



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON ADICIÓN DE PAJA TOQUILLA – CAJAMARCA 2017”

Tesis para optar el título profesional de:
INGENIERO CIVIL

Autor:

Neiser Manuel Lobato Chavez

Asesor:

Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento

Cajamarca - Perú

2018

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Anita Elizabet Alva Sarmiento, 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:

- Lobato Chavez Neiser Manuel

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: Resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con adición de paja toquilla – Cajamarca 2017 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.

Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis del estudiante: Lobato Chavez Neiser Manuel para aspirar al título profesional con la tesis denominada: Resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con adición de paja toquilla – Cajamarca 2017

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]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
Jurado
Presidente

Ing. Erlyn Giordany Salazar Huamán
Jurado
Secretario

Ing. Iván Hedilbrando Mejía Díaz
Jurado
Vocal

DEDICATORIA

A Dios por darme la salud y la sabiduría para cumplir esta meta tan anhelada. A mi madre que en todo momento estuvo para apoyarme. A mi padre por su apoyo constante.

Y a toda mi familia que de manera directa e indirectamente me apoyaron y fueron parte de este logro. Ya que sin ellos no hubiera sido posible lograrlo.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento muy especial a la Ing. Anita Alva Sarmiento quien me apoyo con sus conocimientos para la elaboración de este trabajo.

Al Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga, por su apoyo en la revisión de esta tesis.

A todos los docentes de la carrera de ingeniería civil de la Universidad Privada del Norte quienes día a día nos impartieron sus conocimientos, brindando herramientas necesarias para la vida profesional y así comprender que los grandes sacrificios tienen grandes recompensas.

Tabla de contenidos

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS	2
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	15
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	17
ÍNDICE DE FÓRMULAS	21
RESUMEN	22
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	23
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	42
2.2.1. <i>Unidad de estudio.....</i>	42
2.2.2. <i>población</i>	42
2.2.3. <i>Muestra</i>	42
2.3. Materiales, instrumentos y métodos	43
3.3.1. <i>Determinación de las propiedades físicas del suelo</i>	43
2.4. Procedimiento	57
3.5.1. <i>Obtención del material.....</i>	57
3.5.2. <i>Propiedades físicas y mecánicas del suelo.....</i>	62
3.5.3. <i>Elaboración de adobes</i>	71
Propiedades mecánicas de adobes	76
CAPÍTULO III. RESULTADOS	79
Ensayo de suelos en laboratorio	79
4.1.1. <i>Contenido de humedad.</i>	79
4.1.2. <i>Límites de Consistencia o de Atterberg.....</i>	79
4.1.3. <i>Análisis granulométrico por lavado.....</i>	81
4.1.4. <i>Proctor modificado (método “A”).</i>	82
Evaluación de propiedades mecánicas de las unidades de adobe compactado.	86
4.1.5. <i>Resistencia a compresión axial.</i>	86

4.1.6. Resistencia a flexión.....	90
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	93
4.1. Discusión.....	93
5.1.1. Resistencia a la Compresión axial.	93
5.1.2. Resistencia a la Flexión.....	94
REFERENCIAS.....	96
ANEXOS.....	100
5.2. Contenido de humedad.....	106
5.3. Límites de Consistencia o de Atterberg.	106
5.4. Análisis granulométrico.....	107
5.5. Clasificación de suelos.....	108
5.6. Proctor modificado (método “A”).....	109
5.7. Elaboración de adobes	113
5.8. Ensayo de resistencia compresión axial.....	113
5.9. Ensayo de resistencia flexión.	154

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de material predominante en paredes de viviendas a nivel nacional.....	25
Tabla N° 2. Dimensiones del adobe según diferentes fuentes de información.	32
Tabla 3. Zonas límites y preferenciales dentro de las cuales se debe ubicar el valor de los límites de Atterberg de un suelo a utilizar en la construcción con tierra.	32
Tabla 4. Muestra para ensayo a compresión.	42
Tabla 5. Muestra para ensayo a flexión.....	43
Tabla 6. Juego de tamices completos.	49
Tabla 7. Sistema de clasificación de suelos unificado "SUCS."	54
Tabla N° 8. Contenido de humedad.	79
Tabla 9. Límite líquido.....	79
Tabla N° 10. Límite plástico.	80
Tabla N° 11. Análisis granulométrico.....	81
Tabla N° 12. Proctor modificado de adobe patrón.....	82
Tabla 13. Proctor modificado para adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.	83
Tabla 14. Proctor modificado para adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.	84
Tabla 15. Proctor modificado para adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.	85
Tabla N° 16. Resumen de contenido óptimo de humedad.	86
Tabla N° 17. Resistencia a compresión axial de adobe patrón.	86
Tabla N° 18. Resistencia a compresión axial de adobes compactados con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	87
Tabla N° 19. Resistencia a compresión axial de adobes compactados con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.....	87
Tabla N° 20. Resistencia a compresión axial de adobes compactados con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.....	88

Tabla 21. Resumen de resistencia a la compresión axial adobes compactados.	88
Tabla N° 22. Resistencia a flexión de adobe patrón.....	90
Tabla 23. Resistencia a flexión de adobes compactados con adición de 1 pulgada de paja toquilla.	90
Tabla 24. Resistencia a flexión de adobes compactados con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.	91
Tabla N° 25. Resistencia a flexión de adobes compactados con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.	91
Tabla N° 26. Resumen de resistencia a flexión de adobes compactados.	92
Tabla N° 27. Contenido de humedad.	106
Tabla N° 28. Límite líquido.	106
Tabla N° 29. Límite plástico.	106
Tabla N° 30. Análisis granulométrico.....	107
Tabla N° 31. Proctor modificado de adobe patrón.....	109
Tabla N° 32. Proctor modificado para adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	110
Tabla N° 33. Proctor modificado para adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.	111
Tabla N° 34. Proctor modificado para adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.	112
Tabla N° 35. cantidad de agua para elaboración de cada bloque de tierra compactado.....	113
Tabla N° 36. Dimensiones de muestra 1C - Adobe patrón.	113
Tabla N° 37. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 1C - Adobe patrón.....	113
Tabla N° 38. Dimensiones de muestra 2C - Adobe patrón.	114
Tabla N° 39. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 2C - Adobe patrón.....	114
Tabla N° 40. Dimensiones de muestra 3C - Adobe patrón.	115
Tabla N° 41. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 3C - Adobe patrón.....	116
Tabla N° 42. Dimensiones de muestra 4C - Adobe patrón.	116
Tabla N° 43. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 4C - Adobe patrón.....	117
Tabla N° 44. Dimensiones de muestra 5C - Adobe patrón.	117
Tabla N° 45. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 5C - Adobe patrón.....	118
Tabla N° 46. Dimensiones de muestra 6C - Adobe patrón.	118
Tabla N° 47. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 6C - Adobe patrón.....	119

Tabla N° 48. Dimensiones de muestra 7C - Adobe patrón.	120
Tabla N° 49. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 7C - Adobe patrón.....	120
Tabla N° 50. Dimensiones de muestra 8C - Adobe patrón.	121
Tabla N° 51. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 8C - Adobe patrón.....	121
Tabla N° 52. Dimensiones de muestra 1C - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.	122
Tabla N° 53. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 1C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	122
Tabla N° 54. Dimensiones de muestra 2C - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.	123
Tabla N° 55. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 2C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	123
Tabla N° 56. Dimensiones de muestra 3C - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.	125
Tabla N° 57. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 3C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	125
Tabla N° 58. Dimensiones de muestra 4C - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.	126
Tabla N° 59. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 4C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	126
Tabla N° 60. Dimensiones de muestra 5C - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.	127
Tabla N° 61. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 5C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	128
Tabla N° 62. Dimensiones de muestra 6C - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.	129
Tabla N° 63. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 6C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	129
Tabla N° 64. Dimensiones de muestra 7C - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.	130
Tabla N° 65. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 7C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	130
Tabla N° 66. Dimensiones de muestra 8C - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.	131
Tabla N° 67. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 8C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	132
Tabla N° 68. Dimensiones de muestra 1C - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla. ..	133
Tabla N° 69. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 1C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.	133
Tabla N° 70. Dimensiones de muestra 2C - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla. ..	134

Tabla N° 71. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 2C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.	134
Tabla N° 72. Dimensiones de muestra 3C - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla. ..	135
Tabla N° 73. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 3C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.	136
Tabla N° 74. Dimensiones de muestra 4C - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla. ..	136
Tabla N° 75. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 4C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.	137
Tabla N° 76. Dimensiones de muestra 5C - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla. ..	138
Tabla N° 77. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 5C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.	138
Tabla N° 78. Dimensiones de muestra 6C - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla. ..	139
Tabla N° 79. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 6C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.	139
Tabla N° 80. Dimensiones de muestra 7C - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla. ..	140
Tabla N° 81. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 7C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.	141
Tabla N° 82. Dimensiones de muestra 8C - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla. ..	142
Tabla N° 83. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 8C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.	142
Tabla N° 84. Dimensiones de muestra 1C - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla. ..	143
Tabla N° 85. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 1C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.	143
Tabla N° 86. Dimensiones de muestra 2C - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla. ..	144
Tabla N° 87. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 2C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.	145
Tabla N° 88. Dimensiones de muestra 3C - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla. ..	146
Tabla N° 89. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 3C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.	146
Tabla N° 90. Dimensiones de muestra 4C - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla. ..	147
Tabla N° 91. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 4C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.	147
Tabla N° 92. Dimensiones de muestra 5C - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla. ..	148

Tabla N° 93. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 5C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.	149
Tabla N° 94. Dimensiones de muestra 6C - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla. ..	150
Tabla N° 95. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 6C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.	150
Tabla N° 96. Dimensiones de muestra 7C - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla. ..	151
Tabla N° 97. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 7C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.	151
Tabla N° 98. Dimensiones de muestra 8C - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla. ..	152
Tabla N° 99. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 8C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.	153
Tabla N° 100. Dimensiones muestra 1F - Adobe patrón.	154
Tabla N° 101. Resultados de ensayo a flexión de muestra 1F - Adobe patrón.	154
Tabla N° 102. Dimensiones muestra 1F - Adobe patrón.	155
Tabla N° 103. Resultados de ensayo a flexión de muestra 1F - Adobe patrón.	155
Tabla N° 104. Dimensiones muestra 1F - Adobe patrón.	156
Tabla N° 105. Resultados de ensayo a flexión de muestra 1F - Adobe patrón.	156
Tabla N° 106. Dimensiones muestra 1F - Adobe patrón.	157
Tabla N° 107. Resultados de ensayo a flexión de muestra 1F - Adobe patrón.	157
Tabla N° 108. Dimensiones muestra 1F - Adobe patrón.	158
Tabla N° 109. Resultados de ensayo a flexión de muestra 1F - Adobe patrón.	158
Tabla N° 110. Dimensiones muestra 1F - Adobe patrón.	159
Tabla N° 111. Resultados de ensayo a flexión de muestra 1F - Adobe patrón.	159
Tabla N° 112. Dimensiones de muestra 1F - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla. ..	160
Tabla N° 113. Resultados de ensayo a flexión de muestra 1F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.	160
Tabla N° 114. Dimensiones de muestra 2F - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla. ..	161
Tabla N° 115. Resultados de ensayo a flexión de muestra 2F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.	161
Tabla N° 116. Dimensiones de muestra 3F - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla. ...	162

Tabla N° 117. Resultados de ensayo a flexión de muestra 3F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	162
Tabla N° 118. Dimensiones de muestra 4F - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla. ..	163
Tabla N° 119. Resultados de ensayo a flexión de muestra 4F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	163
Tabla N° 120. Dimensiones de muestra 5F - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla. ..	164
Tabla N° 121. Resultados de ensayo a flexión de muestra 5F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	164
Tabla N° 122. Dimensiones de muestra 6F - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla. ..	165
Tabla N° 123. Resultados de ensayo a flexión de muestra 6F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	165
Tabla N° 124. Dimensiones de muestra 1F - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla. .	166
Tabla N° 125. Resultados de ensayo a flexión de muestra 1F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.....	166
Tabla N° 126. Dimensiones de muestra 2F - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla. .	167
Tabla N° 127. Resultados de ensayo a flexión de muestra 2F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.....	167
Tabla N° 128. Dimensiones de muestra 3F - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla. .	168
Tabla N° 129. Resultados de ensayo a flexión de muestra 3F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.....	168
Tabla N° 130. Dimensiones de muestra 4F - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla. .	169
Tabla N° 131. Resultados de ensayo a flexión de muestra 4F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.....	169
Tabla N° 132. Dimensiones de muestra 5F - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla. .	170
Tabla N° 133. Resultados de ensayo a flexión de muestra 5F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.....	170
Tabla N° 134. Dimensiones de muestra 6F - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla. .	171
Tabla N° 135. Resultados de ensayo a flexión de muestra 6F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.....	171
Tabla N° 136. Dimensiones de muestra 1F - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla. .	172
Tabla N° 137. Resultados de ensayo a flexión de muestra 1F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.....	172
Tabla N° 138. Dimensiones de muestra 2F - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla. .	173

Tabla N° 139. Resultados de ensayo a flexión de muestra 2F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.....	173
Tabla N° 140. Dimensiones de muestra 3F - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla..	174
Tabla N° 141. Resultados de ensayo a flexión de muestra 3F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.....	174
Tabla N° 142. Dimensiones de muestra 4F - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla..	175
Tabla N° 143. Resultados de ensayo a flexión de muestra 4F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.....	175
Tabla N° 144. Dimensiones de muestra 5F - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla..	176
Tabla N° 145. Resultados de ensayo a flexión de muestra 5F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.....	176
Tabla N° 146. Dimensiones de muestra 6F - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla..	177
Tabla N° 147. Resultados de ensayo a flexión de muestra 6F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.....	177

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Hallazgos de Construcción en tierra de mayor antigüedad.	24
Figura N° 2. Planta de paja toquilla.....	35
Figura N° 3. Manojos de paja toquilla procesados.....	36
Figura N° 4. Prensa CINVA-Ram.	38
Figura N° 5. Deformación por flexión sobre un elemento.	40
Figura N° 6. Carta de Plasticidad de Casagrande.....	53
Figura N° 7. Prueba de campo para ver presencia de arcilla o resistencia seca.	58
Figura N° 8. Ubicación de la cantera en estudio.	59
Figura N° 9. Ubicación de extracción de paja toquilla.....	60
Figura N° 10. local donde se comercia paja toquilla o enfrenan sombreros.	61
Figura N° 11. Desperdicio de paja toquilla.	61
Figura N° 12. . Izquierda, corte con tijera; Derecha corte con machete la paja toquilla.	62
Figura N° 13. Cuarteo del material en estudio.	63
Figura N° 14. Peso suelo húmedo.	63
Figura N° 15. Secado al horno del suelo húmedo por 24 horas.	64
Figura N° 16. Sumergir el suelo durante cuatro horas en agua.	65
Figura N° 17. Realización del lavado por el tamiz N° 200 del suelo.....	65
Figura N° 18. Tamizado del suelo en estudio.....	66
Figura N° 19. Mezclado uniforme del suelo en la cápsula de porcelana	67
Figura N° 20. Porción de pasta nivelada y ranurada en la copa de casa grande.	67
Figura N° 21. Pesado de muestras para secar al horno por 24 horas a aproximadamente 110 C°.....	68
Figura N° 22. Peso y medidas del molde de 101.6 mm de diámetro.	69
Figura N° 23. Mezclado de 3 kilogramos de suelo con una determinada cantidad de agua.	70
Figura N° 24. Determinación del peso del molde enrasado.	70
Figura N° 25. Ubicación del lugar donde se elaboró los adobes.	71
Figura N° 26. Mezclado de todo el material extraído de la cantera.	72
Figura N° 27, Pesando 9 kilogramos de material para cada adobe.	72
Figura N° 28. Mezclado del suelo con el óptimo contenido de humedad.	73
Figura N° 29. Determinación del peso la paja toquilla para cada adobe.....	73

Figura N° 30. Compactación de adobes para someter a flexión.....	74
Figura N° 31. Secado de los adobes convencionales y con adición de paja toquilla.	75
Figura N° 32. Peso de adobes.....	76
Figura N° 33. Secado al horno de adobes.....	76
Figura N° 34. Ensayo de resistencia al a compresión axial.....	77
Figura N° 35. Ensayo de resistencia a flexión.....	78
Figura N° 36. local donde se obtuvo el desperdicio de paja toquilla.	101
Figura N° 37. peso de muestras para determinar contenido de humedad.	101
Figura N° 38. ensayo de límites de consistencia.	102
Figura N° 39. adición de agua para realizar el ensayo de proctor modificado.....	102
Figura N° 40. compactación de proctor modificado con 25 golpes y 5 capas.	103
Figura N° 41. enrasado de la muestra en el molde cilíndrico.....	103
Figura N° 42. elaboración de adobes compactados con la maquina CINVA RAM.....	104
Figura N° 43. medición de las aristas de adobes.	104
Figura N° 44. Falla del adobe sometido a compresión axial.	105
Figura N° 45. realización de ensayo de resistencia a flexión con coordinador de laboratorio.	105

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1. Material de construcción predominante en las viviendas de la zona rural y urbana en el departamento de Cajamarca - 2015.	26
Gráfico N° 2, Límite líquido.	80
Gráfico N° 3. Curva granulométrica.	81
Gráfico N° 4. Contenido óptimo de humedad para adobe patrón.	82
Gráfico N° 5. Contenido óptimo de humedad para adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.	83
Gráfico N° 6. Contenido óptimo de humedad para adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.	84
Gráfico N° 7. Contenido óptimo de humedad para adobe comprimida con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.	85
Gráfico N° 8. Resumen de resistencia a la compresión axial de adobes compactados.	89
Gráfico N° 9. Resumen de resistencia a flexión de adobes compactados.	92
Gráfico N° 10, Límite líquido.	107
Gráfico N° 11. Curva granulométrica.	108
Gráfico N° 12. Contenido óptimo de humedad para adobe patrón.	109
Gráfico N° 13. Contenido óptimo de humedad para adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.	110
Gráfico N° 14. Contenido óptimo de humedad para adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.	111
Gráfico N° 15. Contenido óptimo de humedad para adobe comprimida con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.	112
Gráfico N° 16. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 1C - Adobe patrón.	114
Gráfico N° 17. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 2C - Adobe patrón.	115
Gráfico N° 18. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 3C - Adobe patrón.	116
Gráfico N° 19. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 4C - Adobe patrón.	117
Gráfico N° 20. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 5C - Adobe patrón.	118
Gráfico N° 21. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 6C - Adobe patrón.	119

Gráfico N° 22. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 7C - Adobe patrón.	120
Gráfico N° 23. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 8C - Adobe patrón	121
Gráfico N° 24. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 1C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	123
Gráfico N° 25. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 2C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	124
Gráfico N° 26. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 3C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	126
Gráfico N° 27. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 4C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	127
Gráfico N° 28. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 5C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	128
Gráfico N° 29. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 6C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	130
Gráfico N° 30. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 7C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	131
Gráfico N° 31. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 8C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	132
Gráfico N° 32. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 1C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.....	134
Gráfico N° 33. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 2C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.....	135
Gráfico N° 34. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 3C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.....	136
Gráfico N° 35. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 4C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.....	137
Gráfico N° 36. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 5C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.....	139
Gráfico N° 37. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 6C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.....	140
Gráfico N° 38. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 7C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.....	141

Gráfico N° 39. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 8C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.....	143
Gráfico N° 40. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 1C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.....	144
Gráfico N° 41. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 2C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.....	145
Gráfico N° 42. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 3C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.....	147
Gráfico N° 43. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 4C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.....	148
Gráfico N° 44. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 5C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.....	149
Gráfico N° 45. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 6C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.....	151
Gráfico N° 46. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 7C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.....	152
Gráfico N° 47. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 8C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.....	153
Gráfico N° 48. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 1F - Adobe patrón.	154
Gráfico N° 49. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 2F - Adobe patrón.	155
Gráfico N° 50. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 3F - Adobe patrón.	156
Gráfico N° 51. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 4F - Adobe patrón.	157
Gráfico N° 52. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 5F - Adobe patrón.	158
Gráfico N° 53. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 6F - Adobe patrón.	159
Gráfico N° 54. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 1F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	160
Gráfico N° 55. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 2F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	161
Gráfico N° 56. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 3F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	162
Gráfico N° 57. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 4F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	163

Gráfico N° 58. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 5F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	164
Gráfico N° 59. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 6F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.....	165
Gráfico N° 60. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 1F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.....	166
Gráfico N° 61. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 2F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.....	167
Gráfico N° 62. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 3F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.....	168
Gráfico N° 63. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 4F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.....	169
Gráfico N° 64. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 5F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.....	170
Gráfico N° 65. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 6F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.....	171
Gráfico N° 66. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 1F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.....	172
Gráfico N° 67. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 2F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.....	173
Gráfico N° 68. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 3F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.....	174
Gráfico N° 69. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 4F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.....	175
Gráfico N° 70. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 5F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.....	176
Gráfico N° 71. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 6F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.....	177

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula N° 1.. Compresión axial simple.	39
Fórmula N° 2. Resistencia a la Compresión característica (f^b).	39
Fórmula N° 3. Módulo de Rotura.	40
Fórmula N° 4. Contenido de humedad.	43
Fórmula N° 5. Índice de Plasticidad.	48
Fórmula N° 6. Porcentajes de los pesos retenidos.	50
Fórmula N° 7. Porcentajes que pasa en cada tamiz.	51

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo principal evaluar la resistencia a compresión axial y flexión de adobes compactados con adición del 0.5% en peso de paja toquilla, en longitudes de 1, 2 y 3 pulgadas. El suelo utilizado para este estudio fue extraído de la cantera de la Cruz blanca – Aylambo, para lo cual, se realizó estudio de suelos, tales como; contenido de humedad, análisis granulométrico y límites de consistencia, para clasificar el suelo, luego se realizó ensayos de proctor modificado para determinar el contenido óptimo de humedad a utilizar para la elaboración de adobe convencional o patrón y con adición de paja toquilla. Se elaboraron un total de 56 adobes con la máquina compactadora de adobe CINVA RAM, de los cuales se ensayaron 32 adobes a compresión axial y 24 adobes a flexión. La hipótesis plantea que la adición de paja toquilla incrementa la resistencia a compresión y flexión del adobe compactado hasta 25%. Los resultados demostraron que la adición de paja toquilla de 1, 2 y 3 pulgadas alcanza una resistencia de 32.64 kg/cm², 29.00 kg/cm² y 30.68 kg/cm² respectivamente con un incremento de 38.5% con respecto a la muestra patrón que se obtuvo una resistencia de 22.22 kg/cm². Con respecto a resistencia a la flexión los resultados fueron de 22.89 kg/cm² para la adición de 1 pulgada, 23.34 kg/cm² para la adición de 2 pulgadas y 24.45 kg/cm² para la adición de 3 pulgadas de paja toquilla con un incremento de 20.8% con respecto a la muestra patrón que se obtuvo una resistencia de 19.51 kg/cm² por lo tanto decimos que la hipótesis se cumple parcialmente.

Palabras clave: Adobe compactado, compresión, flexión, paja toquilla, suelo.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Si miramos la existencia de la humanidad, el ser humano ha tenido la necesidad de tener un lugar donde vivir, desde entonces la vivienda ha variado drásticamente a lo largo del tiempo y los siglos; tamaño, materiales, altura, diseño, tipos...etc. Desde las cuevas de nuestros ancestros cavernícolas y las construcciones hechas de tierra y paja hasta la primera casa impresa en 3D en su totalidad.

Se ha demostrado en diversos descubrimientos arqueológicos que las primeras civilizaciones aparecieron en distintas regiones del mundo y en los vestigios que de estas civilizaciones se han podido conservar, la tierra fue el material principal con el que construyeron sus ciudades (Sanchis, 2011).

Según Sanchis, 2011 los hallazgos de Construcción en tierra de mayor antigüedad (Datos en el período Neolítico aproximadamente entre los años 6000 y 10,000 a.C.) como se muestra en la Figura N° 1. Los encontramos en la región de Mesopotamia, en 1908 en el Turquestán, más concretamente en la ciudad de Pumpelly fueron descubiertas viviendas de tierra del periodo 8000 – 6000 a.C. En Asiria fueron encontrados cimientos de tierra apisonada que datan del 5000 a.C. En las ruinas del Templo mortuorio de Ramsés II encontramos espacios abovedados destinados a almacenaje, que fueron construidos mediante adobes, a los cuales se les atribuye una antigüedad superior a 3000 años los cuales fueron construidos con tierra apisonada y tapia.

Las construcciones de tierra con paja son económicas, fácil de trabajar, considerándose también como material aislante. Se sabe que en Alemania hay muchas casas de tierra con paja de más de 500 años de antigüedad que aún se están utilizando, en Inglaterra

hay más que 100000 casas de este tipo de aproximadamente 200 - 220 años que se siguen usando como viviendas. Las casas de Fardos de paja también es una opción muy innovadora. Entre 1915-1940 fueron construidas muchas casas (hay unos 70 casos documentados). En Europa, la casa de Fardos de paja más antigua conocida fue construida en Montargis, Francia en 1921, Actualmente existen casas de paja en México, EE.UU., la mayoría de países de Europa Occidental, Central, y Oriental, en África, India e incluso en China (Nitzkin, 2016).



Figura N° 1. Hallazgos de Construcción en tierra de mayor antigüedad.

Fuente: Sanchis, 2011.

Según Carcedo, 2012, los bloques de tierra comprimida (BTC) actualmente están siendo estudiados en gran parte del mundo con diferentes estabilizantes para mejorar diversas de sus características. Esto gracias a que la materia prima del adobe (tierra) sea un material de fácil disponibilidad, bajo coste y proporciona inercia térmica en las viviendas.

En el ítem de población y vivienda el Instituto Nacional de Estadística e Informática informa que en el Perú el año 2005 el 37,4% el material predominante de las paredes

exteriores de las viviendas, fueron de adobe y tapia y para el año 2015 fueron 33,5, sin embargo, en las zonas rurales se incrementa notablemente las construcciones de Adobe o tapia, ya que para el año 2015 existirán aproximadamente 72,5% de viviendas de este tipo (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2015).

Según el INEI las paredes exteriores de vivienda a nivel nacional son de los siguientes materiales:

Tabla 1. Tipos de material predominante en paredes de viviendas a nivel nacional.

Material predominante en las paredes exteriores / Área de residencia	2012	2013	2014	2015
Total de la población Peruana				
Ladrillo o bloque de cemento	51.5	52.2	51.7	51.7
Piedra o sillar con cal o cemento	0.8	0.7	0.6	0.6
Adobe o tapia	34.1	33.6	34.3	33.5
Quincha (caña con barro)	1.8	1.8	1.6	1.7
Zona Urbana				
Ladrillo o bloque de cemento	67	67.2	66.4	66
Piedra o sillar con cal o cemento	1	0.8	0.7	0.7
Adobe o tapia	20.8	20.8	21.7	21
Quincha (caña con barro)	1.8	1.8	1.6	1.7
Zona Rural				
Ladrillo o bloque de cemento	6.2	6.9	7.3	7.3
Piedra o sillar con cal o cemento	0.2	0.4	0.3	0.4
Adobe o tapia	72.9	72.3	72.1	72.5
Quincha (caña con barro)	1.7	1.8	1.6	1.5

Fuente: INEI, 2015.

En zonas rurales el material predominante de paredes de las viviendas es adobe o tapia y quincha, tal es el caso de los departamentos de Cajamarca y La libertad. Del total de viviendas que tienen como material predominante en sus paredes el adobe, tapia o

quincha (2 millones 774 mil 5), los departamentos de Cajamarca y La Libertad albergan al 10,9% (303 mil 183) de estas viviendas (INEI, 2015).

En base a lo mencionado anteriormente se entiende que en la zona rural de Cajamarca en su mayoría el material de construcción predominante en las paredes de las viviendas es adobe o tapia y quincha como se observa en el gráfico N° 1. Se propone e incentiva a la construcción de viviendas con adobe de tierra comprimida o también llamados bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizada con cualquier tipo de fibras, que tiene como materia prima, la tierra, siendo esta muy económica y de fácil obtención, ya que, en nuestra ciudad atraviesa una gran crisis económica.

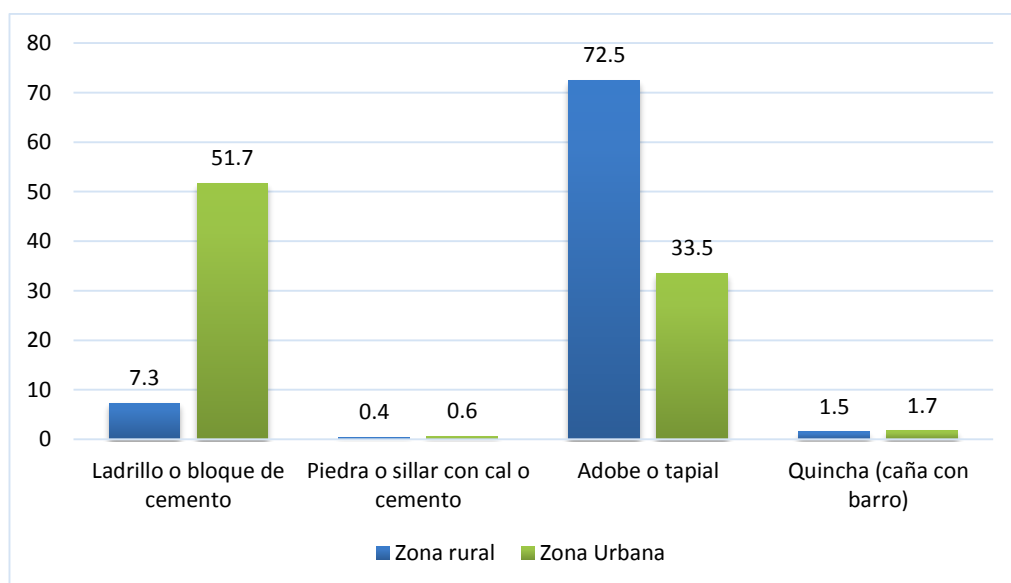


Gráfico N° 1. *Material de construcción predominante en las viviendas de la zona rural y urbana en el departamento de Cajamarca - 2015.*

Fuente: INEI, 2015.

Algara, Cárdenas, Arista & Rodríguez, 2012, en México realizaron la tesis titulada “Diseño de bloques de suelo estabilizado para uso urbano en San Luis Potosí”. En 6 bloques de adobe para la muestra A, 8 para la muestra B y 6 para la muestra C; con el objetivo de lograr una capacidad de carga que cumpla con las normas técnicas para

uso estructural. Se encontró que los adobes tradicionales arrojaron resultados con capacidad de 20 Kg/cm², muy por debajo de la norma para tabique recocido. Sin embargo, los adobes estabilizados con cal o cemento cayeron por debajo de esa capacidad. Por otro lado, la compactación del suelo aumenta considerablemente la capacidad de carga de cada una de las muestras: hasta 3,5 veces en el caso del adobe con abono y para el que incluye cal como estabilizante y hasta 5,2 veces más capacidad en el caso del cemento. Este es un resultado esperado por las características físicas del cemento.

Carcedo, 2012, en Madrid – España realizó la tesis de “Resistencia a compresión de bloques de tierra comprimida estabilizada con materiales de sílice de diferente tamaño de partícula” Los objetivos de su investigación, estuvieron orientados a evaluar la resistencia a compresión de los bloques de tierra comprimida con el fin de mejorar esta capacidad desde los siguientes puntos de vista: Influencia del tamaño de partícula de sílice, Influencia de la compactación de los bloques de tierra, Valoración de los estabilizantes usados. Para ello se han fabricado probetas con tierra arcillosa rica en cuarzo, cuatro series de cuatro probetas cada una, en total 16 probetas con las características que se detallan a continuación:

- ✓ Serie I: bloque estabilizado con cal y arcilla y comprimido manualmente sobre el molde.
- ✓ Serie II: bloque estabilizado con cal y arcilla y comprimido con prensa neumática sobre el molde.
- ✓ Serie III a: bloque estabilizado con cal, arcilla y nanosílice con la misma humedad que las anteriores probetas y comprimido con prensa neumática sobre el molde.

- ✓ Serie III b: bloque estabilizado con cal, arcilla y nanosílice con mayor humedad que las anteriores probetas y comprimido con prensa neumática sobre el molde.

Llegando a la conclusión que la adición de una pequeña proporción de nanosílice en los BTC otorga un gran aumento en un 37% la resistencia a compresión, de hecho, es mayor que la serie confeccionada sin nanosílice (45,54 kg/cm²). Sin embargo, el exceso de agua perjudica las características mecánicas del bloque. Además, que con casi la mitad más de agua, la serie ofrece unas resistencias menores del 50%, (22,31 Kg/cm²).

Montes, 2009, en Oaxaca - México realizó la tesis titulada “Efecto de la fibra de bagazo de agave angustifolia haw en la resistencia a flexión y compresión del adobe compactado”, con el objeto de incrementar su resistencia y cumplir con los requerimientos de la norma N-CMT-2-01-001/02, Encontró que el adobe compactado sin refuerzo tiene baja resistencia a la flexión (0,56 MPa) y a la compresión (6,85 MPa). Para determinar en el adobe el incremento de la resistencia, se realizaron pruebas con adobes compactados hechos con suelo previamente seleccionado y caracterizado; posteriormente a ese mismo suelo se incorporó la fibra con longitudes de 10, 15, 20 y 25 mm, en una proporción de 0,25, 0,50, 0,75 y 1% del peso del adobe, manteniendo constante el porcentaje de humedad. Los valores muestran que con la incorporación de fibra al adobe compactado en una concentración de 1% y con longitud de 25 mm, se incrementó la resistencia a la compresión en 24,12% con un valor de 8,51 MPa. En la resistencia a la flexión hubo un incremento de 7,86% con respecto al adobe compactado sin fibra con un valor de 0,60 MPa al incorporarle fibra con una concentración de 0,75% y longitud de 25 mm.

Morales, Ortiz & Alavéz, 2007, en México se realizó la tesis titulada “Mejoramiento de las propiedades mecánicas del adobe compactado”. Para ello se elaboraron series de cinco adobes compactados, sin cementante y estabilizados con ocho porcentajes de

cemento que variaron entre el 2% y el 16% en peso. Los resultados revelaron una mejoría en la resistencia del adobe para porcentajes de cemento del 2% al 8% con 28 días de curado, y buena adherencia cuando se emplearon morteros 1:2 y 1:3.

Benites, 2017, en Piura realizó la tesis “Adobe estabilizado con extracto de cabuya” con el objetivo de evaluar la factibilidad de un polímero natural local (Cabuya o *Furcraea andina*) como estabilizador del adobe tradicional y las condiciones necesarias para garantizar su acción estabilizante. Los resultados demuestran que el extracto de Cabuya necesita un tiempo mínimo de maceración de 5 días y un óptimo de 10 para activar sus propiedades estabilizantes y lograr mejorar significativamente la resistencia al agua del adobe. La resistencia a la compresión y a la flexión mejoran en un 9,6% y 133,7% respectivamente, mientras que la resistencia a la acción del agua mejora notablemente, haciéndolo competitivo con otros materiales estabilizantes como la cal o el cemento.

