

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal  
para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

**AUTOR**

**Paola Abigail Segura Sanchez**

**ASESOR**

**Justo David Pedraza Franco**

<https://orcid.org/0000-0002-1027-2267>

**Chiclayo, 2023**

**Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de  
nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022**

PRESENTADA POR  
**Paola Abigail Segura Sanchez**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

APROBADA POR

Juan Jacobo Sanchez Bautista  
PRESIDENTE

Juan Merino Roncero  
SECRETARIO

Justo David Pedraza Franco  
VOCAL

## **Dedicatoria**

Esta investigación va dedicada a Dios en primer lugar por ser nuestro creador, asimismo darme la fuerza necesaria para seguir adelante día a día.  
Seguidamente a mis padres Yina Paola Sánchez Pedraza y Yersi Segura Delgado, por su apoyo incondicional, consejos y enseñanzas para hacer de mí una mejor persona.

## **Agradecimientos**

Mi agradecimiento a mi asesor de tesis, el Ing. Justo David Pedraza Franco, por dedicar el tiempo necesario a esta investigación, asimismo por brindarme sus consejos, recomendaciones y sugerencias producto de su conocimiento y experiencia durante todo el desarrollo del proyecto.  
A mi familia y amigos que fueron participe del apoyo y contribuyeron en el desarrollo de esta investigación.

---

**INFORME DE ORIGINALIDAD**

---

|                     |                     |               |                         |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| <b>16%</b>          | <b>14%</b>          | <b>7%</b>     | <b>6%</b>               |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

---

**FUENTES PRIMARIAS**

---

|          |                                                                                                                                                                                         |               |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>1</b> | <b>hdl.handle.net</b><br>Fuente de Internet                                                                                                                                             | <b>8%</b>     |
| <b>2</b> | <b>dspace.espoch.edu.ec</b><br>Fuente de Internet                                                                                                                                       | <b>1%</b>     |
| <b>3</b> | <b>repositorio.ucv.edu.pe</b><br>Fuente de Internet                                                                                                                                     | <b>1%</b>     |
| <b>4</b> | <b>tesis.usat.edu.pe</b><br>Fuente de Internet                                                                                                                                          | <b>1%</b>     |
| <b>5</b> | <b>repositorio.uss.edu.pe</b><br>Fuente de Internet                                                                                                                                     | <b>1%</b>     |
| <b>6</b> | Morales Salazar Juan Pedro. "Geomecánica aplicada a la perforación de pozos en formaciones de lutitas y carbonatos utilizando datos sísmicos y sísmicos", TESIUNAM, 2014<br>Publicación | <b>&lt;1%</b> |
| <b>7</b> | <b>repositorio.ucss.edu.pe</b><br>Fuente de Internet                                                                                                                                    | <b>&lt;1%</b> |
| <b>8</b> | <b>repositorio.unsaac.edu.pe</b><br>Fuente de Internet                                                                                                                                  | <b>&lt;1%</b> |

---



## Índice

|                                                                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Resumen .....                                                                                                                                                       | 27 |
| Abstract .....                                                                                                                                                      | 28 |
| Introducción .....                                                                                                                                                  | 29 |
| Revisión literaria .....                                                                                                                                            | 33 |
| Antecedentes .....                                                                                                                                                  | 33 |
| Bases teóricas – Científicas.....                                                                                                                                   | 36 |
| Norma E.080: Diseño y Construcción con Tierra Reforzada -2017.....                                                                                                  | 37 |
| NTP 339.128, Suelos. Método de Análisis granulométrico.....                                                                                                         | 37 |
| NTP 400.012, Agregado. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global...37                                                                              |    |
| NTP 339.129, Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.....                                    | 37 |
| NTP 339.127, Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. ....                                                                     | 38 |
| N.T.P. 339.185, Agregado. contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.....                                                                        | 38 |
| NTP 339.131, Suelos. Método de ensayo para determinar el peso específico y específico relativo de las partículas sólidas del suelo. ....                            | 38 |
| NTP. 399.134, Suelos. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS) .....                | 38 |
| NTP 400.022, Agregado. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.....                     | 38 |
| NTP-400.017, Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados ..... | 39 |
| NTP. 399.613. Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. ....                                             | 39 |
| Norma UNE 41410 Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques .....                                                                                            | 39 |
| ASTM C-496 Método de ensayo. Determinación de la resistencia a tracción indirecta de especímenes cilíndricos de concreto. (Ensayo Brasileño). ....                  | 40 |
| N.T.P. 399.605. Unidades de albañilería. método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.....                                        | 40 |
| Adobe.....                                                                                                                                                          | 40 |

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Consideraciones.....                                           | 40 |
| Tierra del adobe.....                                          | 41 |
| Mortero para el adobe .....                                    | 41 |
| Elaboración y materiales del adobe .....                       | 41 |
| Tierra cruda .....                                             | 41 |
| Paja.....                                                      | 42 |
| Agua.....                                                      | 42 |
| Nopal.....                                                     | 42 |
| Propiedades de Nopal .....                                     | 43 |
| Viscosidad .....                                               | 43 |
| Reología .....                                                 | 43 |
| Residuos cerámicos.....                                        | 43 |
| Definición de ensayos de suelo y agregados al adobe .....      | 43 |
| Propiedades y ensayos físicos .....                            | 50 |
| Propiedades y ensayos mecánicas .....                          | 53 |
| Materiales y métodos.....                                      | 58 |
| Tipo de investigación.....                                     | 58 |
| Formulación de la hipótesis .....                              | 59 |
| Población, muestra y muestreo.....                             | 59 |
| Población.....                                                 | 59 |
| Muestra.....                                                   | 59 |
| Muestreo.....                                                  | 59 |
| Operacionalización de Variables.....                           | 63 |
| Variables independientes .....                                 | 63 |
| Variable dependiente .....                                     | 63 |
| Variable interviniente.....                                    | 63 |
| Método y técnicas de recolección de datos.....                 | 66 |
| Métodos.....                                                   | 66 |
| Técnicas .....                                                 | 66 |
| Estrategia metodológica para demostración de la hipótesis..... | 67 |
| Procedimientos .....                                           | 67 |
| Reconocimiento de adobe Cutervino.....                         | 68 |

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Elección de muestras de tierra.....                                             | 69  |
| Ensayos para muestras de tierra .....                                           | 70  |
| Ensayo de Cinta de barro .....                                                  | 71  |
| Ensayo: Prueba “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca”.....                 | 73  |
| Prueba de Contenido de humedad .....                                            | 74  |
| Ensayo de Granulometría.....                                                    | 75  |
| Límites de Atterberg .....                                                      | 75  |
| Contenido de humedad.....                                                       | 76  |
| Peso específico .....                                                           | 77  |
| Peso Unitario Suelto y compactado.....                                          | 77  |
| Obtención de Baba de Nopal.....                                                 | 78  |
| Ensayos de baba de Nopal.....                                                   | 79  |
| Ensayo de densidad.....                                                         | 79  |
| Ensayo de viscosidad y reología.....                                            | 80  |
| Obtención de Residuos Cerámicos triturados .....                                | 81  |
| Ensayos de Residuos Cerámicos .....                                             | 83  |
| Ensayo de granulometría.....                                                    | 83  |
| Ensayo de Peso Unitario Suelto y compactado .....                               | 83  |
| Ensayo de peso específico y porcentaje de absorción .....                       | 84  |
| Ensayo de contenido de humedad.....                                             | 84  |
| Molde de adobe (Adobera).....                                                   | 85  |
| Elaboración de adobes patrones .....                                            | 86  |
| Elaboración de adobes con baba de nopal.....                                    | 86  |
| Cálculo de porcentaje (%) de baba de nopal .....                                | 87  |
| Ensayos para adobes patrones y con baba de nopal .....                          | 90  |
| Ensayo de módulo de ruptura .....                                               | 90  |
| Ensayo a compresión .....                                                       | 91  |
| Ensayo Succión.....                                                             | 93  |
| Ensayo Absorción.....                                                           | 94  |
| Ensayo de humedad y secado .....                                                | 95  |
| Elaboración de adobes con baba de nopal y residuos cerámicos .....              | 95  |
| Cálculo de porcentaje (%) de residuos cerámicos con 15% baba de nopal .....     | 95  |
| Elaboración de cilindros de adobe.....                                          | 100 |
| Elaboración de adobes para ensayo de resistencia del mortero a la tracción..... | 104 |

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Transporte de adobes .....                                                                  | 105 |
| Ensayos de propiedades físicas .....                                                        | 106 |
| Ensayo de variación dimensional .....                                                       | 106 |
| Ensayo de alabeo .....                                                                      | 106 |
| Ensayo succión adobes con BN más RC.....                                                    | 107 |
| Ensayo absorción adobes con BN más RC .....                                                 | 108 |
| Elaboración de espécimen de prueba mortero, muretes y pilas .....                           | 108 |
| Elaboración cubos de adobe con residuos cerámicos y baba de nopal.....                      | 111 |
| Ensayos de propiedades mecánicas .....                                                      | 112 |
| Ensayo a compresión de adobes con de baba de nopal y de residuos cerámicos. ....            | 112 |
| Ensayo de resistencia a la tracción del material tierra .....                               | 112 |
| Ensayo de resistencia del mortero a la tracción.....                                        | 113 |
| Ensayo de compresión: muretes de adobe.....                                                 | 114 |
| Ensayo de tracción indirecta o compresión diagonal.....                                     | 114 |
| Matriz de consistencia.....                                                                 | 115 |
| Resultados .....                                                                            | 116 |
| Selección de tierra de Cutervo para adobes .....                                            | 116 |
| Ensayo de cinta de barro - E080.....                                                        | 116 |
| Prueba “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca” – E080.....                              | 117 |
| Prueba de Contenido de humedad – E.080 .....                                                | 117 |
| Ensayo de Granulometría - NTP 339.128.....                                                  | 118 |
| Límites de Atterberg - NTP 339.129 .....                                                    | 121 |
| Contenido de humedad - NTP 339.127.....                                                     | 122 |
| Método para la Clasificación Unificada de Suelos (SUCS) (NTP 339.134 o ASTM D2487)<br>..... | 122 |
| Peso específico - NTP 339.131 .....                                                         | 123 |
| Peso Unitario Suelto y compactado.....                                                      | 123 |
| Evaluación de propiedades de baba de nopal.....                                             | 124 |
| Ensayo de densidad.....                                                                     | 124 |
| Ensayo de viscosidad y reología.....                                                        | 124 |
| Evaluación de propiedades de residuos cerámicos.....                                        | 125 |
| Ensayo granulometría de residuos cerámicos .....                                            | 125 |
| Peso unitario y contenido de humedad .....                                                  | 126 |

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ensayo peso específico de residuos cerámicos .....                         | 126 |
| Selección del porcentaje más óptimo de baba de nopal.....                  | 127 |
| Ensayo de módulo de ruptura.....                                           | 127 |
| Ensayo de compresión .....                                                 | 128 |
| Ensayo de succión.....                                                     | 129 |
| Ensayo de absorción .....                                                  | 133 |
| Humedad y secado .....                                                     | 137 |
| Evaluación de propiedades físicas del adobe .....                          | 141 |
| Ensayo de variación dimensional .....                                      | 141 |
| Ensayo de alabeo .....                                                     | 144 |
| Ensayo de succión.....                                                     | 146 |
| Ensayo de absorción .....                                                  | 149 |
| Evaluación de propiedades mecánicas.....                                   | 149 |
| Ensayo de compresión en cubos.....                                         | 149 |
| Ensayo de resistencia a la tracción de la tierra .....                     | 151 |
| Ensayo de resistencia del mortero tradicional a la tracción .....          | 152 |
| Ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta.....                    | 154 |
| Ensayo de compresión de pilas o prismas.....                               | 156 |
| Ensayo de resistencia del mortero con baba de nopal a la tracción.....     | 161 |
| Análisis económico de la unidad de adobe convencional y la propuesta ..... | 163 |
| Análisis estadístico .....                                                 | 168 |
| Población total según tipo de adobe .....                                  | 168 |
| Distribución de muestras.....                                              | 169 |
| Ensayo de módulo de ruptura.....                                           | 169 |
| Ensayo de resistencia a compresión .....                                   | 172 |
| Ensayo de succión.....                                                     | 176 |
| Ensayo de Absorción .....                                                  | 179 |
| Ensayo de Variación dimensional .....                                      | 182 |
| Ensayo de alabeo .....                                                     | 191 |
| Ensayo de resistencia a la tracción de la tierra .....                     | 197 |
| Ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta.....                    | 200 |
| Ensayo de compresión de pilas o prismas.....                               | 203 |

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ensayo de resistencia del mortero convencional a la tracción .....         | 209 |
| Ensayo de resistencia del mortero con baba de nopal a la tracción.....     | 212 |
| Discusión .....                                                            | 216 |
| Ensayos para la selección del suelo.....                                   | 216 |
| Ensayos de baba de nopal .....                                             | 218 |
| Ensayo de residuos cerámicos.....                                          | 219 |
| Selección de porcentaje más óptimo de baba de nopal.....                   | 219 |
| Ensayo de módulo de ruptura.....                                           | 219 |
| Ensayo de compresión .....                                                 | 221 |
| Ensayo de succión.....                                                     | 222 |
| Ensayo de absorción .....                                                  | 223 |
| Ensayo de humedad y secado.....                                            | 224 |
| Ensayos de adobe con residuos cerámicos y baba de nopal .....              | 225 |
| Ensayo de variación dimensional .....                                      | 225 |
| Ensayo de alabeo .....                                                     | 226 |
| Ensayo de succión y absorción.....                                         | 228 |
| Ensayo de compresión en cubos.....                                         | 229 |
| Ensayo de resistencia a la tracción de la tierra.....                      | 230 |
| Ensayo de resistencia del mortero convencional a la tracción .....         | 231 |
| Ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta.....                    | 232 |
| Ensayo de compresión de pilas o prismas.....                               | 234 |
| Ensayo de Resistencia al mortero con baba de nopal a la tracción .....     | 235 |
| Análisis económico de la unidad de adobe convencional y la propuesta ..... | 236 |
| Análisis estadístico .....                                                 | 237 |
| Conclusiones .....                                                         | 238 |
| Recomendaciones.....                                                       | 242 |
| Referencias.....                                                           | 244 |
| Anexos.....                                                                | 247 |
| Anexo 1- Análisis económico .....                                          | 247 |
| Anexo 2-Cuadros.....                                                       | 251 |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| Anexo 3-Panel fotográfico.....    | 253 |
| Anexo 4-Ensayos.....              | 263 |
| Anexo 5-Análisis estadístico..... | 330 |

## Lista de tablas

|           |                                                                                                       |     |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1.  | Muestra de adobes patrones y baba de nopal (Modulo de ruptura, Succión y Absorción) .....             | 60  |
| Tabla 2.  | Muestra de Cubos de adobes patrones y baba de nopal (compresión, humedad y secado) .....              | 60  |
| Tabla 3.  | Muestra de adobes patrones y adobes con baba de nopal vs residuos cerámicos ..                        | 61  |
| Tabla 4.  | Muestra de adobes patrones y adobes con baba de nopal vs residuos cerámicos en cubos y cilindros..... | 62  |
| Tabla 5.  | Muestra de adobes para evaluar la resistencia del mortero con baba de nopal .....                     | 62  |
| Tabla 6.  | Operacionalización de Variables independientes.....                                                   | 63  |
| Tabla 7.  | Operacionalización de Variable dependiente.....                                                       | 64  |
| Tabla 8.  | Operacionalización de Variables Intervinientes .....                                                  | 65  |
| Tabla 9.  | Método y técnicas de recolección de datos.....                                                        | 66  |
| Tabla 10. | Medida final de cinta de barro .....                                                                  | 116 |
| Tabla 11. | Prueba de presencia de arcilla o resistencia seca .....                                               | 117 |
| Tabla 12. | Prueba de contenido de humedad.....                                                                   | 117 |
| Tabla 13. | Ensayo Granulométrico del centro poblado de Rayme(M-1).....                                           | 118 |
| Tabla 14. | Ensayo granulométrico del Quince de Septiembre .....                                                  | 119 |
| Tabla 15. | Ensayo granulométrico del Sector Mirador-Cutervo .....                                                | 120 |
| Tabla 16. | Ensayo de límites de Atterberg.....                                                                   | 121 |
| Tabla 17. | Porcentaje de contenido de humedad .....                                                              | 122 |
| Tabla 18. | Clasificación de suelo.....                                                                           | 122 |
| Tabla 19. | Ensayo de Peso Específico .....                                                                       | 123 |
| Tabla 20. | Peso unitario suelto .....                                                                            | 123 |
| Tabla 21. | Peso unitario compactado.....                                                                         | 123 |
| Tabla 22. | Densidad de baba de nopal .....                                                                       | 124 |
| Tabla 23. | Comportamiento de baba de nopal.....                                                                  | 124 |



|           |                                                                        |     |
|-----------|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 24. | Granulometría de residuos cerámicos .....                              | 125 |
| Tabla 25. | Peso unitario suelto y contenido de humedad (RC) .....                 | 126 |
| Tabla 26. | Peso unitario compactado y contenido de humedad (RC).....              | 126 |
| Tabla 27. | Peso específico de RC .....                                            | 126 |
| Tabla 28. | Ensayo de módulo de ruptura .....                                      | 127 |
| Tabla 29. | Resistencia a la compresión de adobe patrón y baba de nopal .....      | 128 |
| Tabla 30. | Succión de adobe patrón de Cutervo.....                                | 130 |
| Tabla 31. | Succión de adobe con 5% de baba de nopal .....                         | 131 |
| Tabla 32. | Succión adobes con 10% de baba de nopal .....                          | 131 |
| Tabla 33. | Succión de adobe con 5% de baba de nopal .....                         | 132 |
| Tabla 34. | Porcentaje de absorción de adobe patrón .....                          | 134 |
| Tabla 35. | Porcentaje de absorción de adobe con 5% de baba de nopal.....          | 135 |
| Tabla 36. | Porcentaje de absorción de adobe con 10% de baba de nopal.....         | 135 |
| Tabla 37. | Porcentaje de absorción de adobe con 10% de baba de nopal.....         | 136 |
| Tabla 38. | Peso de adobes patrón en cinco ciclos de humedad y secado.....         | 137 |
| Tabla 39. | Peso de adobes con 5% de BN en cinco ciclos de humedad y secado .....  | 138 |
| Tabla 40. | Peso de adobes con 10% de BN en cinco ciclos de humedad y secado ..... | 139 |
| Tabla 41. | Peso de adobes con 15% de BN en cinco ciclos de humedad y secado ..... | 140 |
| Tabla 42. | Variación dimensional de adobes patrones.....                          | 141 |
| Tabla 43. | Variación dimensional de adobes 15%BN + 10%RC .....                    | 142 |
| Tabla 44. | Variación dimensional de adobes 15%BN + 20%RC .....                    | 142 |
| Tabla 45. | Variación dimensional de adobes 15%BN + 30%RC .....                    | 143 |
| Tabla 46. | Medidas de alabeo de adobes patrón.....                                | 144 |
| Tabla 47. | Medidas de alabeo de adobes 15%BN + 10%RC .....                        | 144 |
| Tabla 48. | Medidas de alabeo de adobes 15%BN + 20%RC .....                        | 145 |
| Tabla 49. | Medidas de alabeo de adobes 15%BN + 30%RC .....                        | 145 |

|           |                                                                                        |     |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 50. | Resumen de ensayo a succión de muestras con baba de nopal más residuos cerámicos ..... | 146 |
| Tabla 51. | Ensayo de succión de adobes 15% BN+10%RC. ....                                         | 146 |
| Tabla 52. | Ensayo de succión de adobes 15% BN+20%RC. ....                                         | 147 |
| Tabla 53. | Ensayo de succión de adobes 15% BN-30%RC. ....                                         | 148 |
| Tabla 54. | Ensayo cubos a compresión de adobes con BN Y RC .....                                  | 150 |
| Tabla 55. | Resumen de resistencia a la tracción de la tierra .....                                | 151 |
| Tabla 56. | Ensayo de resistencia de mortero en adobes patrones.....                               | 152 |
| Tabla 57. | Ensayo de resistencia de mortero en adobes con 10%RC más 15%BN .....                   | 152 |
| Tabla 58. | Ensayo de resistencia de mortero en adobes con 20%RC más 15%BN .....                   | 153 |
| Tabla 59. | Ensayo de resistencia de mortero en adobes con 30%RC más 15%BN .....                   | 153 |
| Tabla 60. | Tracción de muretes con adobe patrón.....                                              | 154 |
| Tabla 61. | Tracción indirecta de murete con 15%BN y 10% RC.....                                   | 154 |
| Tabla 62. | Tracción indirecta de adobe con 15% BN y 20%RC .....                                   | 155 |
| Tabla 63. | Tracción indirecta de adobe con 15% de baba de nopal y 30% RC .....                    | 156 |
| Tabla 64. | Compresión de prisma de adobe patrón .....                                             | 157 |
| Tabla 65. | Compresión de prisma con 15% BN Y 10% RC .....                                         | 158 |
| Tabla 66. | Compresión de prisma con 15% BN Y 20% RC .....                                         | 159 |
| Tabla 67. | Compresión de prisma con 15% BN Y 30% RC .....                                         | 160 |
| Tabla 68. | Ensayo de resistencia de mortero con baba de nopal en adobes con 15%BN.....            | 161 |
| Tabla 69. | Ensayo de resistencia de mortero con baba de nopal en adobes con 10%RC más 15%BN ..... | 161 |
| Tabla 70. | Ensayo de resistencia de mortero con baba de nopal en adobes con 20%RC más 15%BN ..... | 162 |
| Tabla 71. | Ensayo de resistencia de mortero con baba de nopal en adobes con 30%RC más 15%BN ..... | 162 |
| Tabla 72. | Costo unitario de la obtención de baba de nopal .....                                  | 163 |

|           |                                                                    |     |
|-----------|--------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 73. | Costo unitario de obtención de residuos cerámicos .....            | 164 |
| Tabla 74. | Costo unitario de un adobe patrón .....                            | 164 |
| Tabla 75. | Precio de unidad de adobe con 5% de baba de nopal.....             | 165 |
| Tabla 76. | Precio de unidad de adobe con 10% de baba de nopal.....            | 165 |
| Tabla 77. | Precio de unidad de adobe con 15% de baba de nopal.....            | 166 |
| Tabla 78. | Precio de unidad de adobe con 15% BN 10 %RC .....                  | 166 |
| Tabla 79. | Precio de unidad de adobe con 15% BN 20 %RC .....                  | 167 |
| Tabla 80. | Precio de unidad de adobe con 15% BN 30 %RC .....                  | 167 |
| Tabla 81. | Población de adobes .....                                          | 168 |
| Tabla 82. | Medidas de tendencia central Mr .....                              | 169 |
| Tabla 83. | Medidas de dispersión de ensayo Mr .....                           | 170 |
| Tabla 84. | Elementos para grafica desviación estándar (Mr).....               | 171 |
| Tabla 85. | Dispersión de todas las muestras de Mr .....                       | 172 |
| Tabla 86. | Medidas de tendencia central de resistencia a compresión .....     | 172 |
| Tabla 87. | Medidas de dispersión de ensayo de compresión .....                | 174 |
| Tabla 88. | Elementos para grafica desviación estándar (compresión).....       | 174 |
| Tabla 89. | Dispersión de todas las muestras de Compresión en cubos.....       | 175 |
| Tabla 90. | Medidas de tendencia central /ensayo succión .....                 | 176 |
| Tabla 91. | Medidas de dispersión de ensayo de succión.....                    | 177 |
| Tabla 92. | Elementos para grafica desviación estándar (succión).....          | 178 |
| Tabla 93. | Dispersión de todas las muestras de succión .....                  | 179 |
| Tabla 94. | Medidas de tendencia central /ensayo absorción .....               | 179 |
| Tabla 95. | Medidas de dispersión de ensayo de absorción .....                 | 180 |
| Tabla 96. | Elementos para grafica Desviación estándar (Absorción).....        | 181 |
| Tabla 97. | Dispersión de todas las muestras de Absorción .....                | 182 |
| Tabla 98. | Medidas de tendencia central de Variación dimensional -largo ..... | 182 |

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 99. Medidas de dispersión de ensayo de variación dimensional (largo).....             | 183 |
| Tabla 100. Elementos para grafica Desviación estándar (VD-largo).....                       | 184 |
| Tabla 101. Dispersión de todas las muestras de dimensionamiento /largo.....                 | 185 |
| Tabla 102. Medidas de tendencia central de Variación dimensional -Ancho.....                | 185 |
| Tabla 103. Medidas de dispersión de ensayo de variación dimensional (ancho).....            | 186 |
| Tabla 104. Elementos para grafica Desviación estándar (VD-Ancho).....                       | 187 |
| Tabla 105. Dispersión de todas las muestras de dimensionamiento /Ancho .....                | 188 |
| Tabla 106. Medidas de tendencia central de Variación dimensional -Altura .....              | 188 |
| Tabla 107. Medidas de dispersión de ensayo de variación dimensional (Altura).....           | 189 |
| Tabla 108. Elementos para grafica Desviación estándar (VD-Altura).....                      | 190 |
| Tabla 109. Dispersión de todas las muestras de dimensionamiento /Altura.....                | 191 |
| Tabla 110. Medidas de tendencia central de ensayo alabeo -Cara arriba.....                  | 191 |
| Tabla 111. Medidas de dispersión de ensayo de Alabeo-Cara arriba.....                       | 192 |
| Tabla 112. Elementos para grafica Desviación estándar (Alabeo -C. Arriba).....              | 193 |
| Tabla 113. Dispersión de todas las muestras de alabeo/cara arriba.....                      | 194 |
| Tabla 114. Medidas de tendencia central de ensayo alabeo -Cara abajo.....                   | 194 |
| Tabla 115. Medidas de dispersión de ensayo de Alabeo-Cara abajo .....                       | 195 |
| Tabla 116. Elementos para grafica Desviación estándar (Alabeo -Abajo).....                  | 196 |
| Tabla 117. Dispersión de todas las muestras de alabeo/cara abajo .....                      | 197 |
| Tabla 118. Medidas de tendencia central de resistencia de la tierra a tracción.....         | 197 |
| Tabla 119. Medidas de dispersión de ensayo de tracción de tierra .....                      | 198 |
| Tabla 120. Elementos para grafica Desviación estándar (tracción de la tierra).....          | 199 |
| Tabla 121. Dispersión de ensayo de resistencia a la tracción de la tierra.....              | 200 |
| Tabla 122. Medidas de tendencia central de resistencia a tracción indirecta de muretes..... | 200 |
| Tabla 123. Medidas de dispersión de ensayo de tracción indirecta.....                       | 201 |
| Tabla 124. Elementos para grafica Desviación estándar (tracción indirecta de muretes) ..... | 202 |

|                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 125. Dispersión de ensayo de resistencia a la tracción indirecta.....                           | 203 |
| Tabla 126. Medidas de tendencia central de resistencia de compresión admisible de pilas..             | 203 |
| Tabla 127. Medidas de dispersión de ensayo de compresión admisible de pilas.....                      | 204 |
| Tabla 128. Elementos para grafica Desviación estándar (compresión admisible de pilas) ...             | 205 |
| Tabla 129. Dispersión de ensayo de resistencia a la compresión admisible.....                         | 206 |
| Tabla 130. Medidas de tendencia central de resistencia de compresión por aplastamiento de pilas ..... | 206 |
| Tabla 131. Medidas de dispersión de ensayo de compresión por aplastamiento de pilas .....             | 207 |
| Tabla 132. Elementos para grafica desviación estándar (compresión/aplastamiento) .....                | 208 |
| Tabla 133. Dispersión de ensayo de resistencia a la compresión/aplastamiento .....                    | 209 |
| Tabla 134. Medidas de tendencia central de resistencia de mortero .....                               | 209 |
| Tabla 135. Medidas de dispersión de ensayo de tracción de motero convencional .....                   | 210 |
| Tabla 136. Elementos para grafica desviación estándar (mortero tradicional).....                      | 211 |
| Tabla 137. Dispersión de ensayo de resistencia a tracción del mortero convencional.....               | 212 |
| Tabla 138. Medidas de tendencia central de resistencia de mortero con baba de nopal .....             | 212 |
| Tabla 139. Medidas de dispersión de ensayo de tracción de motero con baba de nopal.....               | 213 |
| Tabla 140. Elementos para grafica desviación estándar (mortero con baba de nopal).....                | 214 |
| Tabla 141. Dispersión de ensayo de resistencia a tracción del mortero con baba de nopal ..            | 215 |

