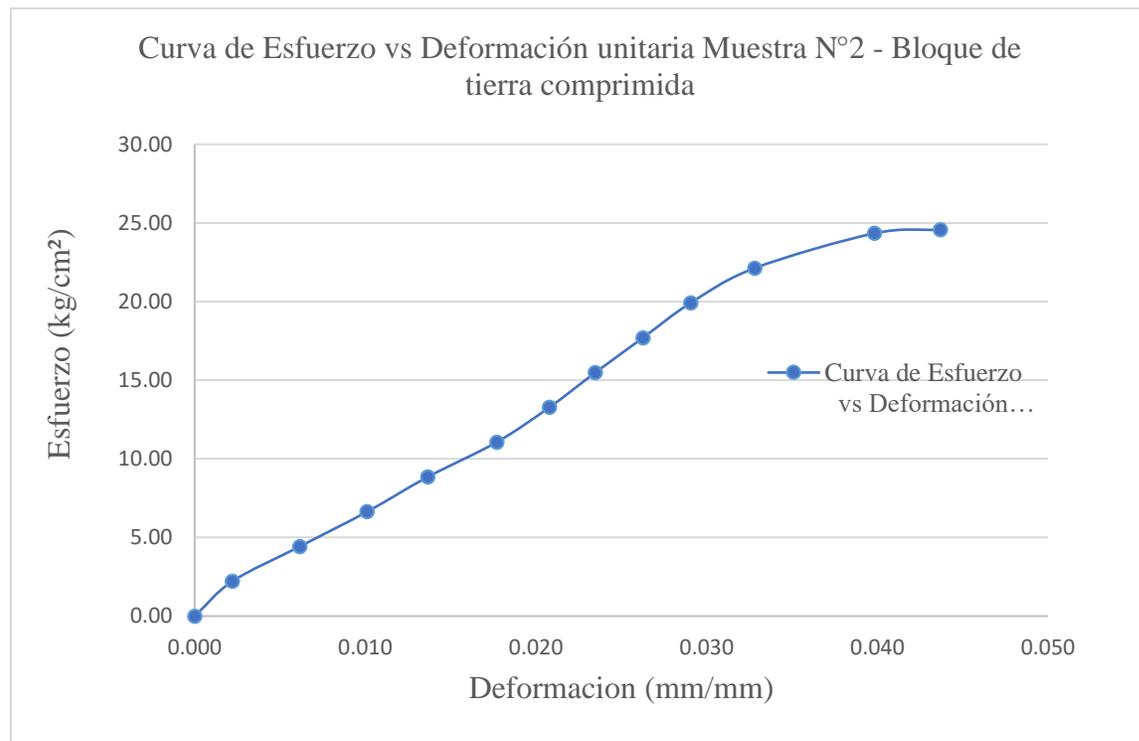


Tabla 48. Resultado del Ensayo a Compresión con 6% de Adición de goma aloe vera Muestra-M3

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.32	2.16	0.003
3	1000	0.78	4.31	0.007
4	1500	1.56	6.47	0.015
5	2000	2.14	8.63	0.020
6	2500	3.43	10.79	0.033
7	3000	3.96	12.94	0.038
8	3500	4.37	15.10	0.042
9	4000	4.77	17.26	0.046
10	4500	5.44	19.42	0.052
11	5000	5.86	21.57	0.056
12	5162	6.67	22.27	0.064

Gráfico 31. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 6% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M3

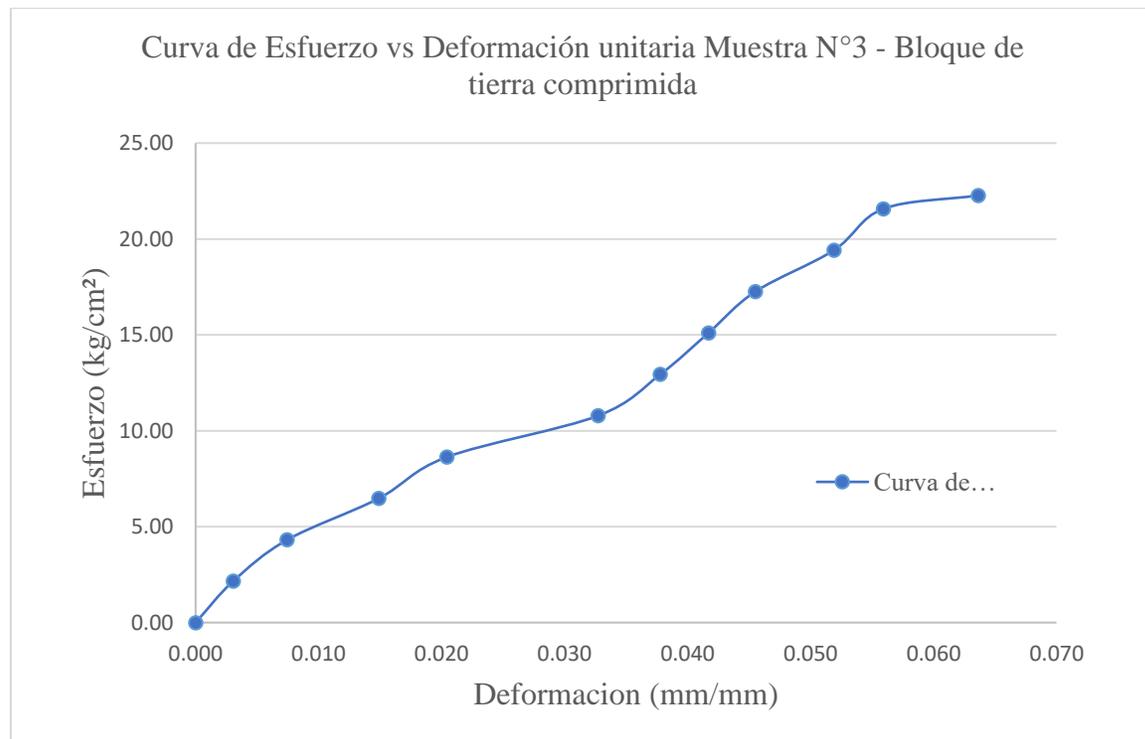


Tabla 49. Resultado del Ensayo a Compresión con 6% de Adición de goma aloe vera Muestra-M4