Carhuanambo, 2016, en Cajamarca realizó la tesis titulada “Propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado con adición de viruta y aserrín, Cajamarca”, con el objetivo de evaluar la adición de la viruta y aserrín de Eucalipto en porcentajes de 1,5%, 3,0% y 4,5% en las propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado. Para ello se elaboraron un total de 140 adobes compactados con los diversos porcentajes de adición de fibra vegetal: viruta y aserrín. De los cuales se ensayaron 56 unidades a compresión (en mitades), 42 unidades a flexión y 42 por absorción de agua. Los resultados mostraron que las unidades de adobe compactado con adición de viruta en sus diversos porcentajes obtuvieron una resistencia mínima de 28,04 Kg/cm² cumpliendo la hipótesis; por otro lado las unidades de adobe compactado con adición de aserrín obtuvieron una resistencia mínima de 13,64 Kg/cm² demostrando lo

contrario, ambas en compresión; mientras que en flexión las unidades de adobe compactado con adición de viruta tuvieron una resistencia mínima de 19,38 Kg/cm² cumpliendo también la hipótesis y las unidades de adobe compactado con adición de aserrín tuvieron una resistencia mínima 9,81 Kg/cm² demostrando lo contrario. Además, la propiedad física de dichos adobes con cualquier dosificación de fibra vegetal se mantiene constante en la resistencia a la absorción de agua.

Bolaños, 2016, en Cajamarca - Perú realizó la tesis titulada “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna”, con el objetivo de evaluar la resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna. Para ello se tomaron 96 bloques de tierra, siguiendo la normatividad, encontrándose para el ensayo a compresión, en mitades que todos los adobes superan la resistencia mínima que indica la norma técnica de edificaciones E.080, los resultados de la muestra patrón y con goma de tuna de 5%, 10% y 15% presentan valores de 19,19 kg/cm², 21,90 kg/cm², 25,27 kg/cm² y 27,56 kg/cm² respectivamente, siendo el adobe con mejor resistencia a la compresión el de 15% con goma de tuna.

El Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E-080, 2017 nos dice que el adobe es una unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad.

Para Carcedo, 2012, el adobe es una pieza maciza de barro sin cocer. Las dimensiones de la pieza varían entre 30 y 40 centímetros de largo y corresponde a una relación usual de 1:1/2:1/4 respecto a la dimensión mayor. La técnica no implica moldear la tierra in situ, sino que se moldea por piezas de forma prismática.

El adobe compactado o bloque de tierra comprimida suelen ser piezas prismáticas de tierra que se fabrican con moldes. Sin embargo, la principal característica es que la tierra es comprimida dentro del molde, aumentando su compacidad y así, su resistencia mecánica. La mezcla suele llevar estabilizantes como cal o cemento. Suelen ser más pequeños que el adobe, pero el sistema de construcción posterior es idéntico (Bestraten et.al., 2010).

De acuerdo a su proceso constructivo los adobes también son conocidos como (BTC) son las siglas para bloque de tierra comprimida. La principal característica del BTC es que la tierra es comprimida dentro del molde, aumentado su compacidad y así, su resistencia mecánica. La mezcla suele llevar estabilizantes en este caso se adicionará paja toquilla (Carcedo, 2012).

El BTC también es considerado una nueva alternativa para la construcción de viviendas donde se mejoran las características del suelo mediante la estabilización mecánica provista por una máquina compactadora manual, con lo que se promueve el uso del suelo como material de construcción (Caballero & Silva, 2010).

Del mismo modo puede concebirse como pieza para fábrica de albañilería, generalmente con forma de paralelepípedo rectangular, obtenido por compresión estática o dinámica de tierra húmeda, seguida de un desmolde inmediato y que puede contener estabilizantes o aditivos para alcanzar o desarrollar las características particulares de los productos (Norma UNE 41410, 2008).

Surge como una alternativa para retomar el uso del suelo como material de construcción, debido a que presenta mejores características mecánicas, al mejorar el proceso de fabricación y propiedades estructurales proporcionadas por el proceso de compactación (Morales et.al., 2007).

Tabla N° 2. Dimensiones del adobe según diferentes fuentes de información.

Autor	Dimensiones del adobe
Norma E. 080	Adobes rectangulares. El largo aproximadamente el doble del ancho. La relación entre el largo y la altura debe ser del orden de 4 a 1 (en lo posible la altura debe ser mayor a 8 cm).
Carcedo (2012)	Varían entre 30 y 40 centímetros de largo y corresponde a una relación usual de 1:1/2:1/4 respecto a la dimensión mayor.
Morales et al. (1993)	Sugiere que tanto la longitud como el ancho tengan una dimensión máxima de 40 cm, una altura máxima de 10cm. Por facilidades constructivas y de comportamiento mecánico se recomienda la forma cuadrada del adobe y las dimensiones más adecuadas para su fabricación son 38 x 38 x 8 cm.

El Reglamento Nacional de Edificaciones, en la Norma E-080, 2017 recomienda remojar el suelo y retirar las piedras mayores de 5 mm y otros elementos extraños, mantener el suelo en reposo húmedo durante 24 horas, Secar los adobes bajo sombra, también especifica dos pruebas en campo que es la prueba de cinta de barro y la de presencia de arcilla, además Barros e Imhoff, 2010, da a conocer parámetros preferenciales y límites de las propiedades físicas de los suelos para ser estabilizados aptos para la construcción de tierra.

Tabla 3. Zonas límites y preferenciales dentro de las cuales se debe ubicar el valor de los límites de Atterberg de un suelo a utilizar en la construcción con tierra.

LÍMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG	Zonas Límites (%)	Zonas Preferenciales (%)
Índice Plástico (IP)	De 7 a 29	De 7 a 18
Límite Líquido (LL)	De 25 a 40	De 30 a 35
Límite Plástico(LP)	De 10 a 25	De 12 a 22

Se conoce como estabilización de suelo a los métodos que son utilizados para el mejoramiento de la tierra para construcción, son las diferentes acciones que se

empresen cuando se ve que los ensayos con tierra adquieren características que no resultan apropiadas para ser utilizadas en la construcción. Son métodos que a través de la experiencia de siglos han permitido la alteración de la respuesta constructiva de la tierra mediante el agregado de componentes adicionales que perfeccionan sus posibles debilidades. Además, estas técnicas pueden dar un beneficio adicional al incrementar las capacidades de suelos cuyas relaciones granulométricas sean de por sí adecuadas (Mosquera, 2016).

La utilización de estabilizantes es básica para la obtención de un material de calidad que resuelvan las posibles carencias del material tierra disponible. Hay diferentes tipos de estabilización, agrupados según la acción que ejerzan sobre la materia tierra. Estas acciones son:

Acción química es cuando se añade es un producto que modifica la estructura granular a la que dota de una cohesión que no tenía o disminuye la excesiva plasticidad (Norma UNE 41410, 2008).

La acción mecánica depende de la granulometría, el grado de compactación y del grado de humedad de la mezcla. Normalmente la estabilización mecánica se consigue por compactación del suelo (Norma UNE 41410, 2008).

La Norma UNE 41410, 2008 también nos dice que la acción física mejora las propiedades de la tierra, mejorando la granulometría con la mezcla de suelos naturales, utilizándose normalmente una combinación binaria de suelos. También Mosquera, 2016, señala que se puede estabilizar al añadir cierta cantidad de fibras, animales como lana de ovejas o cabras, crines de caballo, pelo de llama y cabello humano o vegetales como paja de diferentes gramíneas, virutas de madera, acículas de pináceas, cáscaras de coco, tallos del maíz, fibras de sisal (penca), también son llamados estabilizantes

por fricción sirven para conformar una especie de “red” a la que se adhieren las partículas del suelo y que controla su desplazamiento, dilatación y retracción durante el fraguado. Modifican los patrones de agrietamiento derivados de cambios de humedad y temperatura mediante el trazado de un sistema de micro fisuras que no afectan la estabilidad del conjunto.

Las fibras son estructuras unidimensionales, largas y delgadas las cuales se doblan con facilidad y cuyo propósito principal es la creación de tejidos; su longitud es superior a su diámetro (que no suele ser superior a 0,05 cm.), están orientadas a lo largo de un solo eje. Tienen gran cohesión molecular, lo que les hace ser más fuertes que los plásticos (Vaca & Bolívar, 2007).

Dentro de estas fibras se encuentra la paja toquilla también denominada científicamente (*Carludovica Palmata*) que significa "como una palma" es un arbusto de la especie de las palmeras que carece de tronco, su raíz es un tubérculo similar a la papa, del cual nacen los peciolos que llegan a medir hasta tres metros de alto, obteniendo una forma acanalada de color verde oscuro, que se muestran grandes como abanicos, crece formando grupos de hasta 23 plantas (Valencia, 2013).

Para Rojas & Sisalema (2007) esta planta es cultivada en las provincias de la costa ecuatoriana, demora alrededor de 2 a 3 años desde que es sembrada para ser recolectada, los cogollos pueden volver a cortarse cada 4 o 5 meses y no necesita mucho cuidado, solo necesita un suelo húmedo para que crezca.



Figura N° 2. *Planta de paja toquilla.*

Fuente: Periódico cultural Vistazo (2016).

Para utilizar esta planta como fibra requiere de un gran proceso que se da con la apertura de los cogollos, estos se deben aplastar en las puntas para luego sacudirlos de tal forma que la hoja en formación, se abra como un abanico partido a lo largo de sus nervaduras secundarias. El segundo paso es el desvenado, consistente en separar manualmente las partes de la hoja con una herramienta llamada picador, que tiene la forma de peine, con el cual clavan en la parte media de las fibras. Luego de haber dividido el cogollo en muchas fibras delgadas estas se hierven alrededor de 20 a 30 minutos y se deja enfriar. Finalizado con el sacudido, que es la forma de escurrir los excesos de agua dejados por el cocinado de la fibra para luego secar y obtener fibras de color crema como se muestra en la Figura N° 3 (Valencia, 2013).



Figura N° 3. *Manojos de paja toquilla procesados.*

Fuente: ARTESanal - Celendín, tierra de sombreros, 2013.

La paja como estabilizante se recomienda cortar en tramos de aproximadamente 10 cm de longitud y en una proporción de alrededor de 1% en peso, lo que significa una relación de un volumen de paja por dos de tierra, ambas en estado seco y sin comprimir. La paja o cualquier otra fibra que se utilice para estabilizar la tierra, cumple su función principal en el momento de la elaboración de elementos constructivos, que es cuando se busca evitar la aparición de fisuras. Asimismo, las fibras modifican la textura de los componentes constructivos haciéndolos más ásperos, con lo que se incremente la adherencia entre ellos y con el resto de los componentes estructurales y los revestimientos (Mosquera, 2016).

El suelo está formado por diferente granulometría, según la norma NTP 339.134, 1999, Para algunos ingenieros civiles definen al suelo como el conjunto de partículas

minerales, producto de desintegración mecánica o de la descomposición química de rocas preexistentes, para Crespo (1980) en base a conclusión de diferentes conceptos afirma que el suelo es una delgada capa de la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración de y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan.

El suelo es la materia prima para la elaboración del bloque de tierra comprimida y mortero de barro, está compuesto por tres fases: mineral, gaseosa y líquida. La fase mineral la conforman partículas de diferentes tamaños como grava, arena, limo y arcilla. Las fases restantes, conformadas por gases y líquidos, ocupan los espacios vacíos entre las partículas sólidas (Sánchez, 2010).

La tierra destinada a la construcción de los BTC está compuesta esencialmente por grava, arena, limo y arcilla, mezclado con agua y, opcionalmente, con estabilizantes y aditivos, no debe de tener materia orgánica en cantidad mayor o igual del 2% y No se admitirán aquellas tierras con un contenido en arcillas menor al 10% (Norma UNE 41410, 2008).

La compactación es un proceso de la disminución o minimización de espacios vacíos por medio de la acción mecánica de los equipos de compactación. Durante este proceso se pueden mejorar las características del suelo, con un aumento simultáneo de densidad. Por lo que con la compactación de un suelo se busca una mayor capacidad de su carga (Caballero & Silva, 2010). De igual manera Maldonado, Castilla, & Vela, 2001, informa que, para mejorar la calidad de la tierra para la construcción, sin aporte de otras sustancias o materiales, es la "compactación". Este procedimiento persigue la reducción de los huecos entre las partículas de tierra, aumentando su densidad y

disminuyendo la porosidad y, por tanto, las variaciones de volumen debidas a la presencia de agua.

Este proceso se realiza mediante una prensa conocida como CINVA-Ram (ver Figura N° 5), fue ideada en Colombia por el Ingeniero Raúl Ramírez, del Centro interamericano de Vivienda y Planeamiento. Las ventajas de esta máquina son su simplicidad mecánica, ligereza y sencillez de utilización, que la han hecho ideal para la producción de bloques in situ (Maldonado et.al., 2001).

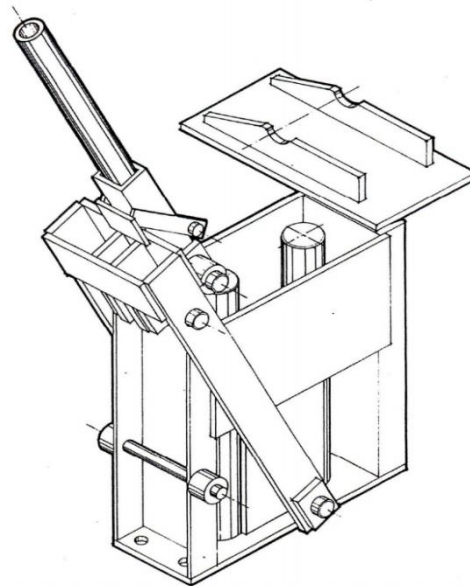


Figura N° 4. Prensa CINVA-Ram.

Fuente: Lou, 1981.

Capacidad del material para resistir a las fuerzas que intentan comprimirlo o apretarlo. Por lo general, cuando se somete un material a un conjunto de fuerzas se produce tanto flexión como cizallamiento o torsión. En un prisma el esfuerzo de compresión puede caracterizarse más simplemente como la fuerza que actúa sobre el material de dicho prisma, a través de una sección transversal al eje baricéntrico, lo que tiene el efecto de acortar la pieza en la dirección de ese eje (Caballero & Silva, 2010).

Resistencia a la compresión axial

La resistencia se mide mediante el ensayo de compresión del material en cubos de 0.1 m de arista. La resistencia última a compresión axial es de 1.0 MPa = 10.2 kgf/cm². Los cubos de adobes o muestras de tapia deben cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada (Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E-080, 2017).

Fórmula N° 1.. Compresión axial simple.

$$Fb = \frac{Pm}{Ab} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

Fb= Resistencia a la compresión axial de la unidad de albañilería (Kg/cm²).

Pm= Carga máxima de rotura (kg)

Ab= Área bruta de la unidad de albañilería (cm²) (NTP. 399.613, 2003).

Fórmula N° 2. Resistencia a la Compresión característica (f'b).

$$f'b = fb - \sigma \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

f'b = Resistencia característica a la compresión de la unidad de albañilería (Kg/cm²)

fb = Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (Kg/cm²).

σ = Desviación estándar (NTP. 399.613, 2003).

Se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal (Ríos, 2010).

Resistencia a la flexión

La resistencia última a flexión es de 0.08 MPa = 0.81 kgf/cm². Las muestras deben tener humedad inicial de 20% a 25% para control de adobes y 10% a 15% para control de tapia, y un secado cubierto de sol y viento de 28 días, debiendo cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada (Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E-080, 2017).

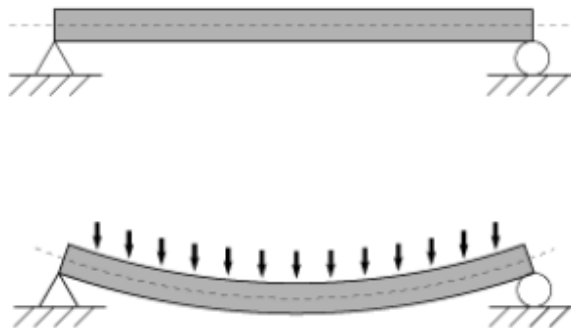


Figura N° 5. Deformación por flexión sobre un elemento.

Fuente: Ríos, 2010.

Fórmula N° 3. Módulo de Rotura.

$$M_r = \frac{3Pl}{2bd^2} \text{ (kg/cm}^2\text{) } \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

Mr: Es el módulo de rotura, en Kg/cm².

P: Es la carga máxima de rotura, en kilogramos.

l: Es la distancia que hay entre los dos apoyos del espécimen, (cm).

b: Es el ancho promedio de la probeta en la sección de falla, (cm).

d: Es la altura promedio de la probeta en la sección de falla, (cm) (NTP. 339.078, 1999)

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con adición de paja toquilla – Cajamarca 2017?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con adición de paja toquilla – Cajamarca 2017.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar las propiedades físicas del suelo de la cantera “Cruz Blanca - Aylambo”.
- ✓ Elaborar adobes compactados sin y con adición de 0,5% en peso de desperdicio de paja toquilla, de tamaños: 1, 2 y 3 pulgadas de longitud.
- ✓ Determinar la resistencia a la compresión axial de los especímenes.
- ✓ Determinar la resistencia a la flexión de los especímenes.

1.4. Hipótesis

La adición de paja toquilla incrementa la resistencia a la compresión y la flexión del adobe compactado hasta 25%.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es experimental

2.2. Población y muestra

2.2.1. Unidad de estudio

La unidad de estudio es cada adobe compactado de dimensiones 30x10.2x15 cm.

2.2.2. población

En base a la norma especificada para el muestreo la población lo constituyen

56 adobes compactados

2.2.3. Muestra

Ensayo de resistencia a compresión

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, norma E-080, 2017 especifica que se deben ensayar mínimo 6 probetas para resistencia a compresión, en este caso se consideró 8 probetas para cada tipo de adobe.

Tabla 4. *Muestra para ensayo a compresión.*

Cantidad de adobes	Tipo de adobe
8	Adobe patrón
8	Adobe con adición de paja toquilla de 1 pulgada de longitud
8	Adobe con adición de paja toquilla de 2 pulgadas de longitud
8	Adobe con adición de paja toquilla de 3 pulgadas de longitud
Total	32 adobes

Ensayo de resistencia a flexión

Se consideró 6 probetas para cada tipo de adobe.

Tabla 5. Muestra para ensayo a flexión.

Cantidad de adobes	Tipo de adobe
6	Adobe patrón
6	Adobe con adición de paja toquilla de 1 pulgada de longitud
6	Adobe con adición de paja toquilla de 2 pulgadas de longitud
6	Adobe con adición de paja toquilla de 3 pulgadas de longitud
Total	24 adobes

2.3. Materiales, instrumentos y métodos

La investigación se realizó en los laboratorios de suelos y de concreto de la Universidad Privada del Norte sede Cajamarca por observación directa, aplicando protocolos normalizados y establecidos por la universidad.

3.3.1. Determinación de las propiedades físicas del suelo

3.3.1.1. Contenido de Humedad W (%)

Según Juárez & Rico, 2005, el contenido de humedad de un suelo se determina como la relación que existe entre el peso del agua (W_w) contenida en la muestra y el peso de su fase sólida (W_s).

Fórmula N° 4. Contenido de humedad.

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100 \dots \dots \dots (4)$$

Dónde:

W_w = peso de agua presente en la masa de suelos, (gr).

W_s = peso de la muestra seca, (gr).

Muestreo

Muestra alterada extraída del estrato de estudio.

Equipos

- ✓ Balanza con aproximación de 0,01 gr.
- ✓ Estufa con control de temperatura.
- ✓ Taras.

Procedimiento

- ✓ Pesar la tara (W_t).
- ✓ Pesar la muestra húmeda en la tara ($W_h + t$).
- ✓ Secar la muestra en la estufa, durante 24 horas a 105 °C.
- ✓ Pesar la muestra seca en la tara ($W_s + t$).
- ✓ Determinar el peso del agua $W_w = (W_h + t) - (W_s + t)$.
- ✓ Determinar el peso de la muestra seca $W_s = (W_s + t) - W_t$.
- ✓ Determinar el contenido de humedad $W(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100$,

3.3.1.2. Límites de Consistencia o de Atterberg

La plasticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite sin romperse. Por medio de esto se mide el comportamiento del suelo (Crespo, 1980).

Albert Atterberg definió seis” límites de consistencia” de suelos de grano fino: el límite superior de flujo viscoso, el límite líquido, el límite de pegajosidad, el límite de cohesión, el límite plástico y el límite de contracción. En ingeniería se usan frecuentemente el límite líquido, el límite plástico y en algunas referencias el límite de contracción (NTP 339.129, 1999).

Límite Líquido (LL)

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en la distancia de 13 mm (1/2 pulgada) cuando se deja caer la copa 25 veces una altura de 1cm a razón de dos caídas por segundo (NTP 339.129, 1999).

Equipos

- ✓ Probeta de 100 ml.
- ✓ Cápsula de porcelana
- ✓ Taras identificadas
- ✓ Malla N° 40,
- ✓ Copa de casa grande
- ✓ Ranurador.
- ✓ Balanza con aproximación de 0,01gr.
- ✓ Estufa con control de temperatura.

✓ Espátula.

Muestreo

Las muestras pueden tomarse una cantidad que satisfaga las necesidades del ensayo de 150 a 200 gramos de material pasante del tamiz N° 40.

Procedimiento

Lo primero que se debe hacer es calibración del aparato, ajustar la altura de caída de la copa tal que la punta de la copa en contacto con la base se eleve a una altura de 10 mm más o menos 2 mm (NTP 339.129, 1999).

Tamizar una muestra representativa de 150 a 200 gramos de material pasante del tamiz N° 40, luego en la cápsula de porcelana mezclar el suelo con agua con la espátula hasta obtener una pasta uniforme y colocar en la capsula una porción de esta pasta, nivelar a un espesor aproximado de 1 centímetro. Con el ranurador dividir a la muestra en 2 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 $1/2''$ (1,27 cm), registrar el número de golpes.

obtener una porción de suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior con la espátula en nuestra tara identificada para colocar al horno por 24 horas y así obtener el contenido de humedad.

Retirar el suelo remanente de la copa de Casagrande y colocar en la cápsula 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).

Dibujar la curva de fluidez (es una recta) en escala semilogarítmica, en el eje de 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 fue el límite líquido del suelo.

Límite plástico (LP)

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados plásticos y semisólido. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad más bajo al cual el suelo puede ser rolado en hilo de 3,2mm. (1/8 pulgada) sin que se rompan en pedazos (NTP 339.129, 1999).

Equipos

- ✓ Estufa
- ✓ Espátula
- ✓ Cápsula de porcelana
- ✓ Placa de vidrio
- ✓ Taras

Muestreo

Las muestras pueden tomarse una cantidad que satisfaga las necesidades del ensayo de 150 a 200 gramos de material pasante del tamiz N° 40,

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, si la diferencia entre estos 2 valores es mayor que dos puntos de porcentaje, repetir el ensayo.

Índice de plasticidad (IP)

Es el rango de contenido de humedad sobre el cual un suelo se comporta plásticamente. Numéricamente es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico (NTP 339.129, 1999).

Fórmula N° 5. Índice de Plasticidad.

$$IP = LL - PL \dots \dots \dots (6)$$

Dónde:

LL=Límite líquido.

PL=Límite Plástico

3.3.1.3. Análisis granulométrico

Resumen del método

Una muestra de agregado seco, de masa conocida, es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas (NTP 400.012, 2001).

Tabla 6. Juego de tamices completos.

Diam. (mm)	Tamiz
75,0 mm	(3 pulg)
50,0 mm	(2 pulg)
37,5 mm	(1 ½ pulg)
25,0 mm	(1 pulg)
19,0 mm	(3/4 pulg)
9,5 mm	(3/8 pulg)
4,75 mm	(N°4)
2,00 mm	(N°10)
850 µm	(N°20)
425 µm	(N°40)
250 µm	(N°60)
106 µm	(N°140)
75 µm	(N°200)

Fuente: NTP 339.128, 1999,

Ensayo de granulometría método de lavado.

la granulometría consiste en la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de los suelos. La clasificación de las partículas mayores que 75 µm (retenido en el tamiz N° 200) se efectúa por tamizado, en

tanto que la determinación de las partículas menores que 75 µm se realiza mediante un proceso de tamizado por lavado adecuado (NTP 339.128, 1999).

Equipos

- ✓ Balanzas
- ✓ Tamices
- ✓ Agitador Mecánico de Tamice
- ✓ Horno

Muestreo

Agregado fino: La cantidad de la muestra de ensayo, luego del secado, fue de 300 g mínimo (NTP 400.012, 2001).

Procedimiento

Secar la muestra. Pesar la muestra seca (W_s).

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).

Fórmula N° 6. Porcentajes de los pesos retenidos.

$$\%RP = \frac{PRP}{W_s} * 100 \dots\dots\dots(7)$$

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

$$\%RA1 = \%RP1,$$

$$\%RA2 = \%RP1 + \%RP2,$$

$$\%RA3 = \%RP1 + \%RP2 + \%RP3, \text{ etc.}$$

Determinar los porcentajes acumulados que pasan en cada tamiz.

Fórmula N° 7. *Porcentajes que pasa en cada tamiz.*

$$\% \text{ que pasa} = 100\% - \%R. A \dots\dots\dots(8)$$

Se dibuja la gráfica de distribución granulométrica con los porcentajes que pasa en el eje de las ordenadas en escala normal y los diámetros de los tamices en milímetros en las abscisas en escala semilogarítmica.

3.3.1.4. Clasificación de los suelos

Dada la complejidad y prácticamente la infinita variedad con que los suelos se presentan en la naturaleza, cualquier intento de sistematización científica, debe ir precedido por otro de clasificación completa. Obviamente la Mecánica de Suelos desarrolló estos sistemas de clasificación desde un principio. Primeramente, dado el escaso conocimiento que sobre los suelos se tenía, fundándose en criterios puramente descriptivos; nacieron así varios sistemas, de los cuales, los basados en las características granulométricas, ganaron popularidad rápidamente (Juárez & Rico, 2005).

Entre los diversos estudios tendientes a encontrar un sistema de clasificación que satisfaga los distintos campos de aplicación a Mecánica de Suelos, destacan los efectuados por el doctor A. Casagrande en la Universidad de Harvard, los cuales

cristalizaron en el conocido “Sistema de Clasificación de Aeropuertos”, así originalmente llamado, debido a que estaba orientado para uso en aquel tipo de obras (Juárez & Rico, 2005).

Sistema unificado de suelos, (SUCS)

Este sistema de clasificación identifica tres grandes divisiones de suelos: suelos de grano grueso, suelos de grano fino suelos altamente orgánicos. Estas tres divisiones son luego subdivididas en un total de 15 grupos básicos de suelo. Clasifique al suelo como suelo de grano fino si el 50% más del peso seco del espécimen pasa la malla N° 200 (75 μ m) se representan por el símbolo S y como suelo de grano grueso si más del 50% del peso seco del espécimen es retenido en la malla N° 200 (75 μ m) se representan por el símbolo G (NTP 339.134,1999).

A la G o a la S se les agrega una segunda letra que describe la graduación: W, buena graduación con poco o ningún fino; P, graduación pobre, uniforme o discontinua con poco o ningún fino; M, que contiene limo o limo y arena; C, que contiene arcilla o arena y arcilla. Los suelos finos, con más del 50 por ciento bajo tamiz 0,08 mm, se dividen en tres grupos, las arcillas (C), los limos (M) y limos o arcillas orgánicos (O). Estos símbolos están seguidos por una segunda letra que depende de la magnitud del límite líquido e indica la compresibilidad relativa: L, si el límite líquido es menor a 50 y H, si es mayor (NTP 339.134, 1999).

Clasificación de los suelos finos.

La carta de plasticidad y el Sistema de clasificación de suelos unificado "SUCS." fue recopilada del libro Geotecnia del autor (Gonzales, 2005).

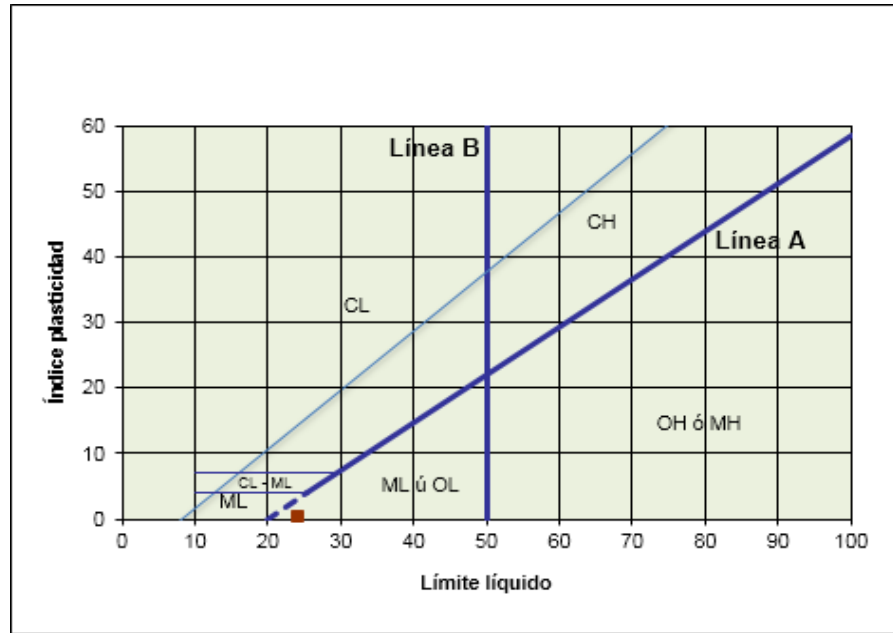


Figura N° 6. Carta de Plasticidad de Casagrande.

Fuente: Gonzales, 2005

Tabla 7. Sistema de clasificación de suelos unificado "SUCS."

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO				
SUELOS DE GRANO GRUESO. Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5% ->GW,GP,SW,SP. >12% ->GM,GC,SM,SC. 5 al 12% ->casos límite que requieren usar doble símbolo.	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3 No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.		
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.			Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$. Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$.	
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.		
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.				
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		$Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3 Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.		
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.				
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.			Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$. Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$.	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.				Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.
		SUELOS DE GRANO FINO. Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	ML			Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	
				CL			Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.							
Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50	MH		Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.					
	CH		Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.					
	OH		Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.					
	PT		Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.					
Suelos muy orgánicos		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.					

3.3.1.5. Ensayo de compactación proctor

El objetivo del ensayo Proctor es determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco compactado con una energía de compactación determinada, es decir determinar el contenido de humedad para el cual el suelo alcanza su máxima densidad seca.

Es el mejoramiento artificial de las propiedades del suelo por medios mecánicos, con los cuales se disminuye los vacíos, se incrementa la resistencia y se disminuye la capacidad de deformación.

El suelo se compacta en forma adecuada con una determinada humedad llamada humedad óptima, si el agua es insuficiente no habrá una buena lubricación y si es excesiva las fuerzas hidrostáticas tenderán a reparar las partículas

Existen dos métodos para el ensayo Proctor, a continuación, se describe de manera general los parámetros de cada método

Proctor Modificado

Según NTP 339.141, 1999, este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% o menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 3/4" (19,0 mm).

Parámetros:

E_c = Energía de Compactación = 56 000 Lb-pie/pie³ (2 700 kN-m/m³)

W = Peso del martillo = 10 lbf (44,5 N)

h = Altura de caída del martillo = 18" (457 mm)

N = Número de golpes por capas = depende el molde. n = Número de capas = 5

$V =$ volumen del molde $\text{cm}^3 =$ depende del método de prueba. Suelo y Molde a Utilizar

Método A

Material: Se emplea el que pasa por el tamiz N° 4 (4,75 mm). Molde: 4 pulgadas de diámetro.

Volumen del molde: $1/30 \text{ pie}^3$.

Número de golpes por capa: 25 golpes/capa.

Método B

Material: Se emplea el que pasa por el tamiz de $3/8''$ (9,5 mm). Molde: 4 pulgadas de diámetro.

Volumen del molde: $1/30 \text{ pie}^3$.

Número de golpes por capa: 25 golpes/capa.

Método C

Material: Se emplea el que pasa por el tamiz de $3/4''$ (19,0 mm). Molde: 6 pulgadas de diámetro.

Volumen del molde: $1/13.3 \text{ pie}^3$.

Número de golpes por capa: 56 golpes/capa.

Procedimiento

Obtener la muestra seca para el ensayo, de acuerdo al método 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 $1\frac{1}{2}$ en 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 (Dh).

Determinar el contenido de humedad de cada muestra comprimida (w%), utilizando muestras representativas de la parte superior e inferior.

2.4. Procedimiento

3.5.1. Obtención del material

3.5.1.1. El suelo

Antes de seleccionar la cantera para la extracción del material se hizo evaluación a diferentes canteras mediante la prueba de campo “presencia de arcilla” o “Resistencia seca”, para ver si el material es apto para la fabricación de adobe.



Figura N° 7. Prueba de campo para ver presencia de arcilla o resistencia seca.

Después de evaluar el suelo de la cantera con los ensayos de campo se seleccionó la cantera de la Cruz Blanca.

Ubicación de la cantera

Departamento: Cajamarca.

Provincia: Cajamarca.

Distrito: Cajamarca.

Caserío: La Cruz Blanca – Aylambo

Accesos: desde la plaza de armas de la ciudad de Cajamarca salimos en dirección a la recoleta luego se ingresa a Av. Independencia con dirección a la costa, aproximadamente 20 minutos de viaje hasta llegar al lugar conocido como La Cruz Blanca - Aylambo.

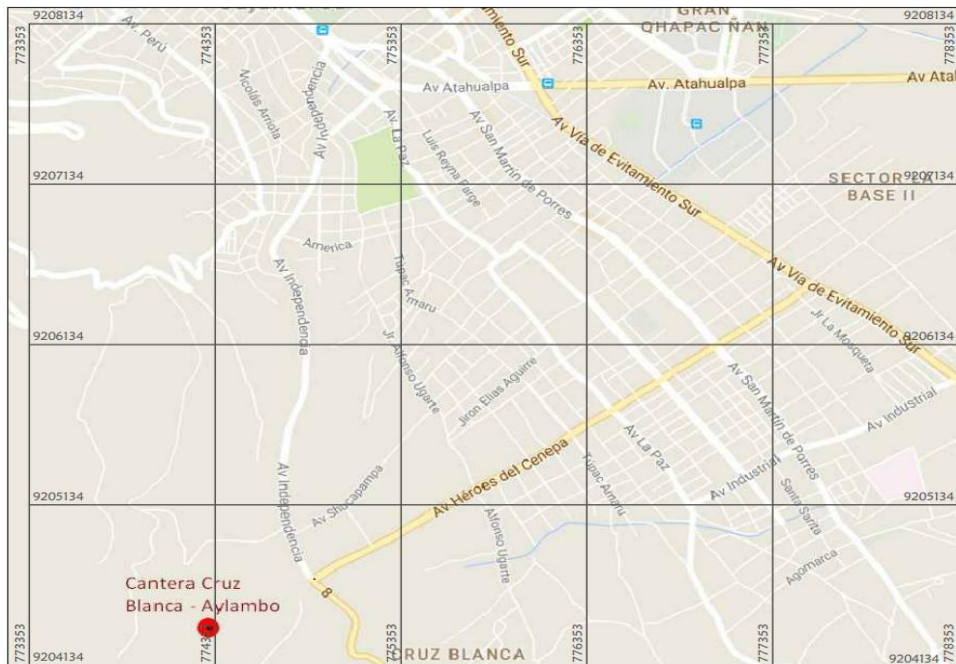


Figura N° 8. *Ubicación de la cantera en estudio.*

3.5.1.2. La paja Toquilla

La paja toquilla se obtuvo de locales donde se comercia este producto y enfrenan sombreros, en la provincia de Celendín, este es un material que en algunos casos después del acabado del sombrero se desechan segmentos restantes de la paja toquilla.