## Lista de figuras

|            |                                                                           |    |
|------------|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1:  | Elaboración de bolitas de tierra.....                                     | 44 |
| Figura 2:  | Prueba de aplastamiento de bolitas de tierra.....                         | 45 |
| Figura 3:  | Ensayo de contenido de humedad.....                                       | 45 |
| Figura 4:  | Prototipo para succión .....                                              | 52 |
| Figura 5:  | Espécimen para ensayo a tracción del mortero.....                         | 54 |
| Figura 6:  | Modelo de pilas para ensayo a compresión de muretes .....                 | 55 |
| Figura 7:  | Murete en compresión diagonal.....                                        | 56 |
| Figura 8:  | Ubicación geográfica de Cutervo.....                                      | 68 |
| Figura 9:  | Ubicación en Google Maps de los tres lugares de selección de tierra ..... | 69 |
| Figura 10: | Muestra 1-centro poblado de Rayme (M-1) .....                             | 70 |
| Figura 11: | Muestra 2- Quince de Septiembre (M-2).....                                | 70 |
| Figura 12: | Muestra 3- Sector Mirador – Cutervo (M-3) .....                           | 70 |
| Figura 13: | (M-1) en 2 kg; verificando de impurezas. ....                             | 71 |
| Figura 14: | Mezclado con agua para dar trabajabilidad M-1.....                        | 71 |
| Figura 15: | Cinta de barro, M-1 .....                                                 | 71 |
| Figura 16: | Medida de cinta de barro, M-1.....                                        | 71 |
| Figura 17: | Preparación de la mezcla M-2.....                                         | 72 |
| Figura 18: | Cinta de barro, mezcla M-2 .....                                          | 72 |
| Figura 19: | Medida de la cinta, muestra M2.....                                       | 72 |
| Figura 20: | Cinta de barro, M-3 .....                                                 | 72 |
| Figura 21: | Medida de la cinta de barro M-3.....                                      | 72 |
| Figura 22: | Elaboración de bolitas de tierra M-1 .....                                | 73 |
| Figura 23: | Secado por 48 horas M-1.....                                              | 73 |
| Figura 24: | Presión de bolitas de tierra M-1 .....                                    | 73 |
| Figura 25: | Elaboración de bolitas de tierra M-2 .....                                | 73 |

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 26: Secado por 48 horas M-2.....                                            | 73 |
| Figura 27: Presión de bolitas de tierra M-2 .....                                  | 73 |
| Figura 28: Elaboración de bolitas de tierra M-3 .....                              | 74 |
| Figura 29: Secado por 48 horas M-3.....                                            | 74 |
| Figura 30: Presión de bolitas de tierra M-3 .....                                  | 74 |
| Figura 31: Caída de la bola de la M-1 en el piso .....                             | 74 |
| Figura 32: Caída de la bola de la M-2 en el piso .....                             | 74 |
| Figura 33: Caída de la bola de la M-3 en el piso .....                             | 74 |
| Figura 34: Muestra de tierra seca.....                                             | 75 |
| Figura 35: Tamizado .....                                                          | 75 |
| Figura 36: Material tamizado por la malla N°40.....                                | 76 |
| Figura 37: Colocación de la muestra en copa de Casagrande .....                    | 76 |
| Figura 38: Golpes en la copa de Casa Grande.....                                   | 76 |
| Figura 39: Secado en horno para límites .....                                      | 76 |
| Figura 40: Estado natural de muestra.....                                          | 76 |
| Figura 41: Peso de la muestra secada en horno .....                                | 76 |
| Figura 42: Materiales ensayo peso específico .....                                 | 77 |
| Figura 43: Colocación de la muestra en la fiola .....                              | 77 |
| Figura 44: Muestra con agua destilada sacada de la fiola y colocada al horno ..... | 77 |
| Figura 45: Colocación de suelto en el recipiente .....                             | 77 |
| Figura 46: Peso de muestra suelta.....                                             | 77 |
| Figura 47: Medidas del recipiente.....                                             | 77 |
| Figura 48: Colocación de 3 capas de la muestra.....                                | 78 |
| Figura 49: Compactación con 25 golpes .....                                        | 78 |
| Figura 50: Pesado de la muestra compactada .....                                   | 78 |
| Figura 51: Tramo Cutervo-Cochabamba.....                                           | 78 |

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 52: Nopales de la zona.....                                               | 78 |
| Figura 53: Cortado de las hojas de nopal .....                                   | 79 |
| Figura 54: Almacenamiento de cubitos de nopal.....                               | 79 |
| Figura 55: Incorporación de agua y remojo por 2 a más días.....                  | 79 |
| Figura 56: Proceso de colado de la baba de Nopal .....                           | 79 |
| Figura 57: Colocación de la baba de nopal a la probeta.....                      | 80 |
| Figura 58: Muestra de 3 litros, recibido en la empresa Ofilab Perú .....         | 80 |
| Figura 59: Puntos de recolección de cerámica en Cutervo.....                     | 81 |
| Figura 60: Recolección de residuos cerámicos en ladrillera Chaquil .....         | 81 |
| Figura 61: Recolección de residuos cerámicos en ladrillera A.V Salomón V.M ..... | 81 |
| Figura 62: Traslado de las saquetas de residuos cerámicos.....                   | 82 |
| Figura 63: Trituración de residuos cerámicos .....                               | 82 |
| Figura 64: Tamizado de residuos cerámicos .....                                  | 82 |
| Figura 65: Cuarteo de residuos cerámicos.....                                    | 83 |
| Figura 66: Proceso de tamizado de residuos cerámicos.....                        | 83 |
| Figura 67: Muestra de residuos cerámicos retenidos en los tamices .....          | 83 |
| Figura 68: Colocación RC en el recipiente.....                                   | 83 |
| Figura 69: Peso suelto de la muestra RC.....                                     | 83 |
| Figura 70: Proceso de muestra compactada .....                                   | 84 |
| Figura 71: Peso compactado de la muestra .....                                   | 84 |
| Figura 72: Peso de residuos para ensayo de peso específico.....                  | 84 |
| Figura 73: Agitado de la muestra para eliminar vacíos.....                       | 84 |
| Figura 74: Muestra de peso específico en horno .....                             | 84 |
| Figura 75: Peso de las muestras de RC .....                                      | 85 |
| Figura 76: Secado en horno RC .....                                              | 85 |
| Figura 77: Medida del molde de adobe .....                                       | 85 |



|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 78: Mezcla de adobes patrones .....                                                 | 86 |
| Figura 79: Amoldamiento de adobes patrones .....                                           | 86 |
| Figura 80: Mezclado con baba de nopal.....                                                 | 89 |
| Figura 81: Amoldamiento de adobes con baba de nopal.....                                   | 89 |
| Figura 82: Marcas de los adobes con el spray .....                                         | 90 |
| Figura 83: Secado de los adobes por 28 días.....                                           | 90 |
| Figura 84: Módulo de ruptura de adobe .....                                                | 90 |
| Figura 85: Adobes utilizados para ensayo de compresión .....                               | 90 |
| Figura 86: Cubos de adobe cortados para ensayo de compresión .....                         | 91 |
| Figura 87: Ensayo de compresión adobes patrones .....                                      | 91 |
| Figura 88: Ensayo de compresión adobes 5% baba de nopal.....                               | 92 |
| Figura 89: Ensayo de compresión adobes 10% baba de nopal.....                              | 92 |
| Figura 90: Ensayo de compresión adobes 15% baba de nopal.....                              | 92 |
| Figura 91: Medias unidades de adobes patrones y con baba de nopal puestas en horno .....   | 93 |
| Figura 92: Colocación de unidades patrones y con baba de nopal al horno.....               | 93 |
| Figura 93: Prototipo ensayo de succión .....                                               | 93 |
| Figura 94: Peso de las unidades luego del ensayo de succión.....                           | 93 |
| Figura 95: Modelo de ensayo de absorción .....                                             | 94 |
| Figura 96: Adobes pasados las 24 horas del ensayo de absorción.....                        | 94 |
| Figura 97: Peso de las medias unidades, luego de del ensayo de absorción .....             | 94 |
| Figura 98: Cubos de adobes patrones y baba de nopal sumergidos en agua por 4 horas.....    | 95 |
| Figura 99: Muestras de cubos de adobes patrones y baba de nopal en horno por 43 horas .... | 95 |
| Figura 100: Peso de volumen de la tierra .....                                             | 96 |
| Figura 101: Peso de adobe patrón.....                                                      | 96 |
| Figura 102: RC y baba de nopal para adobes de 10% y 15%.....                               | 98 |
| Figura 103: Mezcla de materiales para adobes de 10% -15%.....                              | 98 |

|                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 104:Secado de adobes con 10% de RC y 15 de baba de nopal.....                                    | 98  |
| Figura 105:Mezcla de adobes con 20% de RC y 15% de baba de nopal .....                                  | 99  |
| Figura 106:Secado de adobes con 20% de RC y 15% de baba de nopal .....                                  | 99  |
| Figura 107:Traslado de materiales hacia el Mirador -Cutervo.....                                        | 99  |
| Figura 108:Mezcla de adobes con 30% de RC y 15% de baba de nopal .....                                  | 99  |
| Figura 109:Amoldamiento de adobes con 30% de RC y 15% de baba de nopal .....                            | 100 |
| Figura 110:Señalización del adobe con spray .....                                                       | 100 |
| Figura 111:Peso de la probeta patrón.....                                                               | 101 |
| Figura 112:Cilindros de adobe, en muestra patrón y 15% de baba de nopal con 10%,20% y 30%<br>de RC..... | 103 |
| Figura 113:Muestra final de adobes patrones.....                                                        | 104 |
| Figura 114:Preparación de las hojas del nopal .....                                                     | 104 |
| Figura 115:Incorporación de baba de nopal a la mezcla.....                                              | 104 |
| Figura 116:Amoldado de unidades de 15% de baba de nopal para mortero .....                              | 105 |
| Figura 117:Traslado de adobes Cutervo-Chiclayo .....                                                    | 105 |
| Figura 118:Descarga de los adobes en laboratorio .....                                                  | 105 |
| Figura 119:Medidas para dimensionamiento de adobes patrones y modificados con BN Y<br>RC.....           | 106 |
| Figura 120:Materiales para ensayo de alabeo.....                                                        | 106 |
| Figura 121:Medidas de alabeo para adobes patrones y modificados.....                                    | 106 |
| Figura 122:Medias unidades de adobes con baba de nopal más RC al horno.....                             | 107 |
| Figura 123:Proceso de succión de muestras con baba de nopal y RC .....                                  | 107 |
| Figura 124:Peso de la muestra luego de la succión .....                                                 | 107 |
| Figura 125:Ensayo de absorción de adobes con baba de nopal y RC.....                                    | 108 |
| Figura 126:Especímen para ensayo de mortero con adobe patrón .....                                      | 108 |
| Figura 127:Especímenes para mortero de adobes con 10%.20% y 30% de RC más 15% de<br>BN.....             | 109 |

|                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 128:Preparación del mortero con baba de nopal.....                                                          | 109 |
| Figura 129:Humedecimiento de caras de adobe con baba de nopal .....                                                | 109 |
| Figura 130:Especímenes de mortero con baba de nopal .....                                                          | 110 |
| Figura 131:Mortero para pegar los adobes.....                                                                      | 111 |
| Figura 132:Elaboración de pilas y muretes de adobes patrones y de 15% de baba de nopal y 10%,20% y 30% de RC ..... | 111 |
| Figura 133:Cubos de adobe con 15% de baba de nopal con 10%, 20% y 30% de RC.....                                   | 111 |
| Figura 134:Ensayo de compresión de unidades estabilizadas con RC y baba de nopal .....                             | 112 |
| Figura 135:Ensayo brasileño de cilindros de barro.....                                                             | 112 |
| Figura 136:resistencia del mortero a la tracción en adobes patrones.....                                           | 113 |
| Figura 137:Ensayo de resistencia de mortero en adobes de BN más RC.....                                            | 113 |
| Figura 138:Ensayo de resistencia del mortero con abab de nopal .....                                               | 113 |
| Figura 139:Compresión de pilas de adobe patrones y adobes con 15% de BN más 10%,20% y 30% de baba de nopal .....   | 114 |
| Figura 140:Compresión diagonal de prismas de adobe patrón y con 15% de BN con 10%,20% y 30% de baba de nopal ..... | 114 |
| Figura 141:Masa de adobe con BN y RC de ensayo de absorción .....                                                  | 149 |
| Figura 142:Falla por mortero.....                                                                                  | 234 |
| Figura 143:Falla diagonal en murete.....                                                                           | 234 |

## Lista de gráficos

|                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfico 1. Curva granulométrica M-1 .....                                                  | 118 |
| Gráfico 2. Curva granulométrica M-2 .....                                                  | 119 |
| Gráfico 3. Curva granulométrica M-1 .....                                                  | 120 |
| Gráfico 4. Curva M-1 de fluides.....                                                       | 121 |
| Gráfico 5. Módulo de ruptura de adobes.....                                                | 127 |
| Gráfico 6. Resistencia a la compresión de adobes patrón y baba de nopal a los 28 días..... | 128 |
| Gráfico 7. Resistencia a la compresión de 6 cubos de adobe.....                            | 129 |
| Gráfico 8. Promedios de succión .....                                                      | 129 |
| Gráfico 9. Succión de 5 muestras patrones .....                                            | 130 |
| Gráfico 10. Succión de 5% de Baba de nopal .....                                           | 131 |
| Gráfico 11. Succión de 10% de Baba de nopal .....                                          | 132 |
| Gráfico 12. Succión de 15% de Baba de nopal .....                                          | 133 |
| Gráfico 13. Promedio absorción.....                                                        | 133 |
| Gráfico 14. Absorción de adobe patrón .....                                                | 134 |
| Gráfico 15. Absorción de adobes con 5% de Baba de nopal .....                              | 135 |
| Gráfico 16. Absorción de adobes con 10% de Baba de nopal .....                             | 136 |
| Gráfico 17. Absorción de adobes con 15% de Baba de nopal .....                             | 136 |
| Gráfico 18. Ensayo de succión de adobes 15% BN+10%RC .....                                 | 146 |
| Gráfico 19. Ensayo de succión de adobes 15% BN-20%RC .....                                 | 147 |
| Gráfico 20. Ensayo de succión de adobes 15% BN-30%RC .....                                 | 148 |
| Gráfico 21. Promedio de ensayo de compresión de adobes con BN Y RC .....                   | 150 |
| Gráfico 22. Resistencia a compresión de 6 muestras de adobes con BN y RC .....             | 150 |
| Gráfico 23. Resistencia a la tracción de la tierra en cilindros de barro .....             | 151 |
| Gráfico 24. Población de adobes .....                                                      | 168 |
| Gráfico 25. Población de adobe según ensayo .....                                          | 169 |

|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfico 26. Medidas de tendencia central Mr .....                                               | 170 |
| Gráfico 27. Desviación estándar de ensayo de módulo de ruptura .....                            | 171 |
| Gráfico 28. Medidas de tendencia central /ensayo compresión .....                               | 173 |
| Gráfico 29. Desviación estándar de ensayo de compresión .....                                   | 175 |
| Gráfico 30. Medidas de tendencia central de ensayo succión .....                                | 176 |
| Gráfico 31. Desviación estándar de ensayo de succión .....                                      | 178 |
| Gráfico 32. Medidas de tendencia central de ensayo succión .....                                | 180 |
| Gráfico 33. Desviación estándar de ensayo de absorción .....                                    | 181 |
| Gráfico 34. Medidas de tendencia central ensayo VD-Largo .....                                  | 183 |
| Gráfico 35. Desviación estándar de ensayo de dimensionamiento -largo .....                      | 184 |
| Gráfico 36. Medidas de tendencia central ensayo VD-Ancho .....                                  | 186 |
| Gráfico 37. Desviación estándar de ensayo de dimensionamiento -Ancho .....                      | 187 |
| Gráfico 38. Medidas de tendencia central ensayo VD-Altura .....                                 | 189 |
| Gráfico 39. Desviación estándar de ensayo de dimensionamiento -Altura .....                     | 190 |
| Gráfico 40. Medidas de tendencia central ensayo alabeo-cara arriba.....                         | 192 |
| Gráfico 41. Desviación estándar de ensayo de alabeo-cara arriba .....                           | 193 |
| Gráfico 42. Medidas de tendencia central ensayo alabeo-cara abajo .....                         | 195 |
| Gráfico 43. Desviación estándar de ensayo de alabeo-cara abajo.....                             | 196 |
| Gráfico 44. Medidas de tendencia central /ensayo tracción de la tierra .....                    | 198 |
| Gráfico 45. Desviación estándar de ensayo de compresión .....                                   | 199 |
| Gráfico 46. Medidas de tendencia central /ensayo tracción indirecta de muretes.....             | 201 |
| Gráfico 47. Desviación estándar de ensayo de tracción indirecta .....                           | 202 |
| Gráfico 48. Medidas de tendencia central /ensayo compresión admisible de pila .....             | 204 |
| Gráfico 49. Desviación estándar de ensayo de compresión .....                                   | 205 |
| Gráfico 50. Medidas de tendencia central /ensayo compresión por aplastamiento de pilas<br>..... | 207 |

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfico 51. Desviación estándar de ensayo de compresión/aplastamiento .....                   | 208 |
| Gráfico 52. Medidas de tendencia central /ensayo del mortero convencional a la tracción ..... | 210 |
| Gráfico 53. Desviación estándar de ensayo de tracción del mortero tradicional .....           | 211 |
| Gráfico 54. Medidas de tendencia central /ensayo del mortero convencional a la tracción ..... | 213 |
| Gráfico 55. Desviación estándar de ensayo de tracción /mortero con BN .....                   | 214 |
| Gráfico 56. Promedios de ensayo de módulo de ruptura .....                                    | 220 |
| Gráfico 57. Promedios de resistencia a la compresión (Adobe patrón y con BN) .....            | 221 |
| Gráfico 58. Comparación de adobes con baba de nopal .....                                     | 222 |
| Gráfico 59. Promedio de muestras de adobe con abab de nopal por absorción .....               | 223 |
| Gráfico 60. Medidas de variación dimensional de adobes .....                                  | 226 |
| Gráfico 61. Medidas de alabeo de adobes .....                                                 | 227 |
| Gráfico 62. Ensayo succión de adobes con BN y RC .....                                        | 228 |
| Gráfico 63. Resistencia a compresión de todas las muestras de adobe .....                     | 229 |
| Gráfico 64. Resistencia a la tracción de la tierra de muestras de adobe .....                 | 230 |
| Gráfico 65. Ensayo de resistencia del mortero convencional a la tracción .....                | 231 |
| Gráfico 66. Promedio de compresión diagonal o tracción indirecta .....                        | 233 |
| Gráfico 67. Promedio de Ensayo de compresión admisible de pilas .....                         | 234 |
| Gráfico 68. Resistencia del mortero con baba de nopal a la tracción .....                     | 235 |

## Resumen

La presente investigación tiene como propósito analizar las propiedades del adobe al incorporar residuos cerámicos y baba de nopal, enfocándose en la zona rural de la provincia de Cutervo. En cuanto al desarrollo del tema, se seleccionó la mejor tierra, proveniente de tres zonas aledañas a la provincia; este reconocimiento se realizó por medio de ensayos en campo y laboratorio. De la misma forma se recolectó los residuos cerámicos de ladrilleras artesanales y obras de construcción del lugar. También, se obtuvo la baba de nopal, proveniente de la planta de tuna (*Opuntia ficus-indica*). Seguidamente, se analizó cada uno de los estabilizantes y de igual manera se verificó un mejor porcentaje de baba de nopal, evaluando adobes con un 5%, 10% y 15% de dicho material, por medio de ensayo de succión y absorción principalmente; evidenciando el comportamiento del adobe frente al agua. De esta verificación el resultado fue que el adobe con 15% de baba de nopal cuenta con mejores características para contrarrestar la acción del agua. Elegido este porcentaje se procedió a elaborar adobes con 10%, 20% y 30% de residuos cerámicos más 15% baba de nopal, de los cuales se analizó sus propiedades tanto físicas como mecánicas. Se examinó su resistencia en pilas, muretes y la adherencia de mortero para dichos especímenes, por último, se evaluó el costo de adobe convencional y estabilizado. Con los resultados se concluye que el adobe con 15% de baba de nopal más 30% de residuos cerámicos presentan mejores propiedades.

**Palabras clave:** Adobe, baba de nopal, residuos cerámicos, succión, absorción, resistencia.

### **Abstract**

The purpose of this research is to analyze the properties of adobe by incorporating ceramic residues and nopal slime, focusing on the rural area of the province of Cutervo. Regarding the development of the theme, the best land was selected, coming from three areas surrounding the province; This recognition was carried out through field and laboratory tests. In the same way, ceramic waste from artisanal brick kilns and construction sites was collected. Also, nopal slime was obtained from the prickly pear plant (*Opuntia ficus-indica*). Next, each one of the stabilizers was analyzed and in the same way a better percentage of nopal slime was verified, evaluating adobes with 5%, 10% and 15% of said material, mainly by means of suction and absorption tests; evidencing the behavior of adobe against water. From this verification, the result was that the adobe with 15% nopal slime has better characteristics to counteract the action of water. Once this percentage was chosen, adobes were made with 10%, 20% and 30% ceramic residues plus 15% nopal slime, of which both physical and mechanical properties were analyzed. Its resistance in piles, walls and the adherence of mortar for said specimens will be demonstrated, finally, the cost of conventional and stabilized adobe will be evaluated. With the results it is concluded that adobe with 15% nopal slime plus 30% ceramic residues have better properties.

**Keywords:** Adobe, prickly pear slime, ceramic waste, suction, absorption, resistance.



## Introducción

Desde tiempos arcaicos, se ha considerado a la tierra como un material empleado para la construcción de edificaciones; en pocas palabras esta práctica se evidencia en todo el mundo, ya que se encuentra reflejado en diferentes construcciones arqueológicas ; las cuales han motivado la conformación de nuevas ciudades , donde su principal característica es que están hechas de tierra; algunos de estos proyectos son: Harappa en Pakistán, Akhlet-Aton en Egipto, Jericó, Çatal Huyuk en Turquía , Babilonia en Iraq, Duheros en España , Chan-Chan en Perú, entre otras [1].

Relacionando tiempos antiguos y presentes en el Perú, se puede identificar una gran variación poblacional, puesto que incrementado radicalmente. En la tabla 1 del anexo 2; si comparamos los datos proporcionados de los censos del año 2007, con un total de 28 220 764 habitantes y el censo del año 2017 con 31 237 385 habitantes [2]. Se puede afirmar que hay una diferencia de 3 016 621 habitantes; en todo el territorio peruano; producto de este aumento surge la necesidad de crear e instalar nuevas viviendas para mejorar la estancia y calidad de vida.

Esta necesidad hace imprescindible el desarrollo de la construcción, al mismo tiempo buscar y aplicar conocimientos ingenieriles, es así que muchas de estas obras en el territorio peruano generan graves daños; no solo a la población sino también al medio ambiente por su mal manejo, lo que conlleva a intentar erradicarlos y controlarlos. Estos se encuentran presentes en grandes volúmenes y son mejor conocidos como residuos de construcción y demolición, con sus siglas (RCD). En general, en estas grandes cantidades, se distinguen materiales de clases diferentes, dependiendo de sus características; asimismo cabe mencionar que al existir una construcción o demolición siempre estarán presentes los residuos, convirtiéndose en un problema a nivel mundial [3].

Dentro de estas construcciones, enfocándose en el aumento de viviendas, especialmente en zona rural, se hace uso de la tierra cruda en forma de bloques para las edificaciones; asimismo según el Instituto Nacional de Estadística e Informática en el Perú, el segundo material más predominante es el adobe. Representado por el 27.4% de viviendas existentes, las cuales son hechas de adobe o tapial, por consiguiente, se encuentran habitadas por más de 2 000 000 de peruanos; representado en el anexo 2. Tabla 2 [4]. Dado que el abobe es un material económico,

de gran durabilidad y fácil de adquirir; por ende, es muy aceptado en el sector construcción por su sencillez de instalación; ayudando a edificar viviendas de una forma rápida y simple [5].

Al mismo tiempo, al contar en el territorio con la presencia de agentes naturales como: la lluvia, clima y sismos, seguido de los suelos con los que se realizara el adobe; estos se convertirían en los factores que van a perjudicar la durabilidad y resistencia, en otras palabras, esta se reduce o simplifica. También es importante mencionar que la presencia de agua disminuye la resistencia mecánica y produce la desintegración en el adobe. Frente a esto se puede recalcar que las viviendas construidas de adobes se ven gravemente perjudicadas. Por otra parte, en nuestro territorio peruano existe una gran variedad climática, entre las más resaltantes tenemos a las precipitaciones hidráulicas intensas, evidenciadas con mayor precisión durante el fenómeno del niño, pues generan inundaciones; es por esto que existen limitaciones para la aplicación del adobe en algunas zonas [6].