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.13	2.22	0.001
3	1000	0.55	4.44	0.005
4	1500	0.92	6.67	0.009
5	2000	1.38	8.89	0.013
6	2500	1.81	11.11	0.017
7	3000	2.14	13.33	0.021
8	3500	2.58	15.55	0.025
9	4000	2.92	17.77	0.028
10	4500	3.31	20.00	0.032
11	5000	3.73	22.22	0.036
12	5466	4.15	24.29	0.040

Gráfico 32. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 6% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M4

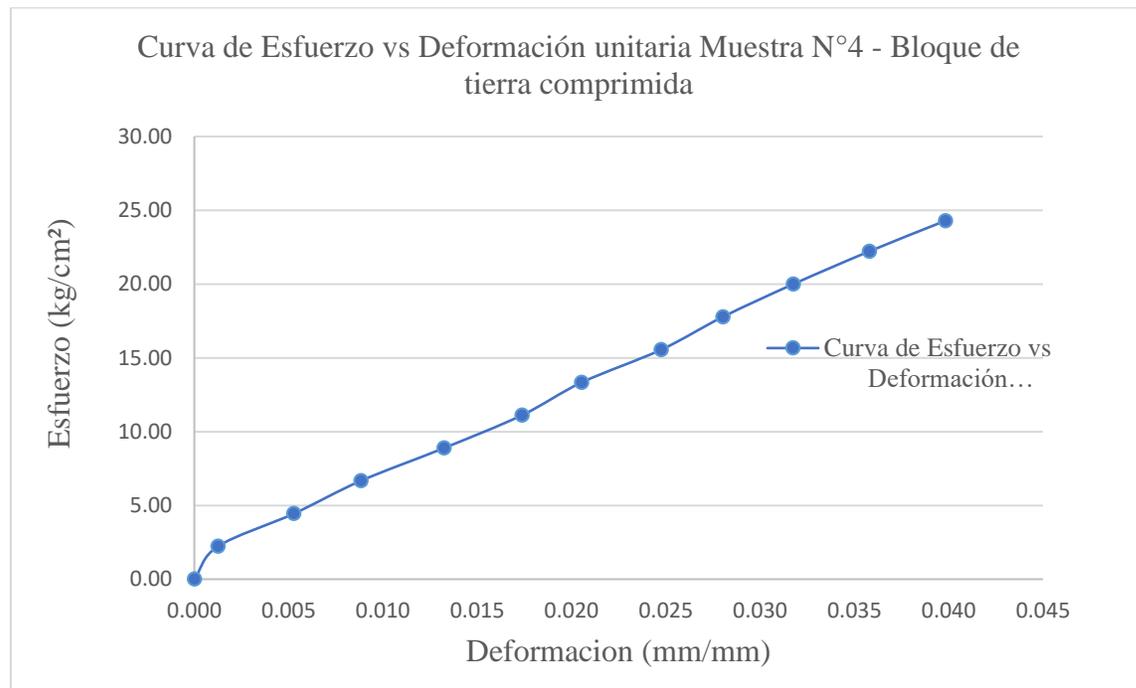


Tabla 50. Resultado del Ensayo a Compresión con 6% de Adición de goma aloe vera Muestra-M5

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.56	2.22	0.005
3	1000	0.95	4.44	0.009
4	1500	1.27	6.67	0.012
5	2000	1.54	8.89	0.015
6	2500	1.78	11.11	0.017
7	3000	2.09	13.33	0.020
8	3500	2.36	15.55	0.022
9	4000	2.58	17.78	0.024
10	4500	2.84	20.00	0.027
11	5000	3.16	22.22	0.030
12	5289	3.58	23.50	0.034

Gráfico 33. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 6% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M5

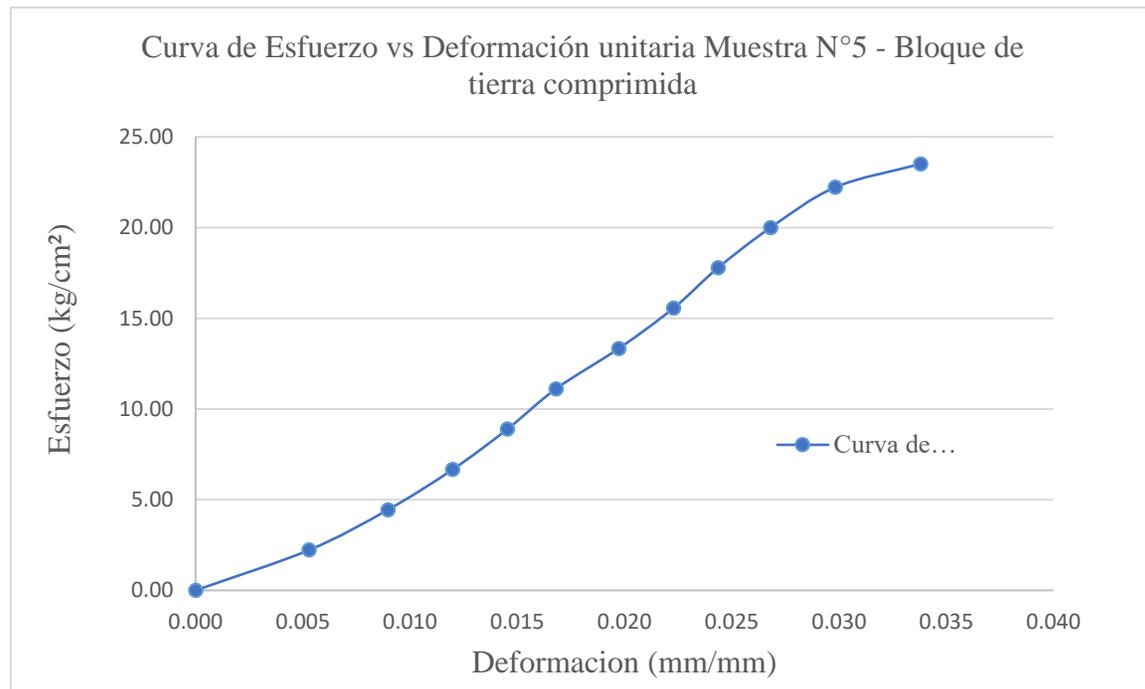


Tabla 51. Resultado del Ensayo a Compresión con 6% de Adición de goma aloe vera Muestra-M6