Ubicación

Departamento: Cajamarca.

Provincia: Celendín.

Distrito: Celendín.

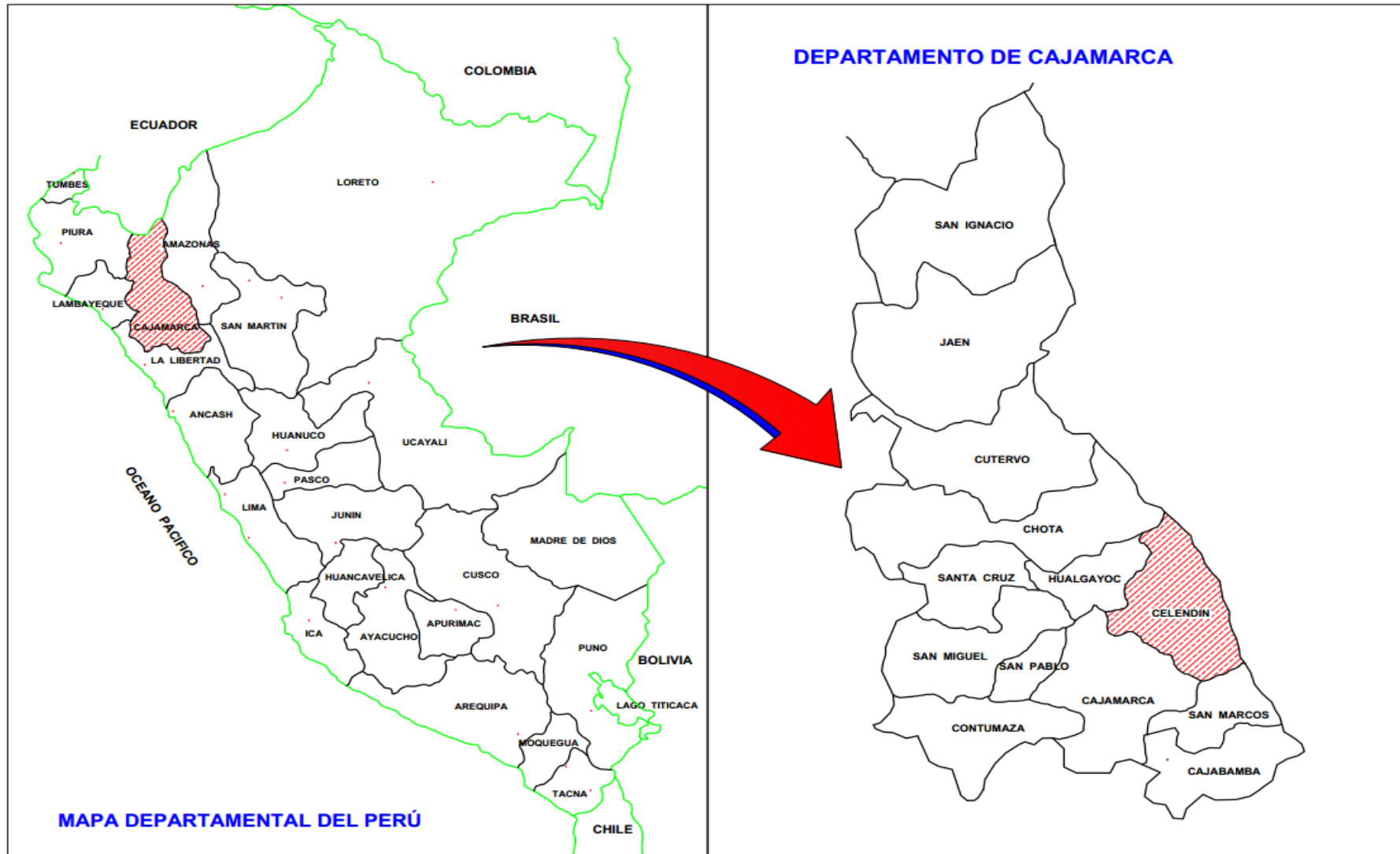


Figura 11. Ubicación de extracción de paja toquilla



Figura N° 10. *local donde se comercia paja toquilla o enfrenan sombreros.*



Figura N° 11. *Desperdicio de paja toquilla.*

Recorte de la paja toquilla

Para esta investigación se propuso evaluar la paja toquilla con diferentes longitudes; 1, 2 y 3 pulgadas de longitud, por lo que, se cortó para mayor precisión con fines de investigación con tijera, pero para aplicar en campo se hace con machete.



Figura N° 12. . *Izquierda, corte con tijera; Derecha corte con machete la paja toquilla.*

3.5.2. Propiedades físicas y mecánicas del suelo

El análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos se realizó en el laboratorio de suelos y concreto de la Universidad Privada del Norte, los ensayos fueron los siguientes

3.5.2.1. Contenido de humedad

Este ensayo se realizó en base a la norma NTP 339.127. (1999). Método de prueba normalizado para la determinación del contenido de humedad. La muestra de suelo se conservó en una bolsa plástica para evitar la pérdida de humedad en el trayecto de la cantera a laboratorio, para este ensayo primeramente se cuarteo el material, sé tomó tres muestras de suelo en taras previamente pesadas para luego colocar al

horno por 24 horas, y nuevamente volver a pesar y calcular el porcentaje de agua que contiene el suelo.



Figura N° 13. Cuarteo del material en estudio.



Figura N° 14. Peso suelo húmedo.



Figura N° 15. *Secado al horno del suelo húmedo por 24 horas.*

3.5.2.2. Análisis granulométrico

Este ensayo se realizó en base a la norma NTP 339.128. (1999). Método de ensayo para determinar el análisis granulométrico. Para el cual, consideró 500 gramos de suelo, se colocó a remojar durante 4 horas para luego lavar el suelo en la malla N° 200 hasta que el agua quede limpia.



Figura N° 16. *Sumergir el suelo durante cuatro horas en agua.*



Figura N° 17. *Realización del lavado por el tamiz N° 200 del suelo*

Luego dejar secar el material en el horno por 24 horas a una temperatura de 110° C° y después tamizar por los tamices 3/8”, N°4, N°10, N°20, N°30, N°40, N°100 y N° 200 para luego obtener la curva granulométrica en base a los porcentajes retenidos en cada tamiz, además clasificar el suelo.



Figura N° 18. *Tamizado del suelo en estudio*

3.5.2.3. Límites de consistencia o de Atterberg

Este ensayo se basó en la norma NTP 339.129, 1999 (Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos). Para este ensayo se consideró una muestra de suelo de 200 gramos pasante del tamiz N° 40. Luego mezclamos el material con una determinada cantidad de agua y colocamos en la copa de casa grande una porción de esta pasta, nivelada a un espesor aproximado de 1 centímetro.



Figura N° 19. *Mezclado uniforme del suelo en la cápsula de porcelana*



Figura N° 20. *Porción de pasta nivelada y ranurada en la copa de casa grande.*

Luego colocamos al horno por 24 horas en taras previamente pesadas, lo mismo se repite por tres veces variando el número de golpes entre 6 y 35 golpes.



*Figura N° 21. Pesado de muestras para secar al horno por 24 horas a
aproximadamente 110 C°.*

3.5.2.4. Clasificación del suelo.

esto se realizó en gabinete en base a lo que nos especifica la norma NTP 339.134. (1999). Método de clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS).

3.5.2.5. Proctor modificado

Este ensayo se realizó siguiendo la norma (NTP 339-141, 1999). Se utilizó proctor modificado, por el hecho que el material tiene 30% o menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 3/4" (19,0 mm) y el método A porque el porcentaje retenido del material seco en la malla número 4 fue menor al 20%.

Este ensayo se realizó cuatro veces en un molde de diámetro de 101.6 mm con un pistón de 10-lbf en 5 capas y con 25 golpes cada capa; para la muestra patrón, con adición de paja toquilla de 1, 2 y 3 pulgadas de longitud. Para este ensayo se mezcla de manera homogénea el suelo con una cantidad de agua y se deja reposar de un día para otro para que el suelo se sature, luego se procede a compactar.



Figura N° 22. *Peso y medidas del molde de 101.6 mm de diámetro.*



Figura N° 23. *Mezclado de 3 kilogramos de suelo con una determinada cantidad de agua.*

Se pesa el molde enrasado y se saca muestra para colocar al horno por 24 horas, este proceso se repite para cada tipo de muestra.



Figura N° 24. *Determinación del peso del molde enrasado.*

3.5.3. Elaboración de adobes

Los adobes fueron elaborados en un espacio techado y amplio en la Av. Vía de Evitamiento Sur cuadra 25 – Cajamarca, no fue elaborado en los laboratorios de la Universidad Privada del Norte por no contar con espacio necesario para el secado de los adobes

Ubicación

Departamento: Cajamarca.

Provincia: Cajamarca.

Distrito: Cajamarca.

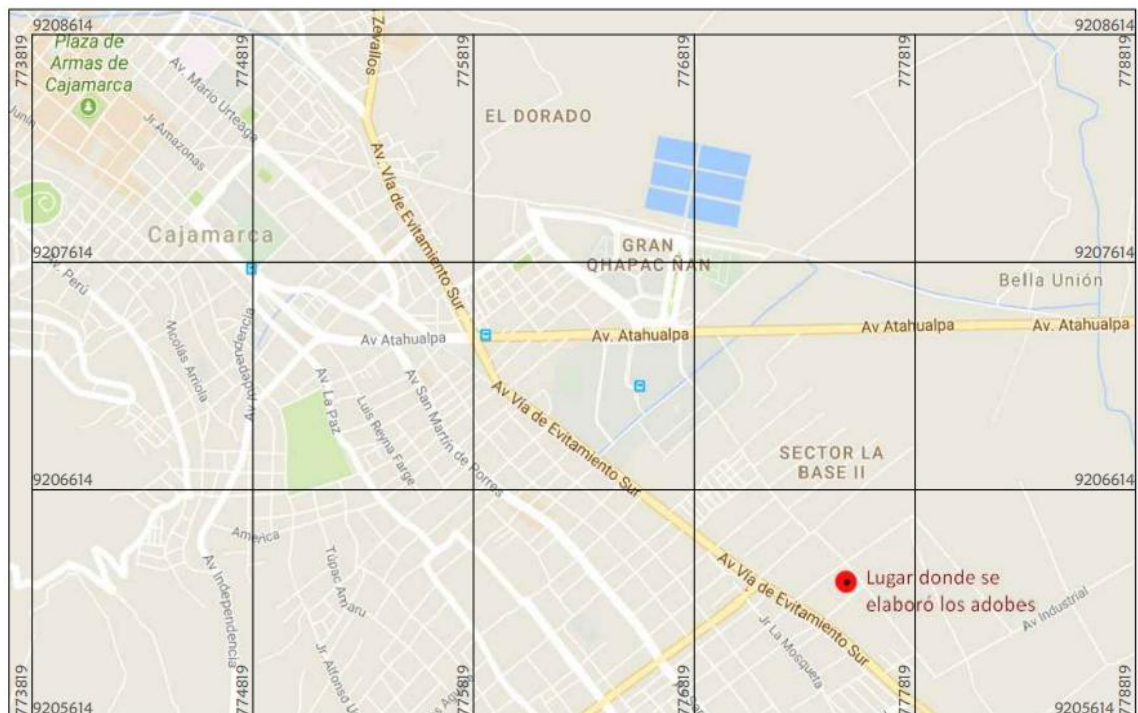


Figura N° 25. Ubicación del lugar donde se elaboró los adobes.

Para la elaboración de los adobes se transportó el material en sacos, luego se mesclo uniformemente todos los sacos con el fin de que todo el material (suelo) tenga la misma

humedad, luego se pesó 9 kilogramos de material y se almacenó en bolsas plásticas para que no pierda su humedad.



Figura N° 26. Mezclado de todo el material extraído de la cantera.



Figura N° 27, Pesando 9 kilogramos de material para cada adobe.

Se pesó la paja toquilla (0.5% en peso del suelo) con las diferentes longitudes 1, 2 y 3 pulgadas, para luego mezclar con su contenido óptimo de humedad y dejarlo que la muestra se sature para el siguiente día.



Figura N° 28. *Mezclado del suelo con el óptimo contenido de humedad.*



Figura N° 29. *Determinación del peso la paja toquilla para cada adobe.*

Al día siguiente se compactó los adobes para someter a compresión se utilizó una placa intermedia para evitar cortar cada adobe por la mitad, iniciando con el adobe convencional y terminando con el adobe adicionando 3 pulgadas de longitud de paja toquilla.



Figura N° 30. *Compactación de adobes para someter a flexión.*



Figura N° 31. *Secado de los adobes convencionales y con adición de paja toquilla.*
Finalmente se secó el adobe por un tiempo de 28 días protegido del viento para no
generar rajaduras.



Figura N° 32. *Peso de adobes.*



Figura N° 33. *Secado al horno de adobes.*

Propiedades mecánicas de adobes

3.5.3.1. Ensayo de resistencia a compresión axial

Esta prueba se realizó a los 28 días de secado de los adobes en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte, se evaluaron en total 32 adobes a compresión axial, 8 adobes convencionales, 8 con adición de 1 pulgada, 8 con adición de 2 pulgadas y 8 con adición de 3 pulgadas de longitud de paja toquilla.



Figura N° 34. *Ensayo de resistencia al a compresión axial.*

Según norma E.080 nos dice que se debe evaluar como mínimo 6 muestras y que deben cumplir que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada (10.2 kgf/cm^2).

3.5.3.2. Ensayo de resistencia a flexión

Esta prueba también se realizó a los 28 días de secado de los adobes en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte, se evaluaron la cantidad mínima especificada en la norma E.080 que es 6 adobes, en total 24 adobes a flexión, 6 adobes convencionales, 6 con adición de 1 pulgada, 6 con adición de 2 pulgadas y 6 con adición de 3 pulgadas de longitud de paja toquilla.



Figura N° 35. *Ensayo de resistencia a flexión.*

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Ensayo de suelos en laboratorio

4.1.1. Contenido de humedad.

Tabla N° 8. Contenido de humedad.

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara				
B	Peso del Recipiente	gr	27.30	27.60	27.50
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	204.20	191.90	191.10
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	188.80	176.50	177.70
E	Peso del suelo humedo (Ww)	gr	15.40	15.40	13.40
F	Peso Suelo Seco (Ws)	gr	161.50	148.90	150.20
W%	Porcentaje de humedad	%	9.54	10.34	8.92
G	Promedio Porcentaje Humedad	%		9.60	

El resultado obtenido de laboratorio para el suelo en estudio es: contenido de humedad = 9.60%.

4.1.2. Límites de Consistencia o de Atterberg.

4.1.2.1. Límite líquido

Tabla 9. Límite líquido.

ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3
A	identificación de Recipiente	N°			
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	42.40	41.50	43.50
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	38.40	37.90	39.40
D	Peso de Recipiente	gr	27.40	27.50	27.20
E	Peso del Agua	gr	4.00	3.60	4.10
F	Peso Suelo Seco	gr	11.00	10.40	12.20
G	Número de Golpes	N	11.00	20.00	32.00
H	Contenido de Humedad	%	36.36	34.62	33.61

Límite líquido = 34.2%

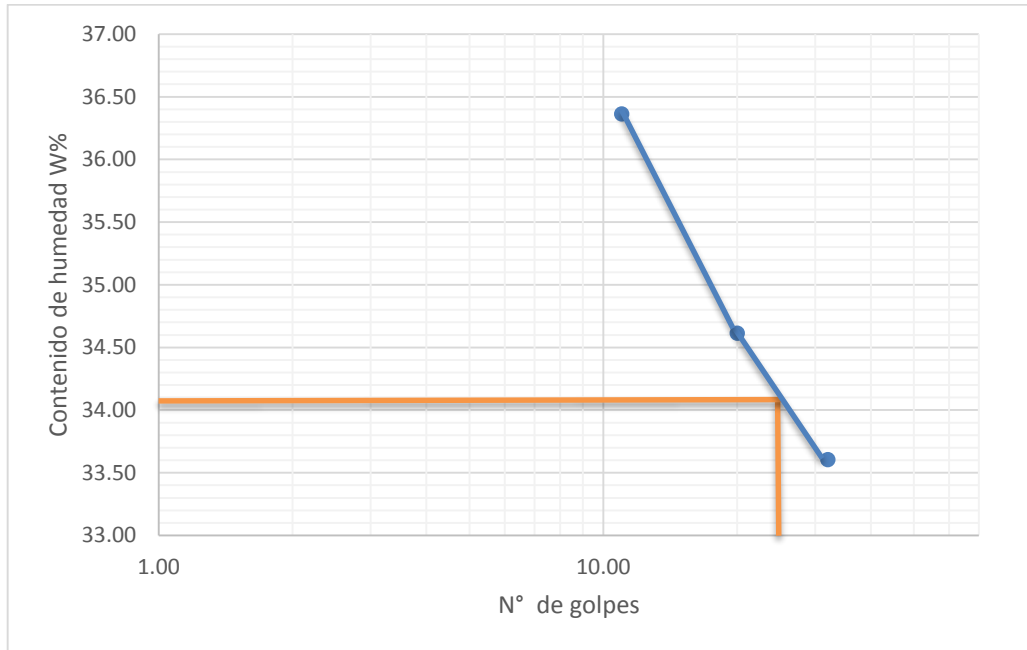


Gráfico N° 2, Límite líquido.

4.1.2.1. Límite plástico

Tabla N° 10. Límite plástico.

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	identificación de Recipiente	N°		
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	46.60	41.70
C	Suelo Seco + Tara	gr	42.90	39.00
D	Peso de Tara	gr	27.20	26.90
E	Peso del Agua	gr	3.70	2.70
F	Peso Suelo Seco	gr	15.70	12.10
G	Contenido de Humedad	%	23.57	22.31
H	Promedio Límite Plástico			22.94

Límite plástico = 22.94%

Índice de plasticidad = 11.26%

4.1.3. Análisis granulométrico por lavado.

Tabla N° 11. Análisis granulométrico.

Peso de muestra seca; Ws	500.00 gr				
<i>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO</i>					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% RP	%RA	% que pasa
N° 4	4.760	3.90	0.78	0.78	99.22
N°10	2.000	37.80	7.56	8.34	91.66
N°20	0.840	46.40	9.28	17.62	82.38
N°30	0.590	20.70	4.14	21.76	78.24
N°40	0.420	17.60	3.52	25.28	74.72
N°60	0.250	28.40	5.68	30.96	69.04
N°100	0.150	28.90	5.78	36.74	63.26
N°200	0.074	29.70	5.94	42.68	57.32
Perdida	Lavado	286.60	57.32	100.00	0.00
Total		500.00	100.00		

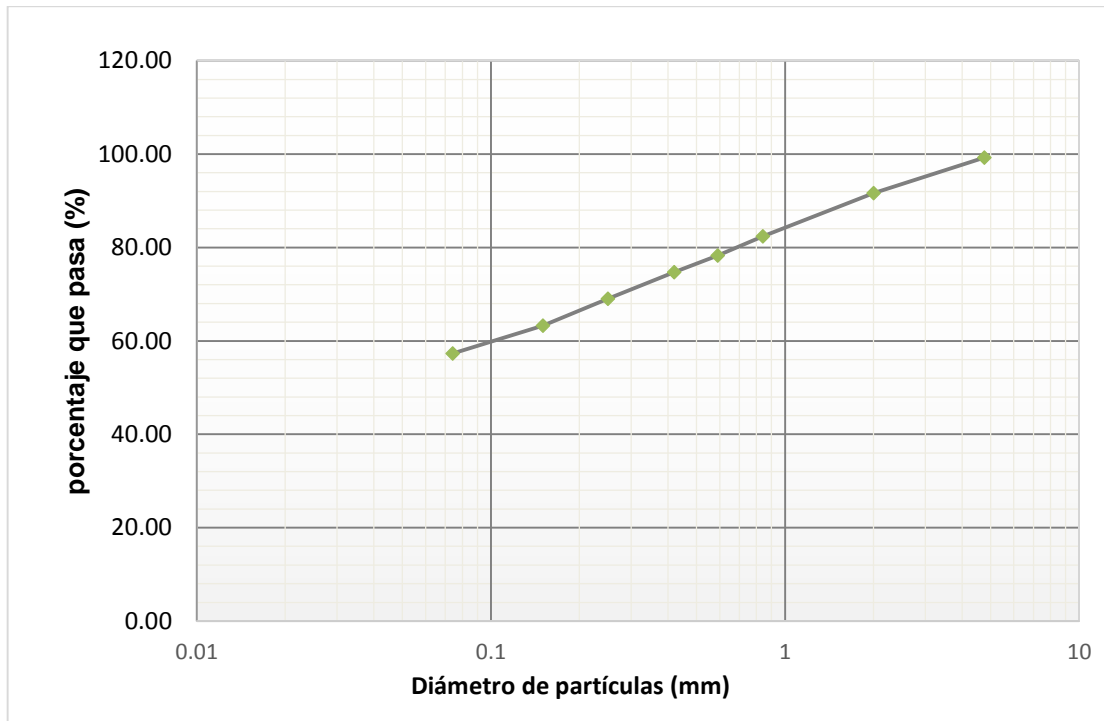


Gráfico N° 3. Curva granulométrica.

El % Que pasa el tamiz N° 200 = 57.32 %

4.1.4. Proctor modificado (método “A”).

Tabla N° 12. Proctor modificado de adobe patrón.

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1.00		2.00		3.00		4.00	
A	Peso de molde	gr	4190.00		4190.00		4190.00		4190.00	
B	Pmh + molde	gr	6130.00		6235.00		6285.00		6260.00	
C	Pmh (gr)	gr	1940.00		2045.00		2095.00		2070.00	
D	Vmh (cm ³)	cm ³	941.84		941.84		941.84		941.84	
F	Dh (Gr/cm ³)	gr/cm ³	2.06		2.17		2.22		2.20	
G	Recipiente N°	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Pt (gr)	gr	27.30	26.90	27.60	72.70	27.40	65.00	27.30	85.00
I	Pmh + tara (gr)	gr	196.20	197.80	168.20	288.20	136.20	218.60	158.60	216.50
J	Pms + tara (gr)	gr	182.80	184.50	154.60	267.10	123.80	200.90	141.70	199.60
K	Pw (gr)	gr	13.40	13.30	13.60	21.10	12.40	17.70	16.90	16.90
L	Pms (gr)	gr	155.50	157.60	127.00	194.40	96.40	135.90	114.40	114.60
M	W (%)	%	8.62	8.44	10.71	10.85	12.86	13.02	14.77	14.75
N	W. prom (%)	%	8.53		10.78		12.94		14.76	
O	Ds (Gr/cm ³)	gr/cm ³	1.90		1.96		1.97		1.92	

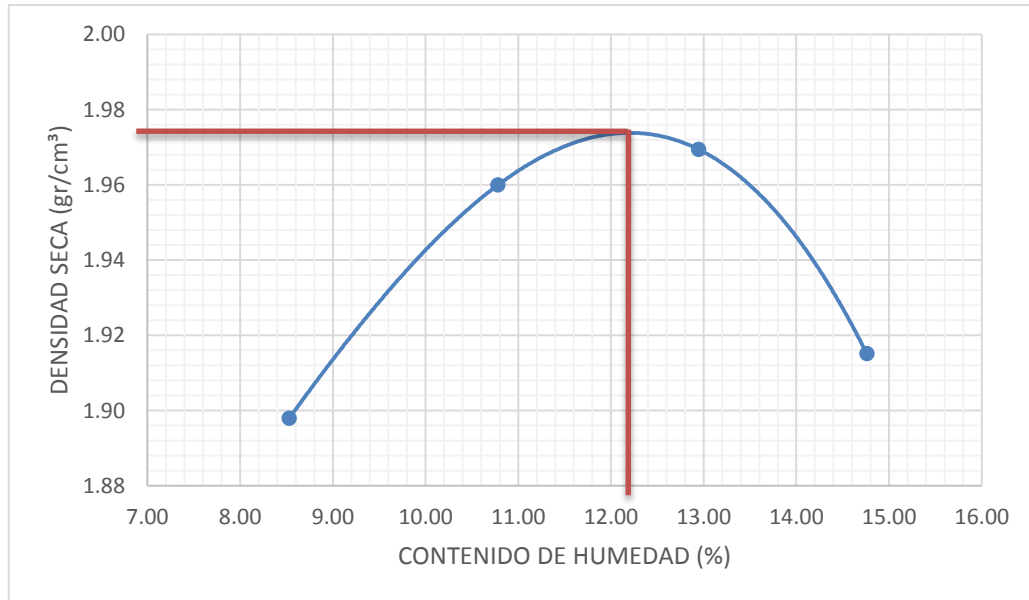


Gráfico N° 4. Contenido óptimo de humedad para adobe patrón.

$$D_{sm\acute{a}x} = 1.975 \text{ gr/cm}^3$$

$$W_{op} = 12.20 \%$$

Tabla 13. Proctor modificado para adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1.00		2.00		3.00		4.00	
A	Peso de molde	gr	4180.00		4180.00		4180.00		4180.00	
B	Pmh + molde	gr	6085.00		6150.00		6185.00		6160.00	
C	Pmh (gr)	gr	1905.00		1970.00		2005.00		1980.00	
D	Vmh (cm ³)	cm ³	941.84		941.84		941.84		941.84	
F	Dh (Gr/cm ³)	gr/cm ³	2.02		2.09		2.13		2.10	
G	Recipiente N°	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Pt (gr)	gr	27.30	26.90	27.40	65.00	27.60	72.70	27.40	27.20
I	Pmh + tara (gr)	gr	155.60	224.70	118.90	171.40	137.90	172.40	135.10	117.30
J	Pms + tara (gr)	gr	141.70	208.30	107.20	160.50	122.30	157.20	117.70	102.20
K	Pw (gr)	gr	13.90	16.40	11.70	10.90	15.60	15.20	17.40	15.10
L	Pms (gr)	gr	114.40	181.40	79.80	95.50	94.70	84.50	90.30	75.00
M	W (%)	%	12.15	9.04	14.66	11.41	16.47	17.99	19.27	20.13
N	W. prom (%)	%	10.60		13.04		17.23		19.70	
O	Ds (Gr/cm ³)	gr/cm ³	1.83		1.85		1.82		1.76	

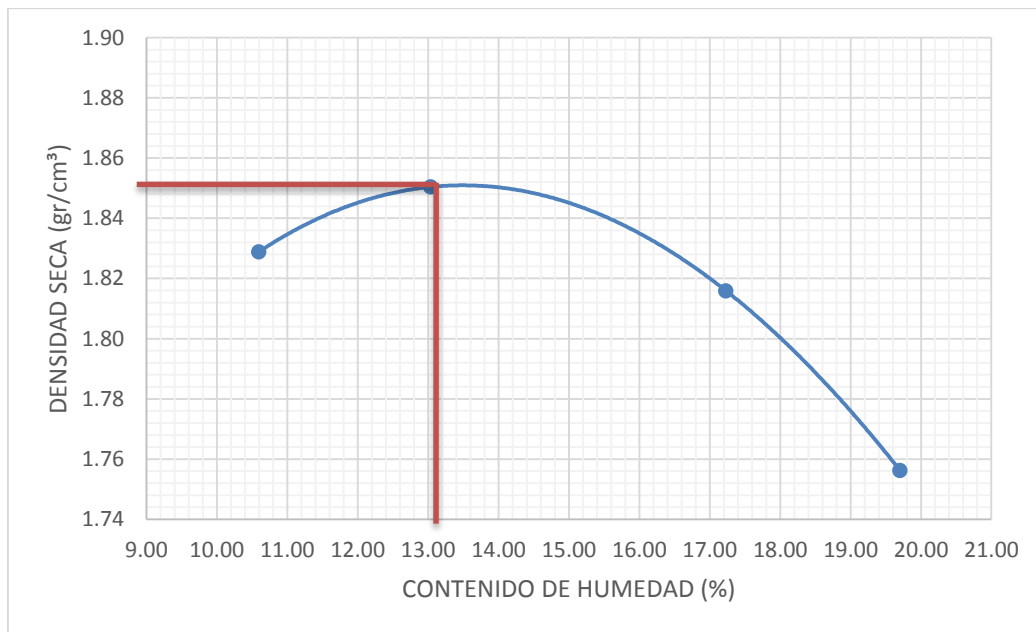


Gráfico N° 5. Contenido óptimo de humedad para adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

$$D_{sm\acute{a}x} = 1.855 \text{ gr/cm}^3$$

$$W_{op} = 13.20 \%$$

Tabla 14. Proctor modificado para adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1.00		2.00		3.00		4.00	
A	Peso de molde	gr	4180.00	4180.00	4180.00	4180.00	4180.00	4180.00	4180.00	4180.00
B	Pmh + molde	gr	6120.00	6145.00	6145.00	6175.00	6175.00	6175.00	6140.00	6140.00
C	Pmh (gr)	gr	1940.00	1965.00	1965.00	1995.00	1995.00	1995.00	1960.00	1960.00
D	Vmh (cm ³)	cm ³	941.84	941.84	941.84	941.84	941.84	941.84	941.84	941.84
F	Dh (Gr/cm ³)	gr/cm ³	2.06	2.09	2.09	2.12	2.12	2.12	2.08	2.08
G	Recipiente N°	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Pt (gr)	gr	27.30	26.90	27.40	65.00	27.30	85.00	27.60	72.70
I	Pmh + tara (gr)	gr	143.90	120.20	120.80	192.70	131.80	202.80	122.10	195.60
J	Pms + tara (gr)	gr	132.10	110.40	110.70	178.80	117.80	187.10	108.00	177.50
K	Pw (gr)	gr	11.80	9.80	10.10	13.90	14.00	15.70	14.10	18.10
L	Pms (gr)	gr	104.80	83.50	83.30	113.80	90.50	102.10	80.40	104.80
M	W (%)	%	11.26	11.74	12.12	12.21	15.47	15.38	17.54	17.27
N	W. prom (%)	%	11.50		12.17		15.42		17.40	
O	Ds (Gr/cm ³)	gr/cm ³	1.85		1.86		1.84		1.77	

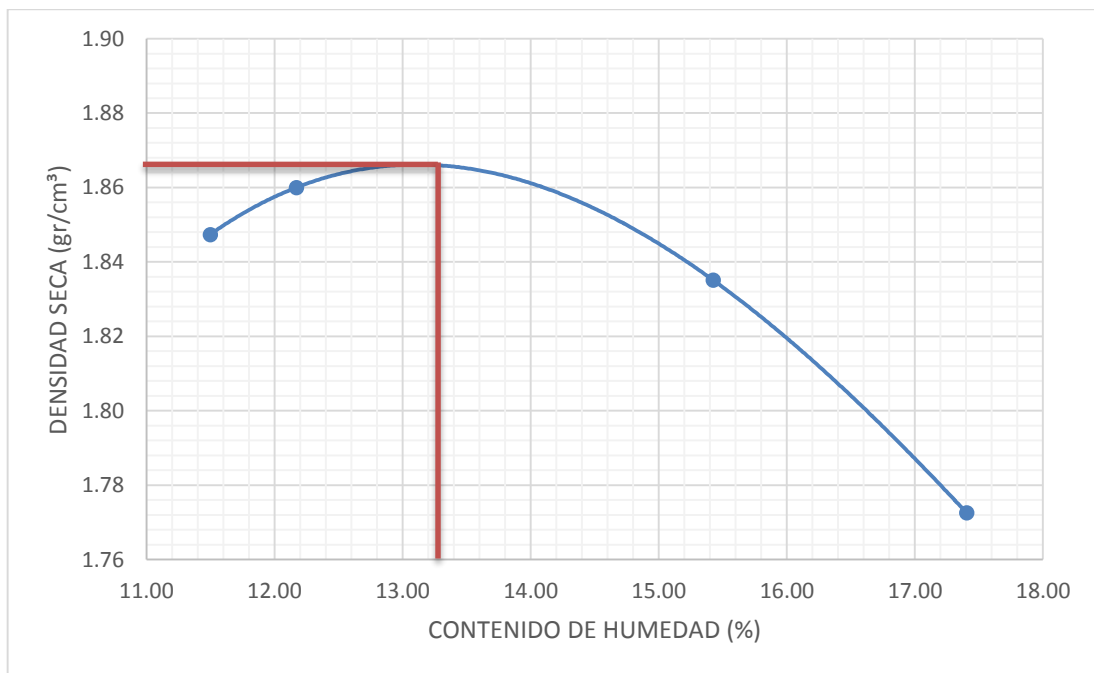


Gráfico N° 6. Contenido óptimo de humedad para adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

$$D_{sm\acute{a}x} = 1.868 \text{ gr/cm}^3$$

$$W_{op} = 13.30 \%$$

Tabla 15. Proctor modificado para adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1.00		2.00		3.00		4.00	
A	Peso de molde	gr	4180.00	4180.00	4180.00	4180.00	4180.00	4180.00	4180.00	4180.00
B	Pmh + molde	gr	6110.00	6135.00	6135.00	6165.00	6165.00	6165.00	6160.00	6160.00
C	Pmh (gr)	gr	1930.00	1955.00	1955.00	1985.00	1985.00	1985.00	1980.00	1980.00
D	Vmh (cm ³)	cm ³	941.84	941.84	941.84	941.84	941.84	941.84	941.84	941.84
F	Dh (Gr/cm ³)	gr/cm ³	2.05	2.08	2.08	2.11	2.11	2.11	2.10	2.10
G	Recipiente N°	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Pt (gr)	gr	85.00	27.20	27.40	65.00	27.60	72.70	27.40	27.20
I	Pmh + tara (gr)	gr	247.70	102.10	123.90	190.70	130.30	183.70	136.60	221.50
J	Pms + tara (gr)	gr	229.10	93.50	111.60	176.20	116.00	167.40	120.10	193.00
K	Pw (gr)	gr	18.60	8.60	12.30	14.50	14.30	16.30	16.50	28.50
L	Pms (gr)	gr	144.10	66.30	84.20	111.20	88.40	94.70	92.70	165.80
M	W (%)	%	12.91	12.97	14.61	13.04	16.18	17.21	17.80	17.19
N	W. prom (%)	%	12.94		13.82		16.69		17.49	
O	Ds (Gr/cm ³)	gr/cm ³	1.81		1.82		1.81		1.79	

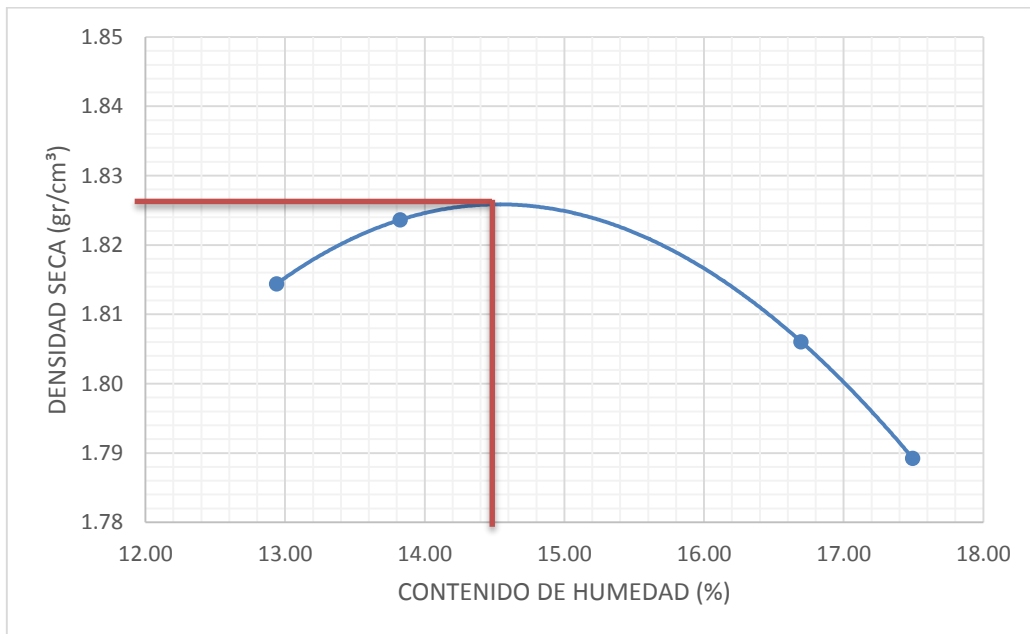


Gráfico N° 7. Contenido óptimo de humedad para adobe comprimida con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

$$D_{smáx} = 1.826 \text{ gr/cm}^3$$

$$W_{op} = 14.50 \%$$

Tabla N° 16. *Resumen de contenido óptimo de humedad.*

TIPO DE ADOBE	CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD (%)
Adobe patrón	12.20
1 (in) de paja toquilla	13.20
2 (in) de paja toquilla	13.30
3 (in) de paja toquilla	14.50

Evaluación de propiedades mecánicas de las unidades de adobe compactado.