Dependiendo de esto se hace imprescindible el desgaste de viviendas al pasar el tiempo, de esta manera se convierte en una de las preocupaciones más resaltantes a nivel nacional, especialmente las que están construidas de adobe. Centrándose en la región sierra del Perú; tenemos en cuenta nuestra zona de estudio, la cual corresponde a la provincia de Cutervo, orientado a la parte rural. Según los datos proporcionados por el INEI la población cutervina de los censos del 2017 tiene un porcentaje de 81.25% con 10 2235 habitantes en el anexo 2. Tabla 3. Actualmente, en el año 2022 aproximadamente se cuenta con una población rural de 107 347 habitantes; los cuales se tendrá en cuenta para realizar la investigación. [7].

El problema planteado se centra específicamente en Cutervo, dado que existen viviendas de adobe que presentan varios problemas, pues se han ido desgastando al pasar el tiempo, esto porque las unidades de tierra no cuentan con la resistencia necesaria para soportar los diversos cambios climáticos, evidenciados en el territorio cutervino; esto se encuentra evidenciado en las fotos del anexo 3. Asimismo, otro punto importante a mencionar es el alto índice de lluvias, las cuales son muy comunes en la zona; por otro lado, no se cuenta con una verificación minuciosa sobre la tierra a utilizar en los adobes, ni tampoco un estudio sobre la capacidad que tienen dichas unidades para ser utilizadas en la construcción. Esto genera ciertas preocupaciones en la población, pues están vulnerables ante cualquier sismo, por la pérdida de estabilidad en sus viviendas; seguido del colapso, incluso algunas familias de la zona rural no cuentan con la economía necesaria para una reconstrucción. Resumiendo; resulta difícil y preocupante su estancia al habitar estas viviendas de adobe.

Un acontecimiento muy significativo se evidencio notablemente en abril del año 2019, específicamente el día 22, pues fue el mes que el distrito de Cutervo estuvo expuesto por fuertes lluvias, las cuales perjudicaron a los pobladores de la zona , simultáneamente arrasaron con sus viviendas de bloques de tierra ; incluso canales de riego, áreas de cobertura natural y vías de comunicación ; los daños se registraron en diversos puntos de la zona cutervina ; dos viviendas que se encontraban con problemas de grietas y fisuras en el adobe; colapsaron dejando a familias sin hogar , esto en el barrio Magisterial y el centro poblado Camse , de la misma forma también se registraron daños en la zona rural de Huichud (anexo 2-tabla 4) [8]. Por consiguiente esto conlleva a la búsqueda de ayuda del alcalde para poder atender las necesidades del pueblo, en la cual se brindó apoyo humanitario para las familias damnificadas; al mismo tiempo con la colaboración de maquinaria pesada, se realizó la limpieza y remoción de escombros de viviendas colapsadas [9] .Sin embargo este no el único suceso de colapso, también para el mes de noviembre tres viviendas quedaron a punto de caer por las fuertes lluvias (anexo 3).

Otro punto a mencionar también sería el alto índice de RCD, residuos provenientes de construcción y demolición presentes en toda la provincia de Cutervo, esto se presenta actualmente en gran cantidad, producto de las nuevas construcciones; entre los cuales están presentes: hospital, hoteles, viviendas multifamiliares incluso la misma iglesia de esta ciudad (anexo 3), por otro lado, son muy notables los desperdicios de diversas empresas de materiales. Así pues, dentro de estos desechos, los cuales no tienen ningún uso posterior; encontramos residuos cerámicos; los cuales son procedentes de diversos componentes de construcción; ya sea de acabados, albañilería, decoración, etc. Estos serán considerados en la investigación para ser adicionados al adobe, junto a este la baba del nopal proveniente de la planta de tuna (*Opuntia ficus-indica*), tratando de esta manera hacer frente a los problemas ya descritos.

Recapitulando lo anteriormente mencionado del adobe se manifiesta la siguiente pregunta: ¿Podrá mejorar las propiedades del adobe para viviendas rurales, la incorporación de residuos cerámicos y baba de nopal?

Con respecto a la justificación y teniendo clara la problemática que aqueja a la zona rural de Cutervo surge esta investigación, con el propósito de ofrecer una mejora a las propiedades tanto físicas como mecánicas del adobe; esto para contar con construcciones más seguras, resistentes y duraderas, de esta manera tratar de contrarrestar el tiempo y el agua. Asimismo, también tratar de reducir la contaminación causada por los residuos de construcción y demolición (RCD); los

cuales han ido en aumento debido a los nuevos proyectos de la zona, pues la gran mayoría no tienen ningún control, y muchos de estos van a parar a las afueras de la provincia de Cutervo.

Es así que se formula la incorporación o adición residuos cerámicos triturados y el reemplazo parcial de agua por baba de nopal; con el fin de mostrar y dar una alternativa que ayude a solucionar las preocupaciones de la población cutervina, tratando de erradicar el miedo y vulnerabilidad producida por el desgaste de viviendas de adobe, contando con unidades de tierra más resistentes. De este modo haciendo frente a las excesivas lluvias de una forma segura y eficiente, las cuales a largo plazo son perjudiciales para el adobe ya que generan humedad, de la misma forma tener un control de las unidades de tierra, que se utilizaran en la construcción; de esta manera evaluar sus materiales y propiedades físicas y mecánicas. Por otra parte, hacer uso de material reciclado y natural los cuales son propios de la provincia de Cutervo y por ende fáciles de conseguir; es así que esta investigación seria muy importante; convirtiéndose en un beneficio a las personas de zona rural las cuales van a construir sus viviendas de adobe, implementando de esta manera una solución que pueda ser duradera y eficaz.

Para concluir esta investigación tiene como objetivo general: **Analizar las propiedades del adobe al incorporar residuos cerámicos y baba de nopal para la construcción de viviendas rurales en la provincia de Cutervo.** De igual manera se plantea como objetivos específicos: Caracterizar y definir claramente los materiales que intervienen en el proceso de elaboración del adobe tradicional de Cutervo, así como de la unidad propuesta ; evaluar las propiedades del suelo y agregados a utilizar en la elaboración de bloques de tierra en la provincia de Cutervo; elaborar bloques de barro sin y con adición de 10%, 20 % y 30 % de residuos cerámicos y baba de nopal; evaluar económicamente el costo unitario de la unidad mejorada y compararla con la convencional normalmente realizada ;por ultimo; realizar los ensayos especificados en la E.080 con abobes sin y con adición de 10% 20 % y 30 % de residuos cerámicos y baba de nopal.

## Revisión literaria

### Antecedentes

Se toma en cuenta diferentes investigaciones, tanto internacionales, nacionales y locales; las cuales son similares al tema: Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022.

La tesis, realizada en la Universidad tecnológica de la mixteca, titulada **“Estudio de permeabilidad en el adobe implementando agregados naturales”**, tiene por autora a Itzel García Gómez; se centra principalmente en la comparación de diversos agregados naturales proporcionados al adobe, teniendo como objetivo mejorar sus condiciones tanto de permeabilidad y propiedades mecánicas. Así como su propio título menciona, estos agregados se incorporan a la fabricación de adobe por separado, asimismo se elaboran bloques sin y con estas adiciones para cotejar. Por otra parte, se tiene en cuenta ciertos tipos de estabilización a usar, dentro de estos se nombran: estabilizantes consolidantes, estabilizantes por fricción, artificiales - comerciales y estabilizantes por impermeabilización; centrándose en este último tenemos al mucilago de nopal que se caracteriza por ser viscoso, también se menciona que es un consolidante, muy bueno para el adobe de bajo precio, y no es tóxico con un bajo deterioro biológico. El mucilago de tuna también conocido como el de nopal ayuda a reducir y evitar de cierta forma la penetración de humedad [10].

El artículo científico sobre: **Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional, realizado en Colombia**; nos da la motivación a implementar un método de reciclaje, uso y fabricación, es así que propone puntualmente la producción de adobes con residuos de construcción y demolición (RCD), los cuales actúan como un agregado, asimismo también toma en cuenta la norma técnica colombiana. Los bloques elaborados con la adición mencionada fueron evaluados a través de diversos ensayos, en el cual el más resaltante es el de compresión. De esta manera enfocándose en sus conclusiones hace mención que utilizar los RCD contribuye a su propia disminución. Por otro lado, los adobes a los cuales se incorporó el reciclaje 60% y 70%, obtuvieron mejores resultados en cuanto a la resistencia, en comparación a la unidad convencional, esto respecto a sus propiedades mecánicas; asimismo en cuanto a la norma estas muestras pueden ser utilizadas para la construcción de viviendas [11].

Otra investigación realizada en Colombia por Jorge Luis Pinzón Orjuela y Angie Katherine Benítez Urrego, titulada **“Desarrollo de recubrimiento natural (Nopal) para Fachadas en viviendas en adobe de la Candelaria”**; propone un recubrimiento para mitigar o reducir la humedad en bloques de tierra, de esta manera suavizar las consecuencias producidas por la lluvia, la cual se evidencia principalmente en las fachadas de viviendas en la Candelaria, todo esto haciendo uso del nopal. Se centra principalmente en evaluar la capacidad del nopal, al actuar como un impermeabilizante. El punto más valioso de esta investigación vendría a ser los resultados y por ende las conclusiones, dentro de estas, las cuales son producto de la investigación y de forma resumida nos menciona que el Nopal da una buena impermeabilización y más cuando este no sea maduro ya que al estarlo va a disminuir sus propiedades, por lo que vendría a ser un material natural muy eficiente para contrarrestar el agua [12].

Pablo Javier Mejía Pacheco , en su tesis de grado para magister , **“Bloques de tierra comprimida con agregados de residuos de construcción y demolición como sustitución de los agregados tradicionales en la ciudad de Saraguro, Loja, Ecuador”**; plantea como objetivo principal elaborar bloques de tierra con (RCD) residuos de construcción y demolición, mostrando una forma de sustitución de la tierra de Loja ,de esta manera implementando una alternativa de construcción, la cual se podría definir como excelentemente, pues no solo busca disminuir los contaminantes provenientes de las construcciones sino seguir difundiendo la construcción de tierra, esto se hace evidente en el rehusó de estos materiales, planteando una estabilidad en porcentajes de RCD ente 45%-70%.Se pudo llegar a la conclusión de que su hipótesis fue asertiva por lo tanto valida, de esta forma lo presentado por Mejía es considerado como una solución viable y sostenible tanto en el ámbito económico, pues los (RCD) son obtenidos sin ningún costo; como al medio ambiente pues se intenta rehusar materiales desechables en una nueva construcción. Cabe mencionar también que esta investigación cumple y supera los parámetros exigidos por la norma [13].

La revista Técnica de Zulia: **“Study of compressive strength in artisanal adobe stabilized with cow manure, nopal sap, straw and bull blood”**, hace referencia al estudio de compresión ya que se enfoca principalmente en la mejora de las propiedades del adobe, en este caso las mecánicas, por medio de una estabilización, para la cual hace uso de la paja y sangre de toro, estiércol de vaca y el tercero la sabia de nopal. Centrándose en el nopal, se menciona que durante 5 días fueron sumergidos en tozos en el agua para conseguir la sustancia. Asimismo,

los bloques analizados con dicho agregado eran de tipo RM, la cual quiere decir que es un barro de reposo, en este caso permaneció en la sombra durando 48 horas, con los resultados nos menciona que al mezclar la sabia con el RM da una buena resistencia a la compresión, mostrando así también que estos estabilizadores orgánicos son buenos en beneficio a la propiedad de resistencia a la compresión en el adobe. [14]

Por otra parte, una investigación en lima-Perú realizada por Nieto Palomino y Edna Florencia Tello, sobre **“Adobe estabilizado con mucílago de penca de tuna, resistentes al contacto con el agua para la construcción de viviendas populares empleados en la sierra del Perú”**; se enfoca en la adhesión de mucílago de la planta de tuna al adobe; en porcentajes de 8.5%, 11.3%, 13%, 18%, 20%. Habla sobre un Adobe estabilizado con mucílago de penca de tuna, resistentes al contacto con el agua para la construcción de viviendas populares empleados en la sierra con el fin de mejorar sus propiedades. Esto se realiza para disminuir la interacción del agua en el adobe, pues este es de alta permeabilidad. Se busca generalmente aumentar el ciclo de vida útil de dichas construcciones. Para verificar este proceso los autores realizaron ensayos, tanto en campo y laboratorio; dentro de los resultados se pudo evidenciar que a mayor porcentaje de mucílago proporcionado al adobe menor será la absorción del agua de dichos bloques de tierra pues los adobes convencionales en un transcurso de 24 horas de ser sumergidos se desboronan al instante, mientras que por otro lado los estabilizados con 18% absorben 11.43% de agua y los adobes con 20.5% absorben 10.99% de agua. Asimismo, un dato importante a remarcar es que el uso de penca de tuna es mejor gruesa; pues así contara con mayor viscosidad en este caso que una más delgada [15].

Por otro lado, una tesis recién presentada por Hans Wilcmar Luque Mamani en la ciudad del Callao, presenta un **“Análisis de las propiedades físico mecánicas del Adobe con incorporación de agregados reciclados en la Ciudad de Juliaca, Puno 2022”**; la cual se centra en la investigación de la adición de (RCD) al adobe, de esta manera evidenciar su comportamiento tanto en sus propiedades físicas como mecánicas. Se desarrollaron ensayos los cuales dieron excelentes resultados pues en la comparación entre bloques que contenían y no reciclados se pudo evidenciar que se cumple con la resistencia a la flexión solicitada asimismo la resistencia del adobe que no contenía dicho material fue superada. De esta manera resulto que el mayor porcentaje de reemplazo obtuvo una resistencia de 3.32 Kg/cm<sup>2</sup> [16].

Al igual que las investigaciones anteriormente mencionadas, la investigación otorgada por Baldoceda Viridiana, **“Aplicación de la savia de nopal como impermeabilizador en construcciones de adobe en el barrio Cecilio Limaymanta de Tarma – Junín”**; se centra en añadir savia nopal al adobe en porcentajes de 3%, 5%, 7% y 9%, pues se caracteriza por tener propiedades impermeabilizantes. Se realizó una comparación de dichos bloques con y sin incorporaciones en porcentajes, llegando de esta manera a sus conclusiones. Estas conclusiones y muy notables de recalcar fueron que los adobes elaborados de forma tradicional son vulnerables al agua pues esta provoca humedad, asimismo con los porcentajes más altos usados de 7% y 9% se pudo obtener que la savia de nopal como un complemento al adobe mejora la capacidad de impermeabilización en el barrio Cecilio donde se realizó el estudio, resultando porcentajes de 1.37% y 3.98% respectivamente, en pocas palabras, este es un material beneficioso para contrarrestar la acción del agua producto de las lluvias de la zona [17].

Por último, una tesis presentada por Carlos Diego Díaz Ramírez y Víctor Edgardo Puyen Lamas; **“Evaluación de la resistencia del adobe estabilizado a la acción del agua adicionando jabonato de alumbre o mucílago de cactus de San Pedro”**, se centra principalmente en tratar de obtener un adobe estabilizado por medio del jabonato de alumbre o el mucilago de cactus, utilizando porcentajes de 3%, 6%, 9% y 12% de ambos materiales. Para tener una muestra de mejor calidad se indagó y comparó tres canteras de la zona dentro de estas: Íllimo, Mochumí y Túcume. Teniendo mejores resultados el suelo de la ciudad de Túcume, pues de este dependieron los estudios, al realizarse la comparación entre dichos materiales para prevenir la intervención del agua se pudo concluir que el mucilago de cactus estando al mismo porcentaje de estabilización, resulta ser menos costoso que el jabonato de alumbre, asimismo también ambos son buenos estabilizantes frente al agua y una de sus recomendaciones es que se aumente el porcentaje añadido para la estabilización [18].

### **Bases teóricas – Científicas**

Se tomó en cuenta la revisión de bases teóricas y científicas para realizar este proyecto: Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022. De lo cual tenemos lo siguiente:



**Norma E.080: Diseño y Construcción con Tierra Reforzada -2017.**

Esta norma está conformada por 5 capítulos más anexos; en los cuales se distinguen 21 artículos, cada uno muestra alcances necesarios para el diseño y construcción de tierra reforzada. Para elaborar bloques de tierra más conocido como adobe, es esencial la aplicación de la norma E.080, la cual menciona distintos requisitos y criterios para el diseño y a la misma vez la construcción de edificaciones, esto es requisito a nivel nacional o en pocas palabras en todo el Perú. Asimismo, también da a entender la durabilidad que tiene una edificación de tierra reforzada, mostrando ensayos y parámetros los cuales se deben cumplir, además menciona algunos problemas de dichas viviendas como estar expuestas a diversos fenómenos ambientales. Por otra parte, busca fomentar las características, el bajo costo, la forma tradicional y bajo impacto ambiental; cabe recalcar que esta normativa es la más importante de la investigación. [19].

**NTP 339.128, Suelos. Método de Análisis granulométrico**

Esta norma técnica peruana fue revisada en el año 2019, nos da a conocer los instrumentos, formulas, y pasos a seguir para evaluar por tamizado nuestro material, esto teniendo en cuenta los porcentajes pasantes y retenidos en cada tamiz [20].

**NTP 400.012, Agregado. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.**

El método de ensayo se muestra en esta Norma, simboliza el ensayo granulométrico del agregado fino, teniendo en cuenta los diferentes tamices para el procedimiento, redacta de forma clara el procedimiento a seguir, como el cálculo correspondiente a realizar [21].

**NTP 339.129, Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.**

La presente Norma Técnica, tiene como objetivo general mostrar el método de ensayo para determinar los límites, tanto líquido como plástico e índice de plasticidad, enfocándose en sus materiales, su procedimiento y terminado con el cálculo correspondiente [22].

**NTP 339.127, Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.**

Esta norma técnica peruana muestra este ensayo, siendo su fin más importante dar a conocer un método para evaluar el contenido de humedad de un suelo, proporciona a la misma vez los materiales, procedimiento y cálculos correspondientes [23].

**N.T.P. 339.185, Agregado. contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.**

Esta norma al igual que la anterior busca determinar la humedad en porcentaje del agregado fino o grueso en este caso por secado, hace mención a los materiales a usar, así como del procedimiento y las pautas que se debe tener en cuenta, para finalizar muestra el cálculo correspondiente. [24]

**NTP 339.131, Suelos. Método de ensayo para determinar el peso específico y específico relativo de las partículas sólidas del suelo.**

Este ensayo para suelo, tiene como principal objetivo determinar el peso específico de partículas sólidas, toma en cuenta también a normas de la ASTM, mostrando a la vez la definición del peso específico, los materiales a usar en el ensayo, pues estos servirán para un posterior procedimiento y por ende los resultados [25].

**NTP. 399.134, Suelos. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)**

Método que aplica la norma técnica peruana para clasificar a un suelo, esto con una finalidad ingenieril; hace uso de ensayos como lo son de granulometría y límites tanto líquido como plástico [26].

**NTP 400.022, Agregado. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.**

Muestra como objetivo general determinar para agregado fino la densidad promedio, relativa y absorción del agregado. Asimismo, muestra los instrumentos, el procedimiento respectivo y los cálculos correspondientes [27].

**NTP-400.017, Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados**

Esta norma técnica fue revisada en el año 2011, tiene como objetivo principal calcular el peso unitario o también conocido como densidad de la masa. Especifica que el procedimiento respectivo tanto con la muestra tanto suelta y compactada; seguidamente también menciona los instrumentos, el procedimiento y calculo a seguir para realizar dicho ensayo [28]

**NTP. 399.613. Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.**

La Norma Técnica Peruana está contenida dentro de E070, se centra específicamente en la albañilería, o en pocas palabras muestras de arcilla usadas con dicho fin. Asimismo, esta norma tiene como objetivo mostrar los diferentes procedimientos para muestreo y ensayos de ladrillos de arcilla. Dentro de estos encontramos al módulo de ruptura, la resistencia de compresión, absorción, succión, alabeo y dimensionamiento. [29].

**NTP 331.202. Elementos de suelos sin cocer. Adobe estabilizado con asfalto para muros.**

Esta norma peruana muestra distintos métodos para analizar adobe estabilizado con asfalto, dentro de los ensayos intervinientes en la norma específica la variación de dimensiones, desgaste por humedad, resistencia a la compresión, el de módulo de ruptura, el cual se toma en cuenta en la investigación, cada uno de estos métodos cuenta con un procedimiento y cálculo diferente [30].

**Norma UNE 41410 Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques**

Esta norma española se centra en definir claramente las unidades de bloque de tierra comprimida, las cuales son usadas en fábricas de albañilería; evalúa dichos bloques por medio de diversos ensayos, los cuales servirán para determinar si son o no aptos para su aplicación [31].

**ASTM C-496 Método de ensayo. Determinación de la resistencia a tracción indirecta de especímenes cilíndricos de concreto. (Ensayo Brasileño).**

Esta norma tiene como objetivo general, determinar la resistencia a la tracción indirecta de prototipos cilíndricos, menciona que se aplica una fuerza de compresión a todo el largo del espécimen, con una determinada velocidad, asimismo muestra los parámetros que deben tener las muestras y la preparación de la máquina. Para terminar, explica el cálculo correspondiente [32].

**N.T.P. 399.605. Unidades de albañilería. método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.**

Esta norma menciona el procedimiento para ensayar prismas de albañilería, asimismo muestra el cálculo correspondiente por compresión, esto con el fin de analizar dichas unidades para formular o evidenciar un control [33].

**Adobe**

Se define como un bloque de tierra cruda maciza, pudiendo estar combinado con paja o arena gruesa, con el objetivo de aumentar su resistencia y durabilidad. También puede estar estabilizado ante la presencia de humedad, contando con otro material: asfalto, cemento, cal, entre otros [19].

**Consideraciones**

Se tiene en cuenta primeramente a la arcilla, pues debe contar con la cantidad suficiente, siendo este el principal material en el adobe. Asimismo, se debe asegurar una forma rectangular o cuadrada, por consiguiente, también, los ángulos pueden ser diferentes a un ángulo recto, el cual es de 90°, dependiendo de formas especiales. Es importante mencionar, según nuestra NTP E.080, que dependiendo de su forma van a variar sus lados. En caso de un bloque cuadrado; el lado no debe ser mayor a 40 cm y por otra parte el rectangular, debe ser dos veces el ancho. En cuanto a su altura debe estar entre 8 y 12 cm [19].

## **Tierra del adobe**

Se debe tener en cuenta las características especificadas en la norma E080, verificándose lo establecido en los anexos 1, 2 y 3, de la misma forma en el caso de suelos arcillosos se debe contar con paja de aproximadamente 50 mm de largo, con el fin de controlar la resistencia y fisuras; dicha resistencia toma en cuenta los artículos 8.1 y 8.2 de la misma norma [19].

## **Mortero para el adobe**

El mortero debe ser de la misma composición que el adobe, asimismo debe cumplir con los mismos lineamientos de calidad. Una vez identificada la presencia de arcilla, se debe tener un control en cuanto a las fisuras, para ello se añade la paja, teniendo en cuenta una proporción de 1:1 o 1:2, variando entre estas proporciones. En caso de ser muy poca, se reemplaza con la arena gruesa con una dosificación. Según el anexo 4 de la norma, la cantidad de agua añadida debe ser mínimo solo se debe garantizar la trabajabilidad de la muestra, por otra parte, con la presencia de arcilla suficiente, no requiere añadirle arena gruesa, ya está equilibrado. Es importante mencionar que las juntas tanto horizontales como verticales tiene que ser llenadas completamente y no deben tener más de 2 cm [19].

## **Elaboración y materiales del adobe**

Primero tener en cuenta los materiales a usar, en este caso la tierra, paja o arena sea el caso y agua; de la misma forma las herramientas que ayudaran en la elaboración.

### **Tierra cruda**

Material natural que debe contar con la suficiente cantidad de arcilla, de la cual se va obtener el barro al ser mezclada con el agua, esto servirá para la elaboración de adobes.

Por otro lado, se tiene que tener en cuenta la gradación de dicho material, en este caso según la norma de adobe del Perú las cantidades de arcilla, limo y arena deben aproximarse a los porcentajes de 10-20%, 15-25%, 55-70% respectivamente. Por último, se tiene que tener en cuenta el material grueso mayores a 5 mm, los cuales se tendrán que retirar al igual que otros elementos extraños [19].

## **Paja**

Material picado usado en el adobe para el control de fisuras las cuales se producen durante el proceso de secado rápido, en caso de adobe de la sierra de Cutervo se hace uso de la paja seca de pino.

## **Agua**

Sustancia que se añade a la mezcla, solo para dar trabajabilidad sin excederse, según lo mencionado en la E.080 [19]. Por otra parte el agua juega un papel muy importante en el adobe pues esta vendría a ser la responsable de modificar la consistencia [18].

Para empezar el proceso se toma en cuenta las medidas de adobe reflejadas en el molde de madera, tomando en cuenta las condiciones especificadas. Se prepara la tierra uno o dos días antes de hacer la mezcla; esta preparación consiste en humedecer la tierra y dejar reposar. Se procede a mezclar la tierra con la paja, para que no se presentes fisuras o grietas posteriores, luego se añade el agua hasta obtener una mezcla homogénea y a la misma vez trabajable. Se humedece el molde, sus medidas van a depender según la necesidad solicitada, añadir seguidamente el barro en todo el volumen del molde; el suelo donde se los desmolda debe tener una capa de arena. Para terminar, se deja secar por 28 días, es preferible dejar secar en la sombra para prevenir las rajaduras producto del sol, asimismo luego de 3 o 5 días se colocan de canto para terminar el secado [19].

## **Nopal**

Es conocido por su nombre científico (*Opuntia ficus-indica*), asimismo reconocido por diversos nombres, dentro de estos: penca, tuna, nopal, etc. En pocas palabras es la planta de tuna, se caracteriza principalmente porque puede llegar a medir aproximadamente hasta los 5 metros, son mayormente cultivadas en zonas rurales frías o desérticas; pero puede tener una buena adaptación climática, sus hojas están conformadas por espinas, estas conocidas como cladodios que surgen desde, parte interna, como un tipo de defensa, también genera una renovación de las pencas que tienen de 4 a 5 mm de longitud. Asimismo, en la parte interna está compuesta por una sabia, es el mucilago de aspecto y textura viscosa. Vendría a ser la parte más importante pues tiene la posibilidad de formar redes moleculares, retener grandes cantidades de agua, se puede usar como impermeabilizante y ayuda a modificar diversas propiedades [17].

## **Propiedades de Nopal**

### **Viscosidad**

Esta es conocida como la más importante característica del mucilago, es definida como la capacidad o resistencia a fluir; esto vendría a ser producto de una combinación de efectos entre la cohesión y adherencia. Asimismo, al estar expuesto a altas temperaturas la viscosidad disminuirá. [34].