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.18	2.15	0.002
3	1000	0.66	4.30	0.006
4	1500	1.05	6.45	0.010
5	2000	1.54	8.59	0.015
6	2500	1.78	10.74	0.017
7	3000	1.99	12.89	0.019
8	3500	2.23	15.04	0.022
9	4000	2.48	17.19	0.024
10	4500	2.72	19.34	0.026
11	4842	3.15	20.81	0.031

Gráfico 34. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 6% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M6

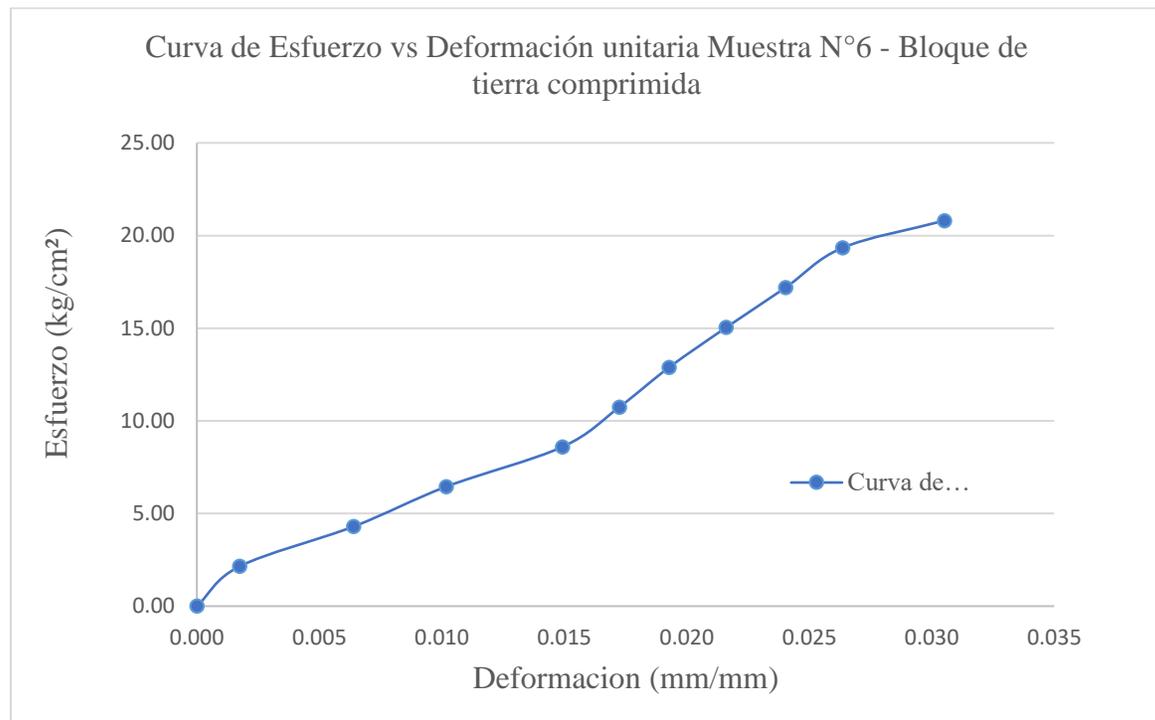


Tabla 52. Resultado del Ensayo a Compresión con 6% de Adición de goma aloe vera Muestra-M7

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.85	2.17	0.008
3	1000	0.96	4.34	0.009
4	1500	1.44	6.51	0.014
5	2000	1.78	8.68	0.017
6	2500	2.06	10.85	0.020
7	3000	2.43	13.02	0.023
8	3500	2.67	15.19	0.026
9	4000	2.85	17.36	0.027
10	4500	3.24	19.53	0.031
11	5000	3.54	21.70	0.034
12	5071	3.86	22.01	0.037

Gráfico 35. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 6% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M7