4.1.5. Resistencia a compresión axial.

Tabla N° 17. *Resistencia a compresión axial de adobe patrón.*

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN (mm)
1	5188	23.38	4.75
2	6793	30.82	3.55
3	4826	21.89	3.65
4	6309	28.81	4.03
5	4996	22.82	4.94
6	6057	27.29	4.38
7	5750	25.73	4.81
8	5126	22.95	4.52
PROMEDIO	5631	25.46	4.33

$$\sigma = 3.247$$

$$f'b = 22.215 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla N° 18. Resistencia a compresión axial de adobes compactados con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN (mm)
1	8240	37.38	5.68
2	9136	41.16	6.82
3	9456	42.60	5.64
4	8221	37.31	5.97
5	6858	31.11	5.73
6	6671	29.86	5.56
7	8954	40.62	5.84
8	8358	37.91	6.06
PROMEDIO	8237	37.24	5.91

$$\sigma = 4.599$$

$$f'b = 32.643 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla N° 19. Resistencia a compresión axial de adobes compactados con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN (mm)
1	8735	39.62	6.44
2	5567	25.60	4.54
3	5900	26.41	4.23
4	7559	34.30	5.64
5	9050	40.78	6.39
6	8470	38.95	6.59
7	8458	38.37	5.93
8	7822	35.25	5.68
PROMEDIO	7695	34.91	5.68

$$\sigma = 5.909$$

$$f'b = 29.000 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla N° 20. *Resistencia a compresión axial de adobes compactados con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.*

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN (mm)
1	7150	32.66	7.81
2	6411	28.88	5.49
3	7698	35.16	6.44
4	7148	32.21	6.49
5	6859	30.91	5.65
6	7811	35.19	5.61
7	7412	33.63	7.18
8	7586	34.43	5.33
<i>PROMEDIO</i>	7259	32.88	6.25

$$\sigma = 2.200$$

<i>f'b = 30.684 kg/cm²</i>
--

Tabla 21. *Resumen de resistencia a la compresión axial adobes compactados.*

TIPO DE ADOBE	F'b (kg/cm ²)
Adobe patrón	22.215
1 (in) de paja toquilla	32.643
2 (in) de paja toquilla	29.000
3 (in) de paja toquilla	30.684

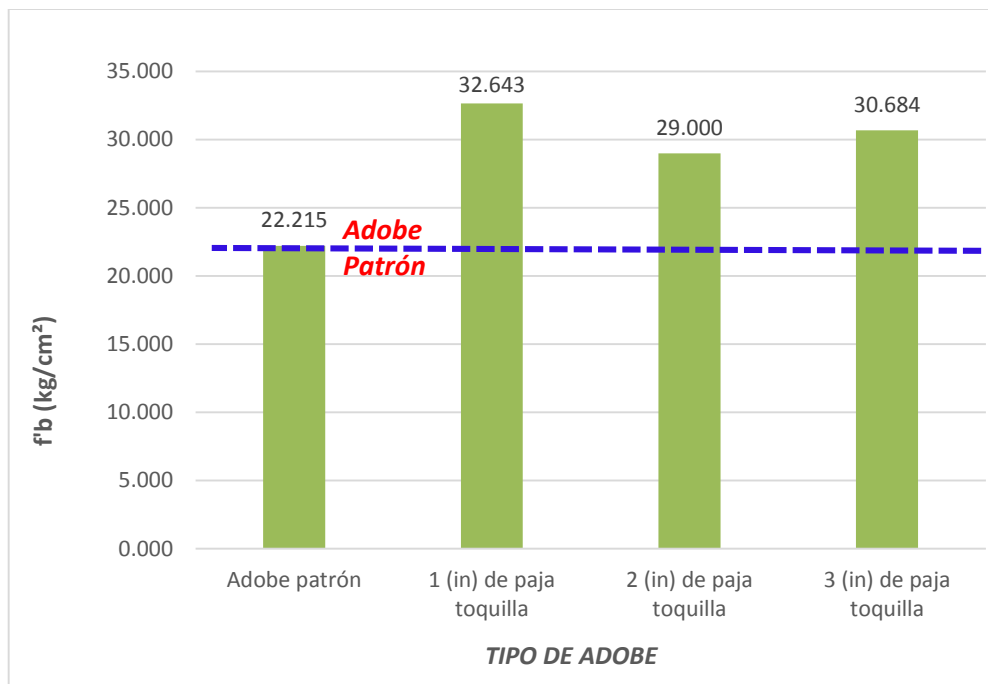


Gráfico N° 8. Resumen de resistencia a la compresión axial de adobes compactados.

Según el gráfico 8 de resistencia a compresión axial de adobes compactados, se obtuvo 32.643 kg/cm² para la adición de 1 pulgada, 29.00 kg/cm² para la adición de 2 pulgadas y 30.684 kg/cm² para la adición de 3 pulgadas de paja toquilla, que representa un incremento de 40.93%, 30.54%, 30.10% respectivamente con respecto a la muestra patrón que se obtuvo una resistencia de 22.215 kg/cm².

4.1.6. Resistencia a flexión.

Tabla N° 22. Resistencia a flexión de adobe patrón.

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN (mm)
1	1400	24.74	2.67
2	1107	20.08	2.45
3	585	11.17	1.97
4	1275	22.53	3.05
5	1073	20.63	1.89
6	973	17.88	2.68
PROMEDIO	1069	19.51	2.45

$$\sigma = 4.696$$

$$Mr = 14.810 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 23. Resistencia a flexión de adobes compactados con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN (mm)
1	1741	30.38	3.49
2	1935	33.32	2.79
3	1001	18.62	1.96
4	1298	24.95	2.69
5	994	18.73	2.29
6	597	11.33	1.81
PROMEDIO	1261	22.89	2.51

$$\sigma = 7.715$$

$$Mr = 15.491 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 24. Resistencia a flexión de adobes compactados con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN (mm)
1	1277	23.91	2.45
2	1003	19.28	1.99
3	1789	30.81	3.89
4	1061	18.75	2.11
5	1629	29.73	3.15
6	981	17.56	2.31
PROMEDIO	1290	23.34	2.65

$$\sigma = 5.793$$

$$Mr = 17.548 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla N° 25. Resistencia a flexión de adobes compactados con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

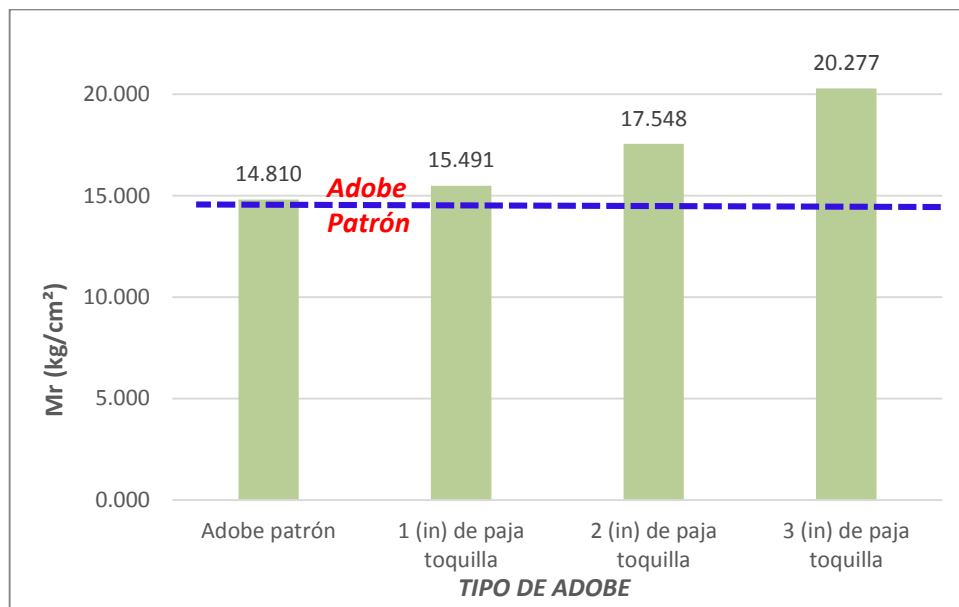
MUESTRA	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN (mm)
1	1256	23.21	2.56
2	1247	23.81	2.45
3	1710	31.20	3.23
4	1490	26.33	3.12
5	983	18.53	1.86
6	1268	23.59	2.32
PROMEDIO	1326	24.45	2.59

$$\sigma = 4.170$$

$$Mr = 20.277 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla N° 26. Resumen de resistencia a flexión de adobes compactados.

TIPO DE ADOBE	Mr (kg/cm ²)
Adobe patrón	19.507
1 (in) de paja toquilla	22.890
2 (in) de paja toquilla	23.341
3 (in) de paja toquilla	24.447



. Gráfico N° 9. Resumen de resistencia a flexión de adobes compactados.

Según el gráfico 9 de resistencia a flexión de adobes compactados, se obtuvo 22.89 kg/cm² para la adición de 1 pulgada, 23.341 kg/cm² para la adición de 2 pulgadas y 24.447 kg/cm² para la adición de 3 pulgadas de paja toquilla, que representa un incremento de 17.34%, 19.65%, 25.32% respectivamente con respecto a la muestra patrón que se obtuvo una resistencia de 19.507 kg/cm².

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

5.1.1. Resistencia a la Compresión axial.

Los bloques de tierra comprimida sin ninguna adición (adobe patrón) sometidos a compresión axial, tienen una resistencia de 22.215 kg/cm², la cual logra superar en más de dos veces el valor que especifica el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E-080, 2017 que especifica que la resistencia última mínima a compresión axial es de 10.2 kg/cm².

Los bloques de tierra comprimida con adición de paja toquilla incrementa su resistencia en un 38.5% con respecto al adobe patrón, ya que, alcanza una resistencia a compresión axial de 30.78 kg/cm² y el adobe patrón tiene una resistencia de 22.215 kg/cm².

Además, los adobes con adición de 1 pulgada de paja toquilla alcanza una resistencia de 32.643 kg/cm², la cual es mayor que los adobes elaborados con 2 y 3 pulgadas de paja toquilla que alcanzan una resistencia de 29.00 kg/cm² y 30.684 kg/cm² respectivamente, por motivo que al ser menor el tamaño de la paja toquilla, esta tiene mejor distribución en el adobe y al ser de mayor tamaño la paja toquilla tiende a mezclarse entre sí con mayor facilidad, lo cual, disminuye su resistencia del adobe.

En la investigación realizada por Carcedo en el año 2012 en Madrid – España al agregar nanosílice logro una resistencia de 45,54 kg/cm² del bloque de tierra comprimida, sin embargo, al adicionar paja toquilla al adobe se logró una resistencia máxima de 42.60 kg/cm².

Además, en la investigación de Montes en el año 2009 realizada en Oaxaca – México, incorporando fibra de bagazo en una concentración de 1% y con longitud de 25 mm,

se incrementó la resistencia a la compresión en 24,12% con respecto al adobe patrón con un valor de 8,51 MPa = 86.778 kg/cm², sin embargo, agregando 1 pulgada de paja toquilla se logró incrementar la resistencia en un 47.13% con un valor de 32.684 kg/cm².

En la investigación realizada por Carhuanambo en el año 2016, en Cajamarca al adicionar viruta obtuvo una resistencia mínima a compresión axial de 28.04 kg/cm² incrementando en un 32.45% del adobe patrón, muy similar que al adicionar paja toquilla que obtuvimos una resistencia mínima de 29.00 kg/cm² logrando incrementar en un 30.54% con respecto al adobe patrón o convencional.

5.1.2. Resistencia a la Flexión.

Los bloques de tierra comprimida con adición de paja toquilla incrementa su resistencia en un 20% con respecto al adobe patrón, ya que, alcanza una resistencia a flexión de 17.77 kg/cm² y el adobe patrón tiene una resistencia de 14.81 kg/cm².

Los adobes con adición de 3 pulgadas de paja toquilla alcanza una resistencia de 20.277 kg/cm², la cual es mayor que los adobes elaborados con 1 y 2 pulgadas de paja toquilla que alcanzan una resistencia de 15.491 kg/cm² y 17.548 kg/cm² respectivamente, por motivo que la fibra de paja toquilla al ser de mayor longitud actúa como refuerzo en el adobe y así evita la ruptura.

En la investigación de Montes en el año 2009, en la resistencia a la flexión hubo un incremento de 7,86% con respecto al adobe compactado sin fibra con un valor de 0,60 MPa = 6.118 kg/cm² al incorporarle fibra con una concentración de 0,75% y longitud de 25 mm, de manera que, al agregar 3 pulgadas de paja toquilla se logró incrementar la resistencia en un 36.91% con un valor de 20.277 kg/cm².

En la investigación realizada por Carhuanambo en el año 2016, en Cajamarca al adicionar viruta obtuvo una resistencia mínima a flexión de 19,38 kg/cm² incrementando en un 7.03% del adobe patrón, en esta investigación la resistencia mínima a flexión es de 15.491 kg/cm² logrando incrementar en un 4.60% con respecto al adobe patrón.

4.2 Conclusiones

1. La hipótesis se cumple parcialmente, ya que, los ensayos demostraron que el incremento de la resistencia a compresión axial al agregar paja toquilla es de 38.5% no cumpliendo con la hipótesis planteada que es de 25%, en cambio, en el ensayo de flexión el incremento de la resistencia es de 20%, cumpliendo la hipótesis.
2. El tipo de suelo empleado para la elaboración de adobes compactados en base al análisis granulométrico y límites de consistencia es un CL; Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media según clasificación de suelos SUCS.
3. La adición de paja toquilla de 1, 2 y 3 pulgadas alcanza una resistencia compresión axial de 32.643 kg/cm², 29.00 kg/cm² y 30.684 kg/cm² respectivamente con un incremento de 38.5% con respecto a la muestra patrón que se obtuvo una resistencia de 22.215 kg/cm².
4. En la resistencia a flexión se obtuvo 15.491 kg/cm² para la adición de 1 pulgada, 17.548 kg/cm² para la adición de 2 pulgadas y 20.277 kg/cm² para la adición de 3 pulgadas de paja toquilla con un incremento de 20% con respecto a la muestra patrón que se obtuvo una resistencia de 14.81 kg/cm².

REFERENCIAS

1. Algara Siller, M., Cárdenas Martínez, Á. I., Arista González, G. J., & Rodríguez Hernández, J. A. (2012). Diseño de bloques de suelo estabilizado para uso urbano en San Luis Potosí. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: https://www.researchgate.net/profile/Marcos_Algara-Siller/publication/233578704_Diseño_de_bloques_de_suelo_estabilizado_para_uso_urbano_en_San_Luis_Potosi/links/0fcfd50ab94e9b906c000000.pdf
2. *ARTESanal - Celendín, tierra de sombreros, (2013)*. Escuela Superior de Arte Mario Arteaga Alvarado, Cajamarca. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: <http://cajamarcaesarte.blogspot.pe/2013/04/artesanal-celendin-tierra-de-sombreros.html>
3. ASTM D 157 2000, (2004). Asociación Americana de Ensayo de Materiales (ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS). Lima.
4. Cobeña Moreira, G. (S/f). La paja toquilla y sus nuevos usos. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: <https://educaciongeneralbasica1.wordpress.com/grupo-7/multimedia-y-otros-2/la-paja-toquilla-y-sus-nuevos-usos/>
5. Barros, L. P., & Imhoff, F. A. (2010). Resistencia sísmica del suelo-cemento pos tensado en construcciones de baja complejidad geométrica. Chile: Universidad Técnica Federico Santa María.
6. Benites Zapata, V. (2017). Adobe estabilizado con extracto de cabuya. En línea el 04 de septiembre de 2017, disponible: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2993/ICI_237.pdf?sequence=1
7. Bestraten, S., Hormías, E., & Altemir, A. (2010). Construcción con tierra en el siglo XXI. En línea el 04 de septiembre de 2017, disponible: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/1248/1333>
8. Bolaños Rodríguez, J. (2016). Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10482/Bola%C3%B1os%20Rodr%C3%ADguez%20Juan.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
9. Caballero, M., & Silva Santos, L. (2010). Resistencia mecánica del adobe compactado incrementada por bagazo de agave. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: http://somim.org.mx/articulos2010/memorias/memorias2010/A3/A3_221.pdf
10. Carcedo Fernández, M. (2012). Resistencia a compresión de bloques de tierra comprimida estabilizada con materiales de sílice de diferente tamaño de partículas. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: http://oa.upm.es/10672/3/TESIS_MASTER_MIGUEL_CARCEDO_FERNANDEZ.pdf

11. Carhuanambo Villanueva, J. T. (2016). Propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado con adición de viruta y aserrín, Cajamarca. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/7328/CARHUANAMBO%20VILLANUEVA%20Jhenifer%20Thajana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
12. Crespo Villalaz. (1980). Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Monterrey.
13. Gonzales, J. (2005). LIBRO "Geotecnia". Barcelona.
14. Guerrero, L. (2007). Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: https://www.academia.edu/19897425/Arquitectura_en_tierra._Hacia_la_recuperaci%C3%B3n_de_una_cultura_constructiva
15. Juárez, E., & Rico, A. (2005). Mecánica de Suelos - Fundamentos de la Mecánica de Suelos. México.
16. INEI. (2015). Instituto Nacional de Estadística e Informática. Lima-Perú.
17. Lou Ma, R. (1981). Manual para la construcción de la CETA - RAM. En línea el 08 de septiembre de 2017, <http://brickandpress.com/d/714279/d/la-bloquera-ceta-ram.pdf>
18. Maldonado, L., Castilla, F., & Vela, F. (2001). Rendimiento y coste energético en la construcción de cerramientos de fábrica de adobe y bloque de tierra comprimida. España: Centro de Investigación de Arquitectura Tradicional. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewFile/669/751>
19. Montes Bernabé, J. L. (diciembre de 2009). Estudio del efecto de la fibra de bagazo de agave angustifolia HAW en la resistencia a flexión y compresión del adobe compactado. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/8292/ESTEFECFIB.pdf?sequence=1>
20. Morales Domínguez, V. J., Ortiz Guzmán, M., & Alavéz Ramírez, R. (2007). Mejoramiento de las propiedades mecánicas del adobe compactado. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: http://www.ciidiroaxaca.ipn.mx/revista/sites/www.ciidiroaxaca.ipn.mx.revista/files/pdf/vol5num1/mejoramiento_propiedades.pdf
21. Morales R., Cabrejos R., Rengifo L. & Candiotti C. (1993) Manual para la construcción de viviendas de adobe. CISMID-FIC-UNI. Lima, Perú. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: http://www.comitesromero.org/tarragona/fichas/casa_adobe_texto.pdf
22. Mosquera González, H. Y. (2016). Mejoramiento de revoque a base de arcilla aplicable en muros de adobe mampostería de ladrillo. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: <dspace.utpl.edu.ec/.../MOSQUERA%20GONZÁLEZ%20HARLENE%20YASMIN.pdf>

23. Nitzkin, R. (2016). Red de construcción con Paja. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: <http://www.casasdepaja.org/wiki/historia-paja/item/334-historia>
24. NTP. 339.078. (1999). Norma Técnica Peruana. Resistencia a la Flexión o Módulo de rotura. Lima- Perú:
25. NTP 339.127. (1999). Método de prueba normalizado para la determinación del contenido de humedad. Lima - Perú.
26. NTP 339.128. (1999). Método de ensayo para determinar el análisis granulométrico. Lima - Perú.
27. NTP 339.129. (1999). Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. Lima-Perú.
28. NTP 339.134. (1999). Método de clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS). Lima - Perú.
29. NTP 339.141. (1999). Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada. Lima - Perú.
30. NTP. 399.613. (2003). Métodos de Muestreo y ensayo de unidades de albañilería. Lima- Perú.
31. NTP 400.012. (2001). Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima - Perú.
32. Norma UNE 41410, (2008). Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: http://www.bioarkiteco.com/uploads/1/1/3/2/11328176/ UNE_414102008.pdf
33. Periódico cultural Vistazo (2016). La cuna de la toquilla. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: <http://www.vistazo.com/seccion/cultura/la-cuna-de-la-toquilla>
34. Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E-030, Diseño sismo resistente (2016). Norma Técnica de Edificación. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: <http://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-supremo-que-modifica-la-norma-tecnica-e030-diseno-decreto-supremo-n-003-2016-vivienda-1337531-1>
35. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E-080 Diseño y construcción con tierra reforzada, (2017). Norma Técnica de Edificación. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=3478>
36. Ríos Pérez, E. (2010). Efecto de la Adición de Látex natural y Jabón en la resistencia mecánica y absorción del adobe compactado. Oaxaca. En línea el 25 de septiembre de 2017, disponible: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10621/199.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
37. Rojas Cruzatti, B. M., & Sisalema Morejón, L. A. (2007). Proyecto de producción, comercialización y exportación de artesanías de paja toquilla en la Península de Santa Elena. Guayaquil – Ecuador. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1533/1/3088.pdf>

38. Sánchez Puerta, K. Y. (2010). PROPUESTA DE ADITIVOS NATURALES Y MICROFIBRAS DE. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/506>
39. Sanchis Mullor, F. (2011). La arquitectura de tierra. Evolución a través de la historia. Valencia. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: <https://riUNET.upv.es/bitstream/handle/10251/14222/LA%20ARQUITECTURA%20DE%20TIERRA.%20EVOLUCI%C3%93N%20A%20TRAV%C3%89S%20DE%20LA%20HISTORIA.%28DEFINITIVO%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
40. Vaca López, & Bolívar, J. (2007). Evaluación de tres sistemas del blanqueo aplicables a la fibra paja toquilla empleada en la elaboración de artesanías en la comuna Barcelona. Guayaquil - Ecuador: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química. En línea el 08 de septiembre de 2017, disponible: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/1606>
41. Valencia Quirumbay, M. E. (2013). Plan de asociatividad para las microempresarias, dedicadas a la elaboración de artesanías con paja toquilla, en la comuna Barcelona, cantón Santa Elena provincia de Santa Elena, año 2012, Santa Elena - Ecuador. En línea el 25 de septiembre de 2017, disponible: <http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/816/1/149,-VALENCIA%20QUIRUMBAY%20MIGUEL.pdf>

ANEXOS

ANEXOS N° 1. FICHA TÉCNICA DE LA PAJA TOQUILLA

	características de la planta	
	Nombre comercial	Paja toquilla
	Nombre científico	Carludovica palmata
	Otros nombres	Jipijapa, Lucaina, Lucua; Palmiche, Cestillo, nacuma, Rabihorcado, Murrapo, Alagua. Localmente es conocida como rampira
	Especie	Palmera
	Familia	Ciclantáceas
	Orden	Espatífloras
	lugar de cultivo	En las zonas montañosas de la costa y oriente ecuatoriano en las provincias de Guayas, Manabí, Esmeraldas y Morona Santiago
	características antes de ser procesada	Planta que carece de tronco, su raíz es un tubérculo similar a la papa, del cual nacen los peciolo que llegan a medir hasta tres metros de alto (Valencia, 2013).
	características después de ser procesada	Después de ser procesada la planta se obtiene fibras resistentes de color crema de aproximadamente 1 mm de diámetro, lo que permite obtener productos del tipo artesanal, tales como sombreros, carteras cestas, bolsos, etc.

ANEXO N° 2. PANEL FOTOGRÁFICO



Figura N° 36. local donde se obtuvo el desperdicio de paja toquilla.



Figura N° 37. peso de muestras para determinar contenido de humedad.



Figura N° 38. ensayo de límites de consistencia.



Figura N° 39. adición de agua para realizar el ensayo de proctor modificado.



Figura N° 40. compactación de proctor modificado con 25 golpes y 5 capas.

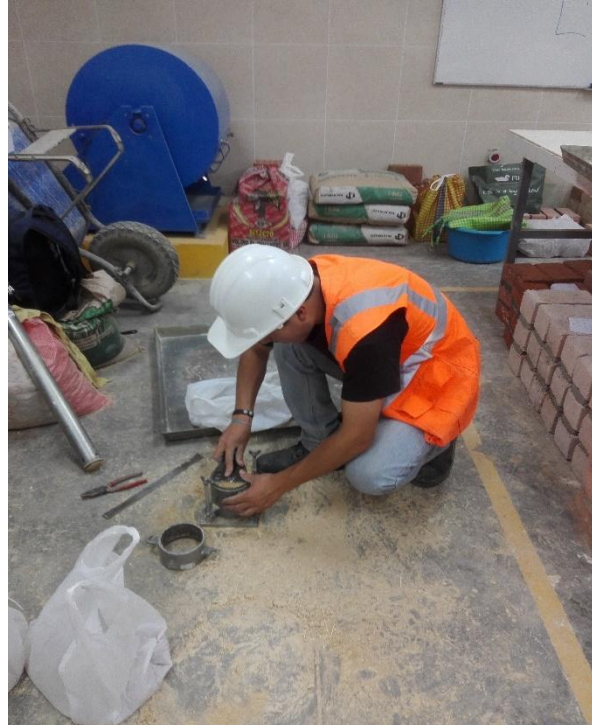


Figura N° 41. enrasado de la muestra en el molde cilíndrico.



Figura N° 42. elaboración de adobes compactados con la maquina CINVA RAM.



Figura N° 43. medición de las aristas de adobes.



Figura N° 44. Falla del adobe sometido a compresión axial.



Figura N° 45. realización de ensayo de resistencia a flexión con coordinador de laboratorio.

ANEXOS N° 3. ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS

5.2. Contenido de humedad.

Tabla N° 27. Contenido de humedad.

CONTENIDO DE HUMEDAD					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara				
B	Peso del Recipiente	gr	27.30	27.60	27.50
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	204.20	191.90	191.10
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	188.80	176.50	177.70
E	Peso del suelo húmedo (Ww) C - D	gr	15.40	15.40	13.40
F	Peso Suelo Seco (Ws) D - B	gr	161.50	148.90	150.20
W%	Porcentaje de humedad (E / F) * 100	%	9.54	10.34	8.92
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	9.60		

5.3. Límites de Consistencia o de Atterberg.

Tabla N° 28. Límite líquido.

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	identificación de Recipiente	N°			
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	42.40	41.50	43.50
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	38.40	37.90	39.40
D	Peso de Recipiente	gr	27.40	27.50	27.20
E	Peso del Agua	gr	4.00	3.60	4.10
F	Peso Suelo Seco	gr	11.00	10.40	12.20
G	Número de Golpes	N	11.00	20.00	32.00
H	Contenido de Humedad	%	36.36	34.62	33.61

Tabla N° 29. Límite plástico.

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	identificación de Recipiente	N°		
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	46.60	41.70
C	Suelo Seco + Tara	gr	42.90	39.00
D	Peso de Tara	gr	27.20	26.90
E	Peso del Agua	gr	3.70	2.70
F	Peso Suelo Seco	gr	15.70	12.10
G	Contenido de Humedad	%	23.57	22.31
H	Promedio Límite Plástico		22.94	

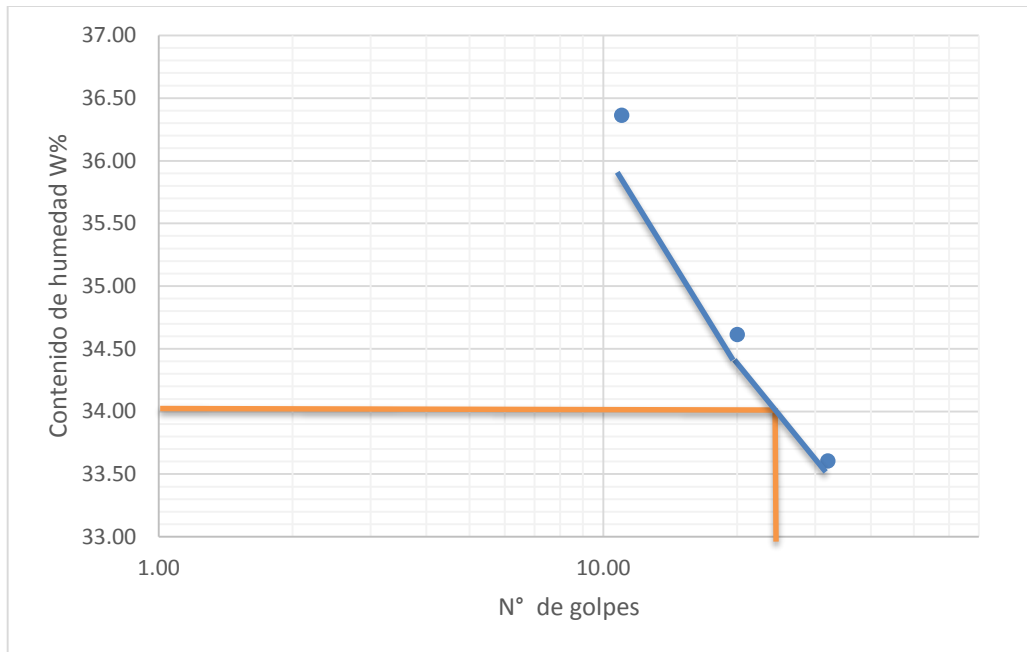


Gráfico N° 10, Límite líquido.

5.4. Análisis granulométrico.

Tabla N° 30. Análisis granulométrico.

Peso de muestra seca; Ws	500.00 gr
---------------------------------	-----------

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% RP	%RA	% que pasa
N° 4	4.760	3.90	0.78	0.78	99.22
N°10	2.000	37.80	7.56	8.34	91.66
N°20	0.840	46.40	9.28	17.62	82.38
N°30	0.590	20.70	4.14	21.76	78.24
N°40	0.420	17.60	3.52	25.28	74.72
N°60	0.250	28.40	5.68	30.96	69.04
N°100	0.150	28.90	5.78	36.74	63.26
N°200	0.074	29.70	5.94	42.68	57.32
Perdida	Lavado	286.60	57.32	100.00	0.00
Total		500.00	100.00		

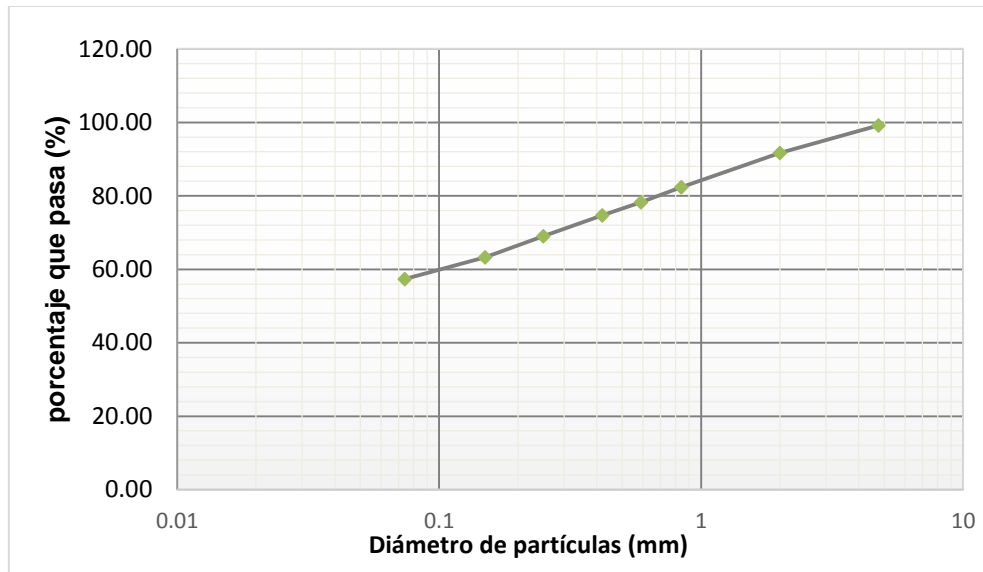
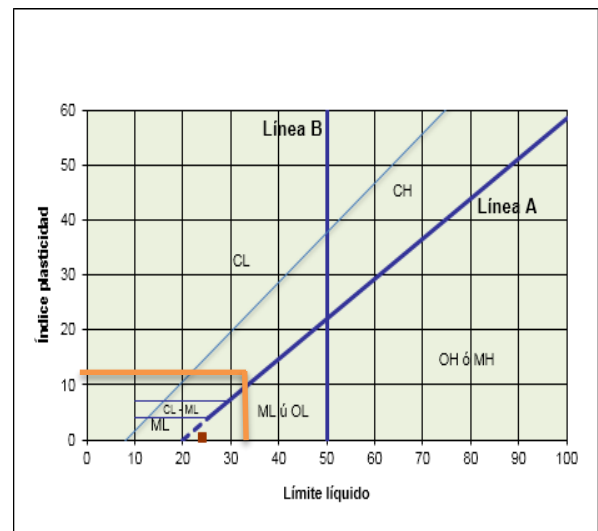


Gráfico N° 11. Curva granulométrica.

5.5. Clasificación de suelos

SUELOS DE GRANO FINO. Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	ML Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
		CL Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
		OL Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.
	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50	MH Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.
		CH Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.
		OH Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.
Suelos muy orgánicos	PT Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.	



5.6. Proctor modificado (método “A”).

Tabla N° 31. Proctor modificado de adobe patrón.