### **Reología**

Es conocida como una ciencia la cual se centra en estudiar la deformación y el flujo de un material; principalmente estudia los fluidos no newtonianos o complejo. Siendo sus características inmediatas, fluidos puramente viscosos y sólidos elásticos; asimismo se centra en verificar la relación de esfuerzo y deformación de los materiales que fluyen; de esta manera determina como se van a mover los fluidos [35].

## **Residuos cerámicos**

Se puede definir como la procedencia natural de canteras o de materiales de construcción procesados: las tejas, ladrillos, cerámicos, etc.

### **Ladrillos cerámicos**

Son aquellos que proceden de una conversión tanto física como química de arcilla, la cual es expuesta al calor a una alta temperatura, tienen diversas aplicaciones ya sea en muros, techos, decoraciones, etc. Cada uno de estos tienen una clasificación y por ende se diferencian ya que cuentan con huecos dobles, simples y rasilla. De esto depende su aplicación y sus medidas pues cada uno se identifica y es único [36].

## **Definición de ensayos de suelo y agregados al adobe**

### **Ensayo de Cinta de barro**

Tomando en cuenta la norma E080. Específicamente el anexo 1, esta prueba se realiza en un tiempo de 10 minutos aproximadamente, comenzamos a formar un cilindro de barro de 12 mm de diámetro aproximadamente; teniendo en cuenta la humedad necesaria. Con los dedos pulgar e índice aplastarla formando una cinta de 4 mm, para posteriormente

dejarla descolgar. Se tiene en cuenta que la cinta al alcanzar entre 20 cm y 25 cm de longitud, indica que el suelo es muy arcilloso. A diferencia; si se corta a los 10 cm o menos, el suelo tiene poco contenido de arcilla [19].

### **Prueba “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca”**

Según el anexo 2 de la norma E080. Con la tierra, se elabora cuatro bolitas, para su formación; se hace uso de las palmas de las manos, asimismo es importante solo adicionar la mínima cantidad de agua (figura 1) [19].

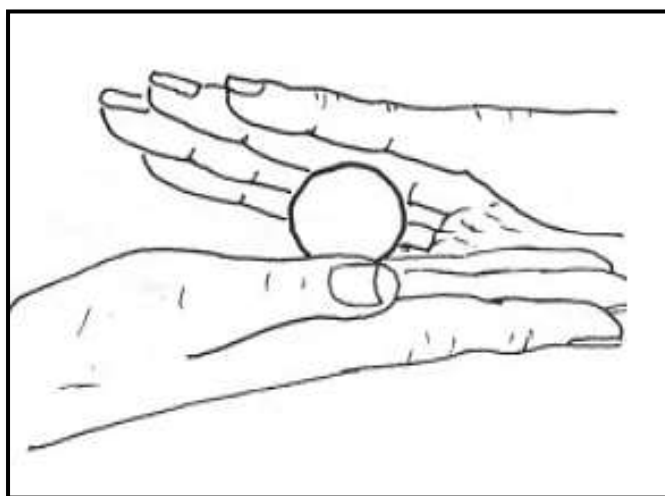


Figura 1: Elaboración de bolitas de tierra  
Fuente: Norma E080

- Una vez formadas se deja secar por 48 horas, teniendo en cuenta su protección frente a factores ambientales.
- Pasado el tiempo de secado, haciendo uso del dedo pulgar y dedo índice se va a presionar fuertemente (figura 2).
- Se tiene en cuenta que, si al menos una de las bolitas se quiebre, rompa o agriete se vuelve a formar cuatro bolitas de la misma forma y con el mismo material, de la misma forma se tiene en cuenta el tiempo de secado.
- Si al repetirse el ensayo se vuelve a tener el mismo resultado de rupturas o grietas; la tierra debe ser despreciada, al no ocurrir esto en la nueva prueba si se puede usar.





Figura 2: Prueba de aplastamiento de bolitas de tierra  
Fuente: Norma E080

### Ensayo de contenido de humedad

[19] Según la norma E080, para realizar este ensayo se deben seguir los siguientes pasos:

- Se forma una bola de tierra al tamaño del puño comprimiéndola fuertemente
- Luego a una altura de 1.10 m se la suelta
- Tomamos en cuenta que, si la bola se desintegra en el piso, el suelo es demasiado seco, si la bola de tierra se rompe en 5 pedazos o más, el contenido de humedad es correcto, si la bola se aplasta sin desintegrarse, el contenido de humedad es demasiado alto (figura 3).

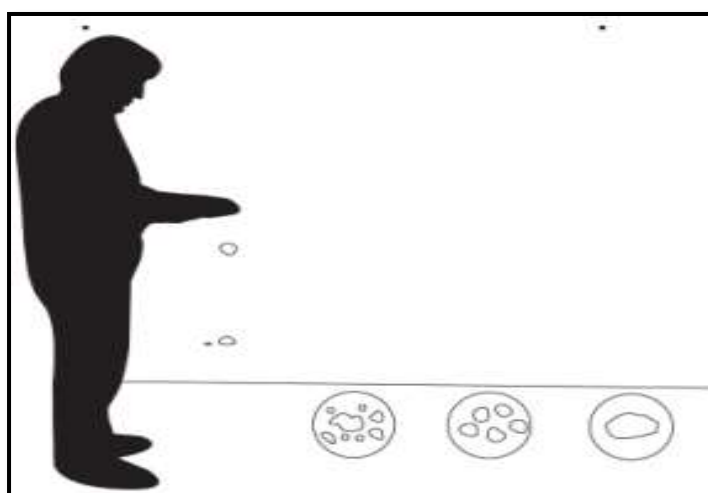


Figura 3: Ensayo de contenido de humedad  
Fuente: Norma E080

## Granulometría

Corresponde a un tamizado del material con una proporción que suele ir de mayor a menor, se tiene en cuenta el peso, porcentaje retenido en cada uno de los tamices con el fin de clasificar el material usado de muestra. La malla más importante dentro de un análisis granulométrico sería el N°4 de 4.75 mm pues distingue los granos gruesos de los finos, siendo así que si el pasante de dicha malla es más del 50% la muestra es considerada como una de grano fino dentro de esto limo o arcilla.

Según la NTP 339.128 y 400.012 el ensayo de granulometría tiene como objetivo conocer la distribución del tamaño de partículas. Dentro de los instrumentos y el más importante para dicho ensayo, tenemos el juego de tamices; teniendo un orden de (N°10, N°20, N°40, N°60, N°80, N°100, N°200 y fondo), seguido de la balanza y taras.

### Procedimiento del ensayo de granulometría

Según la técnica peruana [20]. Menciona que el procedimiento a seguir para realizar dicho ensayo es el siguiente:

- Secar la muestra a temperatura ambiente o en horno y tomar su peso
- Se pasa la muestra ya secada por los tamices, agitándola, de la misma forma se anota los pesos.
- Se determina los porcentajes de pesos retenidos, esto en cada tamiz (% retenido), esto haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ retenido} = \frac{W_r}{W_s} \times 100\%$$

Donde:

$W_r$ : peso retenido

$W_s$ : Peso seco de la muestra

- Se procede a sacar los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz, esto se sumarán en forma progresiva los pesos retenidos parcial.
- Después se determina los porcentajes acumulados que pasan en cada tamiz

$$\% \text{ que pasa} = 100 \% - \% \text{retenido}$$

- Para terminar, se procede a dibujar la curva granulométrica

### **Límites de Atterberg**

Según la norma NTP 339.129, para este ensayo primeramente se utiliza una muestra, la cual corresponde al suelo seco pasante de la malla N°40. En cuanto a los materiales se encuentra el agua destilada, copa de casa grande, recipientes, vidrio y horno [22].

#### **Procedimiento del ensayo de Limite liquido**

Teniendo una vez el material, el cual paso por la malla N°40, se agrega la cantidad de agua mínima, con el fin de obtener una pasta uniforme; cabe recalcar que el agua debe ser destilada, seguidamente con la espátula se la coloca en la copa de Casagrande, nivelándola hasta tener un espesor de 1 cm aproximadamente. Se divide la muestra en dos partes con una pequeña abertura la cual es de forma perpendicular ubicada al centro. Seguidamente se gira la manivela de la copa de Casagrande y también se cuenta la cantidad de golpes hasta que la muestra cierre. Luego se va tomar una parte del material para ser colocado en un recipiente y seguidamente verificar su humedad [22].

#### **Procedimiento del ensayo Limite plástico**

La plasticidad es capacidad a la deformación con la que cuenta los suelos, dependiendo de límites, esto sin romperse. Son conocidos como límites Atter-beg, esto sirve para tener un concepto sobre el tipo de suelo que se está tomando como muestra. Es importante recalcar que el estudio de estos límites de consistencia se realiza con el pasante de la malla N°40 y los límites plástico como líquido dependen de la cantidad y tipo de arcilla del suelo asimismo su diferencia es llamada índice plástico [37].

Para realizar el ensayo de este límite se procede a recoger una pequeña porción del suelo, para ser amasada en una placa de vidrio formando un rollo de 3 mm de diámetro hasta que se fracture. Tener en cuenta que al fracturarse el rollo después de dos minutos aproximadamente, se vuelve a realizar nuevamente; se pesan las muestras con el fin de obtener el peso del tarro y suelo húmedo, seguido se colocan al horno hasta el siguiente día y obtener el peso del suelo seco más el tarro [22]. Luego se dibuja la curva de fluides, teniendo en cuenta que en la cual en el eje de las abscisas se registrará

el número de golpes en escala logarítmica, por último, en el eje de ordenadas los contenidos de humedad.

### **Contenido de humedad**

En este ensayo se pretende evaluar el agua en cantidad que alberga el suelo, para esto según la norma técnica peruana [23]. Los instrumentos a utilizar son el horno eléctrico, una balanza, recipiente y estufa y taras.

Por otro lado, es definida con la relación del peso del agua y el peso de los sólidos de la masa de suelo, la cual es expresada en porcentaje, teniendo en cuenta tanto el límite líquido como plástico [37].

### **Procedimiento del ensayo contenido de humedad**

Tal y como se menciona en la NTP 339.127 [23]. El procedimiento comienza pesando las taras en la balanza, seguidamente se coloca la muestra en dichos recipientes para luego poder realizar un registro; en este caso de la muestra de suelo húmedo más la tara, se colocan los recipientes al horno; aproximadamente a una temperatura de 110°C durante el periodo de 24 horas, al día siguiente se deja enfriar y se vuelve a tomar el peso de la tara más la muestra, pero esta vez ya seca.

Finalmente se realiza el cálculo correspondiente con el peso del agua y peso de suelo seco, expresándolo en porcentaje.

$$\% W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

Ww: peso humedo de la muestra

Ws: Peso seco de la muestra

### **Peso específico**

Propiedad en la que se toma en cuenta al peso del aire de volumen de un material, teniendo en cuenta una determinada temperatura entre el peso de aire, similar al volumen del agua a la misma temperatura [25].

### Procedimiento del ensayo de peso específico

Se debe contar con el equipamiento necesario, en este caso una balanza, una bomba de vacíos, la cual servirá para eliminar las burbujas de aire, un horno a una temperatura de 110 °C, fiola y taras. Se debe realizar una extracción de mínimo 2 muestras de suelo, colocarlo en la fiola, seguido con agua destilada llenar dicho frasco hasta las  $\frac{3}{4}$  partes, luego quitar el aire contenido con la ayuda de la bomba. De cada uno de estos pasos se toma anotaciones de los pesos, para luego sacar la muestra de la fiola y colocarla en una tara y al horno por 24 horas, terminado el proceso tomar el peso respectivo una vez que la muestra haya enfriado, tomando en cuenta el cálculo correspondiente [25].

Se tiene en cuenta:

Peso de la muestra de suelo seco (1)

Peso de la fiola + peso agua (2)

Peso de la muestra + fiola + agua (3)

$$Ge = \frac{(1)}{(1) + (2) - (3)} \times 100$$

### Peso unitario Suelto y compactado

Dentro de los materiales utilizados para este ensayo encontramos un recipiente, cucharón o pala, espátula, balanza con la capacidad necesaria y la muestra analizar. En cuanto al procedimiento, se llena el depósito completamente hasta el borde con ayuda del cucharón, teniendo en cuenta que no se exceda los 50 mm encima del borde. Se procede a nivelar la superficie con una espátula; de esta manera se determina la masa del recipiente vacío y recipiente más el contenido para luego registrar los valores. Por otro lado, para determinar el peso unitario compactado se realiza el mismo procedimiento, a diferencia que el llenado se realiza en tres capas de forma apisonada con 25 golpes; para luego registrar los pesos; por último, tomar en cuenta el volumen del recipiente [28]

### Densidad

Es una propiedad la cual relaciona la masa por unidad de volumen de un material, teniendo como unidades kg/m<sup>3</sup> [27]. En cuanto a los materiales para dicho ensayo se debe utilizar una probeta calibrada y una balanza; esto para cálculo de la densidad de un

líquido, se debe registrar el peso del líquido más la probeta y verificar el volumen, el cual ocupa el líquido.

### Propiedades y ensayos físicos

La propiedad física depende de varios componentes presentes en nuestro medio ambiente, dentro de los cuales consideramos al agua, clima viento, etc. Estos agentes permiten evidenciar la textura, consistencia, porosidad, forma, entre otros [37].

### Dimensionamiento

Es conocido como un proceso de medición, el cual evalúa las propiedades físicas de la muestra, sin generar ninguna pérdida por ruptura; basándose en la norma NTP. 399.613 y en la tesis [38], menciona que el procedimiento para dicho ensayo es: contar con las muestras necesarias, en este caso es recomendable 10 especímenes, se procederá a medir el ancho teniendo en cuenta sus extremos y en ambas caras, asimismo tener en cuenta la mitad de los bordes de la unidad. Tomándose un total de cuatro medidas. Para terminar, se mide el largo y altura de la misma forma. En cuanto al cálculo se tiene lo siguiente:

$$\% \text{VDL} = \left( \frac{\text{LP}}{40} - 1 \right) \times 100$$

$$\% \text{VDA} = \left( \frac{\text{AP}}{20} - 1 \right) \times 100$$

$$\% \text{VDH} = \left( \frac{\text{LP}}{10} - 1 \right) \times 100$$

Donde:

VDL: variación dimensional del largo

VDA: variación dimensional del ancho

VDH: variación dimensional de la altura

LP: largo promedio

AP: ancho promedio

HP: altura promedio

### Medidas de alabeo

De igual manera que el dimensionamiento se realizan una medición, pero esta vez haciendo uso de una cuña; la cual es conocida como una regla correctamente graduada, con una numeración de 1 mm. Dentro de las muestras para realizar el ensayo de alabeo se encuentran 10 unidades, se debe eliminar las partículas en suspensión adheridas a la superficie con una brocha, para continuar se verifica su superficie; ya sea cóncava o convexas y de igual manera los bordes. en el caso de cóncavas se va hacer uso de una varilla de borde recto longitudinal, a lo largo de la superficie a ser medida. Se escoge la mayor distancia entre la unidad y barrilla. Para terminar, se mide dicha distancia con la cuña y registra la medida. Cabe mencionar que esta medida tiene que ver con el espesor de la junta, asimismo con la colocación de mortero en las unidades, pues puede generar vacíos, en consecuencia, se produce pérdida de resistencia [29].

### Absorción

La absorción es aquella propiedad que se caracteriza por el paso del agua a través del suelo, frente a esto es necesario contar con la compactación adecuada para contener la humedad, de esta manera se va a tratar de eliminar la cantidad de vacíos y reducir la permeabilidad obteniendo una baja [39]. Para realizar el ensayo de absorción es necesario contar con la mitad de unidades, con un total de 5 muestras, asimismo asegurarse de contar con una balanza. Primeramente, los especímenes tal y como se indica en el punto 6.1.1 de la NTP. 399.613 deben ser secados en horno por 24 horas a una temperatura entre 100 °C a 115°C, al siguiente día deben sacarse del horno y enfriarse en un promedio de 4 horas antes de ser pesadas, teniendo en cuenta que estas no se encuentren apiladas sino en este caso libres. Con el dato de peso de dichas unidades se continua con el proceso de saturación por 24 horas, sumergiendo las unidades al agua. Para terminar, se toma el peso y se realiza el cálculo correspondiente [29].

$$\% \text{ Absorción} = \left( \frac{W_s - W_d}{W_d} \right) \times 100$$

Donde:

Wd: Peso seco del espécimen

Ws: Peso del espécimen saturado, después de sumergirse en el agua

### Absorción por capilaridad (succión)

Teniendo en cuenta la NTP. 399.613 y la norma UNE 41410; para realizar este ensayo se debe hacer uso de bandejas o recipientes para el agua; teniendo en cuenta que su profundidad no debe ser menor a 25 mm, se debe contar con una bandeja de apoyo de las muestras, estas deben ser barras de acero y el horno para secado (figura 4). En cuanto a las muestras se utilizarán 5 unidades. Para empezar con el procedimiento se debe colocar al horno las muestras por 24 horas, al siguiente día se las retira y se las enfría por 24 horas, sin que estas se encuentren apiladas.

Se prepara el prototipo de prueba poniendo las bandejas en y una zona plana con los apoyos de acero; seguidamente encima se colocan las unidades y se llena el agua hasta 3 mm según la NTP. 399.613 y se controla 1 minuto antes de retirarlos y pesarlos; por otro lado, la norma UNE 41410 menciona colocar agua hasta los 5 mm de la unidad y dejarla por 10 minutos antes de pesarla.

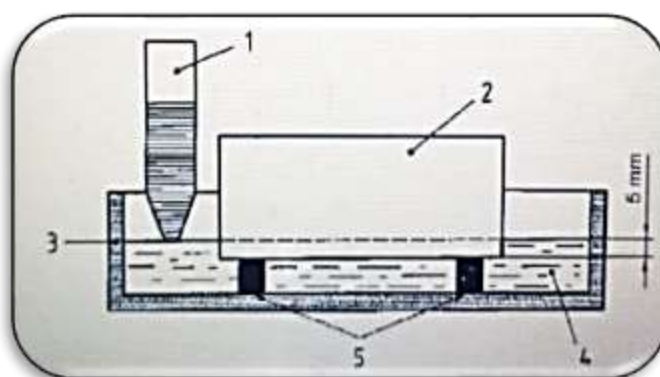


Figura 4: Prototipo para succión

Fuente: UNE 41410

En cuanto al cálculo se tomará en cuenta la segunda ecuación:

$$\text{Succion} = \frac{200(W_h - W_s)}{A}$$

Donde:

$W_h$ : peso seco de la unidad(gr)

$W_s$ : Peso después del ensayo (gr)

$A$ =Área en contacto de la muestra



### **Humedad y secado en cubos**

Este ensayo es según la norma UNE 41410; primeramente, se debe tener en cuenta los especímenes a ensayar, en este caso serán cubitos con arista igual al espesor del adobe, en el cual se toma en cuenta cinco unidades por muestra. Posteriormente serán sometidos a un ciclo de secado y humedecimiento. Para empezar, se sumergen al agua por 4 horas; luego se sacan y se toman el peso respectivo; para luego colocar la muestra al horno por 43 horas, pasado el tiempo se las retira y se las deja enfriar por 1 hora, para tomar el peso respectivo; de esta forma se realiza los 5 ciclos de los especímenes [31].

Para poder apreciar los resultados de este ensayo se hace uso de la observación y las relaciones de los pesos del espécimen en los cinco ciclos de humedad y secado.

### **Propiedades y ensayos mecánicas**

#### **Resistencia a la compresión de la tierra en cubos.**

La resistencia es capacidad que se posee para resistir y hacer frente a factores externos, los cuales van a reducir la resistencia, dentro de estos se incluye la humedad, aire, agua, etc. [39].

Este ensayo se encuentra en la norma E080 en el artículo 8; en dicha parte se muestra los ensayos de laboratorio para el adobe. En el apartado 8.1 se menciona que el ensayo es para medir la resistencia de la tierra a compresión por medio de cubos de 10 cm de arista, se debe evaluar 6 muestras, de las cuales se debe cumplir que el promedio de las cuatro mejores sea mayor o igual a 10.2kgf/cm<sup>2</sup> [19].

#### **Resistencia a la tracción de la tierra**

Se debe tener en cuenta al ensayo brasileño, el cual consiste en la formación de seis cilindros, de los cuales serán elegidos cuatro muestras; que cumplan con la resistencia de 0.81 kgf/cm<sup>2</sup>; de este modo sea igual o mayor. Cabe mencionar que las medidas indicadas en la norma son de 15.24 cm de diámetro con 30.48 cm de largo [19]. Asimismo según la ASTM C-496; es necesario tener en cuenta, que en la carga de compresión va estar aplicada en toda la longitud del cilindro, provocando una falla por la mitad en cuanto al cálculo se tiene en cuenta la siguiente ecuación [32]:

$$T = \left( \frac{2P}{\pi * L * d} \right)$$

Donde:

P: Carga máxima aplicada

L: Altura/ longitud

D= Diámetro

### Resistencia a la tracción del mortero

Según la norma E080 este ensayo mide la resistencia del mortero por medio de la resistencia la tracción indirecta, asimismo menciona que el espécimen a ensayar se encuentra conformado por dos muestras de adobe , en la cual recalca que no importa su calidad (figura 5), asimismo según el artículo 19 se debe cumplir con una proporción en volumen entre tierra y paja de 1:1 o 1:2 .De esta manera se debe cumplir con un promedio de las cuatro mejores muestras de seis ,teniendo una resistencia igual o mayor de 0.12kgf/cm² [19].

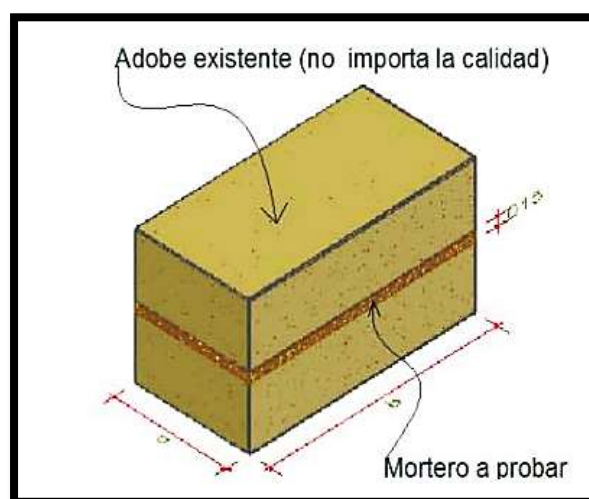


Figura 5: Especimen para ensayo a tracción del mortero  
Fuente: Norma E080

En cuanto al cálculo correspondiente se tiene en cuenta:

$$\delta = \alpha \left( \frac{P}{a*b} \right) (\text{kg/cm}^2)$$

Donde:

P: Carga máxima aplicada

a: Ancho de adobe

b= Largo del adobe

$\alpha=0.5$

### Ensayo de resistencia a la compresión del Murete

Para elaborar las pilas en dicho ensayo según la norma E080 , esta será tres veces la dimensión menor del adobe (figura 6), pero de la base, también indica que la resistencia ultima; a los 28 días de secado, debe ser 6.12 kgf/cm<sup>2</sup>. Asimismo se debe hacer un promedio de las cuatro mejores muestras de un total de seis, cumpliendo la resistencia indicada [19]. Por otro lado se debe tener en cuenta la máquina de ensayo , según la norma NTP 399.605 , indica que para colocar el prisma en la máquina , se deben limpiar las caras , y estar alineadas , en este caso la carga de compresión se debe aplicar en el centro de la muestra , la velocidad debe ser uniforme , asimismo la carga máxima se deberá alcanzar entre 3 min a 4 min, asimismo se debe tener en cuenta la relación de la altura y espesor (hp/tp), aplicando un factor de corrección [33].

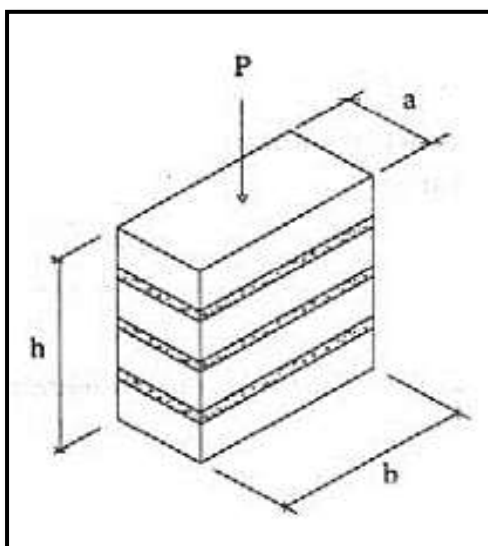


Figura 6: Modelo de pilas para ensayo a compresión de muretes  
Fuente: Norma E080

En cuanto al cálculo correspondiente se tiene en cuenta:

$$F'm = \left( \frac{P}{a*b} \right) \times f_c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Donde:

P: Carga máxima aplicada

a: Ancho de adobe

b= Largo del adobe

fc: Factor de corrección

### Ensayo de resistencia a la tracción indirecta del Murete

Según la norma E080 [19], se debe tener en consideración la elaboración de muretes de 0.65 x 0.65 aproximadamente, teniendo en cuenta un secado de 28 días, asimismo se debe evaluar una resistencia ultima de 0.25kgf/cm<sup>2</sup>, haciendo un promedio de las cuatro mejores muestras de seis en total, realizando un ensayo de compresión diagonal del murete (figura 7).

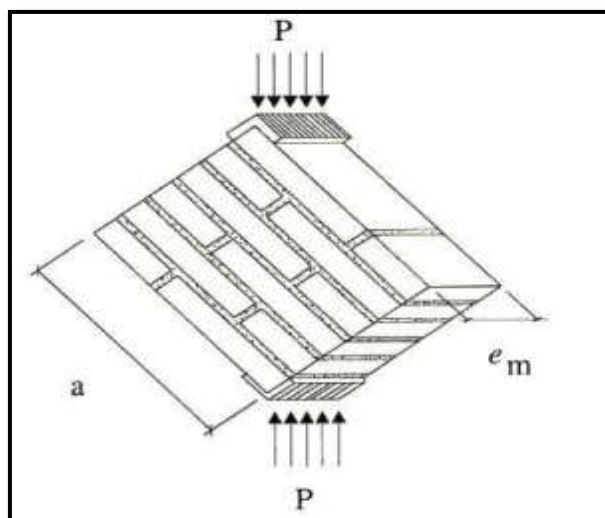


Figura 7: Murete en compresión diagonal  
Fuente: Norma E080

### Procedimiento para ensayo de módulo de ruptura

Mejor conocido por ensayo de flexión, para dar inicio al procedimiento se deben contar con cinco unidades, las cuales hayan alcanzado su resistencia ultima y la máquina para realizar la flexión. Primeramente, se debe colocar la muestra en el lado que tenga mayor dimensionamiento, con el fin de que la carga se aplique en el sentido del espesor del espécimen. Un punto importante a resaltar en esta norma es: si en caso se presente desniveles en la unidad, se deben colocar en forma que estén de lado de la compresión, asimismo la longitud de la placa colocada para las aplicaciones y recomienda que sea del mismo ancho que la unidad de muestra. En cuanto a la velocidad del cabezal de la maquina no exceda 1.27mm/min; esto seguidamente antes de ser aplicada la carga. Por último, se debe tener en cuenta el cálculo con la siguiente ecuación [29].

$$S = \frac{3W(\frac{L}{2} - X)}{bd^2}$$

Donde

S: Modulo de ruptura de la unidad en la falla

W: Máxima carga aplicada con la maquina

L: distancia de apoyos entre apoyos

B: ancho del espécimen en el plano de falla

D: espesor del espécimen en el plano de falla

x: distancia promedio desde el centro de la unidad hacia el plano de falla.