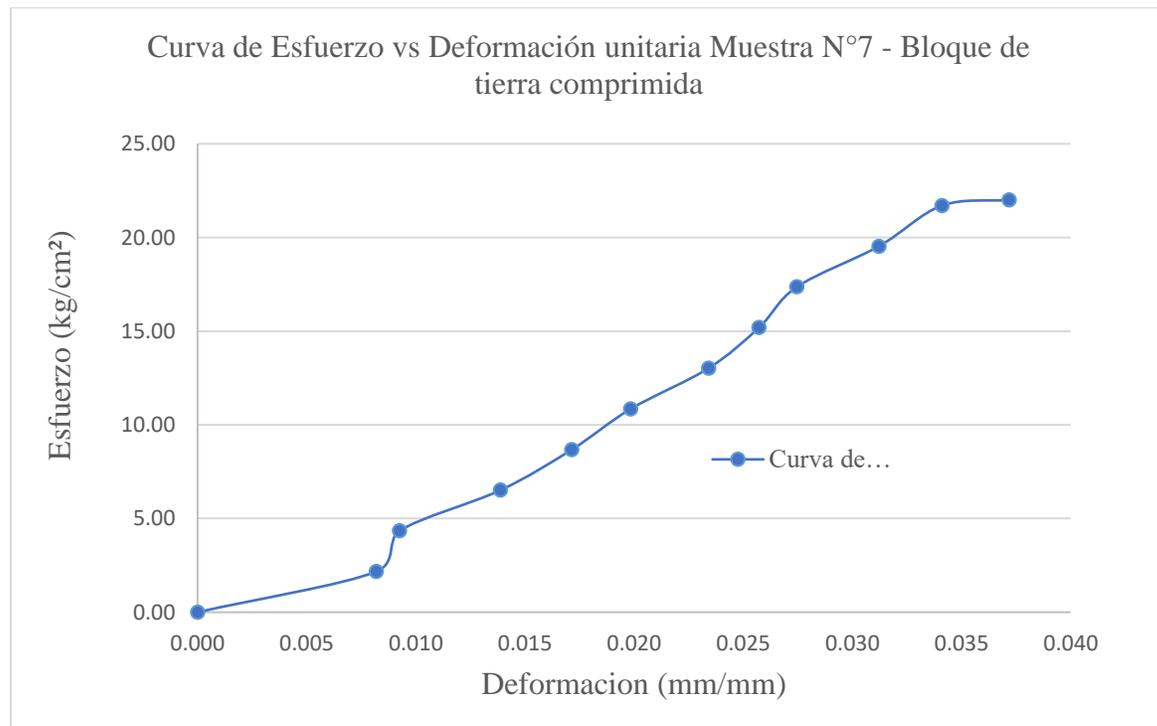
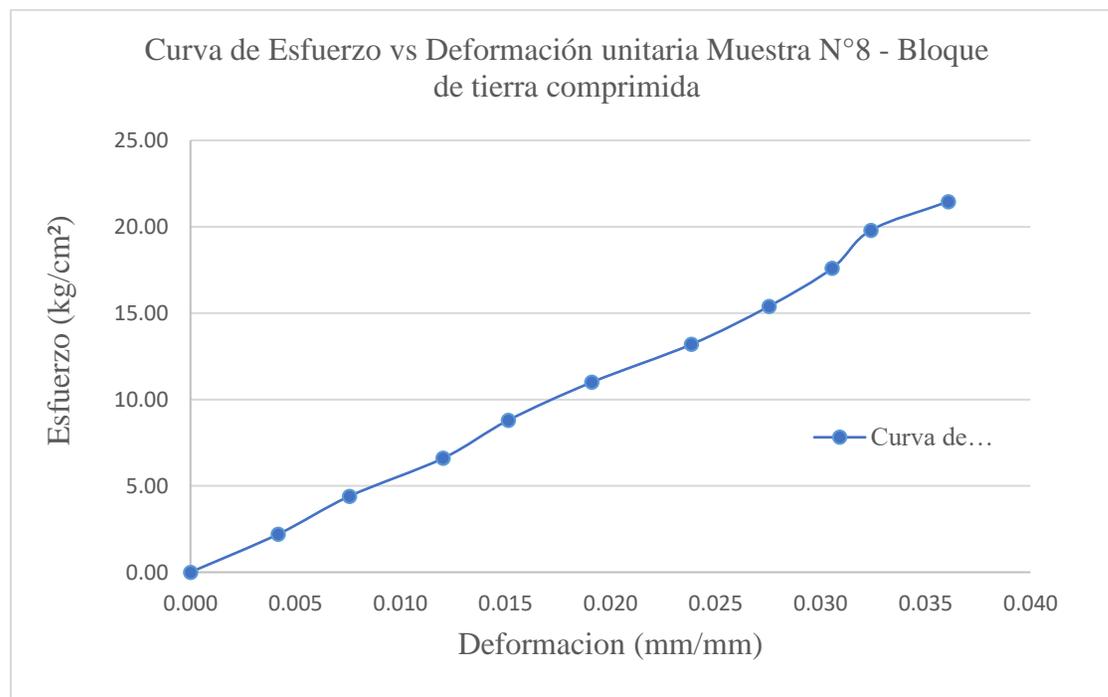


Tabla 53. Resultado del Ensayo a Compresión con 6% de Adición de goma aloe vera Muestra-M8

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0	0.00	0.000
2	500	0.43	2.20	0.004
3	1000	0.78	4.40	0.008
4	1500	1.24	6.60	0.012
5	2000	1.56	8.80	0.015
6	2500	1.97	11.00	0.019
7	3000	2.46	13.20	0.024
8	3500	2.84	15.40	0.028
9	4000	3.15	17.60	0.031
10	4500	3.34	19.80	0.032
11	4878	3.72	21.46	0.036

Gráfico 36. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 6% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M8



d. Cálculo de la resistencia a compresión con 9% de goma aloe vera.

Tabla 54. Resultado del Ensayo a Compresión con 9% de Adición de goma aloe vera Muestra-M1

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0.00	0.00	0.000
2	500	0.48	2.24	0.005
3	1000	0.83	4.48	0.008
4	1500	1.34	6.72	0.013
5	2000	1.72	8.96	0.017
6	2500	2.15	11.20	0.021
7	3000	2.58	13.43	0.025
8	3500	3.06	15.67	0.029
9	4000	3.38	17.91	0.033
10	4500	3.71	20.15	0.036
11	5000	4.04	22.39	0.039
12	5046	4.70	22.60	0.045

Gráfico 37. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 9% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M1

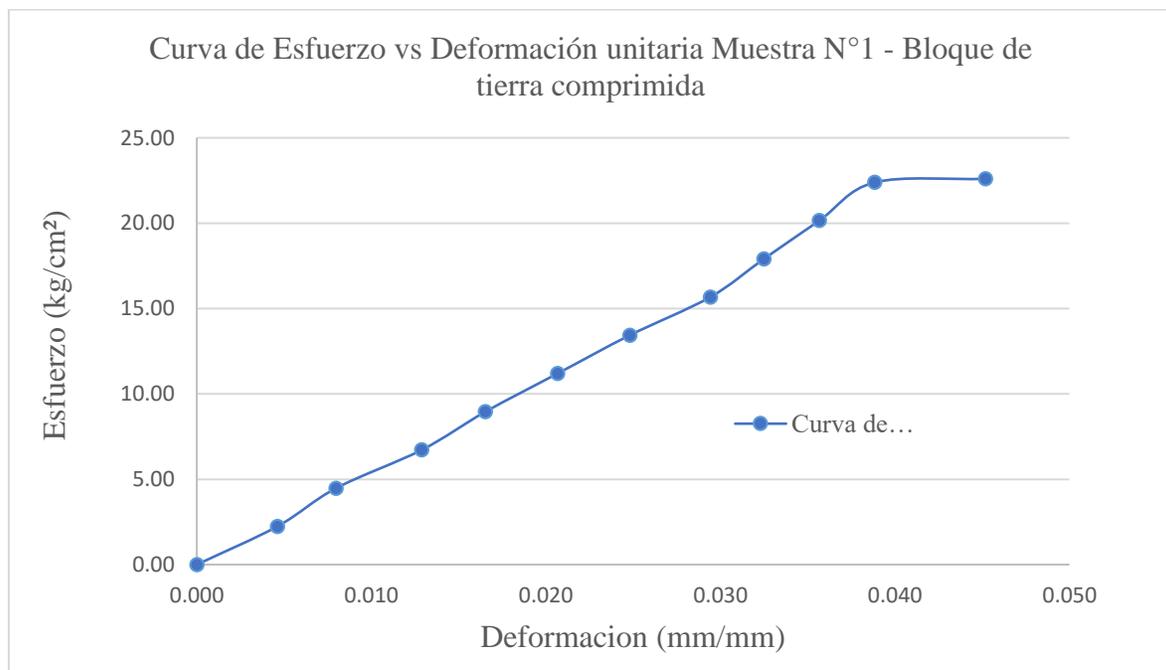


Tabla 55. Resultado del Ensayo a Compresión con 9% de Adición de goma aloe vera Muestra-M2