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1.00		2.00		3.00		4.00	
A	Peso de molde	gr	4190.00	4190.00	4190.00	4190.00	4190.00	4190.00	4190.00	4190.00
B	Pmh + molde	gr	6130.00	6235.00	6235.00	6285.00	6285.00	6285.00	6260.00	6260.00
C	Pmh (gr)	gr	1940.00	2045.00	2045.00	2095.00	2095.00	2095.00	2070.00	2070.00
D	Vmh (cm ³)	cm ³	941.84	941.84	941.84	941.84	941.84	941.84	941.84	941.84
F	Dh (Gr/cm ³)	gr/cm ³	2.06	2.17	2.17	2.22	2.22	2.22	2.20	2.20
G	Recipiente N°	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Pt (gr)	gr	27.30	26.90	27.60	72.70	27.40	65.00	27.30	85.00
I	Pmh + tara (gr)	gr	196.20	197.80	168.20	288.20	136.20	218.60	158.60	216.50
J	Pms + tara (gr)	gr	182.80	184.50	154.60	267.10	123.80	200.90	141.70	199.60
K	Pw (gr)	gr	13.40	13.30	13.60	21.10	12.40	17.70	16.90	16.90
L	Pms (gr)	gr	155.50	157.60	127.00	194.40	96.40	135.90	114.40	114.60
M	W (%)	%	8.62	8.44	10.71	10.85	12.86	13.02	14.77	14.75
N	W. prom (%)	%	8.53		10.78		12.94		14.76	
O	Ds (Gr/cm ³)	gr/cm ³	1.90		1.96		1.97		1.92	

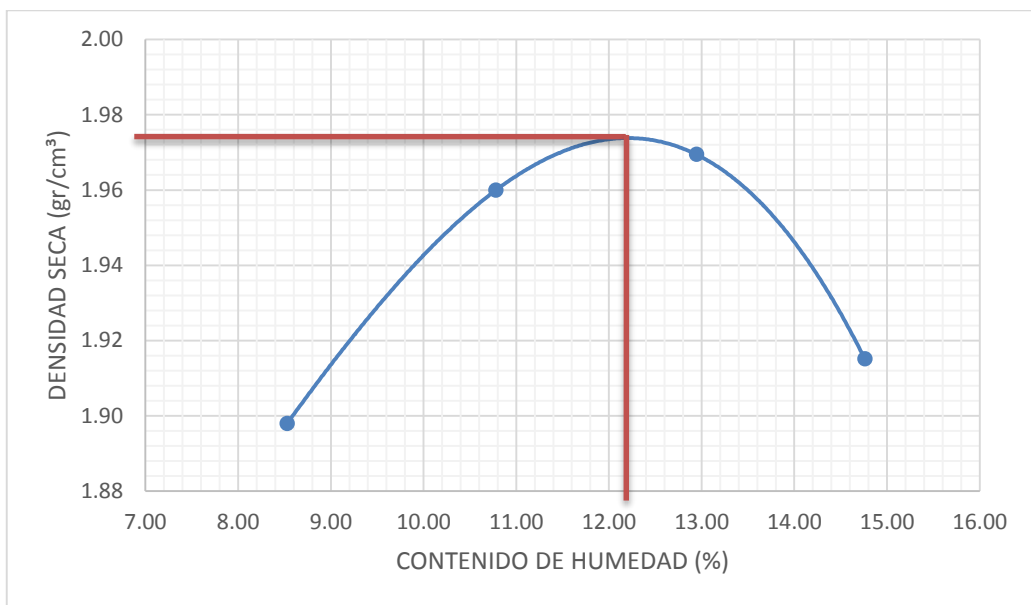


Gráfico N° 12. Contenido óptimo de humedad para adobe patrón.

$$D_{sm\acute{a}x} = 1.975 \text{ gr/cm}^3$$

$$W_{op} = 12.20 \%$$

Tabla N° 32. Proctor modificado para adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1.00		2.00		3.00		4.00	
A	Peso de molde	gr	4180.00	4180.00	4180.00	4180.00	4180.00	4180.00	4180.00	4180.00
B	Pmh + molde	gr	6085.00	6150.00	6150.00	6185.00	6185.00	6185.00	6160.00	6160.00
C	Pmh (gr)	gr	1905.00	1970.00	1970.00	2005.00	2005.00	2005.00	1980.00	1980.00
D	Vmh (cm ³)	cm ³	941.84	941.84	941.84	941.84	941.84	941.84	941.84	941.84
F	Dh (Gr/cm ³)	gr/cm ³	2.02	2.09	2.09	2.13	2.13	2.13	2.10	2.10
G	Recipiente N°	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Pt (gr)	gr	27.30	26.90	27.40	65.00	27.60	72.70	27.40	27.20
I	Pmh + tara (gr)	gr	155.60	224.70	118.90	171.40	137.90	172.40	135.10	117.30
J	Pms + tara (gr)	gr	141.70	208.30	107.20	160.50	122.30	157.20	117.70	102.20
K	Pw (gr)	gr	13.90	16.40	11.70	10.90	15.60	15.20	17.40	15.10
L	Pms (gr)	gr	114.40	181.40	79.80	95.50	94.70	84.50	90.30	75.00
M	W (%)	%	12.15	9.04	14.66	11.41	16.47	17.99	19.27	20.13
N	W. prom (%)	%	10.60	13.04	13.04	13.04	17.23	17.23	19.70	19.70
O	Ds (Gr/cm ³)	gr/cm ³	1.83	1.85	1.85	1.85	1.82	1.82	1.76	1.76

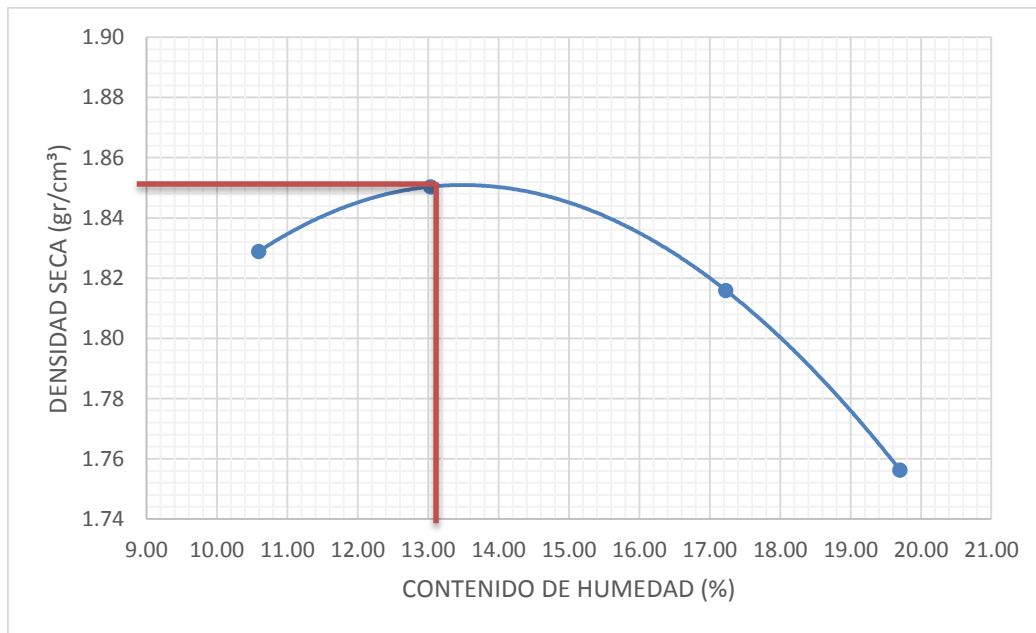


Gráfico N° 13. Contenido óptimo de humedad para adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

$$D_{sm\acute{a}x} = 1.855 \text{ gr/cm}^3$$

$$W_{op} = 13.20 \%$$

Tabla N° 33. Proctor modificado para adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1.00		2.00		3.00		4.00	
A	Peso de molde	gr	4180.00		4180.00		4180.00		4180.00	
B	Pmh + molde	gr	6120.00		6145.00		6175.00		6140.00	
C	Pmh (gr)	gr	1940.00		1965.00		1995.00		1960.00	
D	Vmh (cm ³)	cm ³	941.84		941.84		941.84		941.84	
F	Dh (Gr/cm ³)	gr/cm ³	2.06		2.09		2.12		2.08	
G	Recipiente N°	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Pt (gr)	gr	27.30	26.90	27.40	65.00	27.30	85.00	27.60	72.70
I	Pmh + tara (gr)	gr	143.90	120.20	120.80	192.70	131.80	202.80	122.10	195.60
J	Pms + tara (gr)	gr	132.10	110.40	110.70	178.80	117.80	187.10	108.00	177.50
K	Pw (gr)	gr	11.80	9.80	10.10	13.90	14.00	15.70	14.10	18.10
L	Pms (gr)	gr	104.80	83.50	83.30	113.80	90.50	102.10	80.40	104.80
M	W (%)	%	11.26	11.74	12.12	12.21	15.47	15.38	17.54	17.27
N	W. prom (%)	%	11.50		12.17		15.42		17.40	
O	Ds (Gr/cm ³)	gr/cm ³	1.85		1.86		1.84		1.77	

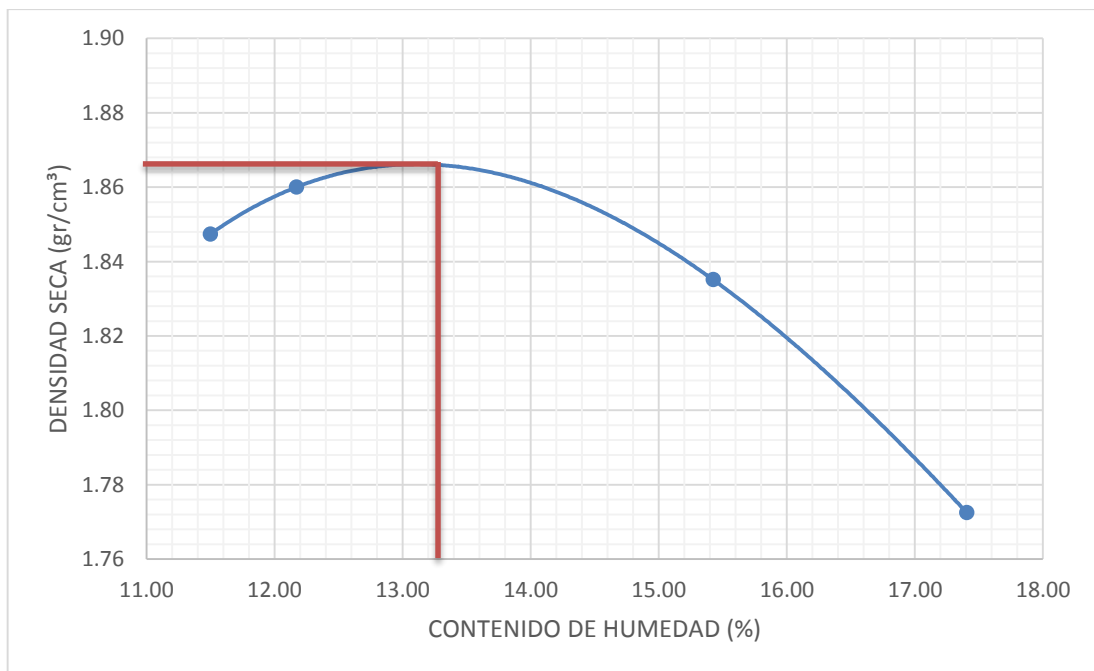


Gráfico N° 14. Contenido óptimo de humedad para adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

$$D_{s\text{máx}} = 1.868 \text{ gr/cm}^3$$

$$W_{op} = 13.30 \%$$

Tabla N° 34. Proctor modificado para adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1.00		2.00		3.00		4.00	
A	Peso de molde	gr	4180.00		4180.00		4180.00		4180.00	
B	Pmh + molde	gr	6110.00		6135.00		6165.00		6160.00	
C	Pmh (gr)	gr	1930.00		1955.00		1985.00		1980.00	
D	Vmh (cm ³)	cm ³	941.84		941.84		941.84		941.84	
F	Dh (Gr/cm ³)	gr/cm ³	2.05		2.08		2.11		2.10	
G	Recipiente N°	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Pt (gr)	gr	85.00	27.20	27.40	65.00	27.60	72.70	27.40	27.20
I	Pmh + tara (gr)	gr	247.70	102.10	123.90	190.70	130.30	183.70	136.60	221.50
J	Pms + tara (gr)	gr	229.10	93.50	111.60	176.20	116.00	167.40	120.10	193.00
K	Pw (gr)	gr	18.60	8.60	12.30	14.50	14.30	16.30	16.50	28.50
L	Pms (gr)	gr	144.10	66.30	84.20	111.20	88.40	94.70	92.70	165.80
M	W (%)	%	12.91	12.97	14.61	13.04	16.18	17.21	17.80	17.19
N	W. prom (%)	%	12.94		13.82		16.69		17.49	
O	Ds (Gr/cm ³)	gr/cm ³	1.81		1.82		1.81		1.79	

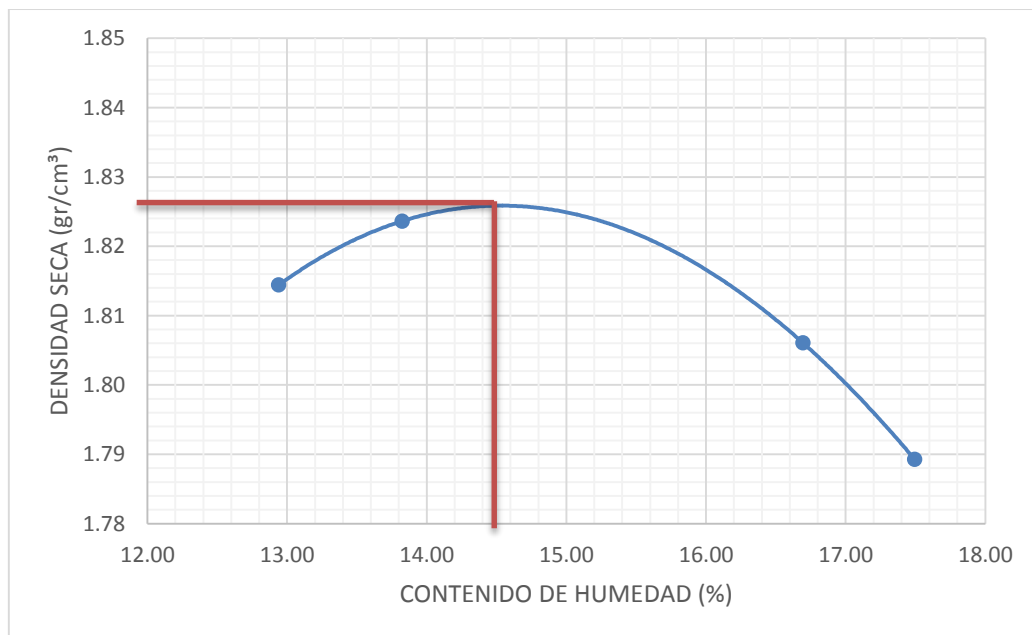


Gráfico N° 15. Contenido óptimo de humedad para adobe comprimida con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

$$D_{smáx} = 1.826 \text{ gr/cm}^3$$

$$W_{op} = 14.50 \%$$

5.7. Elaboración de adobes

Tabla N° 35. cantidad de agua para elaboración de cada bloque de tierra compactado.

TIPO DE ADOBE	CANTIDAD DE SUELO POR ADOBE (gr)	CANTIDAD DE AGUA POR ADOBE (ml)
Adobe patrón	9000	1098.00
1 (in) de paja toquilla	9000	1188.00
2 (in) de paja toquilla	9000	1197.00
3 (in) de paja toquilla	9000	1305.00

5.8. Ensayo de resistencia compresión axial.

Muestra 1C- Patrón.

Tabla N° 36. Dimensiones de muestra 1C - Adobe patrón.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.6	cm
Ancho (a) =	15.2	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 221.92 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 37. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 1C - Adobe patrón.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.253	0.83
1000	4.506	1.22
1500	6.759	1.50
2000	9.012	1.87
2500	11.265	2.23
3000	13.518	2.58
3500	15.771	3.03
4000	18.025	3.47
4500	20.278	3.92
5000	22.531	4.13
5188	23.378	4.75

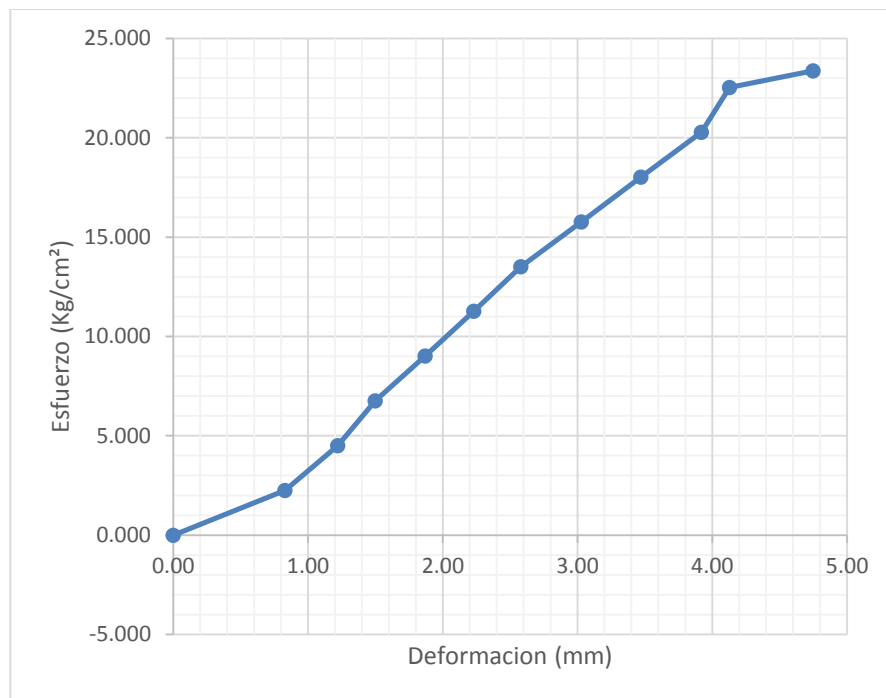


Gráfico N° 16. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 1C - Adobe patrón.

Muestra 2C- Patrón.

Tabla N° 38. Dimensiones de muestra 2C - Adobe patrón.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.5	cm
Ancho (a) =	15.2	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 220.4 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 39. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 2C - Adobe patrón.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.269	0.28
1000	4.537	0.57
1500	6.806	0.86
2000	9.074	1.08
2500	11.343	1.25
3000	13.612	1.42
3500	15.880	1.63
4000	18.149	1.85

4500	20.417	2.02
5000	22.686	2.33
5500	24.955	2.62
6000	27.223	2.96
6500	29.492	3.25
6793	30.821	3.55

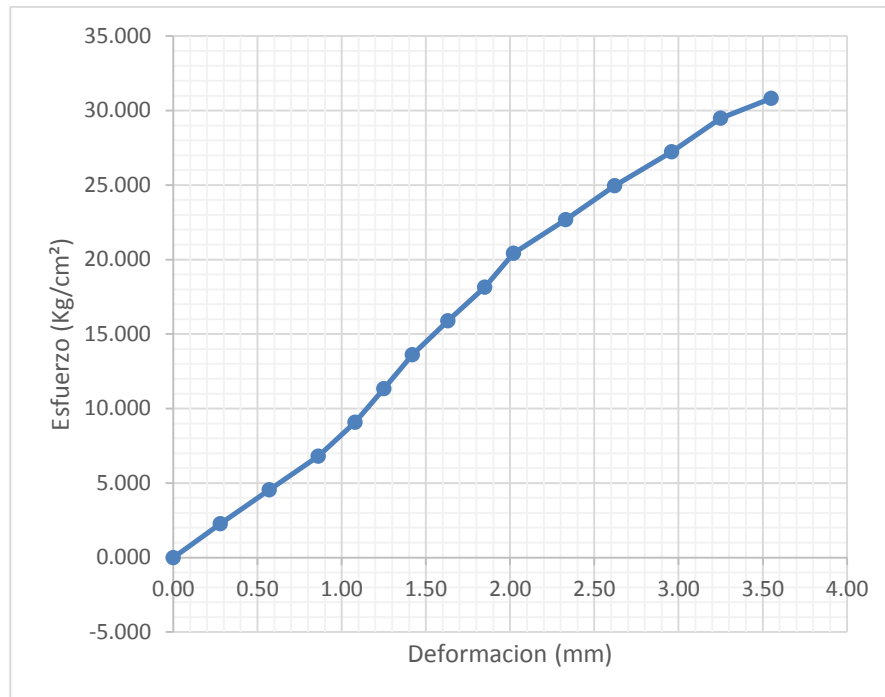


Gráfico N° 17. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 2C - Adobe patrón.

Muestra 3C- Patrón.

Tabla N° 40. Dimensiones de muestra 3C - Adobe patrón.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.6	cm
Ancho (a) =	15.1	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 220.46 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 41. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 3C - Adobe patrón.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.268	0.44
1000	4.536	0.72
1500	6.804	1.03
2000	9.072	1.34
2500	11.340	1.67
3000	13.608	1.94
3500	15.876	2.41
4000	18.144	2.87
4500	20.412	3.29
4826	21.891	3.65

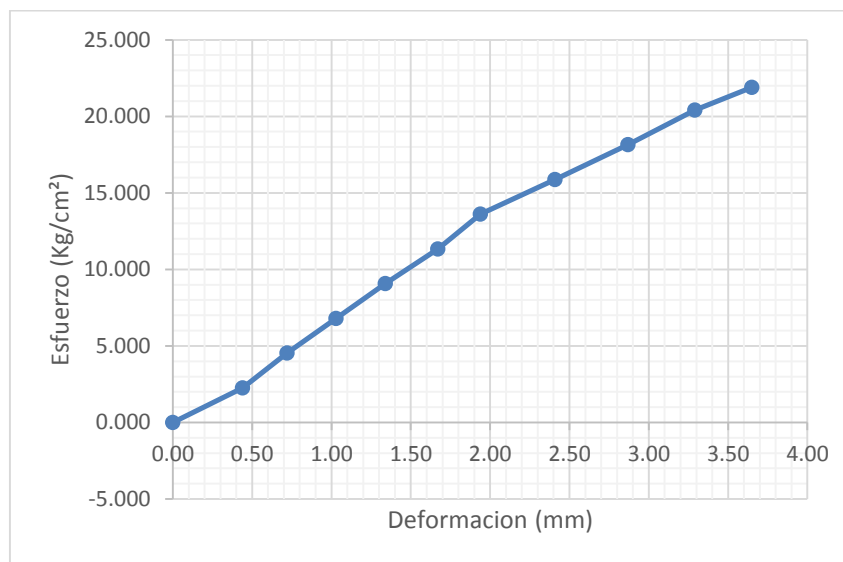


Gráfico N° 18. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 3C - Adobe patrón

Muestra 4C- Patrón.

Tabla N° 42. Dimensiones de muestra 4C - Adobe patrón.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.5	cm
Ancho (a) =	15.1	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 218.95 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 43. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 4C - Adobe patrón.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.284	0.57
1000	4.567	0.87
1500	6.851	1.16
2000	9.135	1.43
2500	11.418	1.72
3000	13.702	1.98
3500	15.985	2.27
4000	18.269	2.58
4500	20.553	2.96
5000	22.836	3.16
5500	25.120	3.42
6000	27.404	3.71
6309	28.815	4.03

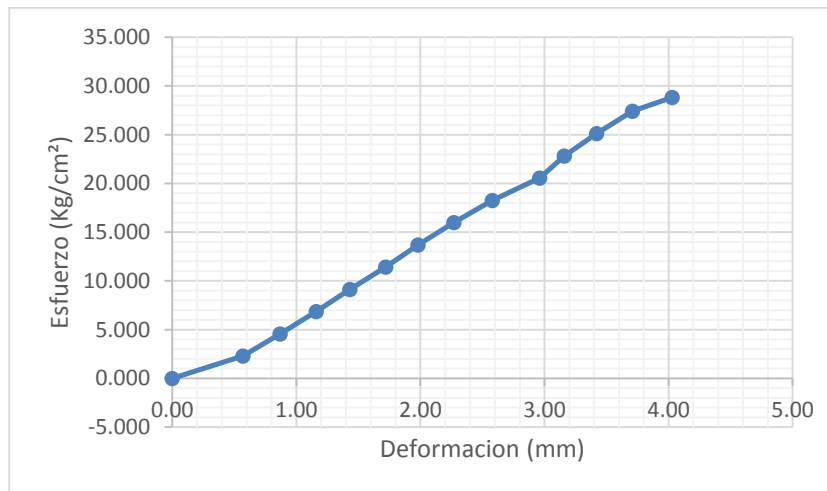


Gráfico N° 19. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 4C - Adobe patrón

Muestra 5C- Patrón.

Tabla N° 44. Dimensiones de muestra 5C - Adobe patrón.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.5	cm
Ancho (a) =	15.1	cm
Altura (h) =	10.2	cm

Área (l x a) = 218.95 cm²

Tabla N° 45. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 5C - Adobe patrón.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.284	1.03
1000	4.567	1.52
1500	6.851	1.93
2000	9.135	2.35
2500	11.418	2.75
3000	13.702	3.07
3500	15.985	3.44
4000	18.269	3.82
4500	20.553	4.36
4996	22.818	4.94

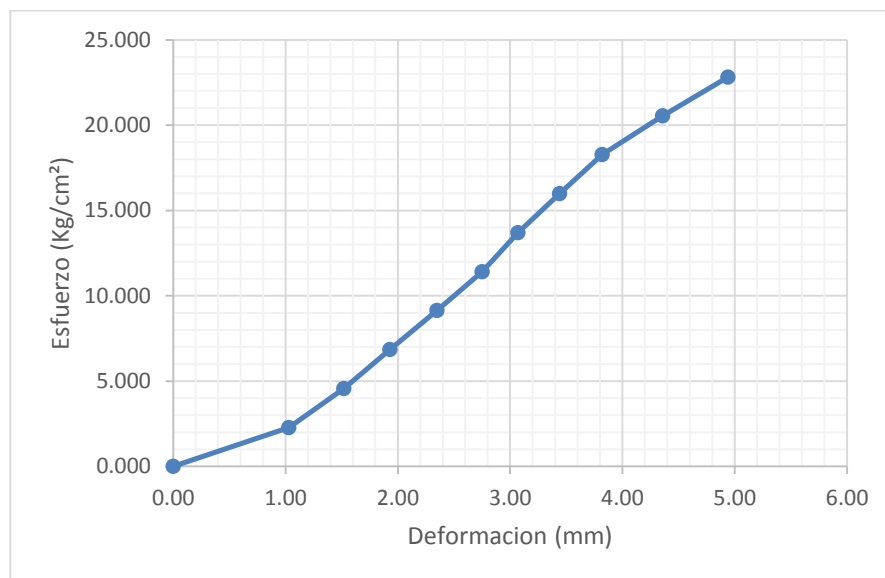


Gráfico N° 20. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 5C - Adobe patrón

Muestra 6C- Patrón.

Tabla N° 46. Dimensiones de muestra 6C - Adobe patrón.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.7	cm
Ancho (a) =	15.1	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 221.97 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 47. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 6C - Adobe patrón.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.253	1.26
1000	4.505	1.72
1500	6.758	2.08
2000	9.010	2.22
2500	11.263	2.48
3000	13.515	2.73
3500	15.768	2.98
4000	18.020	3.24
4500	20.273	3.51
5000	22.526	3.71
5500	24.778	3.99
6000	27.031	4.24
6057	27.287	4.38

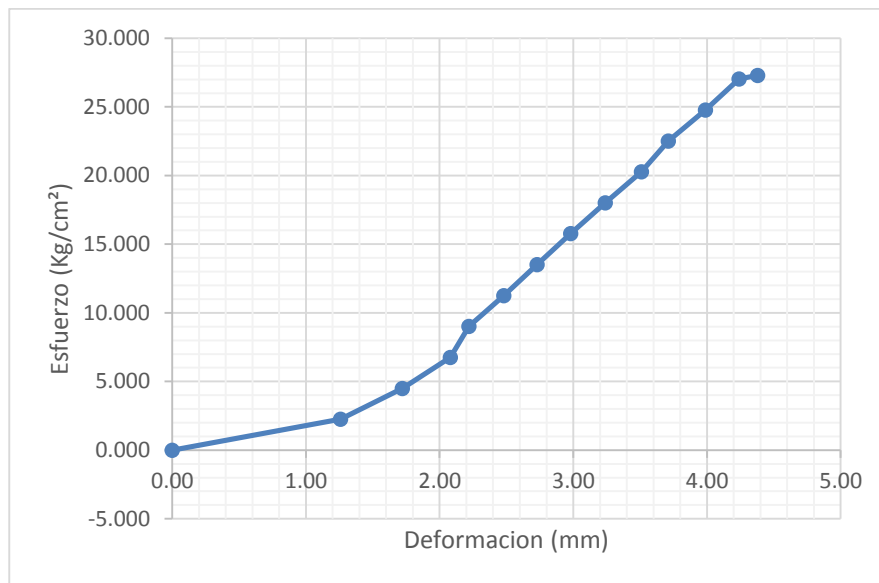


Gráfico N° 21. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 6C - Adobe patrón

Muestra 7C- Patrón.

Tabla N° 48. Dimensiones de muestra 7C - Adobe patrón.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.7	cm
Ancho (a) =	15.2	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 223.44 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 49. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 7C - Adobe patrón.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.238	1.21
1000	4.475	1.73
1500	6.713	2.01
2000	8.951	2.23
2500	11.189	2.48
3000	13.426	2.73
3500	15.664	2.98
4000	17.902	3.24
4500	20.140	3.61
5000	22.377	4.05
5500	24.615	4.42
5750	25.734	4.81

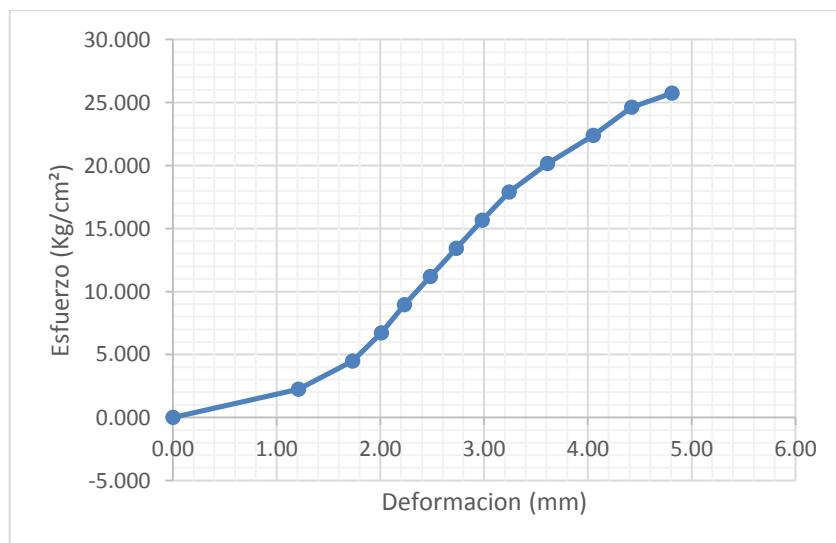


Gráfico N° 22. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 7C - Adobe patrón.

Muestra 8C- Patrón.

Tabla N° 50. Dimensiones de muestra 8C - Adobe patrón.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.6	cm
Ancho (a) =	15.3	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 223.38 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 51. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 8C - Adobe patrón.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.238	0.96
1000	4.477	1.34
1500	6.715	1.71
2000	8.953	1.99
2500	11.192	2.36
3000	13.430	2.73
3500	15.668	3.16
4000	17.907	3.62
4500	20.145	4.08
5000	22.383	4.41
5126	22.947	4.52

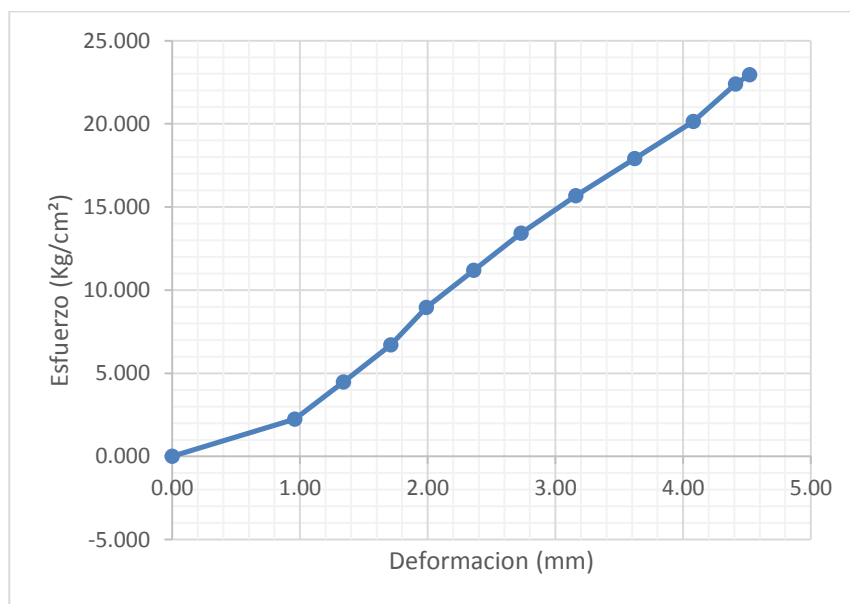


Gráfico N° 23. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 8C - Adobe patrón

Muestra 1C- 1 pulgada.

Tabla N° 52. Dimensiones de muestra 1C - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.6	cm
Ancho (a) =	15.1	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 220.46 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 53. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 1C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.268	0.31
1000	4.536	0.78
1500	6.804	1.13
2000	9.072	1.43
2500	11.340	1.73
3000	13.608	2.02
3500	15.876	2.26
4000	18.144	2.62
4500	20.412	2.95
5000	22.680	3.23
5500	24.948	3.55
6000	27.216	3.84
6500	29.484	4.33
7000	31.752	4.62
7500	34.020	4.89
8000	36.288	5.21
8240	37.376	5.68

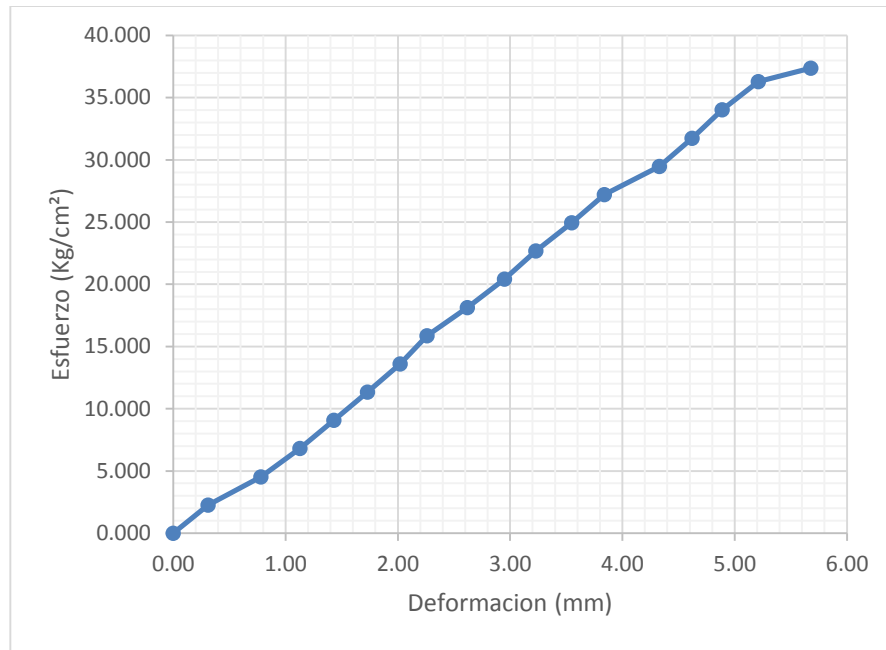


Gráfico N° 24. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 1C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Muestra 2C- 1 pulgada.