## **Materiales y métodos**

### **Tipo de investigación**

La investigación presentada es de tipo experimental, porque se evaluaron adobes patrones provenientes de la provincia de Cutervo y adobes estimulados con baba de nopal y residuos cerámicos, en este caso se ejecutó un manipuleo de las variables para alcanzar los objetivos propuestos. Asimismo, consiste en realizar una investigación para buscar demostrar la hipótesis: aumentando la capacidad de reacción del adobe frente al agua, esto con baba de nopal (*Opuntia ficus-indica*), por otro lado, aumentar su resistencia con residuos cerámicos; de esta manera tratar de evaluar las propiedades tanto físicas como mecánicas. Para ello primeramente se reconoció y extrajo el material, llevando a cabo un estudio del suelo. Se toma en cuenta la norma E.080, de la cual se ejecutaron los diferentes ensayos mencionados, verificando la presencia de arcilla en la tierra, por medio de ensayos de bolitas de tierra, prueba de contenido de humedad para la construcción con tapial, asimismo en laboratorio se procederá a realizar ensayos de granulometría, límite líquido - plástico, peso específico, humedad natural y de la misma forma se tienen en cuenta las variables independientes; de las cuales se debe asegurar su adquisición, en caso el nopal; de la carretera Cutervo-Cochabamba y los residuos cerámicos provenientes de las construcciones existentes en la provincia y diversas empresas de materiales de construcción; los cuales serán triturados para posteriormente tamizarlos. A estos últimos se realiza el ensayo de granulometría, y en caso del nopal se realizó un ensayo de viscosidad. Para elaborar los adobes se identificó primeramente el mejor porcentaje de baba de nopal, estos serán elaborados con 5% 10% y 15%, haciendo un reemplazo parcial del agua; por medio de los ensayos de succión, humedad y secado y absorción. Este material se va a sumar a la mezcla del adobe con los porcentajes de 10, 20 y 30 % de residuos cerámicos. Al realizar dichos bloques, tanto el propuesto como el convencional se efectuó una comparación económica entre ambas unidades. Luego Terminado el proceso de secado se procedió a formar pilas y muretes de adobe tal como lo especifica la norma E.080, realizando los ensayos mencionados en el artículo 8, esto para identificar las propiedades de resistencia de los bloques de tierra para viviendas rurales de la provincia de Cutervo.

## **Formulación de la hipótesis**

Incorporando residuos de construcción y demolición, como los residuos cerámicos triturados y a la misma vez un material natural en este caso la baba de nopal, al adobe; se le podrá mejorar sus propiedades, ayudando alcanzar una estabilidad frente al agua, asimismo asegurar su durabilidad con el tiempo verificando su resistencia, lo cual será una alternativa beneficiosa para la zona rural de Cutervo.

## **Población, muestra y muestreo**

### **Población**

La población de estudio, corresponde al conjunto de adobes convencionales elaborados en la provincia de Cutervo y adobes con residuos cerámicos y baba de nopal.

### **Muestra**

Como muestra tenemos al conjunto de adobes con un total de 593, de los cuales 134 fueron usados como muestra patrón, asimismo 24 adobes con 5%, 10% y 15% de baba de nopal; 12 adobes para evaluar el mortero con 15% de baba de nopal; por último 423 adobes elaborados con 10%, 20% y 30% de residuos cerámicos y baba de nopal.

### **Muestreo**

Para el muestreo se tiene en consideración los ensayos realizados según el reglamento que indica la norma E080, pero también se encuentran ensayos no normados para adobe, frente a esto tomó como referencia la norma NTP. 399.613, esto para verificar las propiedades del adobe. Primeramente, en cuanto a los adobes patrones se necesitó un total de 134, dentro se distinguen 5 unidades utilizadas para el ensayo de módulo de ruptura, de los cuales; luego de ser ensayados fueron aprovechados y se cortó 11 cubos de adobe, usados en un estudio por medio del ensayo a compresión y humedad-secado (**Tabla 1 y 2**). Seguidamente se contó con 6 cilindros de tierra estas muestras para ensayo tracción (**Tabla 4**). El resto de 123, fueron ensayados por succión - absorción, elaboración de muretes, pilas y evaluación de mortero de dicha muestra (**tabla 1 y 3**).

Por otro lado, también se contó con adobes elaborados con baba de nopal, para los cuales se consideró los porcentajes de 5%, 10% y 15% del material natural. Se tiene un total de 24 adobes con este reemplazo; específicamente 8 por cada porcentaje (**tabla 1**); fueron evaluados por el ensayo de compresión, humedad y secado, módulo de ruptura, succión y absorción; con el fin de elegir el mejor porcentaje; para poder ser combinado con los residuos cerámicos. De esta manera se distinguen 33 cubos, siendo un total de muestra de los tres porcentajes de baba de nopal (**Tabla 2**), los cuales se obtuvieron de 15 adobes utilizados en el ensayo de flexión y el resto de 9 adobes se usó en ensayos de absorción y succión. (**tabla 1**).

Tabla 1. Muestra de adobes patrones y baba de nopal (Modulo de ruptura, Succión y Absorción)

| TABLA DE MUESTREO   |                |                                                 |     |     |       |
|---------------------|----------------|-------------------------------------------------|-----|-----|-------|
| Variables           | Muestra Patrón | Unidades de adobes elaborados con baba de nopal |     |     | Total |
|                     |                | 5%                                              | 10% | 15% |       |
| Módulo de ruptura   | 5              | 5                                               | 5   | 5   | 20    |
| Succión y Absorción | 3              | 3                                               | 3   | 3   | 12    |
| Total               | 8              | 8                                               | 8   | 8   | 32    |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Muestra de Cubos de adobes patrones y baba de nopal (compresión, humedad y secado)

| TABLA DE MUESTREO-CUBOS ADOBE |                |                                                  |     |     |       |
|-------------------------------|----------------|--------------------------------------------------|-----|-----|-------|
| Variables                     | Muestra Patrón | Cubititos de adobes elaborados con baba de nopal |     |     | Total |
|                               |                | 5%                                               | 10% | 15% |       |
| Compresión                    | 6              | 6                                                | 6   | 6   | 24    |
| Humedad y secado              | 5              | 5                                                | 5   | 5   | 20    |
| Total                         | 11             | 11                                               | 11  | 11  | 44    |

Fuente: Elaboración propia



De la misma forma una muestra de **423** adobes elaborados con 10%, 20% y 30% de residuos cerámicos vs baba de nopal; cabe recalcar que el porcentaje de baba de nopal es seleccionada con los ensayos y muestras mencionadas anteriormente; incluyendo 18 cubos, los cuales se obtuvieron del adobe sobrante de muestras en la elaboración de muretes, seguidamente 18 cilindros de adobe estabilizado (**tabla 4**), lo mencionado para el ensayo de compresión y tracción. Por último, es importante mencionar que **405** unidades de tierra con residuos cerámicos y baba de nopal fueron utilizadas para la elaboración de muretes, pilas, espécimen para evaluar mortero, ensayo de succión y absorción; teniendo en cuenta que por porcentaje son 135 adobes. (**tabla 3**).

Tabla 3. Muestra de adobes patrones y adobes con baba de nopal vs residuos cerámicos

| TABLA DE MUESTREO                              |                |                                                            |           |           |       |
|------------------------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-------|
| Variables                                      | Muestra Patrón | Unidades de adobes con baba de nopal vs residuos cerámicos |           |           | Total |
|                                                |                | M% VS 10%                                                  | M% VS 20% | M% VS 30% |       |
| Resistencia del mortero                        | 12             | 24                                                         | 24        | 24        | 84    |
| Resistencia del murete a la compresión         | 36             | 36                                                         | 36        | 36        | 144   |
| Resistencia del murete a la tracción indirecta | 72             | 72                                                         | 72        | 72        | 288   |
| Succión y Absorción                            | 0              | 3                                                          | 3         | 3         | 9     |
| Total                                          | 120            | 135                                                        | 135       | 135       | 525   |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Muestra de adobes patrones y adobes con baba de nopal vs residuos cerámicos en cubos y cilindros.

| TABLA DE MUESTREO                |                |                                                                                        |     |     |       |
|----------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-------|
| Variables                        | Muestra Patrón | Unidades de adobes elaborados con incorporación de baba de nopal vs residuos cerámicos |     |     | Total |
|                                  |                | 10%                                                                                    | 20% | 30% |       |
| Compresión                       | 0              | 6                                                                                      | 6   | 6   | 18    |
| Tracción                         | 6              | 6                                                                                      | 6   | 6   | 24    |
| Variación dimensional/<br>alabeo | 10             | 10                                                                                     | 10  | 10  | 40    |
| Total                            | 16             | 22                                                                                     | 22  | 22  | 82    |

Fuente: Elaboración propia

Para terminar, se consideró 40 muestras entre adobe patrón y con 15% de baba de nopal con 10, 20% y 30% de residuos cerámicos para el ensayo de variación dimensional y alabeo, pero estas muestras se utilizaron de la misma cantidad mencionada para la elaboración muretes (tabla 4).

Luego de realizar los ensayos y reconocer el tipo de falla por mortero en los ensayos de resistencia E080 se consideró analizar la resistencia del mortero con baba de nopal, para el cual se usó 12 adobes con el mejor porcentaje; en este caso de 15% de baba de nopal para realizar el ensayo de resistencia del material, dicho mortero se realizó con el mismo porcentaje de baba incorporada al adobe (tabla 5).

Tabla 5. Muestra de adobes para evaluar la resistencia del mortero con baba de nopal

| TABLA DE MUESTREO       |                                                 |       |
|-------------------------|-------------------------------------------------|-------|
| Variables               | Unidades de adobes elaborados con baba de nopal | Total |
|                         | 15%                                             |       |
| Resistencia del mortero | 12                                              | 12    |

Fuente: Elaboración propia

## Operacionalización de Variables

### Variables independientes

Residuos cerámicos y baba de nopal.

### Variable dependiente

Mejora de las propiedades físicas y mecánicas frente adobe convencional

### Variable interviniente

- Granulometría
- Limite Liquido
- Limite plástico
- Contenido de humedad
- Peso especifico
- Cinta de barro
- Presencia de arcilla- Bolitas de tierra
- Peso Unitario suelto y compactado
- Densidad
- viscosidad

Tabla 6. Operacionalización de Variables independientes.

| Variable           | INDICADOR                                    | RANGO DE APLICACIÓN | UNIDAD DE MEDIDA         | METODO DE MEDICIÓN (INSTRUMENTO, ENSAYO, NTP) |
|--------------------|----------------------------------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------------------------------|
| Baba de Nopal      | Porcentaje de cantidad de baba de nopal      | 5%, 10% y 15 %      | Porcentaje (%) en litros | Jarra de medida en litros                     |
| Residuos cerámicos | Porcentaje de cantidad de residuos cerámicos | 10%, 20% y 30 %     | Porcentaje (%) en peso   | Balanza                                       |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Operacionalización de Variable dependiente.

| Variable                                                                     | Dimensión             | Indicador                                                         | Unidad de medida                | Método de medición (instrumento, ensayo, NTP)                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Propiedades de Adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal</b> | Propiedades físicas   | Alabeo                                                            | mm                              | Métodos de muestreo y ensayos de ladrillos de arcilla en albañilería NTP 399.613                                                                                                                           |
|                                                                              |                       | Variación dimensional                                             | %                               | Métodos de muestreo y ensayos de ladrillos de arcilla en albañilería NTP 399.613.                                                                                                                          |
|                                                                              |                       | Humedad y secado                                                  | kg                              | UNE 41410: Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques                                                                                                                                              |
|                                                                              |                       | Succión                                                           | gr/ min /200cm <sup>2</sup> y % | Métodos de muestreo y ensayos de ladrillos de arcilla en albañilería NTP 399.613/ UNE 41410: Bloques de tierra comprimida                                                                                  |
|                                                                              |                       | Absorción                                                         | % Ab                            | Métodos de comparación de porcentajes y ensayo de ladrillos de arcilla en albañilería NTP. 399.613                                                                                                         |
|                                                                              | Propiedades Mecánicas | Resistencia del material de tierra a la compresión                | kgf/cm <sup>2</sup>             | Ensayo a la compresión de la unidad -Norma E080 / N.T.P. 399.613                                                                                                                                           |
|                                                                              |                       | Resistencia del material de tierra a la tracción                  | kgf/cm <sup>2</sup>             | Ensayo a La tracción de la unidad-Norma E080/ ASTM C-496                                                                                                                                                   |
|                                                                              |                       | Resistencia del mortero a la tracción                             | kgf/cm <sup>2</sup>             | criterios y ensayo de resistencia del mortero NTP E080                                                                                                                                                     |
|                                                                              |                       | Ensayo de Modulo de ruptura                                       | kgf/cm <sup>2</sup>             | N.T.P. 399.613: Unidades de albañilería. Métodos de muestreo, ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería / NTP 331.202: Elementos de suelo sin cocer. Adobe estabilizado con asfalto para muros. |
|                                                                              |                       | Ensayo de compresión. Muretes de adobe o tapial                   | kgf/cm <sup>2</sup>             | Ensayo de compresión. Muretes de adobe o tapial - NTP E080/ N.T.P. 399.605                                                                                                                                 |
|                                                                              |                       | Resistencia del murete a compresión diagonal o tracción indirecta | kgf/cm <sup>2</sup>             | Ensayo a la compresión diagonal o tracción indirecta- NTP E 080                                                                                                                                            |

Tabla 8. Operacionalización de Variables Intervinientes

| <b>Variable</b>                            | <b>UNIDAD DE MEDIDA</b> | <b>METODO DE MEDICIÓN<br/>(INSTRUMENTO, ENSAYO,<br/>NTP)</b>                                                                                                  |
|--------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Granulometría                              | mm                      | NTP 339.128, Suelos. Método de Análisis granulométrico/ NTP 400 012 Agregado. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global                      |
| Limite Liquido                             | %                       | NTP - 339. 129.Ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos                                                   |
| Limite plástico                            | %                       | NTP - 339. 129.Ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos                                                   |
| Contenido de humedad                       | %                       | NTP 339.127 Ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo / NTP E080                                                                             |
| Peso especifico                            | kg/m3                   | N.T.P. 400.022Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.                            |
| Cinta de barro                             | -                       | NTP E.080DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA                                                                                                           |
| Presencia de arcilla-<br>Bolitas de tierra | -                       | NTP E.080DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA                                                                                                           |
| Peso Unitario suelto y compactado          | kg/m3                   | NTP-400.017, Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados |
| Densidad                                   | kg/m3                   | Método empírico en laboratorio                                                                                                                                |
| viscosidad                                 | Poise                   | Viscosímetro de Ofilab Perú                                                                                                                                   |

Fuente: Elaboración propia

## Método y técnicas de recolección de datos

### Métodos

En cuanto a los métodos de esta investigación se tuvo en cuenta la revisión de normativa, este método sirvió para identificar y conocer los diferentes ensayos a realizar en el trabajo, la cual se aplicará a las unidades de tierra, en este caso tanto a los adobes patrones como adobes incorporados con residuos cerámicos y baba de nopal.

### Técnicas

Dentro de las técnicas a utilizar tenemos primeramente a la observación, técnica que se tendrá presente tanto en el laboratorio como el campo, seguido del panel fotográfico, estudio del suelo a usar en la elaboración de los adobes, estudio de agregados del adobe, análisis de referencia o documentos y formulas a utilizar para cálculo de resultados.

Tabla 9. Método y técnicas de recolección de datos

| TÉCNICA                                | INSTRUMENTO                            | ELEMENTO DE POBLACIÓN                                     |
|----------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Captura de fotos                       | Cámara fotográfica                     | fotos del estado de las viviendas                         |
| La observación                         | Guía de fotos                          | Observación directa en la zona de estudio                 |
|                                        | Observación directa                    |                                                           |
| Extracción del suelo                   | Colaboración de Personas externas      | Tierra de provincia                                       |
| Estudio de suelos                      | Instrumentos y formatos de laboratorio | Muestras del terreno en estudio                           |
| Estudios de los agregados a la muestra | Instrumentos y formatos de laboratorio | Muestras de residuos cerámicos y baba de nopal de la zona |
| Elaboración de bloques de tierra       | Apoyo de persona externa               | Materiales de elaboración                                 |
|                                        | herramienta de elaboración             |                                                           |
| Análisis de documentos                 | Resumen ejecutivo                      | Documentos, libros, guía, manuales, etc.                  |
| Formulas                               | Hojas de calculo                       | Datos de campo, laboratorio, apuntes, etc.                |

Fuente: Elaboración propia

## **Estrategia metodológica para demostración de la hipótesis**

Para validar la hipótesis, a continuación, se muestran los pasos a realizar en el proyecto:

- 1) Recolectar la información bibliográfica del tema a investigar.
- 2) Procesar la información recopilada.
- 3) Identificar las normas y criterios relacionados a la investigación.
- 4) Indagar sobre los ensayos a realizar.
- 5) Obtener muestras a utilizar en los diferentes ensayos.
- 6) Determinar las características de la tierra por medio de ensayos de mecánica de suelos.
- 7) Verificar el mejor porcentaje de baba de nopal.
- 8) Realizar bloques de tierra sin y con la integración de cerámica triturada y baba de nopal para evaluar sus propiedades.
- 9) De los resultados logrados hacer una comparación de los bloques sin y con incorporación de las variables
- 10) Evaluar los costos de las dos unidades de adobe utilizadas
- 11) Comparar los datos de la adición a los bloques de tierra con la Norma E.080.

## **Procedimientos**

Para empezar, se tuvo en cuenta primeramente el lugar a donde está enfocada nuestra problemática y por ende donde se implementará una solución; en este caso al adobe de viviendas rurales, asimismo la obtención de materiales a incorporar. Es así pues como el propio título de la investigación lo dice: Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022; esta investigación se realizó en Cutervo. Lugar ubicado en la región Cajamarca, es una de sus trece provincias; se encuentra a 2637 m.s.n.m; dentro de sus límites encontramos a Jaén, el departamento de Amazonas, Chota y el departamento de Lambayeque (figura 8).

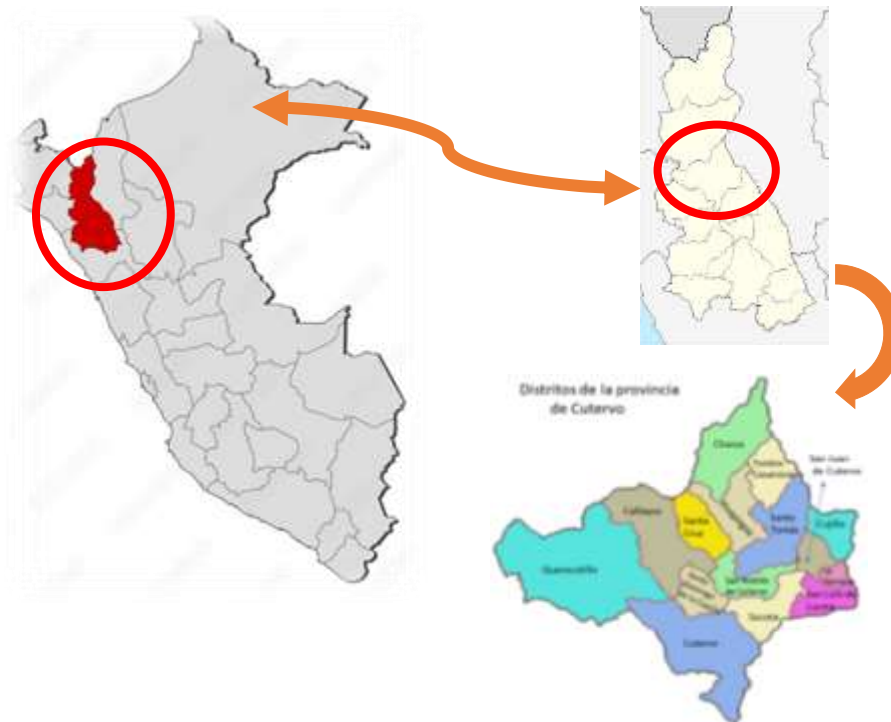


Figura 8: Ubicación geográfica de Cutervo

### Reconocimiento de adobe Cutervino

El adobe es uno de los materiales de construcción aun usados en algunos sectores de la provincia de Cutervo, está conformado por tierra; siendo este el principal material para su elaboración; cabe recalcar que debe estar limpia de materia gruesa y dura, contando con la suficiente cantidad de arcilla. Seguidamente se encuentra el agua, insumo que debe ser incorporado para dar trabajabilidad a la muestra, asimismo se deja remojar la mezcla por 24 horas; esto para preparar el material antes de amoldar las unidades. Al día siguiente se le incorpora paja, en el caso de Cutervo se hace uso de la paja de pino y batiendo con los pies para que la mezcla sea homogénea. Para terminar; con ayuda de un molde de madera humedecida, se procede a realizar los adobes, los cuales deben tener un secado de 28 días para alcanzar su resistencia última. Asimismo, es importante mencionar que las medidas de los adobes en esta provincia varían entre un ancho de 20 cm a 30 cm, un largo de 30 cm a 40 cm y un espesor de 10 a 12 cm.



### Elección de muestras de tierra

Se obtuvo tres tipos de tierra de la provincia de Cutervo, estas fueron seleccionadas de diferentes puntos del territorio cutervino, se eligió tres comunidades (**figura 9**).

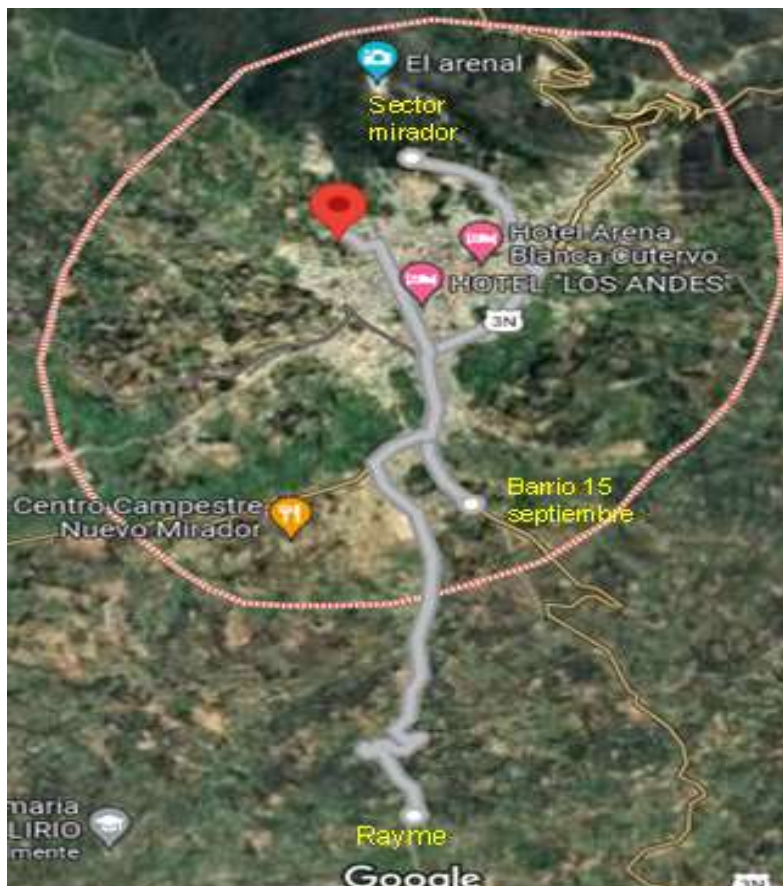


Figura 9: Ubicación en Google Maps de los tres lugares de selección de tierra

Se observa el área que ocupa el distrito de Cutervo. La primera muestra de tierra fue del centro poblado de Rayme(M-1), ubicada fuera del distrito a 30 minutos, siendo parte de la provincia. La segunda de la comunidad Quince de Septiembre(M-2), dentro del área del distrito a unos 10 minutos del centro de la ciudad y la tercera del sector Mirador – Cutervo(M-3) en parte norte del lugar. Cabe mencionar que la tierra fue obtenida sin ningún costo adicional, asimismo en cada uno de los lugares se hace uso del adobe en la construcción y por ende su elaboración.



Figura 10: Muestra 1-centro poblado de Rayme (M-1)



Figura 11: Muestra 2- Quince de Septiembre (M-2)



Figura 12: Muestra 3- Sector Mirador – Cutervo (M-3)

### Ensayos para muestras de tierra

Una vez obtenida las tres muestras, con una cantidad de 10 kg, se realizó ensayos tanto en el campo como en laboratorio. Para esto se tomó en cuenta el artículo 17 de la norma E080, el cual menciona las condiciones de la tierra del adobe. Esta servirá posteriormente para el reconocimiento del suelo con las mejores condiciones, pues esta se utilizó en la elaboración de adobes.

## Ensayo de Cinta de barro

Se realizó este ensayo para verificar la cantidad de arcilla en la tierra, se toma en consideración a la norma E080, específicamente el anexo 1. En cuanto al material se consideró una pequeña cantidad de 2kg y se realizó el ensayo en campo.

### Muestra 1: Centro poblado de Rayme



Figura 13: (M-1) en 2 kg; verificando de impurezas.



Figura 14: Mezclado con agua para dar trabajabilidad M-1



Figura 15: Cinta de barro, M-1



Figura 16: Medida de cinta de barro, M-1



**Muestra 2: Quince de Septiembre**

Figura 17: Preparación de la mezcla M-2



Figura 18: Cinta de barro, mezcla M-2



Figura 19: Medida de la cinta, muestra M2

**Muestra 3: Sector Mirador - Cutervo**

Figura 20: Cinta de barro, M-3



Figura 21: Medida de la cinta de barro M-3

### Ensayo: Prueba “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca”

Revisando ya el anexo 2 de la norma E080; con la misma muestra de 2 kg, se preparó la tierra y se ensayó las tres muestras recolectadas de la provincia de Cutervo, cabe mencionar que nos dio la verificación precisa; en este caso, si el suelo es apto para la elaboración de adobes y de la misma forma si está conformado por arcilla.