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0.00	0.00	0.000
2	500	0.36	2.22	0.003
3	1000	0.78	4.44	0.008
4	1500	1.32	6.67	0.013
5	2000	1.64	8.89	0.016
6	2500	1.96	11.11	0.019
7	3000	2.18	13.33	0.021
8	3500	2.38	15.55	0.023
9	4000	2.64	17.78	0.025
10	4500	2.92	20.00	0.028
11	5000	3.36	22.22	0.032
12	5260	3.98	23.38	0.038

Gráfico 38. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 9% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M2

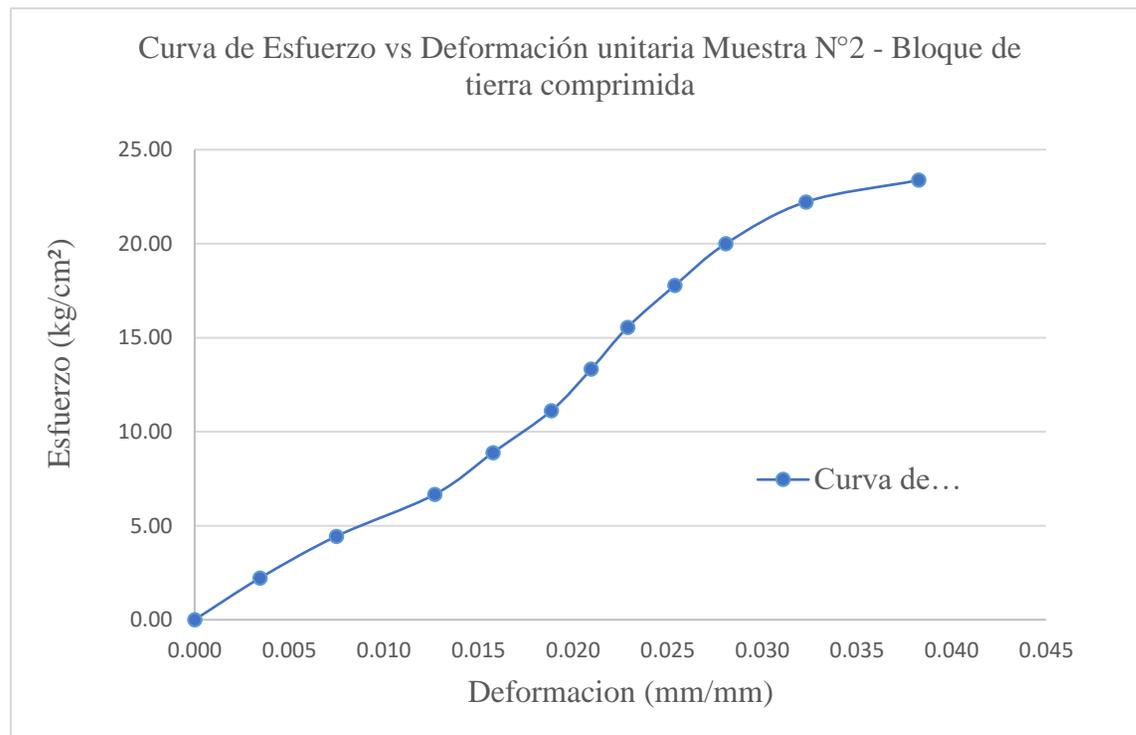


Tabla 56. Resultado del Ensayo a Compresión con 9% de Adición de goma aloe vera Muestra-M3

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0.00	0.00	0.000
2	500	0.48	2.18	0.005
3	1000	0.82	4.37	0.008
4	1500	1.33	6.55	0.013
5	2000	1.68	8.73	0.016
6	2500	1.99	10.92	0.019
7	3000	2.23	13.10	0.022
8	3500	2.44	15.28	0.024
9	4000	2.87	17.47	0.028
10	4500	3.34	19.65	0.032
11	5000	3.68	21.84	0.036
12	5314	4.04	23.21	0.039

Gráfico 39. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 9% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M3