Tabla N° 54. Dimensiones de muestra 2C - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.7	cm
Ancho (a) =	15.1	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 221.97 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 55. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 2C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.253	0.83
1000	4.505	1.31
1500	6.758	1.75
2000	9.010	2.08
2500	11.263	2.42
3000	13.515	2.73

3500	15.768	2.93
4000	18.020	3.15
4500	20.273	3.56
5000	22.526	3.78
5500	24.778	3.98
6000	27.031	4.24
6500	29.283	4.57
7000	31.536	4.92
7500	33.788	5.35
8000	36.041	5.78
8500	38.293	6.13
9000	40.546	6.56
9136	41.159	6.82

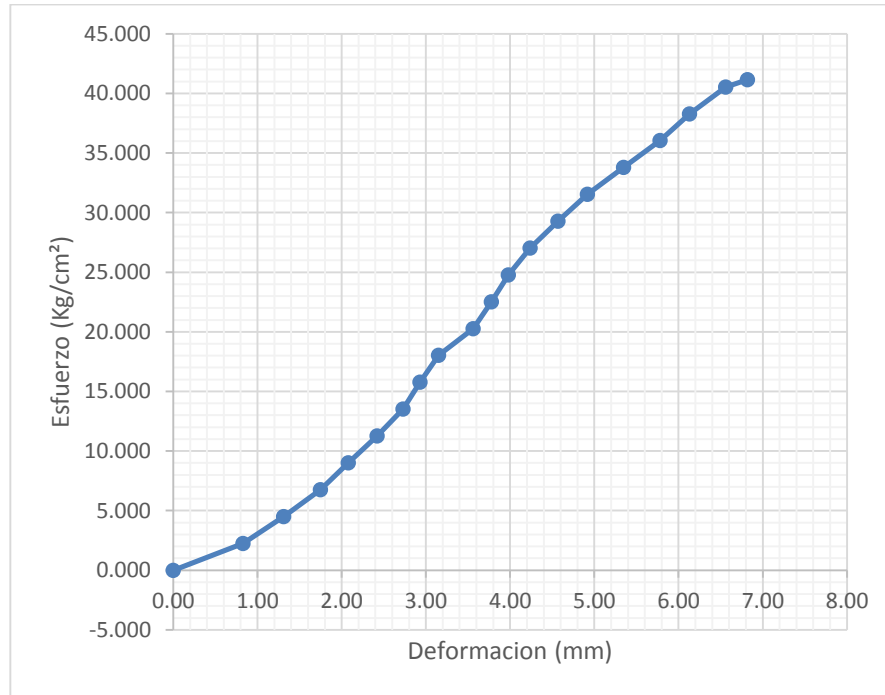


Gráfico N° 25. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 2C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Muestra 3C- 1 pulgada.

Tabla N° 56. Dimensiones de muestra 3C - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.7	cm
Ancho (a) =	15.1	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 221.97 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 57. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 3C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.253	0.82
1000	4.505	1.32
1500	6.758	1.64
2000	9.010	1.83
2500	11.263	2.09
3000	13.515	2.31
3500	15.768	2.54
4000	18.020	2.76
4500	20.273	2.89
5000	22.526	3.12
5500	24.778	3.28
6000	27.031	3.48
6500	29.283	3.77
7000	31.536	3.94
7500	33.788	4.32
8000	36.041	4.73
8500	38.293	5.06
9000	40.546	5.38
9456	42.600	5.64

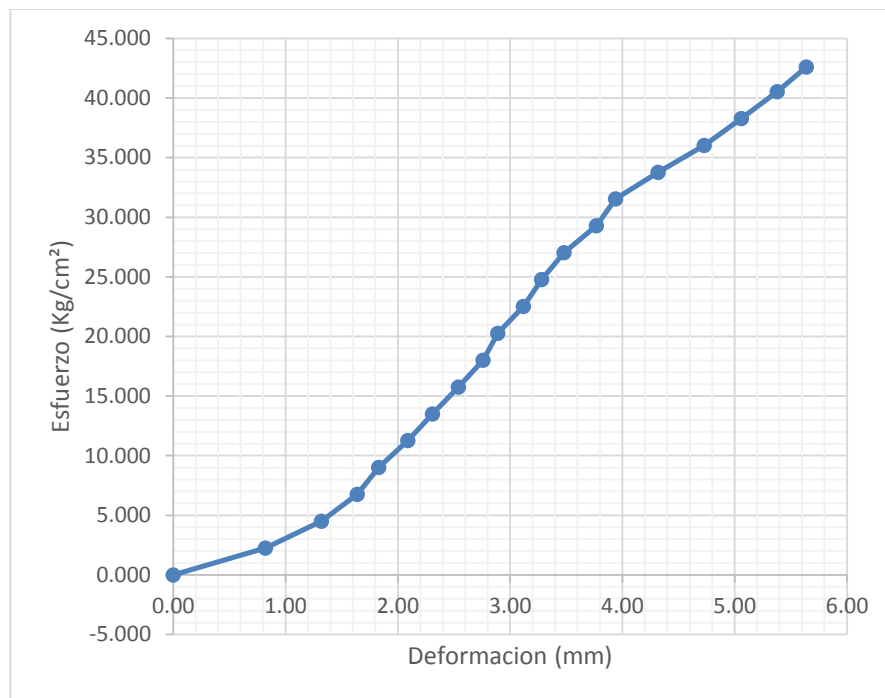


Gráfico N° 26. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 3C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Muestra 4C- 1 pulgada.

Tabla N° 58. Dimensiones de muestra 4C - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.4	cm
Ancho (a) =	15.3	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 220.32 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 59. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 4C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.269	0.62
1000	4.539	0.84
1500	6.808	1.09
2000	9.078	1.52
2500	11.347	1.76
3000	13.617	1.98

3500	15.886	2.33
4000	18.155	2.62
4500	20.425	2.93
5000	22.694	3.27
5500	24.964	3.62
6000	27.233	3.92
6500	29.503	4.21
7000	31.772	4.66
7500	34.041	5.17
8000	36.311	5.74
8221	37.314	5.97

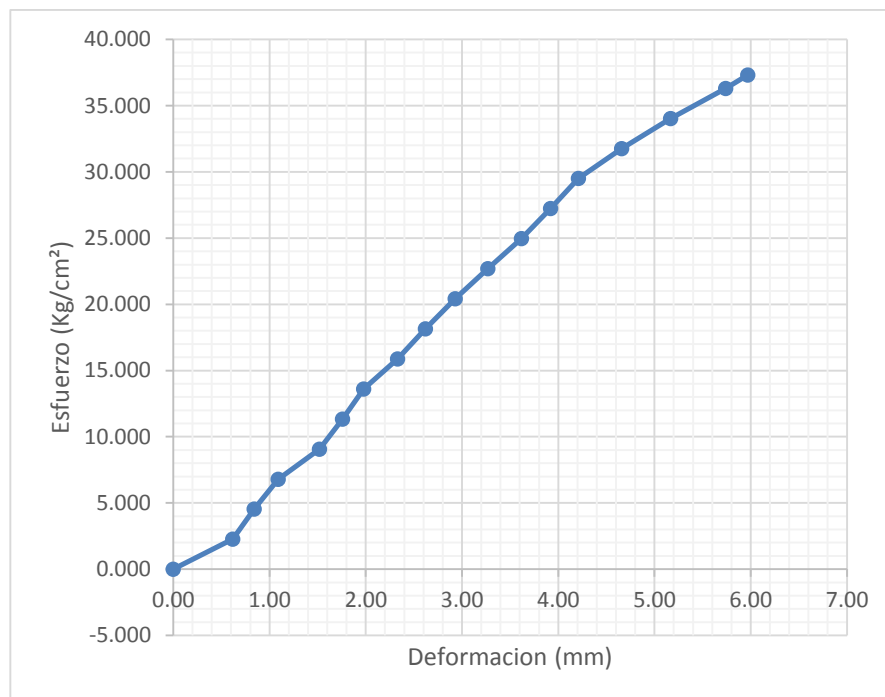


Gráfico N° 27. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 4C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Muestra 5C- 1 pulgada.

Tabla N° 60. Dimensiones de muestra 5C - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.6	cm
Ancho (a) =	15.1	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 220.46 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 61. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 5C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.268	0.77
1000	4.536	1.27
1500	6.804	1.78
2000	9.072	1.97
2500	11.340	2.31
3000	13.608	2.53
3500	15.876	2.79
4000	18.144	3.13
4500	20.412	3.46
5000	22.680	3.81
5500	24.948	4.17
6000	27.216	4.64
6500	29.484	5.22
6858	31.108	5.73

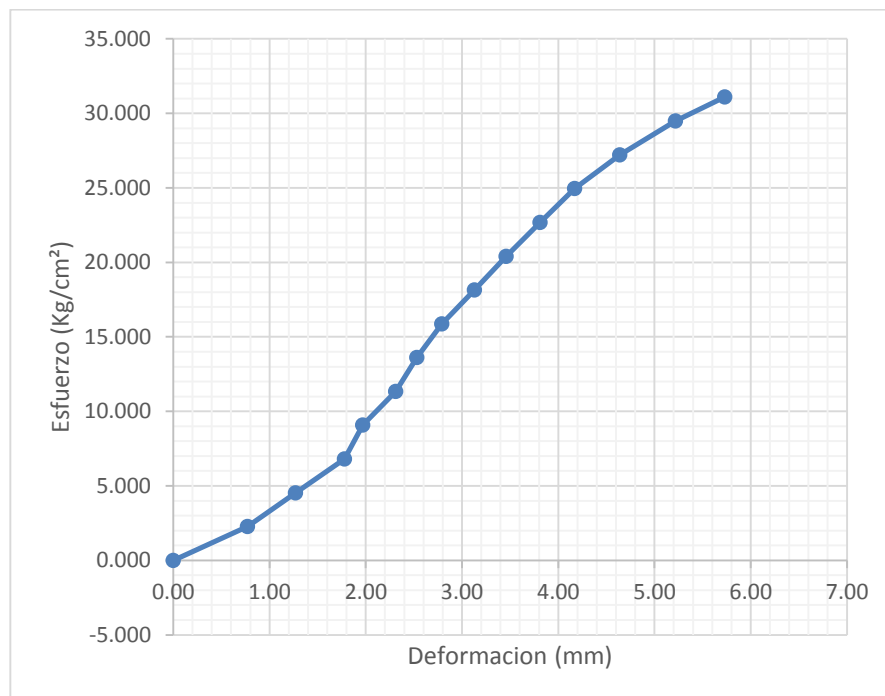


Gráfico N° 28. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 5C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Muestra 6C- 1 pulgada.

Tabla N° 62. Dimensiones de muestra 6C - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.7	cm
Ancho (a) =	15.2	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 223.44 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 63. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 6C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.238	1.56
1000	4.475	1.98
1500	6.713	2.43
2000	8.951	2.72
2500	11.189	2.91
3000	13.426	3.12
3500	15.664	3.38
4000	17.902	3.64
4500	20.140	3.87
5000	22.377	4.09
5500	24.615	4.45
6000	26.853	4.88
6500	29.091	5.44
6671	29.856	5.56

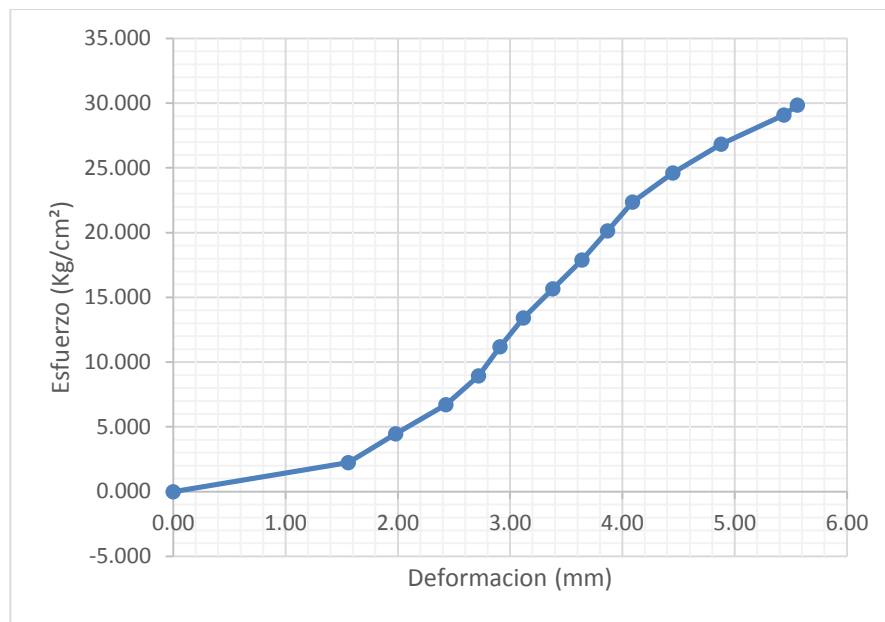


Gráfico N° 29. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 6C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Muestra 7C- 1 pulgada.

Tabla N° 64. Dimensiones de muestra 7C - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.6	cm
Ancho (a) =	15.1	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 220.46 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 65. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 7C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.268	0.74
1000	4.536	1.18
1500	6.804	1.39
2000	9.072	1.64
2500	11.340	1.88
3000	13.608	2.15

3500	15.876	2.33
4000	18.144	2.57
4500	20.412	2.77
5000	22.680	3.28
5500	24.948	3.56
6000	27.216	3.87
6500	29.484	4.28
7000	31.752	4.62
7500	34.020	4.89
8000	36.288	5.13
8500	38.556	5.47
8954	40.615	5.84

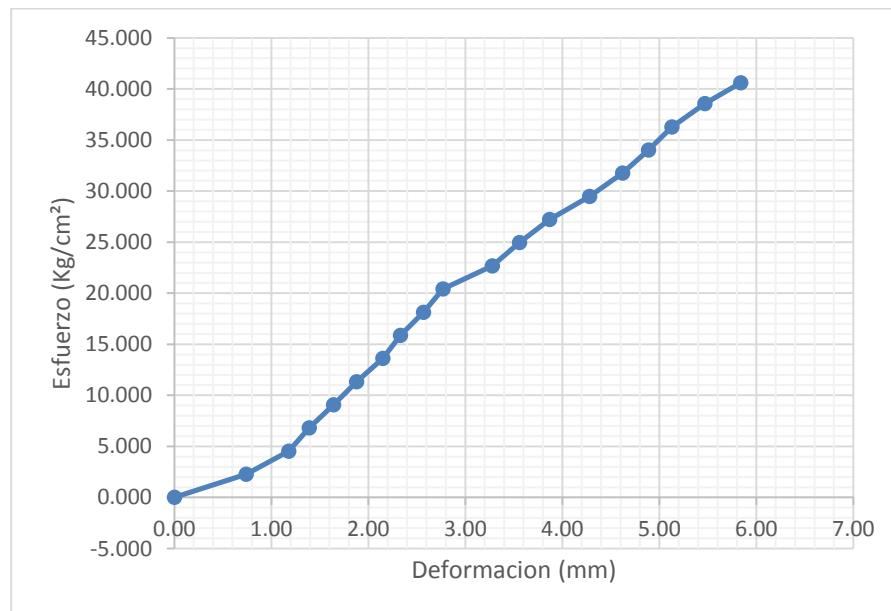


Gráfico N° 30. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 7C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Muestra 8C- 1 pulgada.

Tabla N° 66. Dimensiones de muestra 8C - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.6	cm
Ancho (a) =	15.1	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 220.46 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 67. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 8C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.268	1.43
1000	4.536	2.06
1500	6.804	2.52
2000	9.072	2.78
2500	11.340	3.08
3000	13.608	3.32
3500	15.876	3.61
4000	18.144	3.82
4500	20.412	4.03
5000	22.680	4.28
5500	24.948	4.52
6000	27.216	4.78
6500	29.484	5.03
7000	31.752	5.26
7500	34.020	5.51
8000	36.288	5.76
8358	37.912	6.06

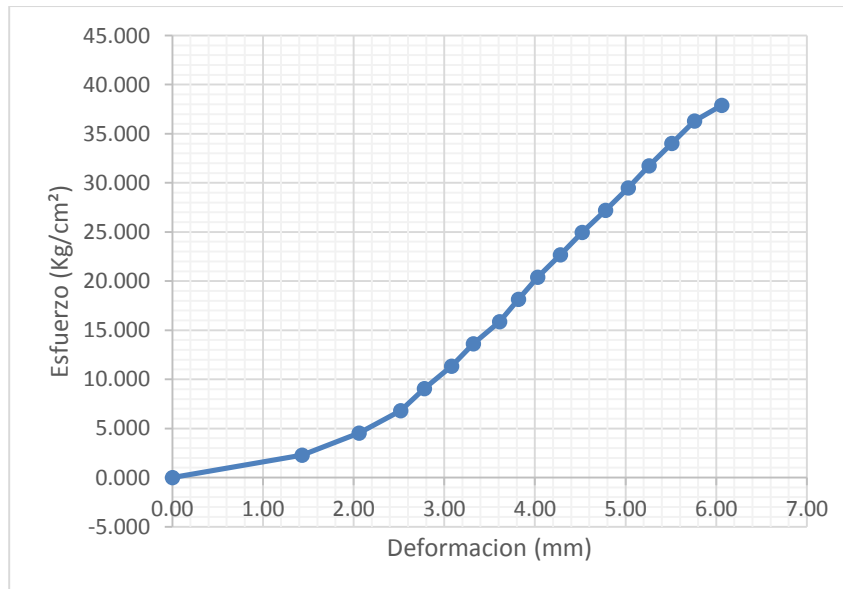


Gráfico N° 31. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 8C – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Muestra 1C- 2 pulgadas.

Tabla N° 68. Dimensiones de muestra 1C - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.6	cm
Ancho (a) =	15.1	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 220.46 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 69. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 1C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.268	0.83
1000	4.536	1.16
1500	6.804	1.52
2000	9.072	1.87
2500	11.340	2.11
3000	13.608	2.44
3500	15.876	2.73
4000	18.144	2.96
4500	20.412	3.28
5000	22.680	3.56
5500	24.948	3.92
6000	27.216	4.13
6500	29.484	4.51
7000	31.752	4.82
7500	34.020	5.22
8000	36.288	5.76
8500	38.556	6.19
8735	39.622	6.44

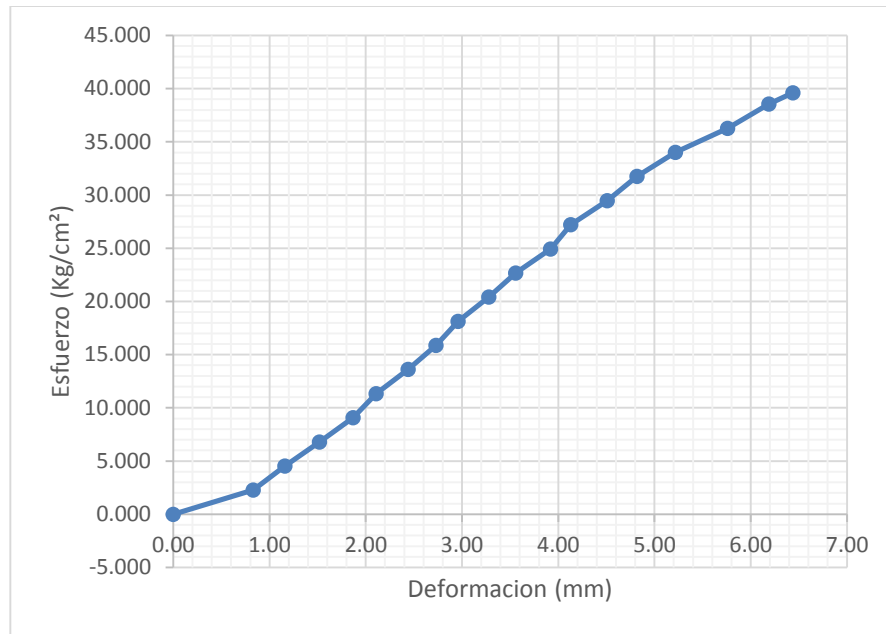


Gráfico N° 32. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 1C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 2C- 2 pulgadas.

Tabla N° 70. Dimensiones de muestra 2C - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.4	cm
Ancho (a) =	15.1	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 217.44 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 71. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 2C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.299	0.62
1000	4.599	1.18
1500	6.898	1.57
2000	9.198	2.06
2500	11.497	2.28
3000	13.797	2.66
3500	16.096	2.99

4000	18.396	3.29
4500	20.695	3.58
5000	22.995	3.87
5500	25.294	4.36
5567	25.602	4.54

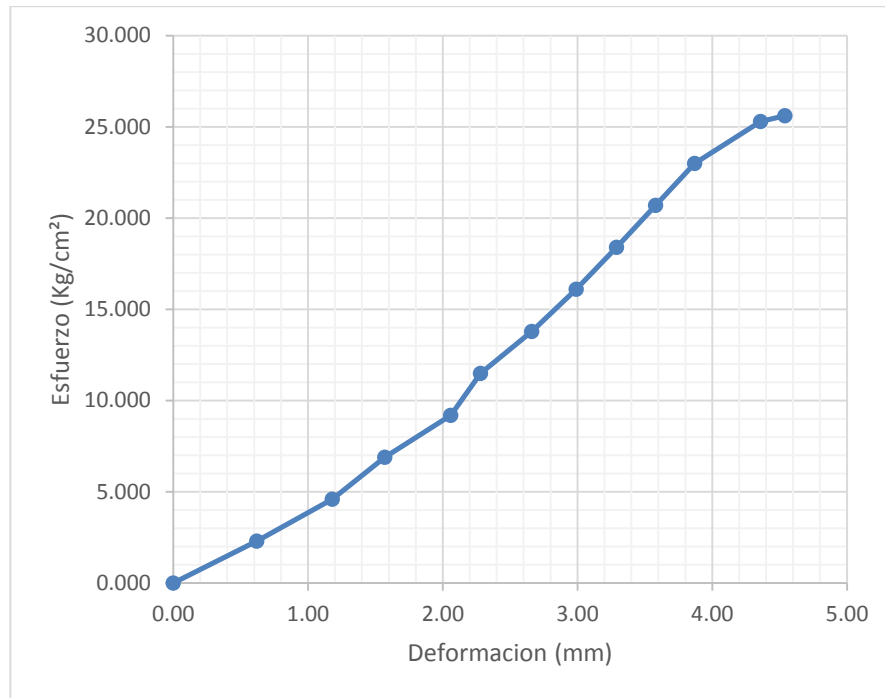


Gráfico N° 33. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 2C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 3C- 2 pulgadas.

Tabla N° 72. Dimensiones de muestra 3C - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.7	cm
Ancho (a) =	15.2	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 223.44 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 73. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 3C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.238	0.26
1000	4.475	0.84
1500	6.713	1.31
2000	8.951	1.73
2500	11.189	2.09
3000	13.426	2.32
3500	15.664	2.67
4000	17.902	2.94
4500	20.140	3.27
5000	22.377	3.68
5500	24.615	3.97
5900	26.405	4.23

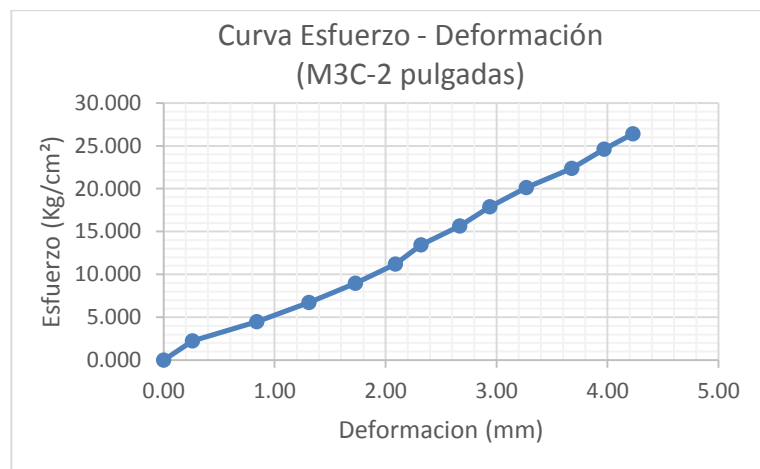


Gráfico N° 34. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 3C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 4C- 2 pulgadas.

Tabla N° 74. Dimensiones de muestra 4C - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.5	cm
Ancho (a) =	15.2	cm
Altura (h) =	10.2	cm

Área (1 x a) = 220.4 cm²

Tabla N° 75. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 4C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.269	0.64
1000	4.537	1.09
1500	6.806	1.49
2000	9.074	1.78
2500	11.343	2.12
3000	13.612	2.44
3500	15.880	2.76
4000	18.149	3.05
4500	20.417	3.39
5000	22.686	3.77
5500	24.955	3.98
6000	27.223	4.33
6500	29.492	4.74
7000	31.760	4.99
7500	34.029	5.27
7559	34.297	5.64

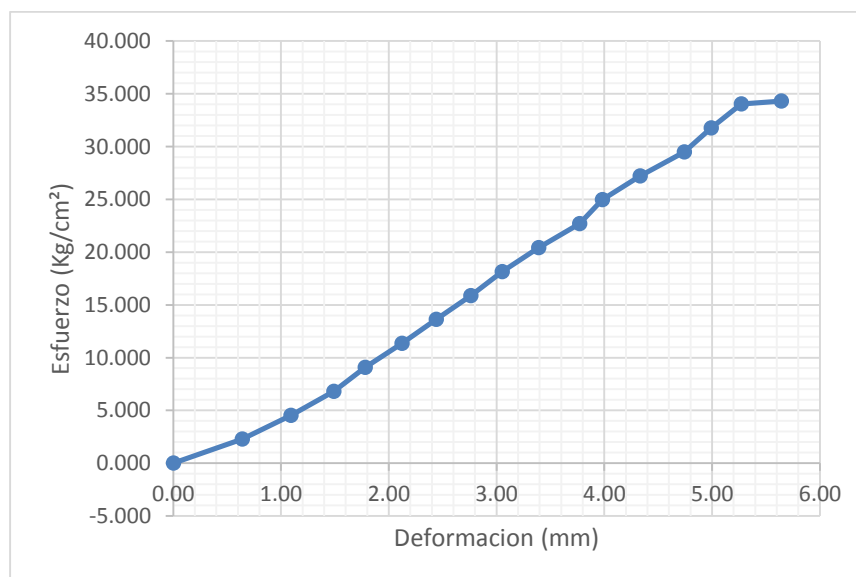


Gráfico N° 35. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 4C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 5C- 2 pulgadas.

Tabla N° 76. Dimensiones de muestra 5C - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.6	cm
Ancho (a) =	15.2	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 221.92 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 77. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 5C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.253	1.26
1000	4.506	1.71
1500	6.759	2.09
2000	9.012	2.48
2500	11.265	2.72
3000	13.518	3.07
3500	15.771	3.36
4000	18.025	3.59
4500	20.278	3.80
5000	22.531	4.03
5500	24.784	4.22
6000	27.037	4.52
6500	29.290	4.78
7000	31.543	5.10
7500	33.796	5.44
8000	36.049	5.79
8500	38.302	6.05
9000	40.555	6.28
9050	40.780	6.39

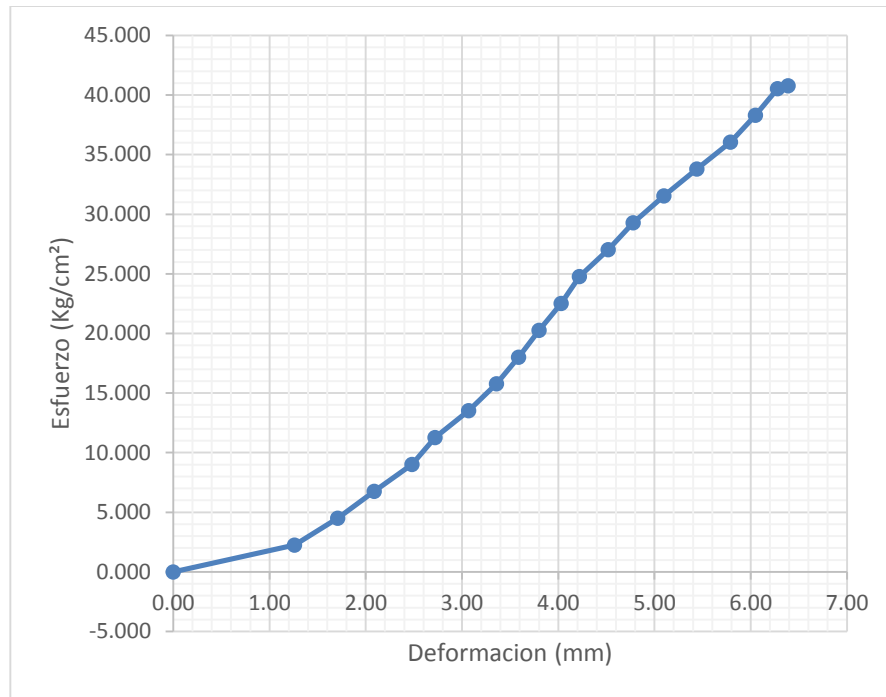


Gráfico N° 36. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 5C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 6C- 2 pulgadas.

Tabla N° 78. Dimensiones de muestra 6C - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.4	cm
Ancho (a) =	15.1	cm
Altura (h) =	10.2	cm

Área (l x a) = 217.44 cm²

Tabla N° 79. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 6C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.299	1.25
1000	4.599	1.78
1500	6.898	2.26
2000	9.198	2.57
2500	11.497	2.82
3000	13.797	3.15

3500	16.096	3.36
4000	18.396	3.67
4500	20.695	3.83
5000	22.995	4.14
5500	25.294	4.38
6000	27.594	4.72
6500	29.893	4.97
7000	32.193	5.24
7500	34.492	5.67
8000	36.792	6.22
8470	38.953	6.59

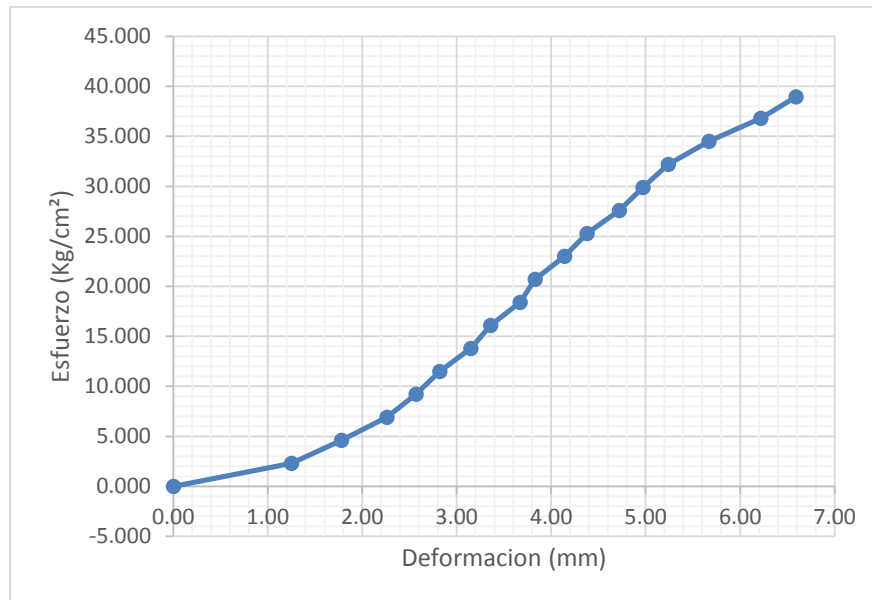


Gráfico N° 37. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 6C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 7C- 2 pulgadas.

Tabla N° 80. Dimensiones de muestra 7C - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.6	cm
Ancho (a) =	15.1	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 220.46 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 81. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 7C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.268	1.07
1000	4.536	1.64
1500	6.804	2.03
2000	9.072	2.38
2500	11.340	2.59
3000	13.608	2.86
3500	15.876	3.09
4000	18.144	3.29
4500	20.412	3.69
5000	22.680	3.87
5500	24.948	4.35
6000	27.216	4.58
6500	29.484	4.81
7000	31.752	5.07
7500	34.020	5.31
8000	36.288	5.67
8458	38.365	5.93

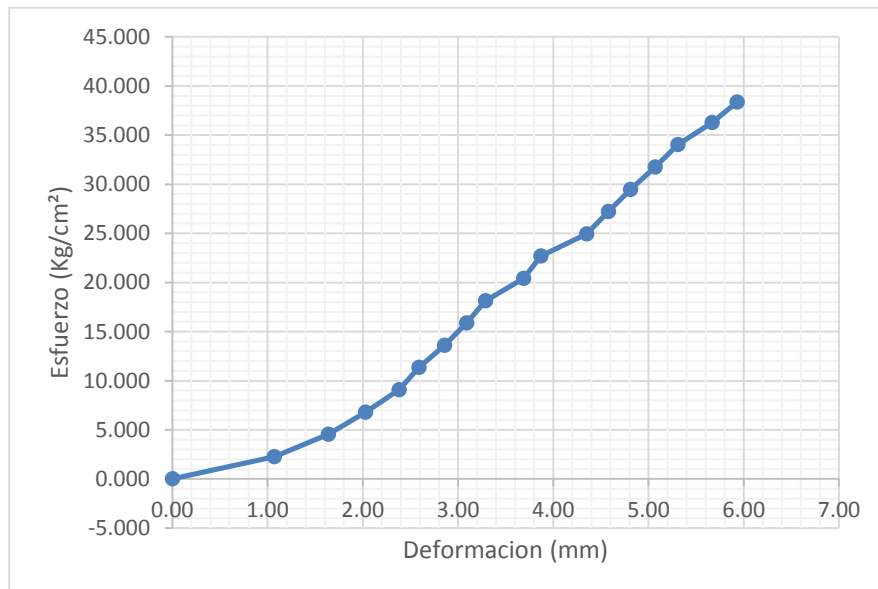


Gráfico N° 38. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 7C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 8C- 2 pulgadas.