#### Muestra 1: Centro poblado de Rayme



Figura 22: Elaboración de bolitas de tierra M-1



Figura 23: Secado por 48 horas M-1



Figura 24: Presión de bolitas de tierra M-1

#### Muestra 2: Quince de Septiembre



Figura 25: Elaboración de bolitas de tierra M-2



Figura 26: Secado por 48 horas M-2



Figura 27: Presión de bolitas de tierra M-2

### Muestra 3: Sector Mirador – Cutervo



Figura 28: Elaboración de bolitas de tierra M-3



Figura 29: Secado por 48 horas M-3



Figura 30: Presión de bolitas de tierra M-3

### Prueba de Contenido de humedad

Para poder formar la bola de tierra se tuvo en cuenta lo especificado en el anexo 3 de la Norma E080. Dicho ensayo se realizó para las 3 muestras de tierra Cutervina. Cabe recalcar también que se consideró la altura, a la que se va caer dicha bola; la cual fue de 1.10m aproximadamente y asimismo su tamaño fue de un puño fuertemente comprimida.



Figura 31: Caída de la bola de la M-1 en el piso



Figura 32: Caída de la bola de la M-2 en el piso



Figura 33: Caída de la bola de la M-3 en el piso



## Ensayo de Granulometría

Basándose en la norma NTP 339.128; se realizó dicho ensayo. En laboratorio se ensayó las tres muestras de tierra tomadas de la provincia de Cutervo; las cuales se encuentran ubicadas en diferentes puntos del territorio.

- Es importante mencionar que se debe tener en cuenta el lavado de la muestra y su secado en horno por 24 horas, para que al retirarse se tome el peso respectivo y se proceda a tamizar; tomando en cuenta el orden de los tamices, partiendo del de mayor abertura a la menor (N°10, N°20, N°40, N°60, N°80, N°100, N°200 y fondo).



Figura 34: Muestra de tierra seca



Figura 35: Tamizado

## Límites de Atterberg

Las tres muestras se prepararon para el ensayo de límites, guiándose de la norma NTP 339.129. Dentro de laboratorio se realizó el procedimiento estipulado en dicha normativa, sin olvidar que el material que se uso es aquel que pasa por la malla N°40, en este caso, trabajando con muestras de tierra como material fino.

### Límite líquido y plástico

En laboratorio se dispuso de los materiales, en especial la copa de Casagrande y la mínima cantidad de agua destilada para la muestra de tierra, en este caso para cada una de las tres muestras. Por otra parte, la espátula para coloca la muestra en la copa, de la misma forma se estuvo atento y observó el número de golpes con los que la muestra va cerrar. Se tomo el peso respectivo y se colocó al horno. Luego se tomó una porción de la muestra y se realizó cilindros para evaluar el límite plástico, se pesó y se lo llevo al horno por 24 horas.



Figura 36: Material tamizado por la malla N°40



Figura 37: Colocación de la muestra en copa de Casagrande



Figura 38: Golpes en la copa de Casa Grande



Figura 39: Secado en horno para limites

### Contenido de humedad

Con las tres muestras en estado natural de tierra se realizó este ensayo, tomando en cuenta los pasos especificados en la norma NTP 339.127.



Figura 40: Estado natural de muestra



Figura 41: Peso de la muestra secada en horno



### Peso específico

En laboratorio según la norma NTP 339.131, se realizó el ensayo del peso específico para las tres muestras cutervina, se utilizó dos fiolas, una balanza y agua destilada como principales materiales.



Figura 42: Materiales ensayo peso específico



Figura 43: Colocación de la muestra en la fiola



Figura 44: Muestra con agua destilada sacada de la fiola y colocada al horno

### Peso Unitario Suelto y compactado

Se realizó en laboratorio este ensayo según la NTP 400.017, esto con cada una de las tres muestras. En el caso del peso unitario se llenó el depósito con ayuda de un cucharón y se tomó su peso, para el compactado se colocó en 3 capas con 25 golpes y de la misma forma se tomó su peso.



Figura 45: Colocación de suelto en el recipiente



Figura 46: Peso de muestra suelta



Figura 47: Medidas del recipiente



Figura 48: Colocación de 3 capas de la muestra



Figura 49: Compactación con 25 golpes



Figura 50: Pesado de la muestra compactada

Teniendo en cuenta los ensayos y la evaluación que se realizó a las 3 muestras de tierra de Cutervo. Se eligió la muestra que presenta mejores condiciones para elaborar los adobes, los cuales van a ser realizados por un personal experto en dicha preparación.

### Obtención de Baba de Nopal

Primeramente, para su obtención o mejor dicho su preparación, la cual es proveniente de la planta de tuna (Opuntia ficus-indica). Los nopales fueron conseguidos del tramo entre la carretera Cochabamba- Cutervo; estos fueron cortados cuidadosamente, con ayuda de guantes.



Figura 51: Tramo Cutervo-Cochabamba



Figura 52: Nopales de la zona

Posteriormente se procedió a sacar las espinas de sus hojas, con el fin de hacer más factible el trabajo. Luego se cortó en cuadraditos pequeños, sin olvidar que primeramente se sacó la cascara alrededor de las hojas; esto para favorecer el procedimiento. Para finalizar el proceso, los trozos fueron añadidos al agua y se dejó reposar por 48 horas a más. Pasado el tiempo se procede a colar y almacenar en baldes la baba de nopal.



Figura 53: Cortado de las hojas de nopal



Figura 54: Almacenamiento de cubitos de nopal



Figura 55: Incorporación de agua y remojo por 2 a más días



Figura 56: Proceso de colado de la baba de Nopal

## Ensayos de baba de Nopal

### Ensayo de densidad

Se procedió a realizar el ensayo de densidad en laboratorio, esto teniendo en cuenta 1 litro de baba de nopal, asimismo se realizó de manera empírica según la relación de peso y volumen.



Figura 57: Colocación de la baba de nopal a la probeta

### Ensayo de viscosidad y reología

El ensayo de viscosidad y reología, se realizó con el apoyo del laboratorio de la empresa Ofilab Perú; el cual cuenta con el asesor comercial Luis Flores Ramírez, ubicado en la ciudad capital; en el Jr. San Luis N°341 Urb. San Carlos Et 1- Comas, cabe recalcar que esta empresa es fundada por un equipo de profesionales los cuales cuentan con experiencia dentro del mercado de metrología a nivel mundial; Se encuentran asociados con contactos del país de Bolivia. Asimismo, no solo realiza diversos ensayos, sino que cuenta con la venta de diversos productos y equipos, en este caso los viscosímetros, material laboratorio, entre otros; de la misma forma brinda el servicio de calibración, mantenimiento, ayuda y asesoramiento [40]

La coordinación se realizó por medio de correo Gmail: [ofilab.com.pe](mailto:ofilab.com.pe) , el volumen de muestra requerida fue de tres litros; el cual fue enviado a la ciudad de lima con una respectiva etiqueta para el ensayo. Cabe mencionar que se evaluó el comportamiento reológico por puntos, en el cual se evidencia la viscosidad se tomó en cuenta los métodos de Bingham 2, Casson2, Heschel , NCA/CMA Casson y Power Law.



Figura 58: Muestra de 3 litros, recibido en la empresa Ofilab Perú



## Obtención de Residuos Cerámicos triturados

Los residuos cerámicos(RC) fueron conseguidos de distintos puntos de la ciudad de Cutervo, el primer punto de una construcción de vivienda unifamiliar del barrio el combo, asimismo de los desperdicios de la ladrillera de Chaquil y por último se recolectó de la ladrillera ubicada en la AV. Salomón Vélchez Murga (**Figura 59**) , al frente de la gerencia de la provincia de Cutervo ; cabe recalcar que estos residuos no tienen ningún costo pues se intenta reutilizar los desperdicios de proyectos y empresas .Las recolecciones fueron residuos: Ladrillo cerámico y cerámica de pared.

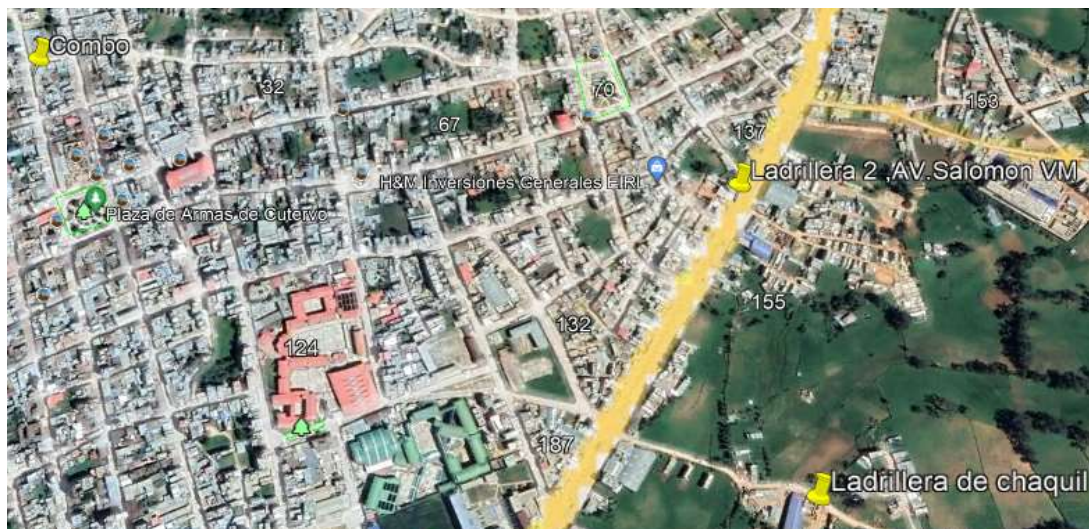


Figura 59: Puntos de recolección de cerámica en Cutervo



Figura 60: Recolección de residuos cerámicos en ladrillera Chaquil



Figura 61: Recolección de residuos cerámicos en ladrillera A.V Salomón V.M

Continuando con el procedimiento; se realizó el transporte de las saquetas recolectadas del material reciclado, hacia las chancadoras de arena, donde se realizó la trituración. La máquina utilizada en este proceso se encontraba en la carretera: Cutervo- Socotá casi a la entrada de la provincia de Cutervo y su principal característica es que es artesanal.



Figura 62: Traslado de las saquetas de residuos cerámicos

Luego de realizar dicha actividad, la muestra triturada obtenida se zarandó con una malla N°4; para eliminar las partículas gruesas.



Figura 63: Trituración de residuos cerámicos



Figura 64: Tamizado de residuos cerámicos



## Ensayos de Residuos Cerámicos

### Ensayo de granulometría

Según lo indicado en la N.T.P. 400.012, se realizó el ensayo granulométrico, esto para el agregado fino, en este caso la muestra obtenida de residuos triturados.



Figura 65: Cuarteo de residuos cerámicos



Figura 66: Proceso de tamizado de residuos cerámicos



Figura 67: Muestra de residuos cerámicos retenidos en los tamices

### Ensayo de Peso Unitario Suelto y compactado

Para realizar dicho ensayo se tuvo en cuenta la NTP 400.017, asimismo cabe recalcar que, para el ensayo de peso unitario suelto, se usó la muestra suelta del material, a diferencia del compactado que se aplicaran 25 golpes por capa en un total de 3.



Figura 68: Colocación RC en el recipiente



Figura 69: Peso suelto de la muestra RC



Figura 70: Proceso de muestra compactada



Figura 71: Peso compactado de la muestra

### Ensayo de peso específico y porcentaje de absorción

En laboratorio se realizó este ensayo según la **N.T.P. 400.02**, se tuvo en cuenta los materiales necesarios, asimismo se eliminó las burbujas de aire presentes en muestra, esto al agregar agua destilada.



Figura 72: Peso de residuos para ensayo de peso específico



Figura 73: Agitado de la muestra para eliminar vacíos



Figura 74: Muestra de peso específico en horno

### Ensayo de contenido de humedad

En el laboratorio según la NTP 339.185 se realizó el ensayo de contenido de humedad de los residuos cerámicos, teniendo en cuenta principalmente su secado en horno por 24 horas.





Figura 75: Peso de las muestras de RC



Figura 76: Secado en horno RC

### **Molde de adobe (Adobera)**

Se realizó el molde, que se usará en la elaboración de adobes; tomando en cuenta primeramente a la norma E080. Esto para la elección de dichas medidas, ya que estas unidades en Cutervo; varían tanto en ancho, largo y espesor. Es así que según el artículo 18.8 y 18.9 se eligió las medidas con el siguiente criterio: el largo debe ser dos veces el ancho del adobe y su espesor debe variar entre 8 cm a 12 cm. Es así que los adobes elaborados en esta investigación sobre la provincia de Cutervo tendrán unas medidas de 20 cm de ancho, 40cm de largo y 10 cm de espesor.



Figura 77: Medida del molde de adobe

### Elaboración de adobes patrones

Los adobes son elaborados con barro el cual proviene de la tierra del sector mirador, pues fue la muestra más óptima de la zona seleccionada de Cutervo. Asimismo, dicha mezcla incluye paja y agua. El reconocimiento del proceso de adobes patrones ya se realizó anteriormente, en la visita a campo; en los lugares donde se obtuvo la muestra. Asimismo, se tuvo en cuenta las medidas, las cuales están reflejadas en la adora o molde de adobe.

Se solicitó el apoyo de un maestro, el cual se desempeña en la fabricación de adobes; es así que fueron elaborados, con el procedimiento anteriormente mencionado en una cantidad de 8 unidades para ser ensayados juntos a los modificados con baba de nopal inicialmente, luego de los primeros ensayos, se realizó los 126 faltantes incluyendo los 6 cilindros de barro. Para empezar, la mezcla conto con tierra preparada un día antes de elaborar los moldes, este proceso consistió en mezclar la tierra con agua y dejarla reposar hasta el día siguiente, luego agregar la paja seca, de pino cortada adecuadamente; se mezcla bien todos los materiales hasta formar una sola masa usando los pies. Posteriormente se procede amoldar las unidades con ayuda de la adobera y dejar secar las unidades.



Figura 78: Mezcla de adobes patrones



Figura 79: Amoldamiento de adobes patrones

### Elaboración de adobes con baba de nopal

Se consideró hacer un análisis de adobes elaborados con 5%, 10% y 15% de baba de nopal. Estos primeros adobes se evalúan por medio del ensayo de succión y absorción, primeramente, esto para verificar su reacción con el agua. Cabe recalcar que se realiza con el fin de elegir el porcentaje más óptimo para poder ser combinado con los porcentajes de residuos cerámicos, asimismo se tuvo en cuenta ensayos mecánicos para seleccionar el porcentaje.

### Cálculo de porcentaje (%) de baba de nopal

Para realizar el remplazo parcial del agua se considera el volumen de la unidad de adobes. Se tomo en cuenta las medidas de 20 x40 x10, las medidas en cm. El volumen se calculó con la siguiente formula:

$$v = L \times A \times H$$

L = Largo

A=ancho

H= altura

- El volumen del adobe patrón

$$V = 20\text{cm} \times 40\text{cm} \times 10\text{cm}$$

$$V = 8000 \text{ cm}^3$$

- Se recalca que para mejor trabajabilidad se trabajara en metros

$$1\text{m}^3 = 10^6 \text{ cm}^3$$

- El volumen de un adobe seria

$$V = 8000\text{cm}^3 \times \frac{1\text{m}^3}{10^6\text{cm}^3}$$

$$V = 0.008 \text{ m}^3$$

Se Aplico la regla de tres simple, usando el volumen del adobe; el cual vendría a interpretarse como el 100%; así evaluamos el cálculo correspondiente para el 5%.

| Volumen              |  | Porcentaje (%) |
|----------------------|--|----------------|
| 0.008 m <sup>3</sup> |  | 100            |
| X                    |  | 5              |

$$X = \frac{0.008 \text{ m}^3 \times 5\%}{100\%}$$

$$X = 0.0004 \text{ m}^3$$

- Convertimos los m<sup>3</sup> a litros, teniendo en cuenta que:

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ litros}$$

$$V = 0.0004\text{m}^3 \times \frac{1000\text{l}}{1 \text{ m}^3}$$

$$V = 0.4 \text{ litros de baba de nopal para 5\% de baba de nopal por adobe}$$

Para el porcentaje de 10% se tomó el mismo criterio y Cálculo

| Volumen              |                                                                                   | Porcentaje (%) |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 0.008 m <sup>3</sup> |  | 100            |
| X                    |                                                                                   | 10             |

$$X = \frac{0.008 \text{ m}^3 \times 10\%}{100\%}$$

$$X = 0.0008 \text{ m}^3$$

- Convertimos los m<sup>3</sup> a litros, teniendo en cuenta que:

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ litros}$$

$$V = 0.0008 \text{ m}^3 \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3}$$

$$V = 0.8 \text{ litros de baba de nopal para 10\% por adobe}$$

Por último, para el 15% se tubo

| Volumen              |                                                                                     | Porcentaje (%) |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 0.008 m <sup>3</sup> |  | 100            |
| X                    |                                                                                     | 15             |

$$X = \frac{0.008 \text{ m}^3 \times 15\%}{100\%}$$

$$X = 0.0012 \text{ m}^3$$

- Convertimos los m<sup>3</sup> a litros, teniendo en cuenta que:

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ litros}$$

$$V = 0.0012 \text{ m}^3 \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3}$$

$$V = 1.2 \text{ litros de baba de nopal para 15\% por adobe}$$

La tierra usada en este tipo de adobe modificado, tuvo una preparación de 24 horas; seguido del mezclado con agua y con porcentajes de 5%, 10% y 15% de baba de nopal. Asimismo, contó con paja, en este caso para todos los adobes en la provincia de Cutervo se utiliza la de pino.

De la misma forma se solicitó apoyo para la elaboración, siendo realizados por un maestro experto en el rubro de fabricación de adobes. Se preparo la mezcla para 8 adobes por muestra; cabe mencionar que la mezcla será una sola para los adobes de acuerdo a los porcentajes seleccionados de esta manera se contó con tres muestras diferentes a las que se incorporó diferente porcentaje según corresponda. La cantidad requerida por muestra se multiplico por los litros de porcentajes ya especificados anteriormente.

En el caso de los adobes de 5% se utilizó un total de 3.2 litros de baba de nopal; para el 10% se usó 6.4 litros y por último para 15 % una cantidad de 9.6 litros de baba de nopal. Cada una de estas cantidades fueron medidas en litros y separadas en baldes para poder ser trasladadas hacia el sector mirador y facilitar el trabajo del maestro de adobe. Algo importante a mencionar es sobre el reposo de la tierra por 24 horas antes del proceso de amoldamiento; pues se usó la mitad de litros de baba de nopal por cada porcentaje, esto para preparar la tierra. Al siguiente día ya se procedió a realizar la mezcla con el sobrante, paja y agua solamente la necesaria.

Una vez que los materiales se integraron completamente, haciendo uso de la adobera con las medidas ya especificadas; se fabricó los adobes uno por uno, se fueron colocando al suelo, el cual contaba con arena y se verifico que no se encuentren juntos o apilados; esto para su secado.



Figura 80: Mezclado con baba de nopal



Figura 81: Amoldamiento de adobes con baba de nopal

Se uso un spray para marcar cada uno de los adobes según su dosificación, luego se dejó secar los adobes en el piso por 1 semana luego se los ordena cuidadosamente para que seguir su proceso de secado hasta alcanzar su resistencia final.





Figura 82: Marcas de los adobes con el spray



Figura 83: Secado de los adobes por 28 días

### Ensayos para adobes patrones y con baba de nopal

Luego del secado de los 32 adobes; fueron trasladados a la ciudad de Chiclayo, donde en laboratorio se procedió a realizar los ensayos correspondientes. En este caso se analizó 8 adobes patrones y 24 con baba de nopal; 8 por porcentajes de 5%, 10% y 15%. Entre los ensayos más significativos para verificar la acción del agua y por ende la elección, tenemos al de succión y absorción de los que se elegirá el mejor porcentaje.

### Ensayo de módulo de ruptura

En una primera instancia se realizó el ensayo de módulo de ruptura tomando en cuenta de N.T.P. 399.613 y N.T.P. 331. 202. Este ensayo no es muy significativo para evaluar el adobe, pero se consideró para poder aprovechar las unidades cortadas, esto como medio alternativo. Pues al finalizar dicha prueba, Se obtuvo como resultado un corte transversal de las unidades ensayadas, las cuales fueron aprovechadas para formar cubos.



Figura 84: Módulo de ruptura de adobe



Figura 85: Adobes utilizados para ensayo de compresión

Se separo las unidades ensayadas por flexión y de estas se cortó 11 cubitos de adobe de 10 cm de lado por cada muestra entre patrones, de 5%,10% y 15% de baba de nopal.



Figura 86: Cubos de adobe cortados para ensayo de compresión

### Ensayo a compresión

Para el ensayo de compresion se tubo en cuenta lo estipulado en la norma E080 en el articulo 8.1, haciendo uso de 6 unidades de cubos de 10 cm de lado tal como lo menciona dicha norma.



Figura 87: Ensayo de compresión adobes patrones



Figura 88: Ensayo de compresión adobes 5% baba de nopal



Figura 89: Ensayo de compresión adobes 10% baba de nopal



Figura 90: Ensayo de compresión adobes 15% baba de nopal



## Ensayo Succión

En laboratorio se realizó dicho ensayo guiándose de la NTP 399.613 y normas de la UNE 41410; con cinco medias unidades, las cuales fueron cortadas de unidades enteras, de un total de 3 adobes por muestra, incluyendo adobes patrones y adobes con 5%,10% y 15% de baba de nopal.

Este ensayo es considerado el más importante en la investigación porque de este se identificó el porcentaje más óptimo de baba de nopal; asimismo depende de este el ensayo de absorción. Puesto que, si el adobe es capaz de resistir al agua en esta prueba inicial, se seguirá evaluando totalmente sumergido al agua en un promedio de 24 horas.



Figura 91: Medias unidades de adobes patrones y con baba de nopal puestas en horno



Figura 92: Colocación de unidades patrones y con baba de nopal al horno



Figura 93: Prototipo ensayo de succión



Figura 94: Peso de las unidades luego del ensayo de succión

## Ensayo Absorción

Se realizó en laboratorio por medio de la NTP. 399.613 de albañilería. Al verificarse por medio del ensayo de succión que las unidades de adobe si son capaces de resistir al agua se procede a realizar el ensayo, cabe recalcar que se usó las mismas unidades evaluadas por succión.



Figura 95: Modelo de ensayo de absorción



Figura 96: Adobes pasados las 24 horas del ensayo de absorción



Figura 97: Peso de las medias unidades, luego de del ensayo de absorción

### Ensayo de humedad y secado

Este ensayo se evaluó con 5 ciclos en cubos de adobe, cortados de las muestras ya evaluadas por módulo de ruptura, se tuvo en cuenta la norma española UNE 41410, algo importante a remarcar es que este ensayo se realizó para comparar con lo ensayado en succión y absorción; en este caso como un adicional.



Figura 98: Cubos de adobes patrones y baba de nopal sumergidos en agua por 4 horas



Figura 99: Muestras de cubos de adobes patrones y baba de nopal en horno por 43 horas

Se realizó todos los ensayos anteriormente mencionados y el porcentaje que mejor reacciona al agua y el adobe estabilizado que presento mejor comportamiento fue el elaborado con 15% de baba de nopal. Este se utilizó para elaborar adobes con residuos cerámicos.

### Elaboración de adobes con baba de nopal y residuos cerámicos

De la misma forma, estos adobes fueron elaborados con barro del sector mirador, asimismo dicha mezcla incluye paja y agua. Para esta muestra se utilizó el 15 % de baba de nopal, combinado con 10%, 20% y 30% de residuos cerámicos.

### Cálculo de porcentaje (%) de residuos cerámicos con 15% baba de nopal

Para cálculo del porcentaje de residuos cerámicos (RC) se verificó el peso, en kg de la tierra, con la adobera de 20cm,40cm y 10cm espesor; misma que ya se utilizó en los adobes solamente con baba de nopal.



Figura 100: Peso de volumen de la tierra  
Peso en kg de la tierra suelta = 10kg

Asimismo, se verificó el peso de un adobe patrón ya realizado anteriormente para evidenciar las diferencias de peso en tierra suelta y seca en el adobe. Se colocó el adobe en un saco y se lo pesó con la balanza romana de la misma forma que el suelo suelto.



Figura 101: Peso de adobe patrón

Se obtuvo un peso de 12 kg, el cual se utilizó para calcular la cantidad de (RC), por porcentajes. Para el cálculo del 10% de RC. Se aplicó la regla de tres simple se usó el peso suelto de la tierra, el cual vendría a interpretarse como el 100%.

| Peso  |            | Porcentaje (%) |
|-------|------------|----------------|
| 12 kg | $\searrow$ | 100            |
| X     | $\swarrow$ | 10             |

$$X = \frac{12 \text{ kg} \times 10\%}{100\%}$$

$$X = 1.2 \text{ kg}$$

**Kg = 1.2 kg de residuos cerámicos por adobe**

Para el 20% de RC se siguió el mismo criterio

| Peso  |                                                                                   | Porcentaje (%) |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 12 kg |  | 100            |
| X     |  | 20             |

$$X = \frac{10 \text{ kg} \times 20\%}{100\%}$$

$$X = 2.4 \text{ kg}$$

**Kg = 2.4 kg de residuos cerámicos por adobe**

Por último, el 30%

| Peso  |                                                                                     | Porcentaje (%) |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 12 kg |   | 100            |
| X     |  | 30             |

$$X = \frac{10 \text{ kg} \times 30\%}{100\%}$$

$$X = 3.6 \text{ kg}$$

**Kg = 3.6 kg de residuos cerámicos por adobe**

En el caso de los adobes con 10% de residuos cerámicos (RC) se utilizó un total de 162 kg, los cuales se pesó y colocó en saquetas. También 162 litros de baba de nopal; fueron colocados en baldes, que corresponde a un 15%, siendo 1.2 litros por adobe; este porcentaje se utilizó para la elaboración de 135 adobes. Cada uno de los materiales fueron trasladados a la zona de ejecución.

Es importante tener en cuenta que 62 litros fueron utilizados para remojar la tierra por 24 horas, esto para preparar el material, los 100 litros sobrantes fueron incorporados al día siguiente, al igual que la paja seca, residuos cerámicos y el agua necesaria para su trabajabilidad. Esta mezcla fue preparada por la persona experta en la elaboración de adobes, se le indicó la cantidad y preparo la mezcla; teniendo en cuenta que los materiales deben estar mezclados homogéneamente, seguidamente amoldo las 135 unidades.