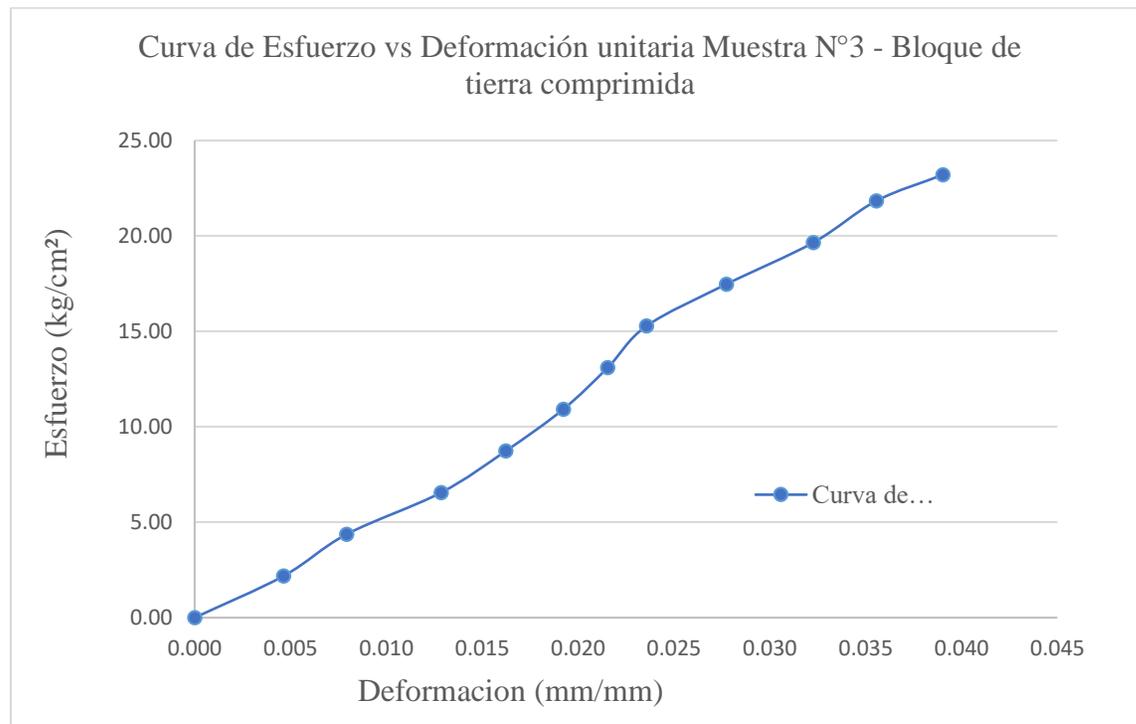


Tabla 57. Resultado del Ensayo a Compresión con 9% de Adición de goma aloe vera Muestra-M4

N°	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0.00	0.00	0.000
2	500	0.58	2.26	0.006
3	1000	0.96	4.52	0.009
4	1500	1.56	6.78	0.015
5	2000	1.74	9.04	0.017
6	2500	2.14	11.30	0.021
7	3000	2.34	13.56	0.023
8	3500	2.63	15.82	0.025
9	4000	2.92	18.07	0.028
10	4500	3.27	20.33	0.032
11	5000	3.82	22.59	0.037
12	5217	4.28	23.57	0.041

Gráfico 40. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 9% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M4

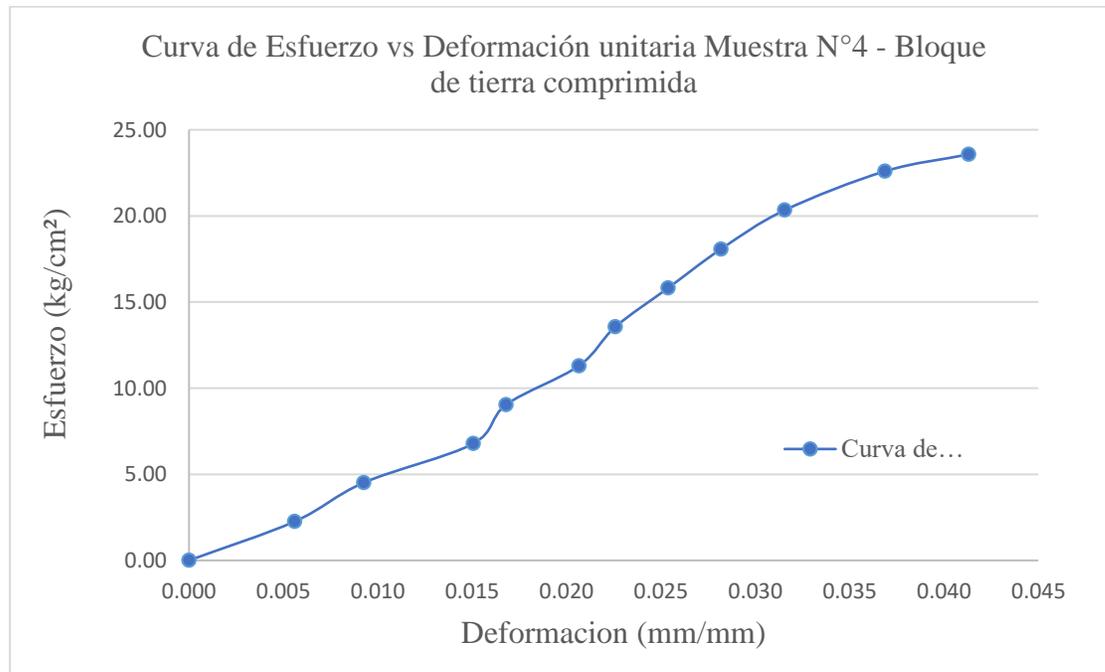


Tabla 58. Resultado del Ensayo a Compresión con 9% de Adición de goma aloe vera Muestra-M5

Nº	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0.00	0.00	0.000
2	500	0.24	2.12	0.002
3	1000	0.63	4.24	0.006
4	1500	0.88	6.35	0.009
5	2000	1.26	8.47	0.012
6	2500	1.63	10.59	0.016
7	3000	1.94	12.71	0.019
8	3500	2.36	14.83	0.023
9	4000	2.96	16.94	0.029
10	4500	3.31	19.06	0.032
11	5000	3.78	21.18	0.037
12	5500	4.04	23.30	0.039
13	5721	4.58	24.23	0.044

Gráfico 41. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 9% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M5