Tabla N° 82. Dimensiones de muestra 8C - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.6	cm
Ancho (a) =	15.2	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 221.92 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 83. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 8C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.253	0.93
1000	4.506	1.33
1500	6.759	1.67
2000	9.012	1.96
2500	11.265	2.27
3000	13.518	2.58
3500	15.771	2.93
4000	18.025	3.27
4500	20.278	3.44
5000	22.531	3.73
5500	24.784	4.04
6000	27.037	4.42
6500	29.290	4.84
7000	31.543	5.08
7500	33.796	5.33
7822	35.247	5.68

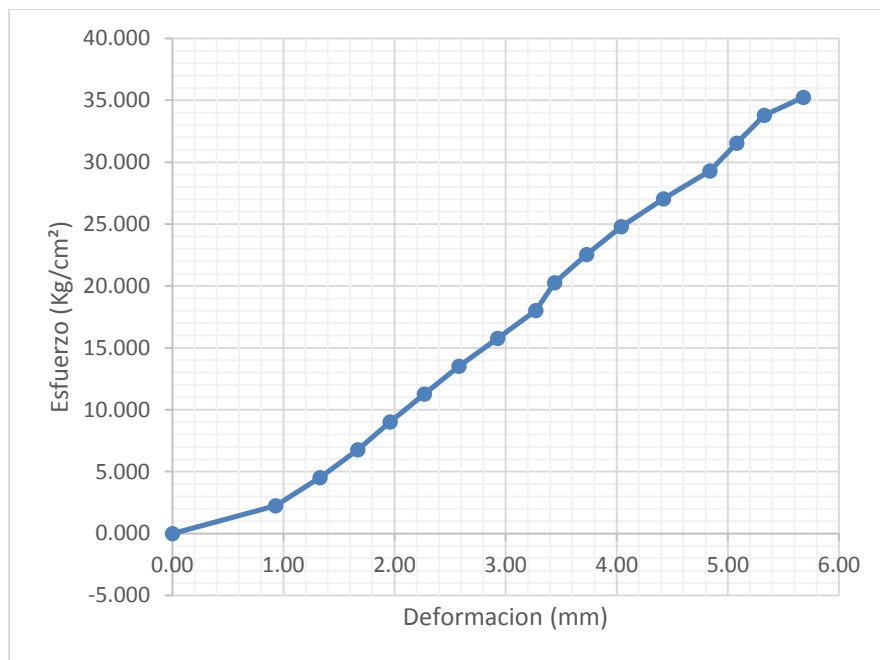


Gráfico N° 39. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 8C – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 1C- 3 pulgadas.

Tabla N° 84. Dimensiones de muestra 1C - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.5	cm
Ancho (a) =	15.1	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 218.95 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 85. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 1C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.284	1.68
1000	4.567	2.15
1500	6.851	2.56
2000	9.135	2.97
2500	11.418	3.31
3000	13.702	3.62

3500	15.985	3.92
4000	18.269	4.22
4500	20.553	4.53
5000	22.836	4.91
5500	25.120	5.35
6000	27.404	5.83
6500	29.687	6.41
7000	31.971	7.34
7150	32.656	7.81

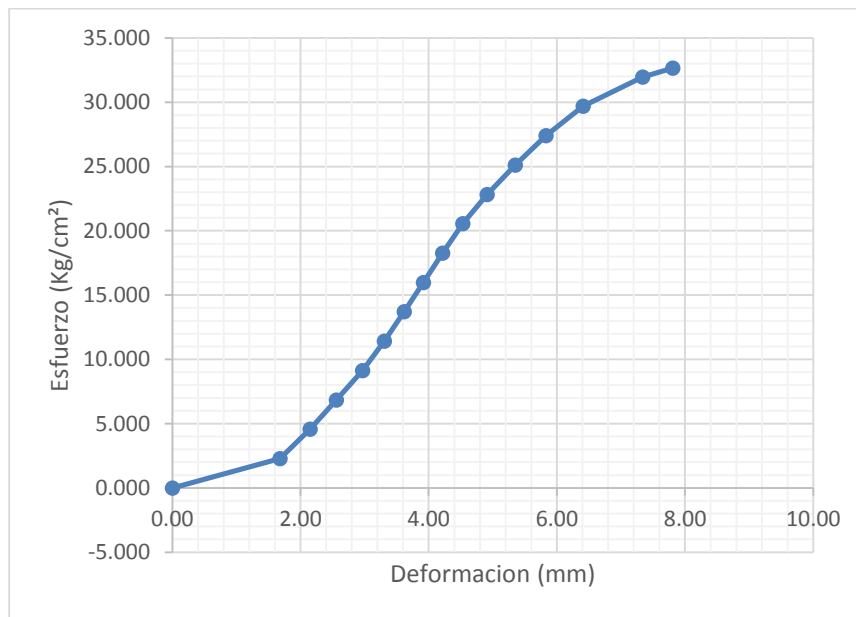


Gráfico N° 40. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 1C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 2C- 3 pulgadas.

Tabla N° 86. Dimensiones de muestra 2C - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.7	cm
Ancho (a) =	15.1	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 221.97 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 87. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 2C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.253	1.32
1000	4.505	1.74
1500	6.758	2.05
2000	9.010	2.35
2500	11.263	2.62
3000	13.515	2.89
3500	15.768	3.19
4000	18.020	3.52
4500	20.273	3.77
5000	22.526	4.19
5500	24.778	4.73
6000	27.031	5.08
6411	28.882	5.49

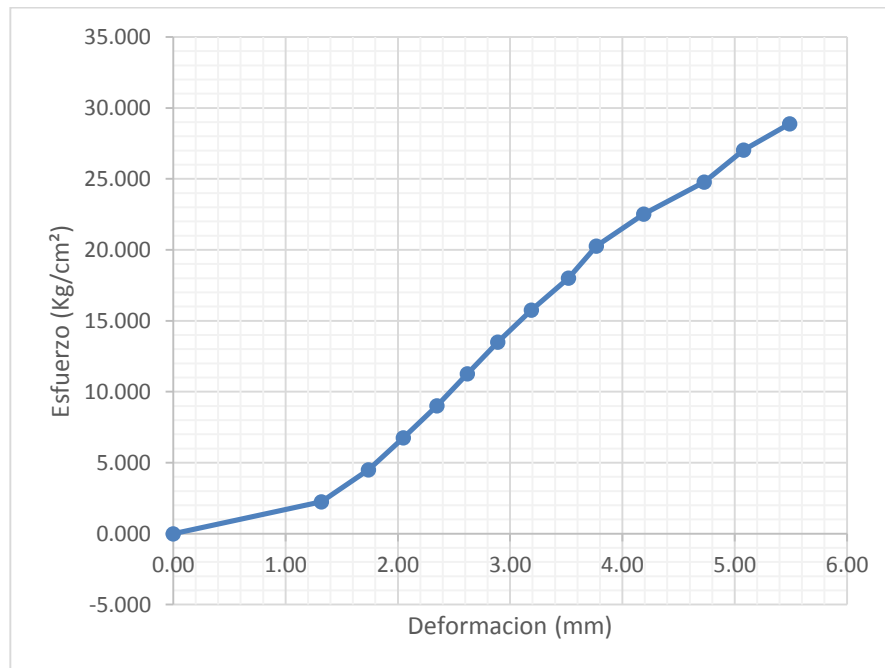


Gráfico N° 41. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 2C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 3C- 3 pulgadas.

Tabla N° 88. Dimensiones de muestra 3C - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.5	cm
Ancho (a) =	15.1	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 218.95 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 89. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 3C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.284	1.03
1000	4.567	1.54
1500	6.851	1.96
2000	9.135	2.24
2500	11.418	2.56
3000	13.702	2.93
3500	15.985	3.24
4000	18.269	3.57
4500	20.553	3.95
5000	22.836	4.23
5500	25.120	4.56
6000	27.404	4.93
6500	29.687	5.23
7000	31.971	5.55
7500	34.254	5.96
7698	35.159	6.44

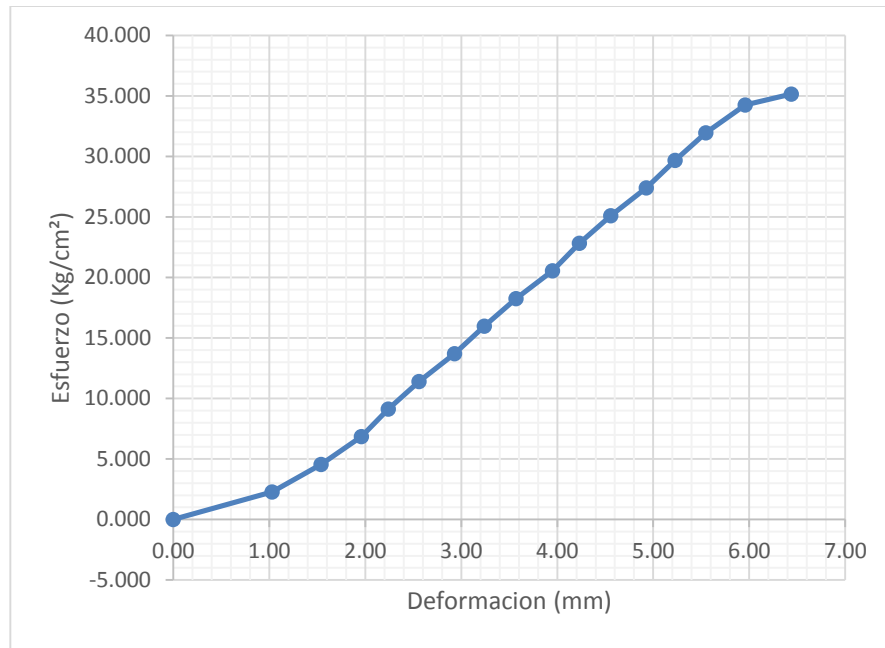


Gráfico N° 42. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 3C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 4C- 3 pulgadas.

Tabla N° 90. Dimensiones de muestra 4C - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.6	cm
Ancho (a) =	15.2	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 221.92 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 91. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 4C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.253	1.22
1000	4.506	1.81
1500	6.759	2.21
2000	9.012	2.56
2500	11.265	2.93
3000	13.518	3.31

3500	15.771	3.62
4000	18.025	3.96
4500	20.278	4.35
5000	22.531	4.63
5500	24.784	4.96
6000	27.037	5.33
6500	29.290	5.64
7000	31.543	5.97
7148	32.210	6.49

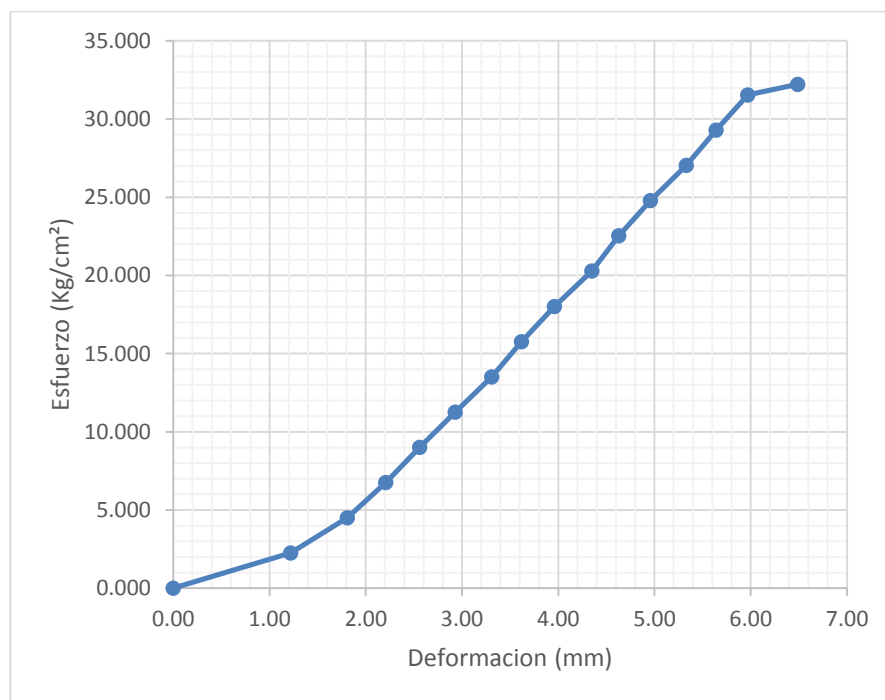


Gráfico N° 43. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 4C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 5C- 3 pulgadas.

Tabla N° 92. Dimensiones de muestra 5C - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.6	cm
Ancho (a) =	15.2	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 221.92 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 93. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 5C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.253	0.66
1000	4.506	0.94
1500	6.759	1.36
2000	9.012	1.82
2500	11.265	2.11
3000	13.518	2.58
3500	15.771	2.89
4000	18.025	3.26
4500	20.278	3.62
5000	22.531	3.93
5500	24.784	4.41
6000	27.037	4.95
6500	29.290	5.42
6859	30.908	5.65

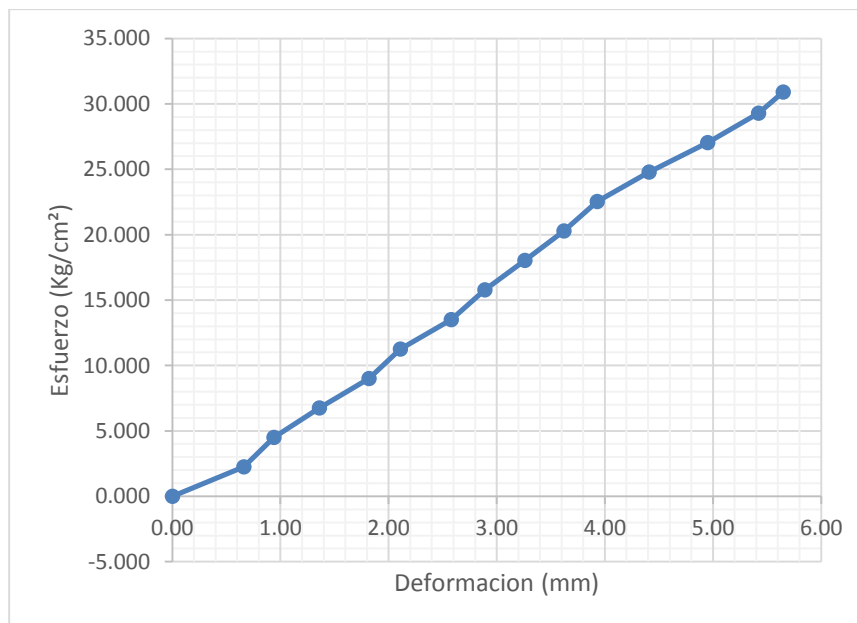


Gráfico N° 44. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 5C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 6C- 3 pulgadas.

Tabla N° 94. Dimensiones de muestra 6C - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.7	cm
Ancho (a) =	15.1	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 221.97 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 95. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 6C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.253	0.67
1000	4.505	1.13
1500	6.758	1.52
2000	9.010	1.81
2500	11.263	2.05
3000	13.515	2.35
3500	15.768	2.52
4000	18.020	2.77
4500	20.273	3.15
5000	22.526	3.35
5500	24.778	3.64
6000	27.031	4.12
6500	29.283	4.52
7000	31.536	4.96
7500	33.788	5.38
7811	35.189	5.61

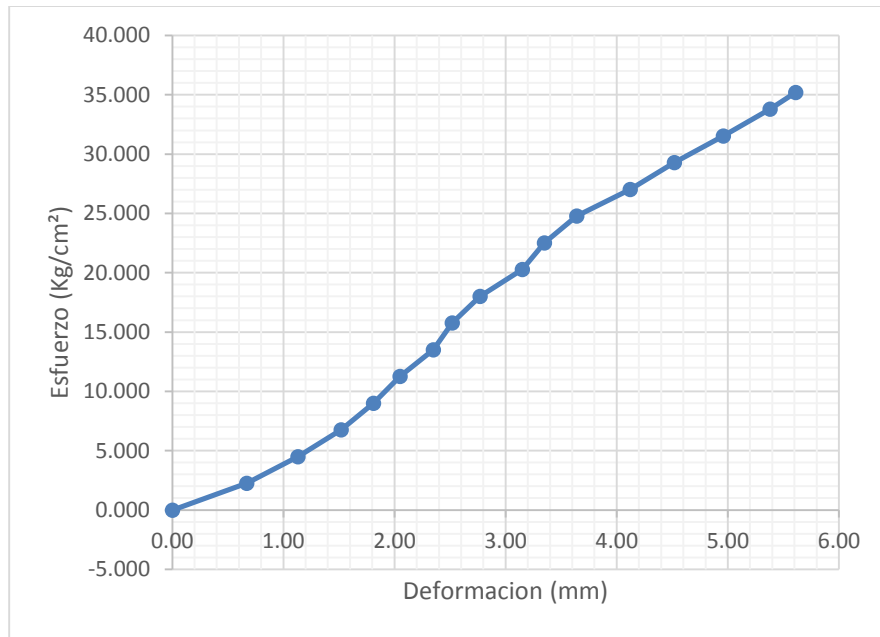


Gráfico N° 45. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 6C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 7C- 3 pulgadas.

Tabla N° 96. Dimensiones de muestra 7C - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.5	cm
Ancho (a) =	15.2	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 220.4 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 97. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 7C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.269	0.96
1000	4.537	1.24
1500	6.806	1.57
2000	9.074	1.97
2500	11.343	2.31

3000	13.612	2.67
3500	15.880	3.09
4000	18.149	3.73
4500	20.417	4.26
5000	22.686	4.70
5500	24.955	5.20
6000	27.223	5.69
6500	29.492	6.19
7000	31.760	6.68
7412	33.630	7.18

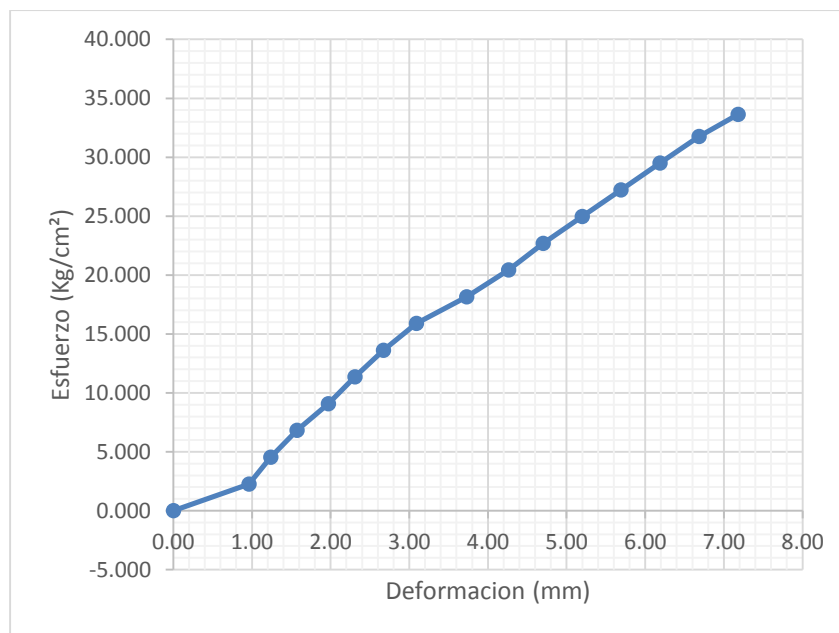


Gráfico N° 46. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 7C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 8C- 3 pulgadas.

Tabla N° 98. Dimensiones de muestra 8C - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES		
Largo (l) =	14.4	cm
Ancho (a) =	15.3	cm
Altura (h) =	10.2	cm

$$\text{Área (l x a)} = 220.32 \text{ cm}^2$$

Tabla N° 99. Resultados de ensayo a compresión axial de muestra 8C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.000	0.00
500	2.269	0.71
1000	4.539	1.16
1500	6.808	1.46
2000	9.078	1.73
2500	11.347	2.01
3000	13.617	2.22
3500	15.886	2.52
4000	18.155	2.69
4500	20.425	2.88
5000	22.694	3.15
5500	24.964	3.37
6000	27.233	3.68
6500	29.503	4.09
7000	31.772	4.52
7500	34.041	5.07
7586	34.432	5.33

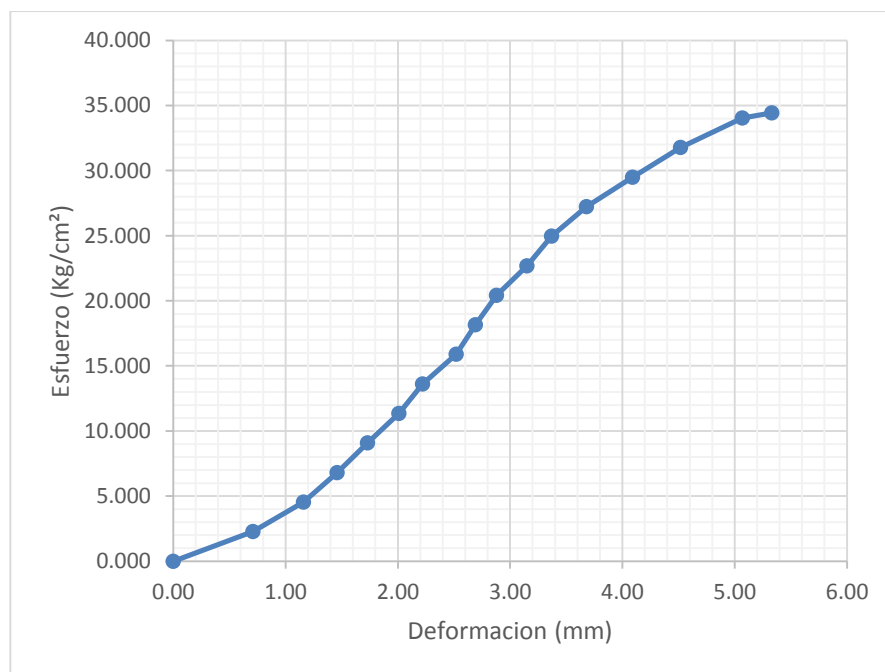


Gráfico N° 47. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 8C – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

5.9. Ensayo de resistencia flexión.

Muestra 1F- Patrón.

Tabla N° 100. Dimensiones muestra 1F - Adobe patrón.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.20cm
Peralte (d) =	10.30cm
Distancia entre apoyos (L)=	19.00cm

Tabla N° 101. Resultados de ensayo a flexión de muestra 1F - Adobe patrón.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.53	0.74
400	7.07	1.12
600	10.60	1.36
800	14.14	1.69
1000	17.67	2.06
1200	21.21	2.36
1400	24.74	2.67

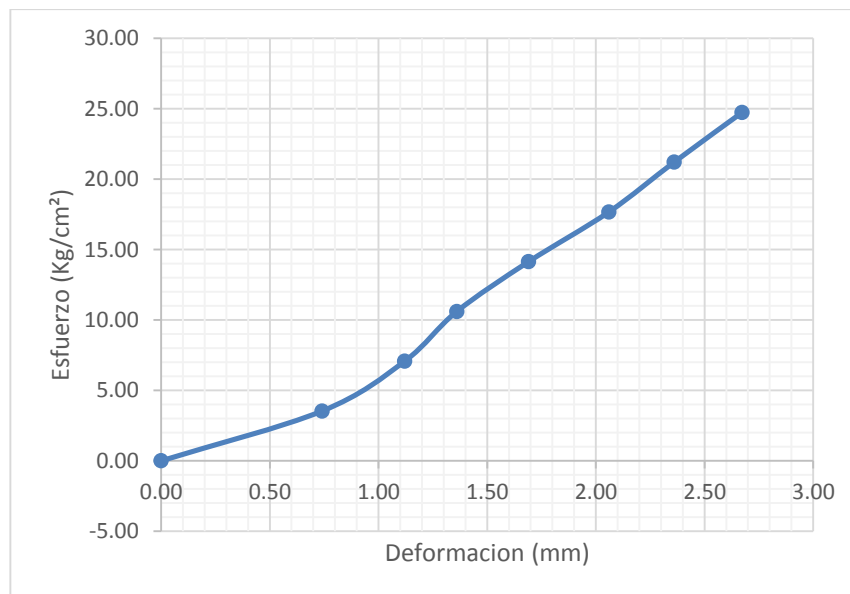


Gráfico N° 48. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 1F - Adobe patrón.

Muestra 2F- Patrón.

Tabla N° 102. Dimensiones muestra 1F - Adobe patrón.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.10cm
Peralte (d) =	10.20cm
Distancia entre apoyos (L)=	19.00cm

Tabla N° 103. Resultados de ensayo a flexión de muestra 1F - Adobe patrón.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.63	0.86
400	7.26	1.21
600	10.88	1.49
800	14.51	1.82
1000	18.14	2.10
1107	20.08	2.45

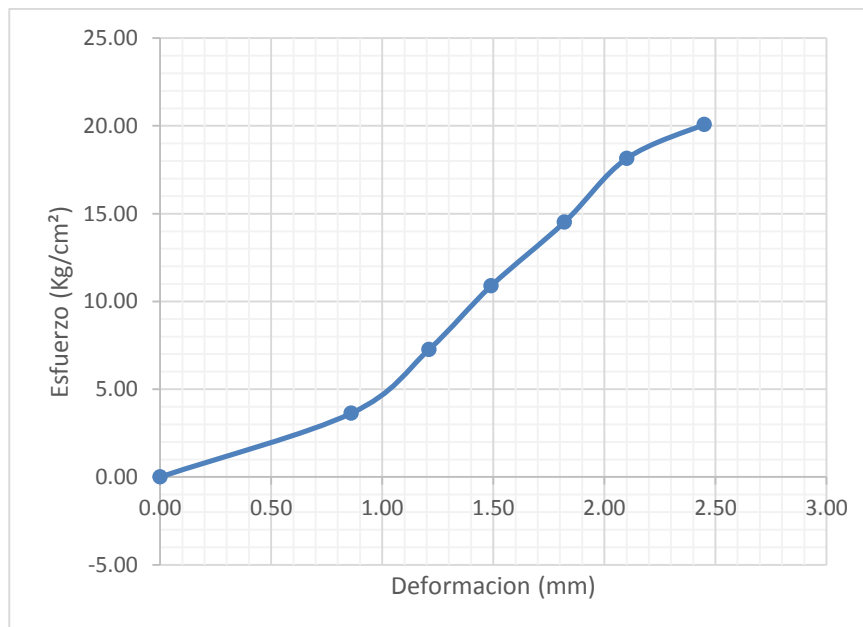


Gráfico N° 49. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 2F - Adobe patrón.

Muestra 3F- Patrón.

Tabla N° 104. Dimensiones muestra 1F - Adobe patrón.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.10cm
Peralte (d) =	10.20cm
Distancia entre apoyos (L)=	20.00cm

Tabla N° 105. Resultados de ensayo a flexión de muestra 1F - Adobe patrón.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.82	1.08
400	7.64	1.49
585	11.17	1.97

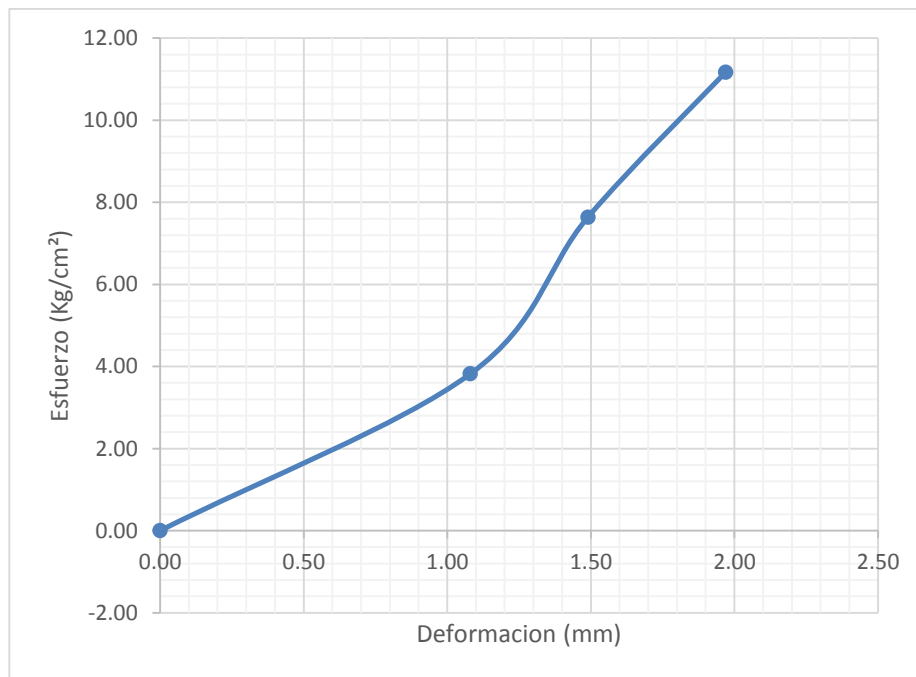


Gráfico N° 50. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 3F - Adobe patrón.

Muestra 4F- Patrón.

Tabla N° 106. Dimensiones muestra 1F - Adobe patrón.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.20cm
Peralte (d) =	10.30cm
Distancia entre apoyos (L)=	19.00cm

Tabla N° 107. Resultados de ensayo a flexión de muestra 1F - Adobe patrón.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.53	0.87
400	7.07	1.25
600	10.60	1.59
800	14.14	1.97
1000	17.67	2.45
1200	21.21	2.67
1275	22.53	3.05

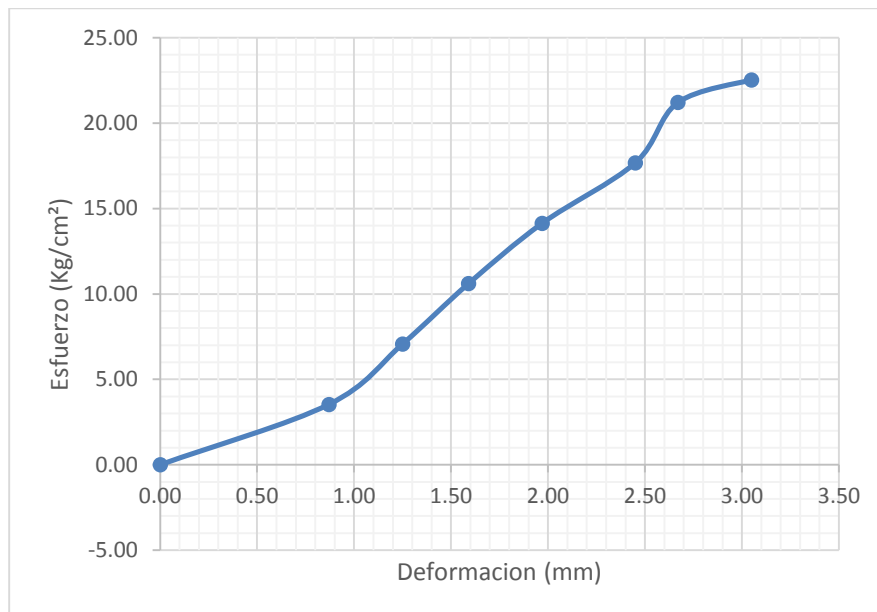


Gráfico N° 51. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 4F - Adobe patrón.

Muestra 5F- Patrón.

Tabla N° 108. Dimensiones muestra 1F - Adobe patrón.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.00cm
Peralte (d) =	10.20cm
Distancia entre apoyos (L)=	20.00cm

Tabla N° 109. Resultados de ensayo a flexión de muestra 1F - Adobe patrón.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.84	0.55
400	7.69	0.74
600	11.53	0.98
800	15.38	1.26
1000	19.22	1.58
1073	20.63	1.89

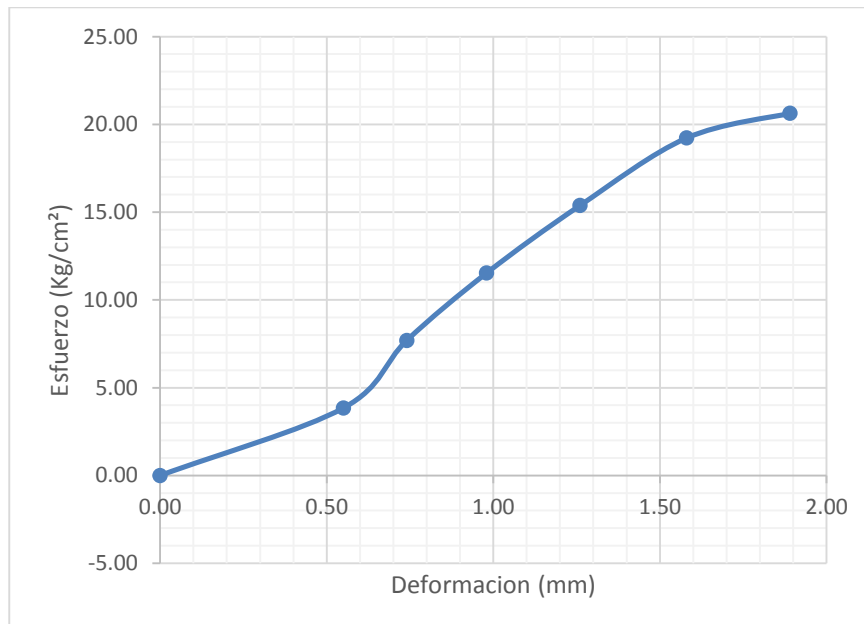


Gráfico N° 52. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 5F - Adobe patrón.

Muestra 6F- Patrón.

Tabla N° 110. Dimensiones muestra 1F - Adobe patrón.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.20cm
Peralte (d) =	10.10cm
Distancia entre apoyos (L)=	19.00cm

Tabla N° 111. Resultados de ensayo a flexión de muestra 1F - Adobe patrón.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.68	0.75
400	7.35	1.25
600	11.03	1.62
800	14.70	2.04
973	17.88	2.68

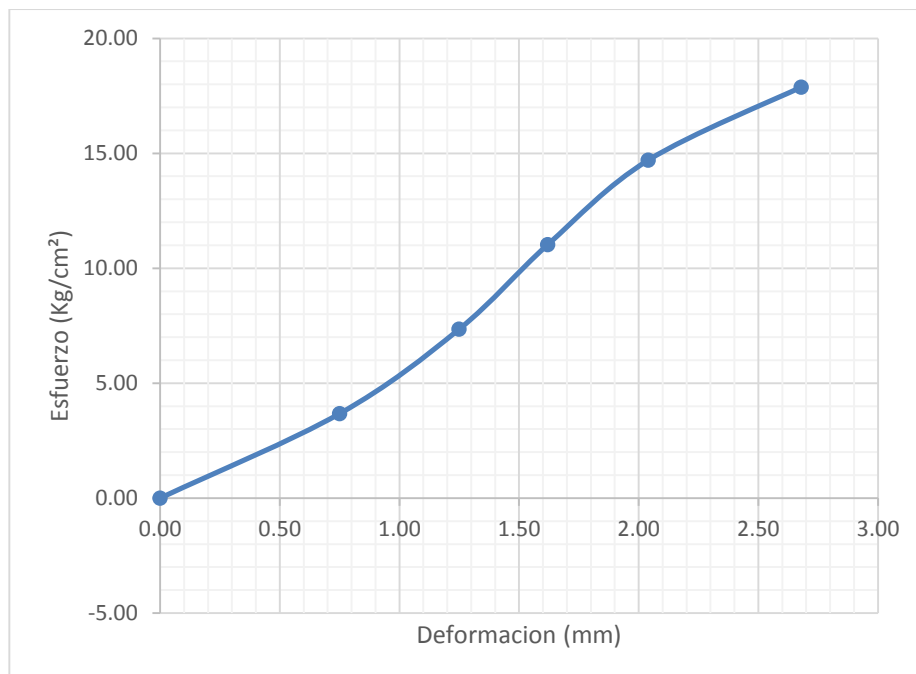


Gráfico N° 53. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 6F - Adobe patrón.

Muestra 1F- 1 pulgada.

Tabla N° 112. Dimensiones de muestra 1F - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.10cm
Peralte (d) =	10.40cm
Distancia entre apoyos (L)=	19.00cm

Tabla N° 113. Resultados de ensayo a flexión de muestra 1F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.49	0.51
400	6.98	0.76
600	10.47	1.09
800	13.96	1.65
1000	17.45	2.07
1200	20.94	2.59
1400	24.43	2.86
1600	27.92	3.15
1741	30.38	3.49



Gráfico N° 54. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 1F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Muestra 2F- 1 pulgada.