Figura 102: RC y baba de nopal para adobes de 10% y 15%



Figura 103: Mezcla de materiales para adobes de 10% -15%



Figura 104: Secado de adobes con 10% de RC y 15 de baba de nopal

Para adobes de 20% de residuos cerámicos se utilizó un total de 324 kg de RC, con 162 litros de baba de nopal, que corresponde a un 15%, siendo 1.2 litros por adobe; este porcentaje se utilizó para la elaboración de 135 adobes. Cabe recalcar que se usó el mismo procedimiento mencionado en adobes con 10% de RC para la preparación de tierra, la y amoldamiento de adobes.



Figura 105: Mezcla de adobes con 20% de RC y 15% de baba de nopal



Figura 106: Secado de adobes con 20% de RC y 15% de baba de nopal

Para culminar la elaboración de muestras se realizó los adobes con 30% de residuos cerámicos con un total de 486 kg de RC con 162 litros de baba de nopal, que corresponde a un 15%, siendo 1.2 litros por adobe. Cabe señalar que los materiales se trasladaron hasta el lugar de elaboración. Asimismo, este porcentaje se utilizó para la elaboración de 135 adobes. Y de la misma forma se realizó los mismos pasos ya mencionados anteriormente.



Figura 107: Traslado de materiales hacia el Mirador -Cutervo



Figura 108: Mezcla de adobes con 30% de RC y 15% de baba de nopal





Figura 109: Amoldamiento de adobes con 30% de RC y 15% de baba de nopal

Se dejó secar por 48 horas las muestras, luego con ayuda de un spray se puso una marca diferente a cada tipo de adobe, para luego poder identificarlas.



Figura 110: Señalización del adobe con spray

### Elaboración de cilindros de adobe

Se elaboraron cilindros de 15 cm de diámetro y 30 cm de largo. En cuanto a la mezcla se preparó de la misma manera utilizando tierra del sector mirador, paja de pino y agua en el caso de patrones y baba de nopal en un 15% y 10%, 20% y 30% de residuos cerámicos. Se elaboraron en probetas de plástico y se dejó que las muestras secaran por 1 semana antes de desmoldarlas. Para verificar la cantidad de porcentajes se tomó los primeros cilindros patrones y cálculo su peso en kg obteniendo de 7.385. De esto dependió nuestros porcentajes de 10%, 20% y 30%, en el caso de baba de nopal se realizó lo mismo pero evaluado en un porcentaje de 15%. El cálculo se muestra a continuación.





Figura 111: Peso de la probeta patrón

Se aplicó la regla de tres simple, con el peso de la probeta patrón, la cual vendría a interpretarse como el 100%

| Peso     |                                                                                     | Porcentaje (%) |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 7.385 kg |  | 100            |
| X        |  | 10             |

$$X = \frac{7.385 \text{ kg} \times 10\%}{100\%}$$

$$X = 0.74 \text{ kg}$$

**Kg = 0.74 kg de residuos cerámicos por adobe**

Para el 20% de RC se siguió el mismo criterio

| Peso     |                                                                                     | Porcentaje (%) |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 7.385 kg |  | 100            |
| X        |  | 20             |

$$X = \frac{7.385 \text{ kg} \times 20\%}{100\%}$$

$$X = 1.48 \text{ kg}$$

**Kg = 1.48 kg de residuos cerámicos por adobe**

Por último, el 30%

| Peso     |                                                                                   | Porcentaje (%) |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 7.385 kg |  | 100            |
| X        |  | 30             |

$$X = \frac{7.385 \text{ kg} \times 30\%}{100\%}$$

$$X = 2.22 \text{ kg}$$

**Kg = 2.22 kg de residuos cerámicos por adobe**

Para realizar el remplazo parcial del agua se considera el volumen de la probeta de adobe. Se tomo en cuenta las medidas de 15.34 cm de diámetro y 30.48 cm de largo. El volumen se calculó con la siguiente formula:

$$v = \pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2 * h$$

d=diámetro

h= altura

- El volumen de cilindro de barro

$$V = \pi * (15.34/2)^2 * 30.48$$

$$V = 5633.205 \text{ cm}^3$$

- Se recalca que para mejor trabajabilidad se trabajara en metros

$$1\text{m}^3 = 10^6 \text{ cm}^3$$

- El volumen de un adobe seria

$$V = 5633.205 \text{ cm}^3 \times \frac{1\text{m}^3}{10^6 \text{ cm}^3}$$

$$V = 0.0056 \text{ m}^3$$

Se Aplico la regla de tres simple, usando el volumen del adobe; el cual vendría a interpretarse como el 100%; así evaluamos el cálculo correspondiente para el 15%.

| Volumen               |                                                                                     | Porcentaje (%) |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 0.0056 m <sup>3</sup> |  | 100            |
| X                     |  | 15             |

$$X = \frac{0.0056 \text{ m}^3 \times 15\%}{100\%}$$

$$X = 0.00084m^3$$

- Convertimos los  $m^3$  a litros, teniendo en cuenta que:

$$1 m^3 = 1000 \text{ litros}$$

$$V = 0.00084m^3 \times \frac{1000l}{1 m^3}$$

$$V = 0.84 \text{ litros de baba de nopal para 15\% en cilindro.}$$

Se preparo la mezcla para elaborar cilindros de 15% de baba de nopal con 10%, 20% y 30% de residuos cerámicos. Para esto se realizó una sola mezcla, en este caso para 6 cilindros por cada muestra. Se preparo la tierra con 2.04 litros de baba de nopal, la cual permaneció en remojo por 24 horas. Seguidamente al día siguiente se mezcló con paja, residuos cerámicos en una cantidad de 13.32kg y los 3litros sobrantes de baba de nopal. Sin olvidar que se le agrego el agua necesaria según el maestro experto en elaborar los adobes. Una vez teniendo ya la mezcla homogénea se procedió amoldar los seis cilindros con ayuda de los moldes, donde se dejó secar para poder retirarlos.

En el caso de probetas con 20 de RC y % y 15% de baba de nopal se utilizó la misma cantidad de material natural y la tierra se preparó de la misma manera y con la misma cantidad de litros, solo que la mezcla al día siguiente tuvo una cantidad de 8.88 kg de RC, asimismo se usaron los mismos molden y el mismo criterio de secado para poder retirarlos. Por último, para las pobretas con 30% de RC se utilizó una cantidad de 13.32kg y en cuanto al procedimiento de elaboración y uso de baba de nopal fue en la misma cantidad y método ya mencionado en las probetas anteriores.



Figura 112: Cilindros de adobe, en muestra patrón y 15% de baba de nopal con 10%, 20% y 30% de RC

Para terminar la elaboración de adobes, tal y como se mencionó anteriormente, se realizaron los 120 adobes convencionales, con el proceso mencionado anteriormente; pues fueron elaborados tradicionalmente según la provincia de Cutervo. Estos se utilizaron para una elaboración posterior, la cual corresponde a pilas, muretes y espécimen para ensayar el mortero.



Figura 113: Muestra final de adobes patrones

### **Elaboración de adobes para ensayo de resistencia del mortero a la tracción**

Con el mejor porcentaje seleccionado de 15% se elaboraron los adobes con baba de nopal, esto para hacer una verificación de adherencia del mortero puesto que según los resultados de los ensayos de muretes la mayor parte de las fallas se da porque la adherencia del mortero es baja, el total de adobes fue 12; estos con el mismo procedimiento ya mencionado y con una cantidad de 14.4 litros para toda la mezcla, usándose la mitad de dicha cantidad para preparar la tierra antes de hacer la mezcla.



Figura 114: Preparación de las hojas del nopal



Figura 115: Incorporación de baba de nopal a la mezcla



Figura 116: Amoldado de unidades de 15% de baba de nopal para mortero

### Transporte de adobes

Se realizó el traslado de las unidades, hacia la ciudad de Chiclayo, este transporte fue muy cuidadoso, se cubrió el piso del camión con aserrín y las esquinas con Tecnopor; para prevenir alguna fractura en el adobe. Por otro lado, en cuanto a las probetas o cilindros de barro se los colocó en una caja recubierta por el mismo material. Así se pudo prevenir fallas en el traslado, luego fueron descargados en laboratorio donde se realizaron los ensayos respectivos.



Figura 117: Traslado de adobes Cutervo-Chiclayo



Figura 118: Descarga de los adobes en laboratorio



## Ensayos de propiedades físicas

### Ensayo de variación dimensional

Se tomo un total de 40 adobes; dentro se distinguen los patrones, seguidos de adobes con 15% de baba de nopal (BN) más 10%,20% y 30% de residuos cerámicos (RC). En pocas palabras en laboratorio se tomó las medidas según la NTP 399.613 de 10 unidades de adobe por muestra.



Figura 119: Medidas para dimensionamiento de adobes patrones y modificados con BN Y RC

### Ensayo de alabeo

La misma cantidad de unidades utilizadas en el ensayo de dimensionamiento se evaluaron, tomando en cuenta a la NTP 399.613; se verifico contar con la cuña para sacar dichas medidas en este caso en milímetros.



Figura 120: Materiales para ensayo de alabeo



Figura 121: Medidas de alabeo para adobes patrones y modificados

### Ensayo succión adobes con BN más RC

Este ensayo se realizó de la misma forma, ya usada anteriormente para analizar los adobes con baba de nopal. En laboratorio se tuvo en cuenta la NTP 399.613 y normas de la UNE 41410; con medias unidades, pero solamente de muestras con 15% de baba de nopal más 10%,20% y 30% de residuos cerámicos, en un total de 15 medias unidades.



Figura 122: Medias unidades de adobes con baba de nopal más RC al horno



Figura 123: Proceso de succión de muestras con baba de nopal y RC



Figura 124: Peso de la muestra luego de la succión

### Ensayo absorción adobes con BN más RC

Se realizó en laboratorio por medio de la NTP. 399.613 de albañilería. Con las mismas muestras utilizadas en el ensayo de succión, esto para evidenciar la compatibilidad de los materiales estabilizantes.



Figura 125: Ensayo de absorción de adobes con baba de nopal y RC

### Elaboración de espécimen de prueba mortero, muretes y pilas

Según lo especificado en el artículo 8.3 y 19 de la norma E080, se elaboró el espécimen para evaluar el mortero, tomando en cuenta con una proporción de 1:1 de tierra en volumen y paja, de la misma forma para este ensayo se usó adobes patrones y adobes con baba de nopal más residuos; teniendo 6 prototipos por tipo de adobe. Estos prototipos fueron secados durante 28 días para alcanzar su resistencia final y poder ser ensayados.



Figura 126: Especimen para ensayo de mortero con adobe patrón





Figura 127: Especímenes para mortero de adobes con 10%.20% y 30% de RC más 15% de BN

Por haber obtenido fallas en muretes ensayados se optó por hacer el ensayo de especímenes para mortero utilizando baba de nopal en reemplazo total de agua, en este caso se utilizó 15% en una proporción de 1:1, con los criterios estipulados en la norma E080 ya descritos anteriormente. Esto en unidades de adobe con 10%, 20% ,30% de residuos cerámicos más 15% de baba de nopal, asimismo se evaluó en adobes que solo contenían 15% de baba de nopal.



Figura 128: Preparación del mortero con baba de nopal



Figura 129: Humedecimiento de caras de adobe con baba de nopal



Figura 130: Especímenes de mortero con baba de nopal

En cuanto la elaboración de pilas, la altura fue 3 veces 20 cm; pues esta vendría a ser la medida menor de la base de adobe, lo mencionado se tomó de acuerdo a la norma E080. Se tubo una altura total de 65 aproximadamente contando el espesor de adobes y la junta de mortero, haciendo uso de 6 adobes por pila. Se elaboraron 6 pilas de muestra patrón y adobes con 15% de baba de nopal más 10%, 20% y 30% de residuos cerámicos, el barro utilizado para pegar el adobe fue de la misma proporción utilizado en el prototipo para ensayo de mortero a tracción, incluyendo la misma tierra del sector Mirador - Cutervo, seguido de paja y agua. De esta manera se tuvo un total de 24 pilas de adobe.

Para los muretes se utilizaron 12 adobes, puesto que las medidas según la norma E080, es recomendado un aproximado de 0.65 m x 0.65 m. Cabe mencionar que nuestras medidas dependieron de las dimensiones del adobe, en este caso de 0.2 m x 0.4m y 0.1m. De esta manera por fila se usaron dos adobes, donde se cortó 25 cm a un adobe de 40 cm para completar los 65 cm especificados por la norma, de la misma forma el mortero fue utilizado como anteriormente se mencionó en la elaboración de pilas, sin olvidar que de lo sobrante de adobe se reutilizo para el cortado de cubos de 10 cm de lado.

Algo importante a mencionar es que dichas pilas y muretes fueron elaborados sobre bases de madera para facilitar el traslado, una vez ya secos a la maquina compresora.



Figura 131: Mortero para pegar los adobes



Figura 132: Elaboración de pilas y muretes de adobes patronos y de 15% de baba de nopal y 10%,20% y 30% de RC

### Elaboración cubos de adobe con residuos cerámicos y baba de nopal

Teniendo en cuenta a la norma E080 se cortaron los cubos de lado igual a 10 cm, se utilizó el material de desperdicio de adobe, el cual correspondió al sobrante en la elaboración de muretes, cabe mencionar que dichas muestras no tienen ningún uso posterior, por lo cual se consideró utilizarlas para elaborar muestras de cubos. Los adobes cortados fueron con 15% de baba de nopal más 10%,20% y 30% de residuos cerámicos.



Figura 133: Cubos de adobe con 15% de baba de nopal con 10%, 20% y 30% de RC

## Ensayos de propiedades mecánicas

### Ensayo a compresión de adobes con de baba de nopal y de residuos cerámicos.

En laboratorio se realizó dicho ensayo tomando en cuenta a la norma E080, de la misma forma como fueron ensayados las muestras de adobe solamente con baba de nopal. En este caso se ensayó en laboratorio muestras en cubos de residuos cerámicos en un 10%,20% y 30% con baba de nopal.



Figura 134:Ensayo de compresión de unidades estabilizadas con RC y baba de nopal

### Ensayo de resistencia a la tracción del material tierra

En laboratorio tomando en cuenta a la norma E080 y ASTM C-496, sobre ensayo brasileño, se aplicó la carga a toda la longitud de la probeta, apoyada en una placa. Se realizó el ensayo para 6 cilindros patrones y 18 adobes con 15% de baba de nopal más 10%, 20% y 30% de residuos cerámicos.



Figura 135:Ensayo brasileño de cilindros de barro



### Ensayo de resistencia del mortero a la tracción

Se realizó el ensayo según la norma E080, al alcanzar el secado de 28 días de los especímenes, según el artículo 8.3.



Figura 136: resistencia del mortero a la tracción en adobes patrones



Figura 137: Ensayo de resistencia de mortero en adobes de BN más RC



Figura 138: Ensayo de resistencia del mortero con abab de nopal

### **Ensayo de compresión: muretes de adobe**

Pasado los 28 días de secado de las pilas de adobes se realizó dicho ensayo según lo especificado en la norma E080 en el artículo 8.4 y la N.T.P. 399.605, Se traslado cuidadosamente hacia la máquina de compresión y se ensayó las muestras.



Figura 139:Compresión de pilas de adobe patrones y adobes con 15% de BN más 10%,20% y 30% de baba de nopal

### **Ensayo de tracción indirecta o compresión diagonal**

Una vez que los adobes en los muretes alcanzaron su resistencia final, en laboratorio se ensayaron dichas unidades haciendo uso de la norma E080 en base a lo especificado en el artículo 8.5. Se traslado cuidadosamente hacia la máquina de compresión y se ensayó las muestras.



Figura 140:Compresión diagonal de prismas de adobe patrón y con 15% de BN con 10%,20% y 30% de baba de nopal

## Matriz de consistencia

| TÍTULO: Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022 |                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          |                                                       |                                                         |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FORMULACIÓN DEL PROBLEMA                                                                                                              | OBJETIVOS                                                                                                                                                                            | HIPÓTESIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | VARIABLES                                                                | INDICADORES                                           | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE                              | POBLACIÓN Y MUESTRA                                                                                                | TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| ¿Podrá mejorar las propiedades del adobe para viviendas rurales, la incorporación de residuos cerámicos y baba de nopal?              | <b>OBJETIVO GENERAL</b><br>☑Analizar las propiedades del adobe al incorporar residuos cerámicos y baba de nopal para la construcción de viviendas rurales en la provincia de Cutervo | Incorporando residuos de construcción y demolición, como los residuos cerámicos triturados y a la misma vez un material natural en este caso la baba de nopal, al adobe; se le podrá mejorar sus propiedades, ayudando alcanzar una estabilidad frente al agua asimismo asegurar su durabilidad con el tiempo verificando su resistencia, lo cual será una alternativa beneficiosa para la zona rural de Cutervo. | <b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b><br>Baba de Nopal.                          | Porcentaje de aplicación 5%.10' % y 15%               | Instrumento: Jarra de medida en litros , balanza en kg. | <b>La población:</b><br>La población de estudio, será los adobes elaborados con residuos cerámicos y baba de nopal | La investigación presentada es de tipo experimental, porque se evaluarán adobes patrones provenientes de la provincia de Cutervo y adobes estimulados con baba de nopal y residuos cerámicos. Consiste en realizar una investigación para buscar demostrar la hipótesis de investigación, aumentando la capacidad de reacción del adobe frente al agua, esto con baba de nopal, asimismo aumentan su resistencia con residuos cerámicos. De esta manera tratar de evaluar las propiedades tanto físicas como mecánicas. |
|                                                                                                                                       | <b>Objetivos específicos</b><br>☑                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b><br>Residuos cerámicos                      | Porcentaje de aplicación 10%,20' % y 30%              |                                                         |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                       | Caracterizar y definir claramente los materiales que intervienen en el proceso de elaboración del adobe tradicional de Cutervo, así como de la unidad propuesta                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>VARIABLE DEPENDIENTE</b><br>Propiedades físicas y mecánicas del Adobe | Alabeo                                                | Técnica: Medición<br>Método: N.T.P. 399.613             |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          | Variación dimensional                                 | Técnica: Medición<br>Método: N.T.P. 399.613             |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          | Humedad y secado                                      | Técnica: Observación<br>Método: UNE 41410               |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                       | Succión                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          | Técnica: Observación<br>Método: NTP 399.613/UNE 41410 |                                                         |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                       | Absorción                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          | Técnica: Observacion<br>Método: N.T.P. 399.613        |                                                         |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                       | Resistencia del material de tierra a la compresión                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          | Técnica: Observación<br>Norma E080 /N.T.P. 399.613    |                                                         |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                       | Resistencia del material de tierra a la tracción                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          | Técnica: Observación<br>Norma E080 /ASTM C-496        |                                                         |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                       | Resistencia del mortero a la tracción                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          | Técnica: Observación<br>Norma E080                    |                                                         |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                       | Resistencia del material de tierra a la tracción                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          | Técnica: Observación<br>Norma E080                    |                                                         |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                       | Ensayo de Modulo de ruptura                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          | Técnica: Observación<br>N.T.P. 399.613/NTP 331.202    |                                                         |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                       | Ensayo de compresión. Muretes de adobe o tapial                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Técnica: Observación<br>Norma E080                                       |                                                       |                                                         |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                       | Resistencia del murete a compresión diagonal o tracción indirecta                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Técnica: Observación<br>Norma E080/N.T.P. 399.605                        |                                                       |                                                         |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                       | Evaluar las propiedades del suelo y agregados a utilizar en la elaboración de bloques de tierra en la provincia de Cutervo                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          |                                                       |                                                         |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Evaluar las propiedades del suelo y agregados a utilizar en la elaboración de bloques de tierra en la provincia de Cutervo            |                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          |                                                       |                                                         |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Elaborar bloques de barro sin y con adición de 10%, 20 % y 30 % de residuos cerámicos y baba de nopal                                 |                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          |                                                       |                                                         |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Evaluar económicamente el costo unitario de la unidad mejorada y compararla con la convencional normalmente realizada                 |                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          |                                                       |                                                         |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Realizar los ensayos especificados en la E.080 con abobes sin y con adición de 10% 20 % y 30 % de residuos cerámicos y baba de nopal. |                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          |                                                       |                                                         |                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

## Resultados

### Selección de tierra de Cutervo para adobes

En esta investigación se propuso como primer y segundo objetivo específico: Caracterizar y definir claramente los materiales que intervienen en el proceso de elaboración del adobe tradicional de Cutervo, así como de la unidad propuesta o mejor dicho evaluar las propiedades del suelo y agregados a utilizar en la elaboración de bloques de tierra en la provincia de Cutervo. En la metodología se verificó el procedimiento a seguir para la elaboración del adobe, el cual se maneja en la provincia de Cutervo. Asimismo, se reconoció cada uno de los materiales que intervienen en su fabricación, evidenciando que el insumo más importante es la tierra.

Para la selección de tierra, como anteriormente se mencionó se contó con tres muestras de zonas de la provincia de Cutervo del: centro poblado de Rayme(M-1), Quince de Septiembre(M-2), y Mirador – Cutervo(M-3). Esta comparación se realizó por medio de ensayos en campo especificados en la norma E.080 y también haciendo uso de las normas técnicas peruanas, para ensayo de suelo; cabe mencionar que este cotejo sirvió para elegir la muestra que cuenta con las mejores propiedades y para ser usada en la elaboración y adobe. Frente a esto se obtuvo los siguientes resultados para dar solución al objetivo específico ya mencionado:

#### Ensayo de cinta de barro - E080

Tabla 10. Medida final de cinta de barro

| Ensayo de cinta de barro      |                    |           |
|-------------------------------|--------------------|-----------|
| Muestra                       | Medida de la cinta | Apto o no |
| Centro poblado de Rayme(M-1)  | 18cm               | Apto      |
| Quince de Septiembre (M-2)    | 14 cm              | Apto      |
| Sector Mirador – Cutervo(M-3) | 16 cm              | Apto      |

La tabla 10 presenta los resultados del ensayo de cinta de barro, en la cual se puede evidenciar las medidas de las tres muestras: M-1, M-2 y M-3 de la provincia de Cutervo. Mostrando que son aptas frente a esta prueba, ya que se encuentran entre un rango de 10 cm a 20 cm, contando con una cantidad de arcilla ni tan poca ni tan alta.



### Prueba “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca” – E080

Tabla 11. Prueba de presencia de arcilla o resistencia seca

| Ensayo de Presencia de arcilla |                        |           |
|--------------------------------|------------------------|-----------|
| Muestra                        | Rotura o agrietamiento | Apto o no |
| Centro poblado de Rayme(M-1)   | No                     | Apto      |
| Quince de Septiembre (M-2)     | Si                     | No        |
| Sector Mirador – Cutervo(M-3)  | No                     | Apto      |

La tabla 11 muestra los resultados de la prueba de bolitas de tierra para reconocer la presencia de arcilla. Donde se puede evidenciar que los suelos aptos son: M-1 y M-3 pues se cuenta con presencia de arcilla en la tierra. Esto se evidencio porque ninguna de las bolitas se agrietó en el proceso de secado o al aplicar presión con los dedos. A diferencia de la muestra M-2 que durante la primera prueba dos de las bolitas presentaron fallas; lo mismo paso al repetirse el ensayo, solamente para dicha muestra, al aplicar la presión una de las bolitas se agrieto.

### Prueba de Contenido de humedad – E.080

Tabla 12. Prueba de contenido de humedad

| Ensayo de Contenido de humedad |                              |           |
|--------------------------------|------------------------------|-----------|
| Muestra                        | bola de tierra en el piso    | Apto o no |
| Centro poblado de Rayme(M-1)   | Se desintegro                | No        |
| Quince de Septiembre (M-2)     | Se desintegro                | No        |
| Sector Mirador – Cutervo(M-3)  | Se rompe en más de 5 pedazos | Apto      |

En la tabla 12 se muestran los resultados de la prueba de campo sobre el contenido de humedad. En donde se evidencia que la M-3 es la más óptima para el adobe, puesto que, al romperse en más de cinco pedazos, el contenido de humedad vendría a ser el correcto. A diferencia de las M-1 Y M-2 que se desintegraron al topar el piso, evidenciando que la tierra es demasiada seca.