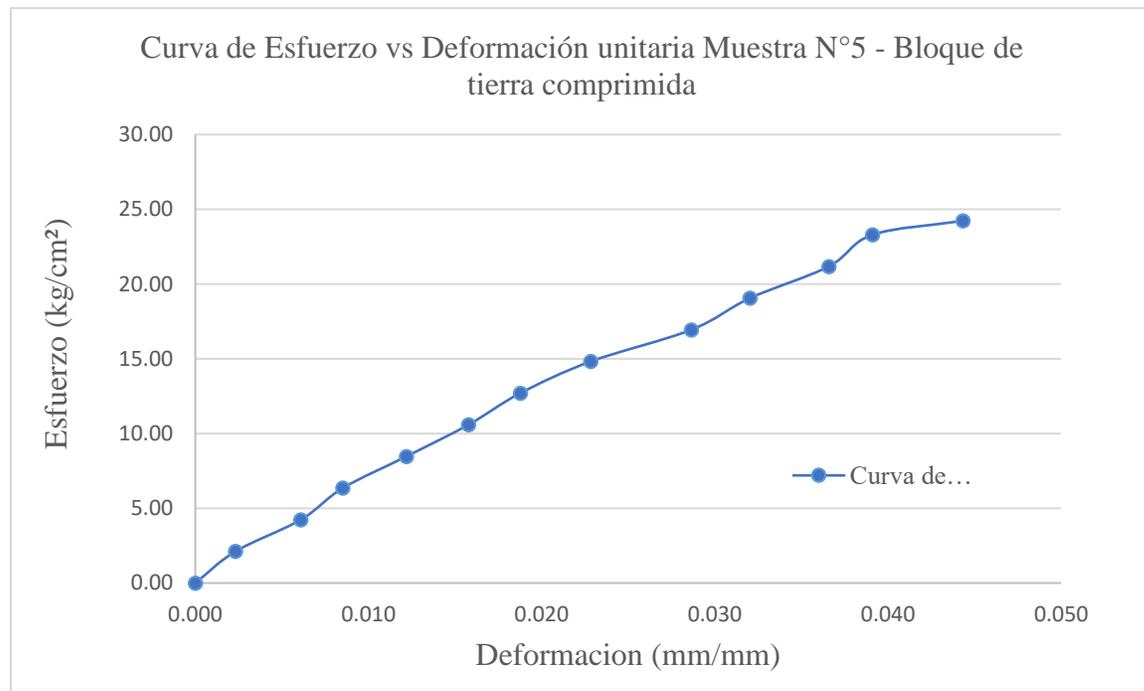


Tabla 59. Resultado del Ensayo a Compresión con 9% de Adición de goma aloe vera Muestra-M6

N°	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0.00	0.00	0.000
2	500	0.16	2.15	0.002
3	1000	0.66	4.30	0.006
4	1500	1.18	6.45	0.011
5	2000	1.46	8.59	0.014
6	2500	1.84	10.74	0.017
7	3000	2.35	12.89	0.022
8	3500	2.78	15.04	0.026
9	4000	3.33	17.19	0.032
10	4500	3.72	19.34	0.035
11	4812	4.14	20.68	0.039

Gráfico 42. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 9% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M6

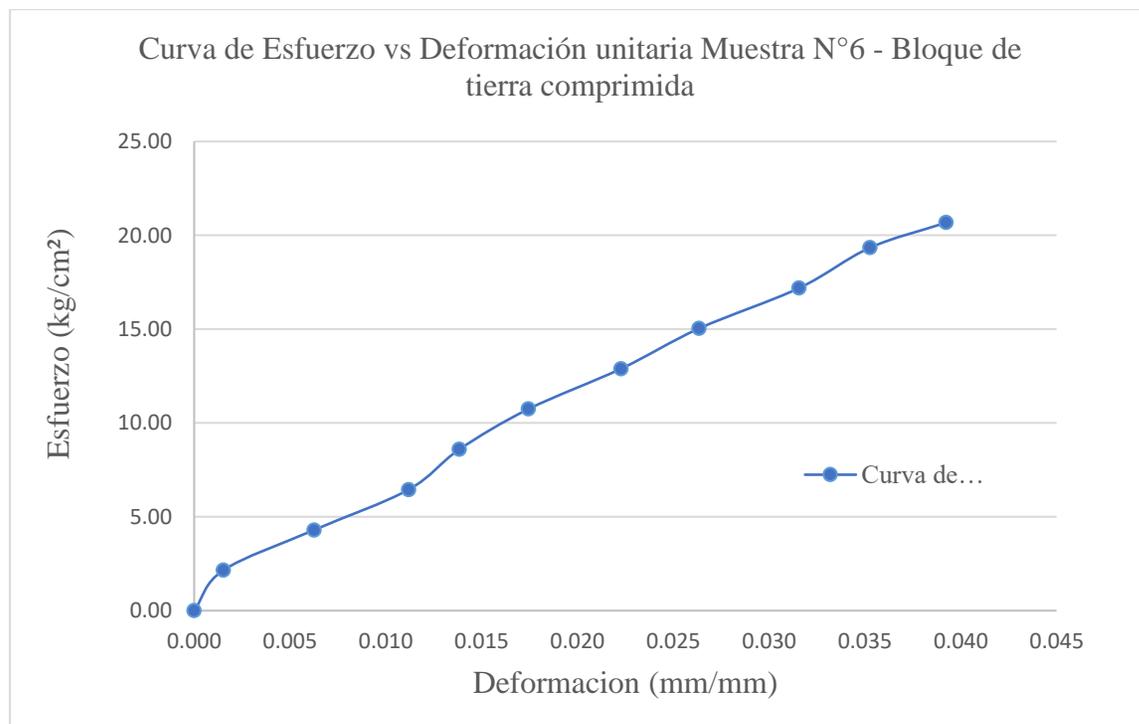


Tabla 60. Resultado del Ensayo a Compresión con 9% de Adición de goma aloe vera Muestra-M7

N°	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0.00	0.00	0.000
2	500	0.62	2.22	0.006
3	1000	0.96	4.43	0.009
4	1500	1.38	6.65	0.013
5	2000	1.64	8.86	0.016
6	2500	2.06	11.08	0.020
7	3000	2.34	13.29	0.023
8	3500	2.77	15.51	0.027
9	4000	3.25	17.73	0.032
10	4500	3.76	19.94	0.036
11	4713	4.26	20.88	0.041

Gráfico 43. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 9% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M7