Tabla N° 114. Dimensiones de muestra 2F - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.30cm
Peralte (d) =	10.40cm
Distancia entre apoyos (L)=	19.00cm

Tabla N° 115. Resultados de ensayo a flexión de muestra 2F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.44	0.21
400	6.89	0.48
600	10.33	0.75
800	13.78	0.99
1000	17.22	1.24
1200	20.67	1.62
1400	24.11	1.95
1600	27.56	2.19
1800	31.00	2.48
1935	33.32	2.79

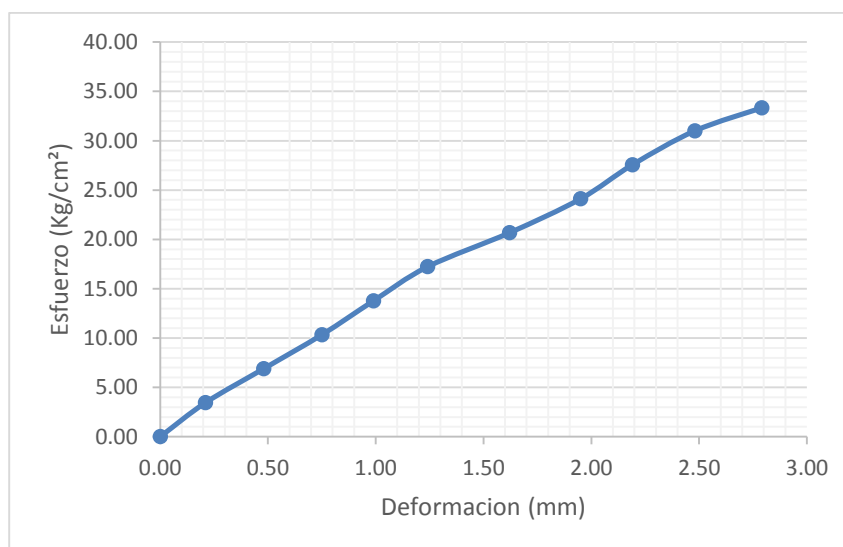


Gráfico N° 55. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 2F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Muestra 3F- 1 pulgada.

Tabla N° 116. Dimensiones de muestra 3F - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.20cm
Peralte (d) =	10.30cm
Distancia entre apoyos (L)=	20.00cm

Tabla N° 117. Resultados de ensayo a flexión de muestra 3F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.72	0.49
400	7.44	0.78
600	11.16	1.08
800	14.88	1.51
1001	18.62	1.96

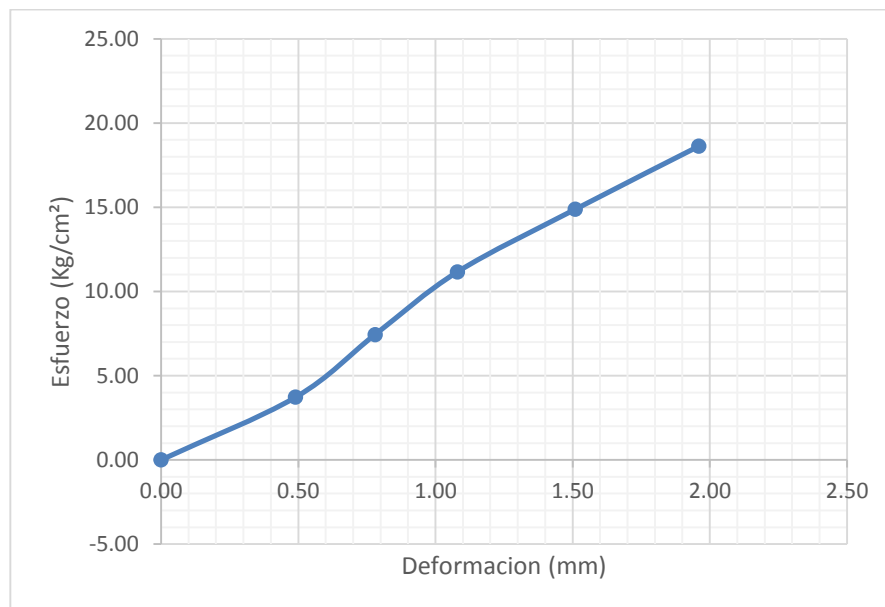


Gráfico N° 56. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 3F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Muestra 4F- 1 pulgada.

Tabla N° 118. Dimensiones de muestra 4F - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.00cm
Peralte (d) =	10.20cm
Distancia entre apoyos (L)=	20.00cm

Tabla N° 119. Resultados de ensayo a flexión de muestra 4F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.84	0.55
400	7.69	0.78
600	11.53	1.26
800	15.38	1.52
1000	19.22	1.86
1200	23.07	2.26
1298	24.95	2.69

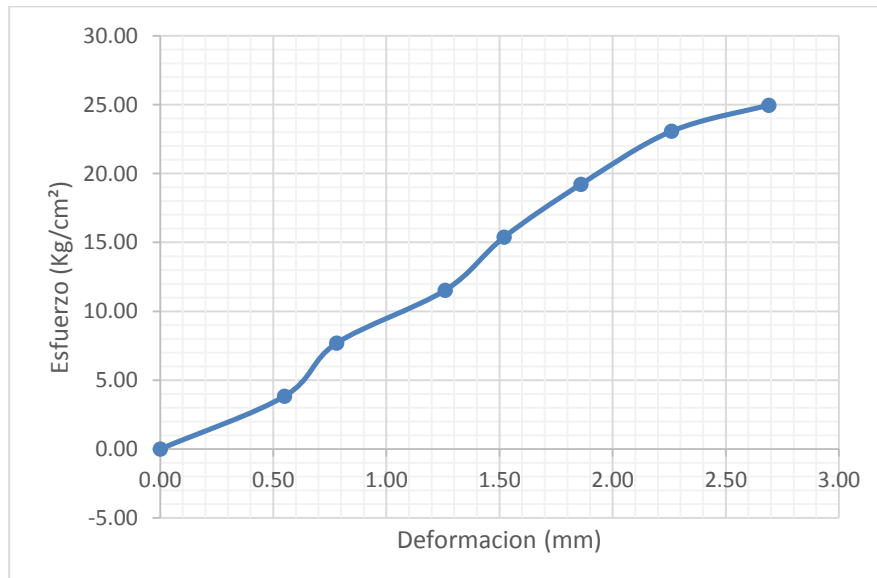


Gráfico N° 57. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 4F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Muestra 5F- 1 pulgada.

Tabla N° 120. Dimensiones de muestra 5F - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.30cm
Peralte (d) =	10.20cm
Distancia entre apoyos (L)=	20.00cm

Tabla N° 121. Resultados de ensayo a flexión de muestra 5F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.77	0.75
400	7.54	1.08
600	11.31	1.41
800	15.08	1.76
994	18.73	2.29

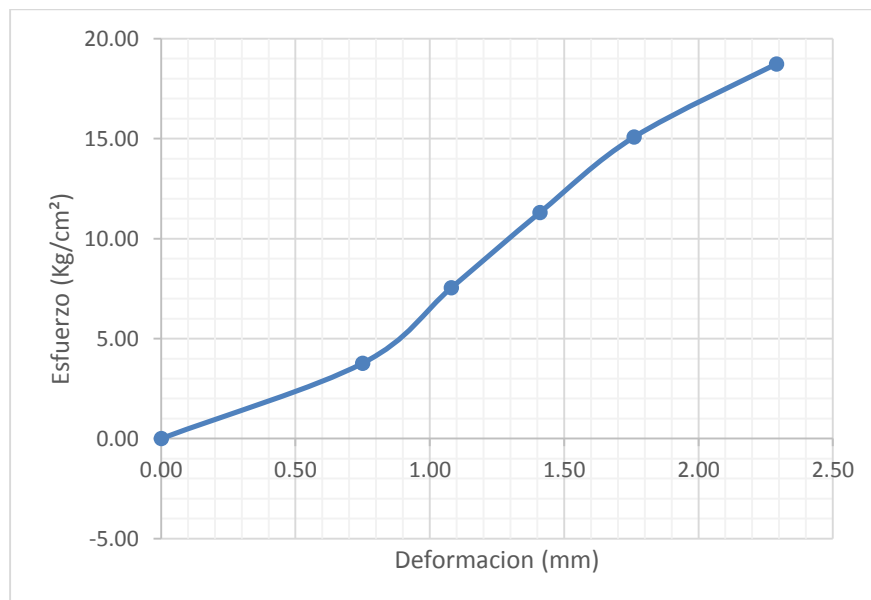


Gráfico N° 58. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 5F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Muestra 6F- 1 pulgada.

Tabla N° 122. Dimensiones de muestra 6F - Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.20cm
Peralte (d) =	10.20cm
Distancia entre apoyos (L)=	20.00cm

Tabla N° 123. Resultados de ensayo a flexión de muestra 6F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.79	0.48
400	7.59	1.02
697	13.22	1.81

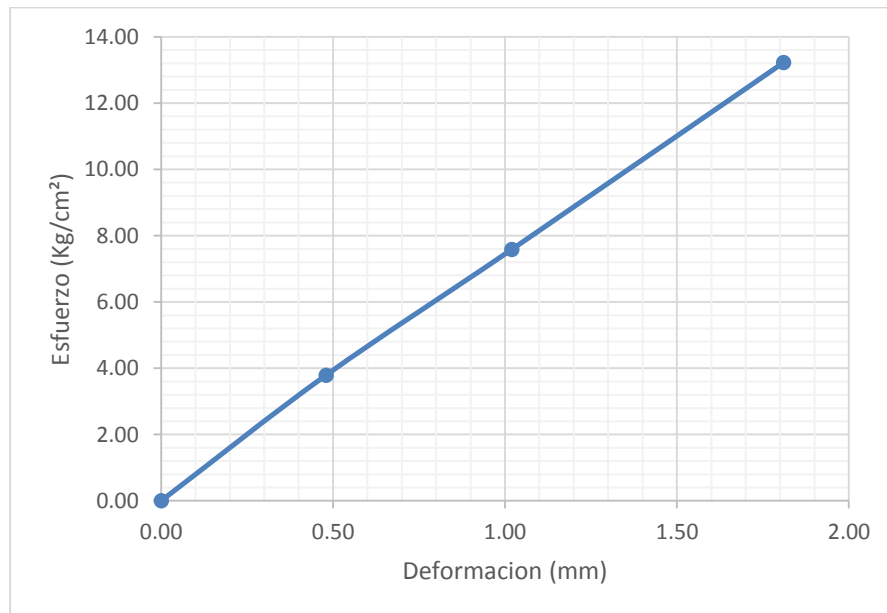


Gráfico N° 59. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 6F – Adobe con adición de 1 pulgada de paja toquilla.

Muestra 1F- 2 pulgadas.

Tabla N° 124. Dimensiones de muestra 1F - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.10cm
Peralte (d) =	10.30cm
Distancia entre apoyos (L)=	20.00cm

Tabla N° 125. Resultados de ensayo a flexión de muestra 1F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.75	0.21
400	7.49	0.52
600	11.24	0.95
800	14.98	1.35
1000	18.73	1.69
1200	22.47	2.08
1277	23.91	2.45

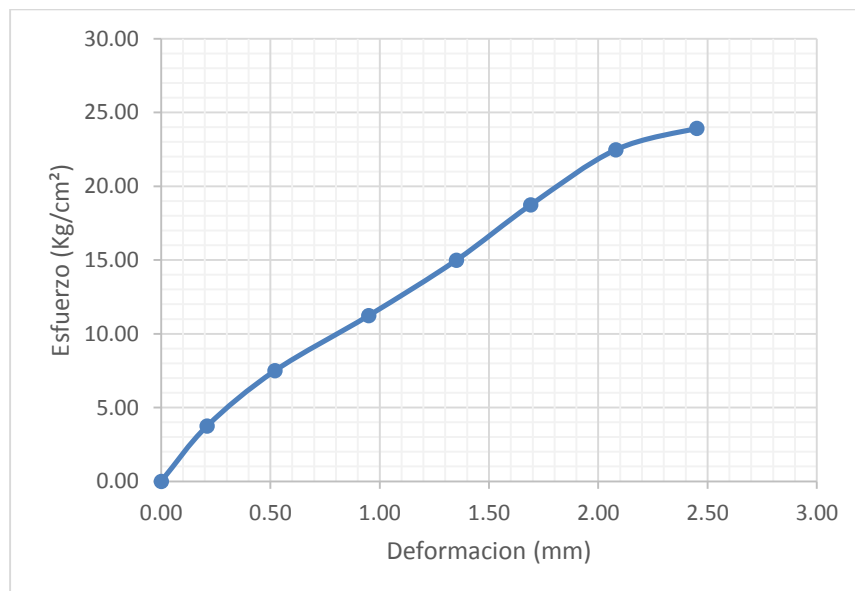


Gráfico N° 60. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 1F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 2F- 2 pulgadas.

Tabla N° 126. Dimensiones de muestra 2F - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.00cm
Peralte (d) =	10.20cm
Distancia entre apoyos (L)=	20.00cm

Tabla N° 127. Resultados de ensayo a flexión de muestra 2F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.84	0.32
400	7.69	0.79
600	11.53	1.08
800	15.38	1.65
1003	19.28	1.99

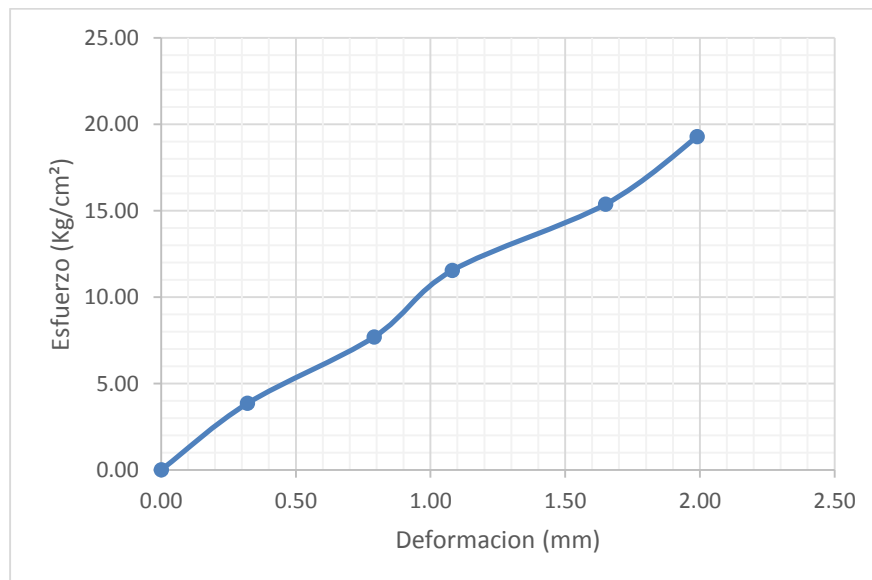


Gráfico N° 61. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 2F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 3F- 2 pulgadas.

Tabla N° 128. Dimensiones de muestra 3F - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.30cm
Peralte (d) =	10.40cm
Distancia entre apoyos (L)=	19.00cm

Tabla N° 129. Resultados de ensayo a flexión de muestra 3F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.44	0.65
400	6.89	1.05
600	10.33	1.49
800	13.78	1.95
1000	17.22	2.36
1200	20.67	2.95
1400	24.11	3.18
1600	27.56	3.52
1789	30.81	3.89

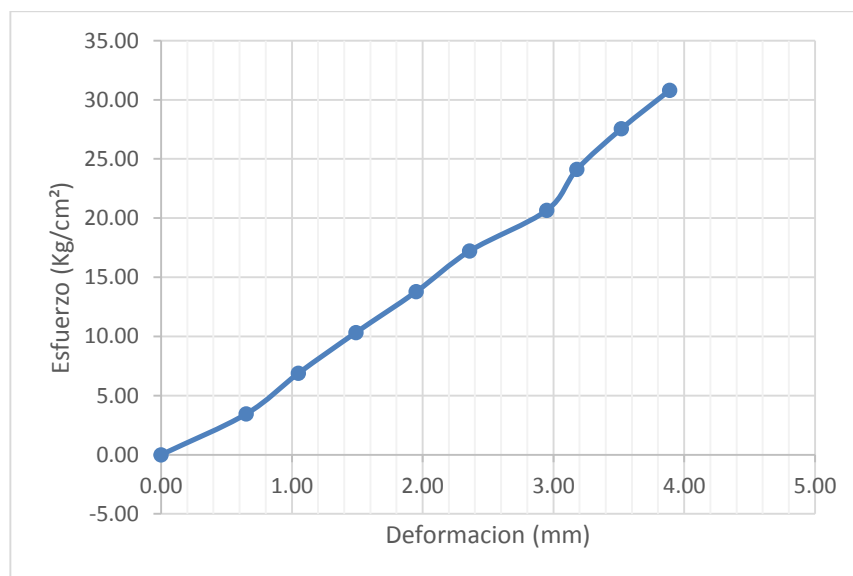


Gráfico N° 62. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 3F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 4F- 2 pulgadas.

Tabla N° 130. Dimensiones de muestra 4F - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.20cm
Peralte (d) =	10.30cm
Distancia entre apoyos (L)=	19.00cm

Tabla N° 131. Resultados de ensayo a flexión de muestra 4F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.53	0.71
400	7.07	1.12
600	10.60	1.29
800	14.14	1.53
1000	17.67	1.79
1061	18.75	2.11

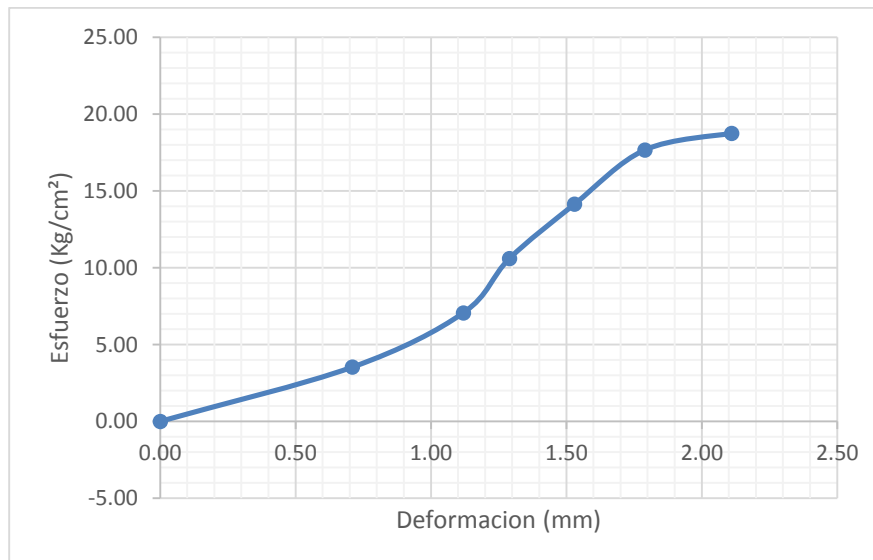


Gráfico N° 63. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 4F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 5F- 2 pulgadas.

Tabla N° 132. Dimensiones de muestra 5F - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.20cm
Peralte (d) =	10.40cm
Distancia entre apoyos (L)=	20.00cm

Tabla N° 133. Resultados de ensayo a flexión de muestra 5F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.65	0.35
400	7.30	0.68
600	10.95	1.08
800	14.60	1.35
1000	18.25	1.78
1200	21.90	2.05
1400	25.55	2.68
1629	29.73	3.15

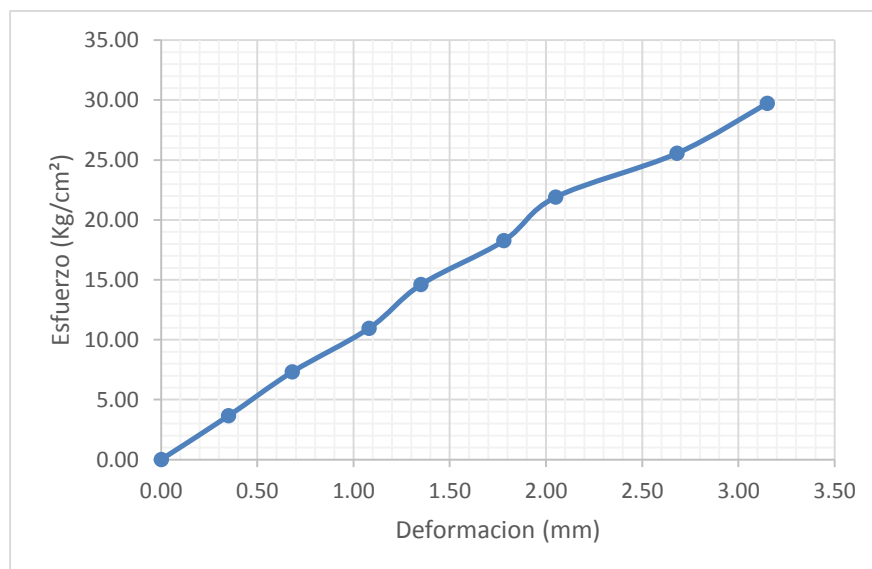


Gráfico N° 64. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 5F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 6F- 2 pulgadas.

Tabla N° 134. Dimensiones de muestra 6F - Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.30cm
Peralte (d) =	10.20cm
Distancia entre apoyos (L)=	19.00cm

Tabla N° 135. Resultados de ensayo a flexión de muestra 6F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.58	0.36
400	7.16	0.78
600	10.74	1.49
800	14.32	1.96
981	17.56	2.31

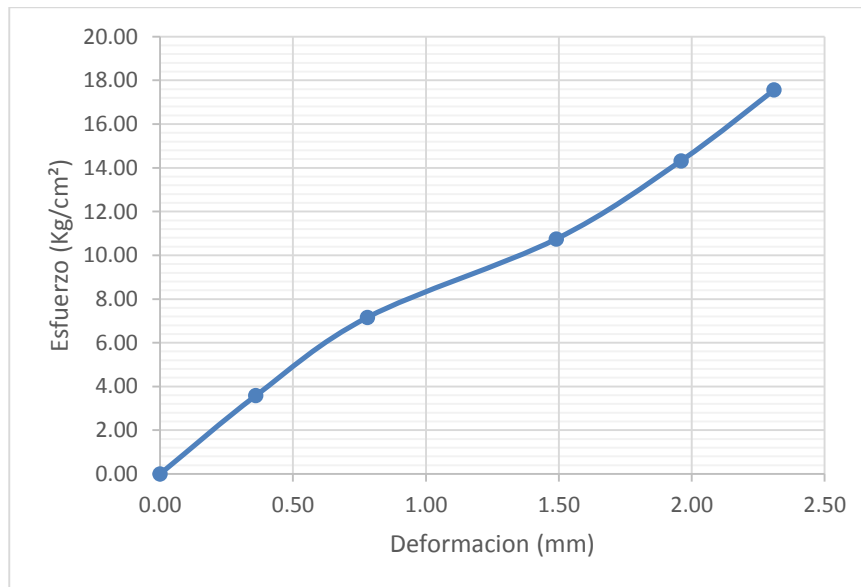


Gráfico N° 65. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 6F – Adobe con adición de 2 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 1F- 3 pulgadas.

Tabla N° 136. Dimensiones de muestra 1F - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.30cm
Peralte (d) =	10.30cm
Distancia entre apoyos (L)=	20.00cm

Tabla N° 137. Resultados de ensayo a flexión de muestra 1F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.70	0.79
400	7.39	1.19
600	11.09	1.38
800	14.79	1.76
1000	18.48	2.10
1256	23.21	2.56

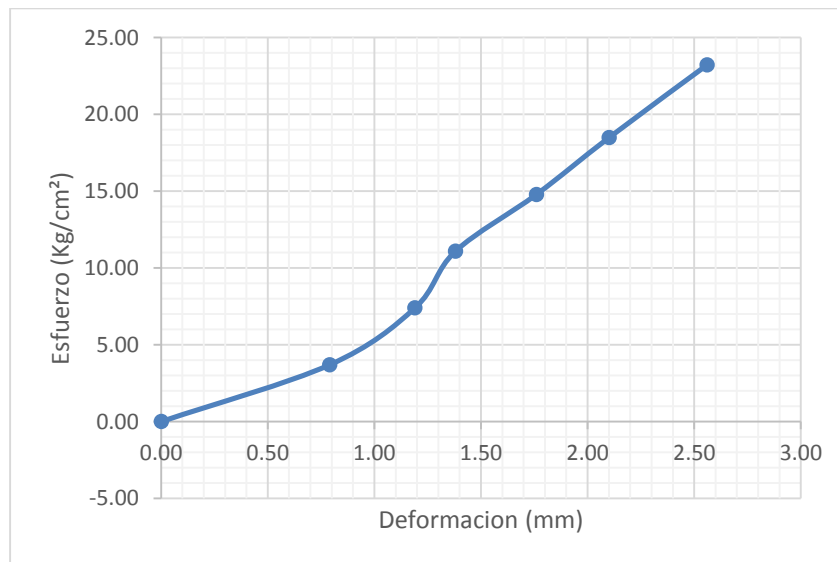


Gráfico N° 66. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 1F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 2F- 3 pulgadas.

Tabla N° 138. Dimensiones de muestra 2F - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.10cm
Peralte (d) =	10.20cm
Distancia entre apoyos (L)=	20.00cm

Tabla N° 139. Resultados de ensayo a flexión de muestra 2F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.82	0.52
400	7.64	0.81
600	11.46	1.12
800	15.28	1.56
1000	19.10	1.95
1247	23.81	2.45

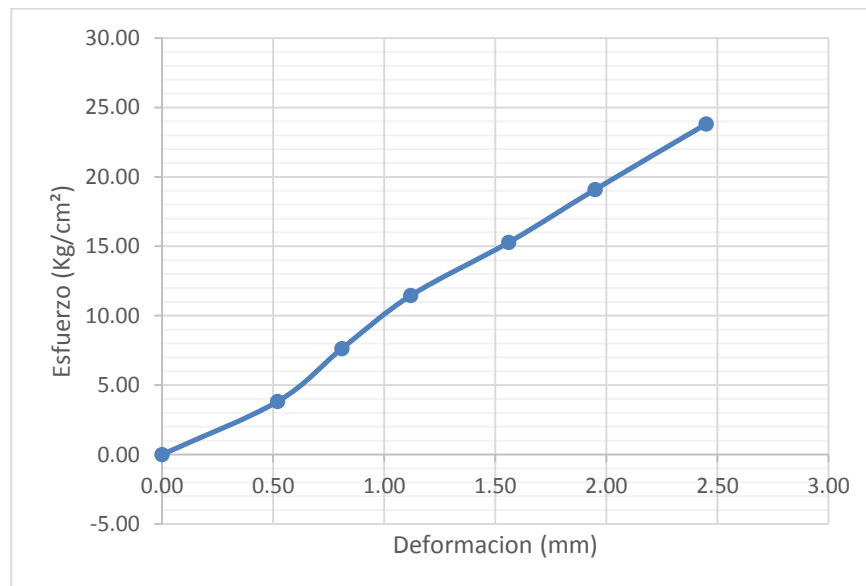


Gráfico N° 67. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 2F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 3F- 3 pulgadas.

Tabla N° 140. Dimensiones de muestra 3F - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.20cm
Peralte (d) =	10.40cm
Distancia entre apoyos (L)=	20.00cm

Tabla N° 141. Resultados de ensayo a flexión de muestra 3F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.65	0.32
400	7.30	0.71
600	10.95	1.05
800	14.60	1.42
1000	18.25	1.79
1200	21.90	2.24
1400	25.55	2.59
1600	29.20	2.94
1710	31.20	3.23

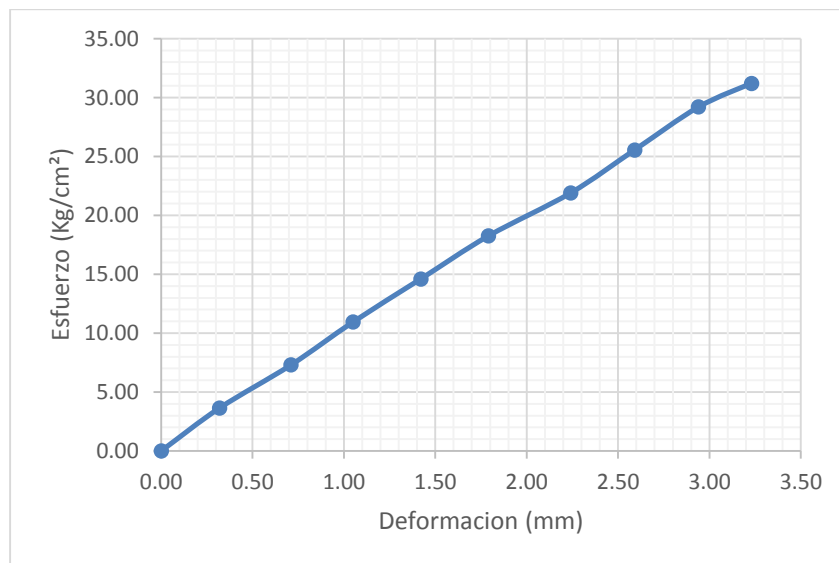


Gráfico N° 68. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 3F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 4F- 3 pulgadas.

Tabla N° 142. Dimensiones de muestra 4F - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.20cm
Peralte (d) =	10.30cm
Distancia entre apoyos (L)=	19.00cm

Tabla N° 143. Resultados de ensayo a flexión de muestra 4F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.53	0.71
400	7.07	1.20
600	10.60	1.78
800	14.14	2.15
1000	17.67	2.46
1200	21.21	2.81
1490	26.33	3.12

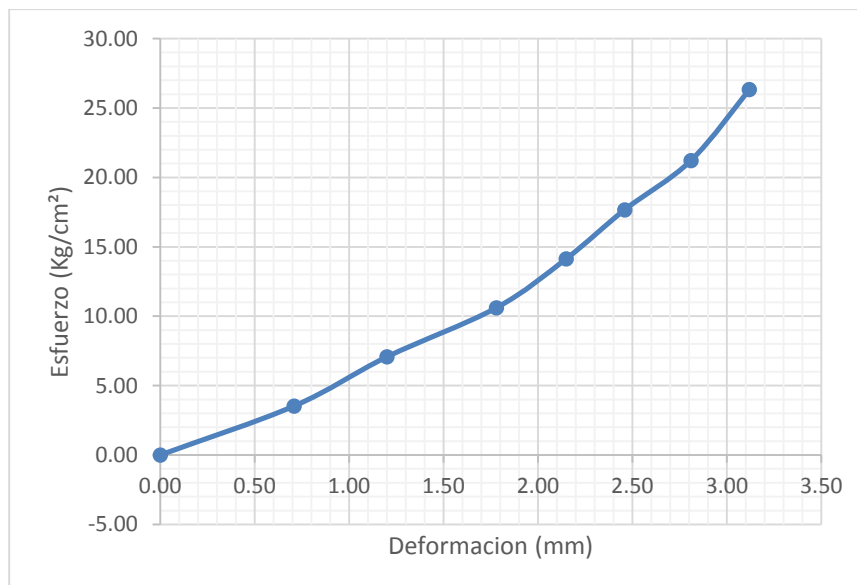


Gráfico N° 69. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 4F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 5F- 3 pulgadas.

Tabla N° 144. Dimensiones de muestra 5F - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.30cm
Peralte (d) =	10.20cm
Distancia entre apoyos (L)=	20.00cm

Tabla N° 145. Resultados de ensayo a flexión de muestra 5F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.77	0.65
400	7.54	0.98
600	11.31	1.35
983	18.53	1.86

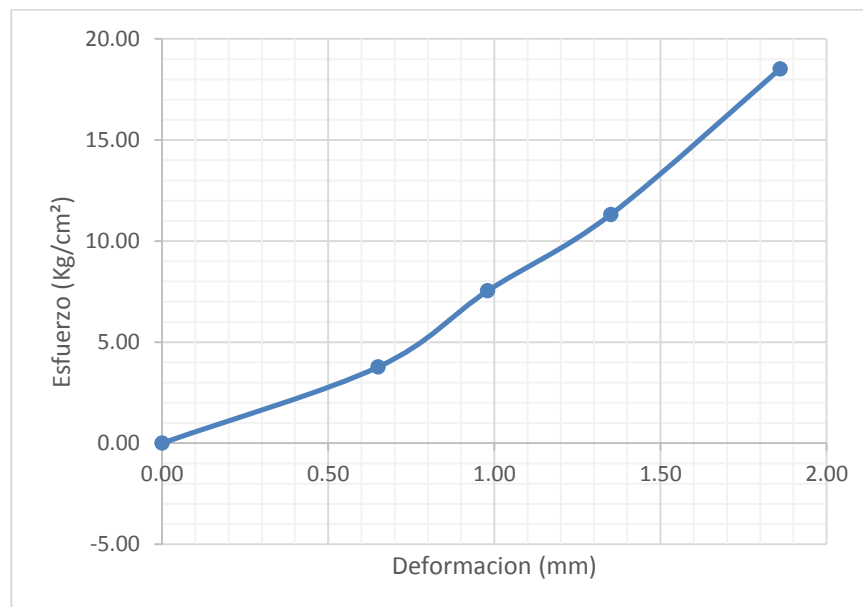


Gráfico N° 70. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 5F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Muestra 6F- 3 pulgadas.

Tabla N° 146. Dimensiones de muestra 6F - Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

DIMENSIONES	
Base (b) =	15.20cm
Peralte (d) =	10.30cm
Distancia entre apoyos (L)=	20.00cm

Tabla N° 147. Resultados de ensayo a flexión de muestra 6F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación (mm)
0.00	0.00	0.00
200	3.72	0.76
400	7.44	1.21
600	11.16	1.56
800	14.88	1.85
1000	18.60	2.05
1268	23.59	2.32

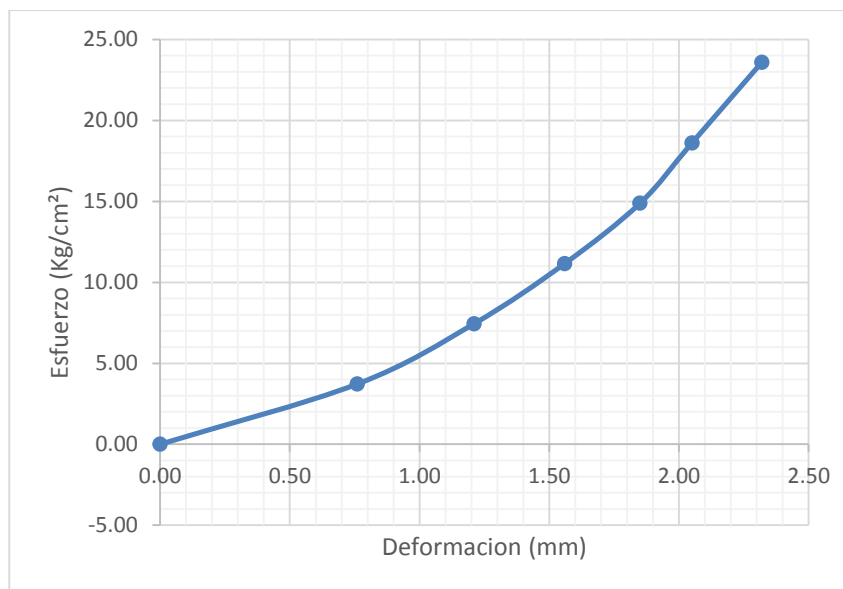


Gráfico N° 71. Curva Esfuerzo – Deformación de muestra 6F – Adobe con adición de 3 pulgadas de paja toquilla.