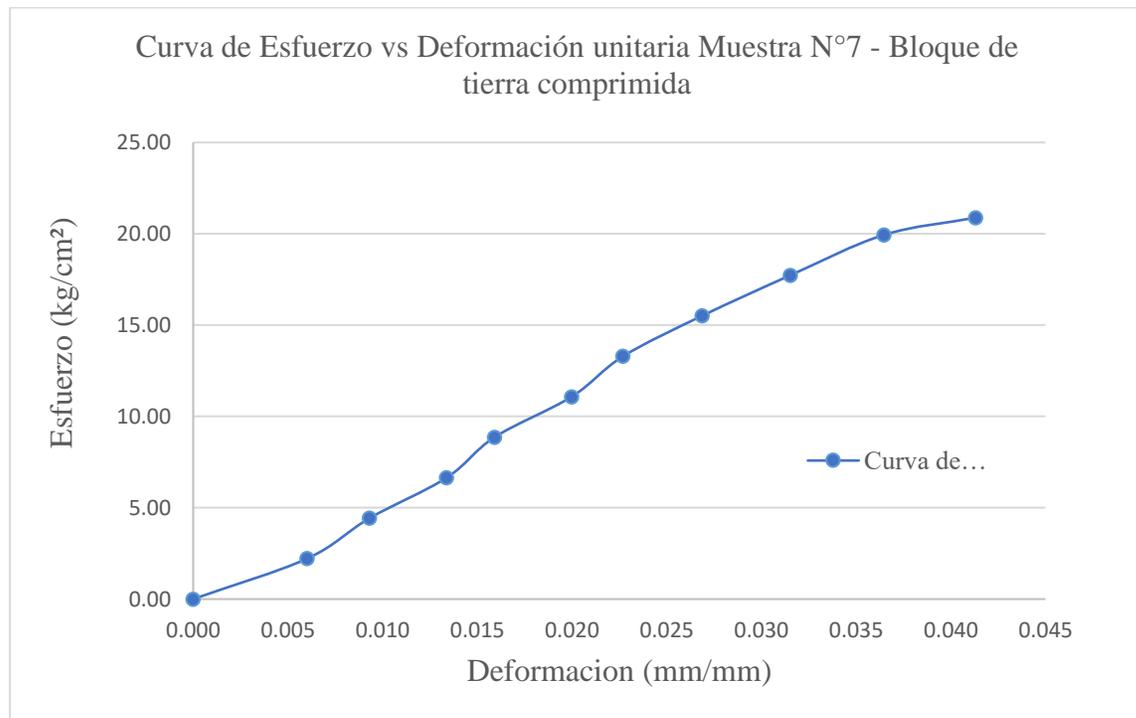
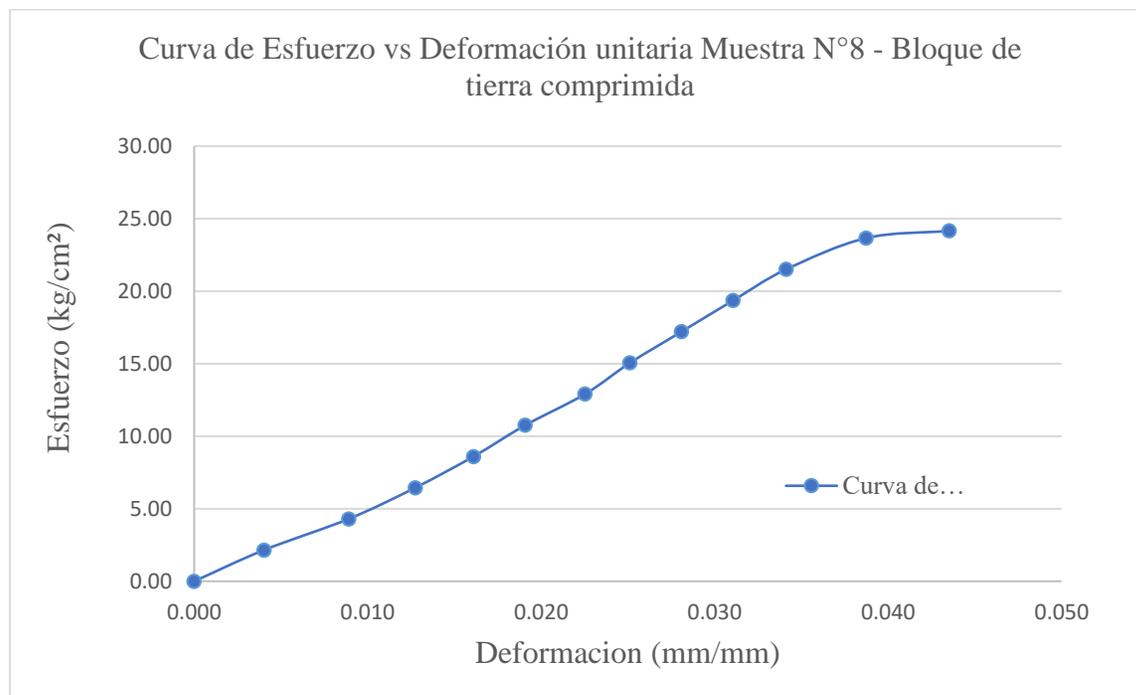


Tabla 61. Resultado del Ensayo a Compresión con 9% de Adición de goma aloe vera Muestra-M8

N°	Carga (Kg)	ΔL (mm)	σ (Kg/cm ²)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
1	0	0.00	0.00	0.000
2	500	0.42	2.15	0.004
3	1000	0.93	4.30	0.009
4	1500	1.33	6.45	0.013
5	2000	1.68	8.61	0.016
6	2500	1.99	10.76	0.019
7	3000	2.35	12.91	0.023
8	3500	2.62	15.06	0.025
9	4000	2.93	17.21	0.028
10	4500	3.24	19.36	0.031
11	5000	3.56	21.51	0.034
12	5500	4.04	23.67	0.039
13	5616	4.54	24.16	0.044

Gráfico 44. Curva de Esfuerzo vs Deformación de la Muestra con 9% de Adición de Goma de Aloe Vera muestra-M8



A.4 CALCULO DE LA ABSORCIÓN DE AGUA DE LOS BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA

a. Ensayo de absorción de agua en bloques de tierra comprimida

Tabla 62. Cálculo de la Absorción de Agua con 3% de Goma de Aloe Vera

Muestra	Peso seco (kg)	Peso saturado (kg)	Absorción (% ABS)
3%M1	9.360	10.492	12.09%
3%M2	9.425	10.422	10.58%
3%M3	9.095	10.294	13.18%
3%M4	9.360	10.492	12.09%
3%M5	9.210	10.394	12.86%
PROMEDIO			12.16%

Tabla 63. Cálculo de la Absorción de Agua con 6% de Goma de Aloe Vera

Muestra	Peso seco (kg)	Peso saturado (kg)	Absorción (% ABS)
6%M1	9.235	10.340	11.97%
6%M2	9.005	10.211	13.39%
6%M3	9.065	10.203	12.55%
6%M4	9.460	10.544	11.46%
6%M5	9.139	10.219	11.82%
PROMEDIO			12.24%

Tabla 64. Cálculo de la Absorción de Agua con 9% de Goma de Aloe Vera

Muestra	Peso seco (kg)	Peso saturado (kg)	Absorción (% ABS)
9%M2	8.933	10.014	12.10%
9%M3	9.026	10.156	12.52%
9%M4	8.683	9.935	14.42%
9%M5	9.002	10.096	12.15%
9%M6	9.248	10.263	10.98%
PROMEDIO			12.43%