# Ensayo de Granulometría - NTP 339.128

Tabla 13. Ensayo Granulométrico del centro poblado de Rayme(M-1)

| TAMICES   |        | PESO<br>RETENIDO | % RETENIDO<br>PARCIAL | % RETENIDO<br>ACUMULADO | % QUE<br>PASA |
|-----------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|
| (pul)     | (mm)   |                  |                       |                         |               |
| 3"        | 75.000 | 0.0              | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 2 1/2"    | 63.000 | 0.0              | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 2"        | 50.000 | 0.00             | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 1 1/2"    | 37.500 | 0.00             | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 1"        | 25.000 | 0.00             | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 3/4"      | 19.000 | 0.00             | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 1/2"      | 12.500 | 0.00             | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 3/8"      | 9.500  | 0.00             | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 1/4"      | 6.300  | 0.00             | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| Nº4       | 4.750  | 9.95             | 5.0                   | 5.0                     | 95.00         |
| Nº10      | 2.360  | 10.07            | 5.0                   | 10.0                    | 90.00         |
| Nº20      | 1.180  | 16.62            | 8.3                   | 18.3                    | 81.70         |
| N40       | 0.600  | 22.95            | 11.5                  | 29.8                    | 70.20         |
| Nº50      | 0.300  | 35.65            | 17.8                  | 47.6                    | 52.40         |
| Nº100     | 0.150  | 20.22            | 10.1                  | 57.7                    | 42.30         |
| Nº200     | 0.075  | 11.64            | 5.8                   | 63.5                    | 36.50         |
| < N.º 200 | FONDO  | 72.90            | 36.5                  | 100.0                   | 0.00          |

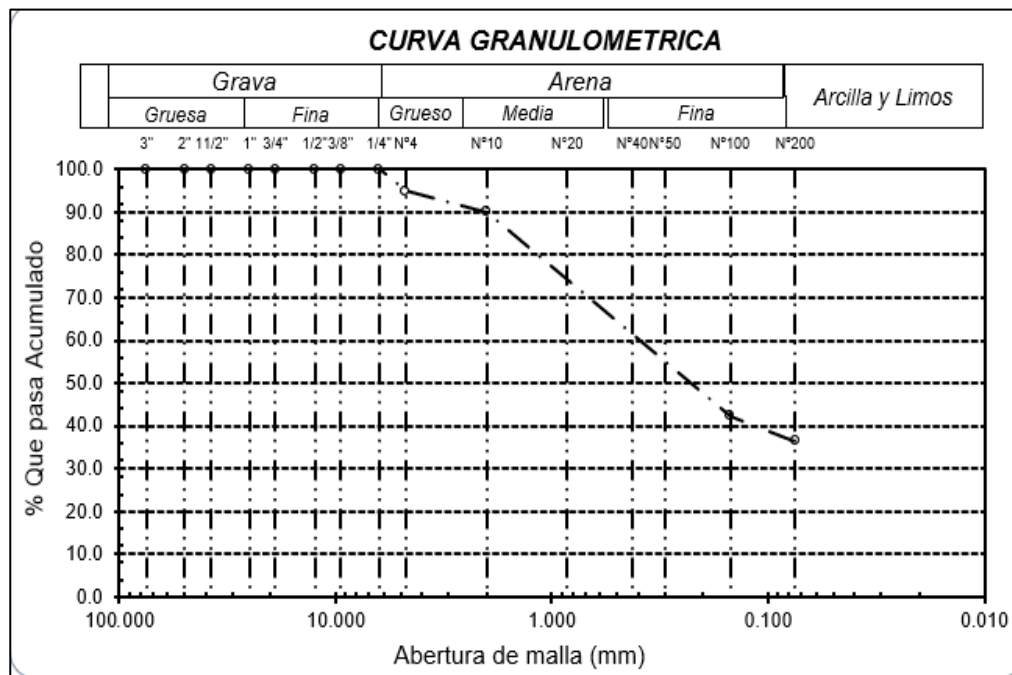


Gráfico 1. Curva granulométrica M-1

Tabla 14. Ensayo granulométrico del Quince de Septiembre

| TAMICES   |        | PESO<br>RETENIDO | % RETENIDO<br>PARCIAL | % RETENIDO<br>ACUMULADO | % QUE<br>PASA |
|-----------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|
| (pul)     | (mm)   |                  |                       |                         |               |
| 3"        | 75.000 | 0.0              | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 2 1/2"    | 63.000 | 0.0              | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 2"        | 50.000 | 0.00             | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 1 1/2"    | 37.500 | 0.00             | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 1"        | 25.000 | 0.00             | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 3/4"      | 19.000 | 0.00             | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 1/2"      | 12.500 | 0.00             | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 3/8"      | 9.500  | 0.00             | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 1/4"      | 6.300  | 0.00             | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| Nº4       | 4.750  | 12.26            | 6.1                   | 6.1                     | 93.90         |
| Nº10      | 2.360  | 15.55            | 7.8                   | 13.9                    | 86.10         |
| Nº20      | 1.180  | 17.42            | 8.7                   | 22.6                    | 77.40         |
| N40       | 0.600  | 18.95            | 9.5                   | 32.1                    | 67.90         |
| Nº50      | 0.300  | 23.62            | 11.8                  | 43.9                    | 56.10         |
| Nº100     | 0.150  | 25.59            | 12.8                  | 56.7                    | 43.30         |
| Nº200     | 0.075  | 10.15            | 5.1                   | 61.8                    | 38.20         |
| < N.º 200 | FONDO  | 76.46            | 38.2                  | 100.0                   | 0.00          |

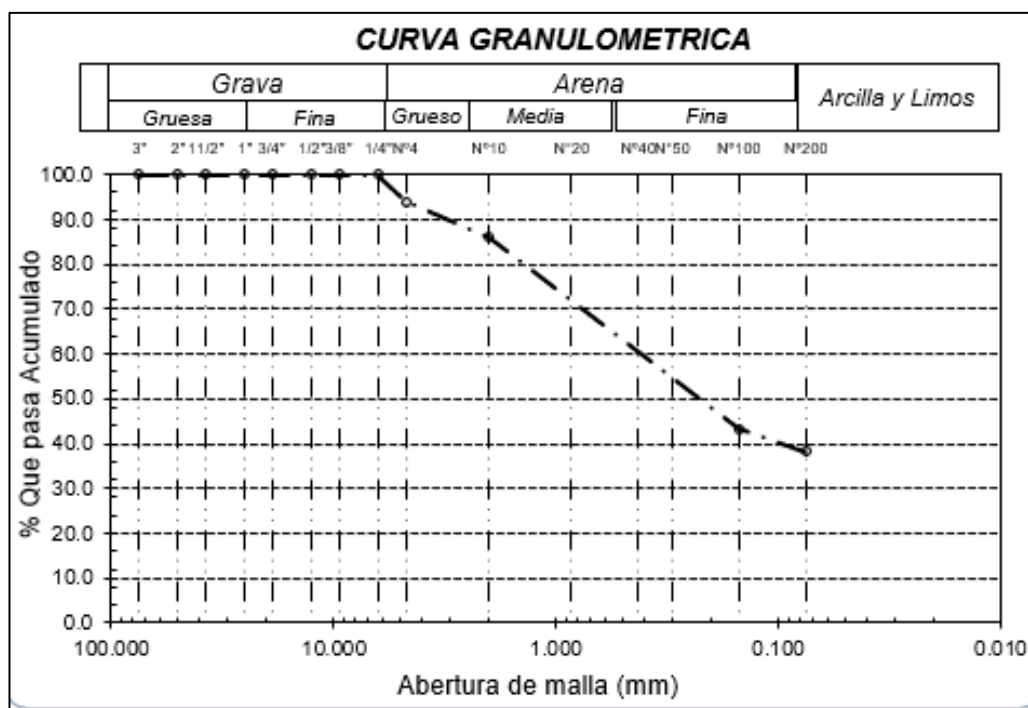


Gráfico 2. Curva granulométrica M-2

Tabla 15. Ensayo granulométrico del Sector Mirador-Cutervo

| TAMICES   |        | PESO<br>RETENIDO | % RETENIDO<br>PARCIAL | % RETENIDO<br>ACUMULADO | % QUE<br>PASA |
|-----------|--------|------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|
| (pul)     | (mm)   |                  |                       |                         |               |
| 3"        | 75.000 | 0.0              | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 2 1/2"    | 63.000 | 0.0              | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 2"        | 50.000 | 0.00             | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 1 1/2"    | 37.500 | 0.00             | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 1"        | 25.000 | 0.00             | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 3/4"      | 19.000 | 0.00             | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 1/2"      | 12.500 | 0.00             | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 3/8"      | 9.500  | 0.00             | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| 1/4"      | 6.300  | 0.00             | 0.0                   | 0.0                     | 100.0         |
| Nº4       | 4.750  | 11.51            | 5.8                   | 5.8                     | 94.20         |
| Nº10      | 2.360  | 9.95             | 5.0                   | 10.8                    | 89.20         |
| Nº20      | 1.180  | 12.15            | 6.1                   | 16.9                    | 83.10         |
| N40       | 0.600  | 19.95            | 10.0                  | 26.9                    | 73.10         |
| Nº50      | 0.300  | 30.15            | 15.1                  | 42.0                    | 58.00         |
| Nº100     | 0.150  | 22.51            | 11.3                  | 53.3                    | 46.70         |
| Nº200     | 0.075  | 11.15            | 5.6                   | 58.9                    | 41.10         |
| < N.º 200 | FONDO  | 82.63            | 41.3                  | 100.2                   | -0.20         |

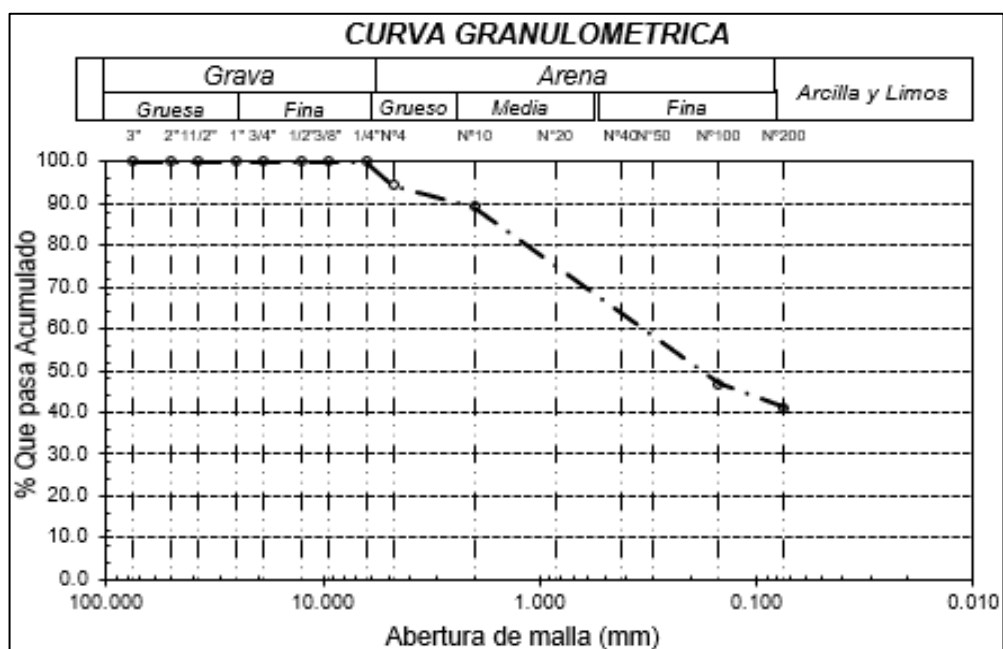


Gráfico 3. Curva granulométrica M-1

Las tablas 13, 14 y 15 muestran el cálculo de las muestras de Cutervo: M-1, M-2 y M-3. Se evidencia el conjunto de tamices partiendo de una abertura N°10 a la N.º 200, se buscó conocer su composición granulométrica, encontrando el peso retenido en cada malla y su porcentaje; seguido del porcentaje acumulado y el que pasa. Asimismo, en el gráfico 1, 2 y 3 se muestra la curva granulométrica.

### Límites de Atterberg - NTP 339.129

Tabla 16. Ensayo de límites de Atterberg

| Límites de consistencia |                     |       |       |
|-------------------------|---------------------|-------|-------|
| Límites                 | Muestras de Cutervo |       |       |
|                         | M-1                 | M-2   | M-3   |
| Límite Líquido          | 30.79               | 27.73 | 30.80 |
| Límite Plástico         | 19.73               | 14.07 | 19.29 |
| Índice de Plasticidad   | 11.06               | 13.66 | 11.51 |



Gráfico 4. Curva M-1 de fluides

En la tabla 16 se muestran los resultados de los límites de consistencia de las tres muestras seleccionadas, representando el índice de plasticidad. De la misma forma se muestra el gráfico 4, mostrando la curva de fluides, que representa el número de golpes en las ordenadas y el porcentaje de humedad según el número de golpes, cabe recalcar que la curva de fluides solo es de la M-1 las demás se podrán encontrar en los anexos de la investigación.

### Contenido de humedad - NTP 339.127

Tabla 17. Porcentaje de contenido de humedad

| Contenido de humedad                  |       | M-1   | M-2   | M-3   |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 1.- N.º de Recipiente                 | (gr.) | 20    | 207   | 48    |
| 2.- Peso Suelo húmedo +Recipiente     | (gr.) | 95.15 | 65.22 | 81.55 |
| 3.- Peso de muestra seca + Recipiente | (gr.) | 91.11 | 62.23 | 77.32 |
| 4.- Peso de Agua (2)-(3)              | (gr.) | 4.04  | 2.99  | 4.23  |
| 5.- Peso de recipiente                | (gr.) | 28.8  | 26.0  | 23.7  |
| 6.- Peso Suelo Seco (3)-(5)           | (%)   | 62.34 | 36.28 | 53.67 |
| 7.-% de Contenido de humedad          | (%)   | 6.48  | 8.24  | 7.88  |

En la tabla 17 se muestran los resultados del contenido de humedad de las tres muestras de Cutervo, obteniéndose porcentajes de 6.48, 8.24 y 7.88 respectivamente para muestras M-1, M-2, M-3.

### Método para la Clasificación Unificada de Suelos (SUCS) (NTP 339.134 o ASTM D2487)

Tabla 18. Clasificación de suelo

| Clasificación de suelo (S.U.C.S.) |    |                          |    |                          |    |
|-----------------------------------|----|--------------------------|----|--------------------------|----|
| M-1                               |    | M-2                      |    | M-3                      |    |
| Clasificación (S.U.C.S.)          | SC | Clasificación (S.U.C.S.) | SC | Clasificación (S.U.C.S.) | SC |
| Descripción del suelo             |    | Descripción del suelo    |    | Descripción del suelo    |    |
| <b>Arena arcillosa</b>            |    | <b>Arena arcillosa</b>   |    | <b>Arena arcillosa</b>   |    |

La tabla 18 muestra la clasificación para cada uno de los suelos en la que se puede evidenciar que las muestras M-1, M-2 y M-3 son de tipo suelo con arena arcillosa

**Peso específico - NTP 339.131**

Tabla 19. Ensayo de Peso Específico

| Peso especifico                                              |                                 | M-1    | M-2    | M-3    |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|
| 1. N° de fiola                                               |                                 | N°1    | N°2    | N°3    |
| 2. Peso de la fiola                                          | g.                              | 465.9  | 465.9  | 465.9  |
| 3. Peso de la muestra de suelo - seco                        | g.                              | 352.1  | 359.1  | 364.1  |
| 4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola (2+3) | g.                              | 818.0  | 825.0  | 830.0  |
| 5. Peso de la muestra + Fiola + agua                         | g.                              | 1113.0 | 1120.0 | 1126.0 |
| 6. Peso de la fiola + peso de agua                           | g.                              | 911.0  | 911.0  | 911.0  |
| 7. Peso específico relativo de sólidos (Gs)                  | (3)/((3+6)-5) g/cm <sup>3</sup> | 2.35   | 2.39   | 2.44   |

En la tabla 19 se muestran los resultados del ensayo de peso específico relativo de las partículas sólidas, en donde se puede apreciar el cálculo para las muestras: M-1 con 2.35 g/cm<sup>3</sup>, la M-2 con 2.39 g/cm<sup>3</sup> y la M-3 con 2.44 g/cm<sup>3</sup>.

**Peso Unitario Suelto y compactado**

Tabla 20. Peso unitario suelto

| Peso unitario Suelto                       |                      | M-1        | M-2        | M-3        |
|--------------------------------------------|----------------------|------------|------------|------------|
| 1.- Peso de la muestra suelta + recipiente | (gr.)                | <b>245</b> | <b>249</b> | <b>258</b> |
| 2.- Peso del recipiente                    | (gr.)                | 35.0       | 35.0       | 35.0       |
| 3.- Peso del material                      | (gr.)                | 210        | 214        | 223        |
| 4.- Constante ó Volumen                    | (m <sup>3</sup> )    | 0.00014    | 0.00014    | 0.00014    |
| 5.- Peso unitario suelto húmedo            | (kg/m <sup>3</sup> ) | 1515.5     | 1544       | 1609       |

Tabla 21. Peso unitario compactado

| Peso unitario compactado                   |                      | M-1        | M-2        | M-3        |
|--------------------------------------------|----------------------|------------|------------|------------|
| 1.- Peso de la muestra suelta + recipiente | (gr.)                | <b>261</b> | <b>266</b> | <b>272</b> |
| 2.- Peso del recipiente                    | (gr.)                | 35.0       | 35.0       | 35.0       |
| 3.- Peso del material                      | (gr.)                | 226        | 231        | 237        |
| 4.- Constante ó Volumen                    | (m <sup>3</sup> )    | 0.00014    | 0.00014    | 0.00014    |
| 5.- Peso unitario suelto húmedo            | (kg/m <sup>3</sup> ) | 1630.9     | 1667       | 1710       |

En la tabla 20 muestra el peso unitario suelta das tres muestras de Cutervo: M-1, M-2, M-3, que comparados con los resultados de la tabla 21, estos vendrían a ser menores, en este caso que los pesos unitarios compactados mostradas en la última tabla.

## Evaluación de propiedades de baba de nopal

De la misma forma que el estudio realizado a las muestras de tierra, se realizaron ensayos para evaluar las propiedades del nopal el cual nos servirá para nuestra unidad modificada de adobe

### Ensayo de densidad

Tabla 22. Densidad de baba de nopal

|                                    |                      |        |
|------------------------------------|----------------------|--------|
| 1.- Peso de la muestra+ recipiente | (gr.)                | 245.89 |
| 2.- Peso del recipiente            | (gr.)                | 147.02 |
| 3.- Peso del material              |                      | 98.87  |
| 4.- Constante ó Volumen            | (m <sup>3</sup> )    | 0.00   |
| 5.- Densidad de baba de nopal      | (kg/m <sup>3</sup> ) | 988.70 |

La tabla 22 muestra los resultados del ensayo de densidad de la baba de nopal, el cual vendría a ser un reemplazo del agua en el adobe este resultado es de 988.70kg/m<sup>3</sup>.

### Ensayo de viscosidad y reología

Tabla 23. Comportamiento de baba de nopal

| Step | Point | Time       | Viscosity | Speed  | Torque | Shear Stress | Shear Rate | Temp | Density              |
|------|-------|------------|-----------|--------|--------|--------------|------------|------|----------------------|
| (#)  | (#)   | (hh:mm:ss) | (cP)      | (RPM)  | (%)    | (Pa)         | (1/s)      | (°C) | (g/cm <sup>3</sup> ) |
| 1    | 1     | 00:00:01.1 | 4.08      | 215.00 | 13.7   | 1.07         | 262.9      | 14.4 | 1.000                |
| 1    | 2     | 00:00:02.1 | 4.82      | 215.00 | 16.2   | 1.27         | 262.9      | 14.4 | 1.000                |
| 1    | 3     | 00:00:03.1 | 2.83      | 215.00 | 9.5    | 0.74         | 262.9      | 14.4 | 1.000                |
| 1    | 4     | 00:00:04.1 | 3.04      | 215.00 | 10.2   | 0.80         | 262.9      | 14.4 | 1.000                |
| 1    | 5     | 00:00:05.1 | 3.07      | 215.00 | 10.3   | 0.81         | 262.9      | 14.4 | 1.000                |
| 1    | 6     | 00:00:06.1 | 3.01      | 215.00 | 10.1   | 0.79         | 262.9      | 14.4 | 1.000                |
| 1    | 7     | 00:00:07.1 | 3.01      | 215.00 | 10.1   | 0.79         | 262.9      | 14.4 | 1.000                |
| 1    | 8     | 00:00:08.1 | 3.01      | 215.00 | 10.1   | 0.79         | 262.9      | 14.4 | 1.000                |
| 1    | 9     | 00:00:09.1 | 3.01      | 215.00 | 10.1   | 0.79         | 262.9      | 14.4 | 1.000                |
| 1    | 10    | 00:00:10.1 | 3.01      | 215.00 | 10.1   | 0.79         | 262.9      | 14.4 | 1.000                |
| 1    | 11    | 00:00:11.1 | 3.01      | 215.00 | 10.1   | 0.79         | 262.9      | 14.4 | 1.000                |
| 1    | 12    | 00:00:12.1 | 3.01      | 215.00 | 10.1   | 0.79         | 262.9      | 14.4 | 1.000                |
| 1    | 13    | 00:00:13.1 | 2.92      | 215.00 | 9.8    | 0.77         | 262.9      | 14.4 | 1.000                |
| 1    | 14    | 00:00:14.1 | 2.92      | 215.00 | 9.8    | 0.77         | 262.9      | 14.4 | 1.000                |
| 1    | 15    | 00:00:15.1 | 2.92      | 215.00 | 9.8    | 0.77         | 262.9      | 14.4 | 1.000                |
| 2    | 16    | 00:00:15.2 | 2.98      | 215.00 | 10.0   | 0.78         | 262.9      | 14.4 | 1.000                |
| 2    | 17    | 00:00:16.1 | 2.91      | 220.00 | 10.0   | 0.78         | 269.1      | 14.4 | 1.000                |
| 2    | 18    | 00:00:17.1 | 3.03      | 220.00 | 10.4   | 0.81         | 269.1      | 14.4 | 1.000                |
| 2    | 19    | 00:00:18.1 | 3.03      | 220.00 | 10.4   | 0.81         | 269.1      | 14.4 | 1.000                |
| 2    | 20    | 00:00:19.1 | 3.03      | 220.00 | 10.4   | 0.81         | 269.1      | 14.4 | 1.000                |
| 2    | 21    | 00:00:20.1 | 2.97      | 220.00 | 10.2   | 0.80         | 269.1      | 14.5 | 1.000                |
| 2    | 22    | 00:00:21.1 | 2.97      | 220.00 | 10.2   | 0.80         | 269.1      | 14.5 | 1.000                |
| 2    | 23    | 00:00:22.1 | 2.94      | 220.00 | 10.1   | 0.79         | 269.1      | 14.4 | 1.000                |
| 2    | 24    | 00:00:23.1 | 2.97      | 220.00 | 10.2   | 0.80         | 269.1      | 14.4 | 1.000                |
| 2    | 25    | 00:00:24.1 | 2.97      | 220.00 | 10.2   | 0.80         | 269.1      | 14.5 | 1.000                |
| 2    | 26    | 00:00:25.1 | 3.03      | 220.00 | 10.4   | 0.81         | 269.1      | 14.5 | 1.000                |
| 2    | 27    | 00:00:26.1 | 3.03      | 220.00 | 10.4   | 0.81         | 269.1      | 14.5 | 1.000                |
| 2    | 28    | 00:00:27.1 | 3.00      | 220.00 | 10.3   | 0.81         | 269.1      | 14.5 | 1.000                |
| 2    | 29    | 00:00:28.1 | 2.97      | 220.00 | 10.2   | 0.80         | 269.1      | 14.5 | 1.000                |
| 2    | 30    | 00:00:29.1 | 2.94      | 220.00 | 10.1   | 0.79         | 269.1      | 14.5 | 1.000                |
| 2    | 31    | 00:00:30.1 | 2.91      | 220.00 | 10.0   | 0.78         | 269.1      | 14.5 | 1.000                |



**Power Law**

Consistency Index = 36.1 cP

Flow Index = 0.56

Confidence of Fit = 96.8 %

Note: Points 3, 13, 14, 15, 17, 31 were not used.

En la tabla 23 se muestra el comportamiento reológico de la baba de nopal, en este caso su deformación y flujo, relacionando el esfuerzo cortante y la velocidad. El método de la tabla es el más exacto de Power Law de 96.8%, aparte de los cuatro métodos también utilizados. En dicha tabla los datos más importantes mostrados son: el tiempo, viscosidad, velocidad, tensión de corte y su temperatura.

### Evaluación de propiedades de residuos cerámicos

Los residuos cerámicos también fueron ensayados en laboratorio, de los cuales se aprecian los posteriores resultados.

#### Ensayo granulometría de residuos cerámicos

Tabla 24. Granulometría de residuos cerámicos

| Malla                           |        | Peso Ret. | (%) Ret. | (%) Acum. Ret. | (%) Acum. Que Pasa | Especificaciones: |     |
|---------------------------------|--------|-----------|----------|----------------|--------------------|-------------------|-----|
| Pulg.                           | (mm.)  |           |          |                |                    |                   |     |
| 1/2"                            | 12.700 | 0         | 0.0      | 0.0            | 100.0              | 100               | 100 |
| 3/8"                            | 9.500  | 0         | 0.0      | 0.0            | 100.0              | 100               | 100 |
| Nº 04                           | 4.750  | 0.33      | 0.1      | 0.1            | 99.9               | 95                | 100 |
| Nº 08                           | 2.360  | 106.39    | 35.5     | 35.6           | 64.4               | 80                | 100 |
| Nº 16                           | 1.180  | 82.69     | 27.6     | 63.1           | 36.9               | 50                | 85  |
| Nº 30                           | 0.600  | 45.52     | 15.2     | 78.3           | 21.7               | 25                | 60  |
| Nº 50                           | 0.300  | 19.18     | 6.4      | 84.7           | 15.3               | 10                | 30  |
| Nº 100                          | 0.150  | 20.3      | 6.8      | 91.5           | 8.5                | 2                 | 10  |
| Fondo                           |        | 25.5      | 8.5      | 100.0          | 0.0                |                   |     |
| Módulo de Fineza                |        |           |          | 3.533          |                    |                   |     |
| Abertura de malla de referencia |        |           |          | 9.500          |                    |                   |     |

La tabla 24 muestra el ensayo de granulometría, con el cual se pudo identificar la gradación de los residuos cerámicos, haciendo uso de tamices de para un tipo de agregado fino, evidenciando el peso retenido en cada tamiz, su porcentaje y por último el que pasa. Por otro lado, es importante la revisión de anexos donde se muestra la curva granulométrica siendo el resultado final de este ensayo.

### Peso unitario y contenido de humedad

Tabla 25. Peso unitario suelto y contenido de humedad (RC)

|                             |                      |             |
|-----------------------------|----------------------|-------------|
| Peso Unitario Suelto Húmedo | (Kg/m <sup>3</sup> ) | <b>1212</b> |
| Peso Unitario Suelto Seco   | (Kg/m <sup>3</sup> ) | <b>1192</b> |
| Contenido de Humedad        | (%)                  | <b>1.67</b> |

Tabla 26. Peso unitario compactado y contenido de humedad (RC)

|                                 |                      |             |
|---------------------------------|----------------------|-------------|
| Peso Unitario Compactado Húmedo | (Kg/m <sup>3</sup> ) | <b>1411</b> |
| Peso Unitario Compactado Seco   | (Kg/m <sup>3</sup> ) | <b>1388</b> |
| Contenido de Humedad            | (%)                  | <b>1.67</b> |

En la tabla 25 muestra el peso unitario suelto del análisis hecho a los residuos cerámicos siendo este un promedio, asimismo el contenido de humedad el cual vendría a ser el mismo de 1.67 %. Esto se refleja también en la tabla 26, pero a diferencia, esta muestra el peso unitario compactado de los RC.

### Ensayo peso específico de residuos cerámicos

Tabla 27. Peso específico de RC

|                                      |                      |              |
|--------------------------------------|----------------------|--------------|
| A.- PESO ESPECIFICO DE MASA          | (g/cm <sup>3</sup> ) | <b>2.252</b> |
| B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO | (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.360        |
| C.- PESO ESPESIFICO APARENTE         | (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.524        |
| D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN          | (%)                  | <b>4.78</b>  |

La tabla 27 muestra el peso específico de los residuos cerámicos siendo 2.25 g/cm<sup>3</sup> de la misma forma su absorción en porcentaje de 4.78.

### Selección del porcentaje más óptimo de baba de nopal

Antes de resolver el tercer objetivo específico, es necesaria una evaluación de porcentajes de baba de nopal, analizando nuestras bases teóricas se consideró evaluar adobes con 5%, 10% y 15 % de dicho material. Para dicha selección del porcentaje más óptimo se valió esencialmente del ensayo de succión y absorción, pero con el procedimiento ya mencionado. Asimismo, se consideró evaluarlos también la resistencia a compresión. Frente a lo mencionado se presentan los resultados.

#### Ensayo de módulo de ruptura

Tabla 28. Ensayo de módulo de ruptura

| Módulo de ruptura |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Adobe             | Mr. (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| Patrón            | 3.57                      |
| 5% baba Nopal     | 3.80                      |
| 10 % baba Nopal   | 4.10                      |
| 15 % baba Nopal   | 5.10                      |

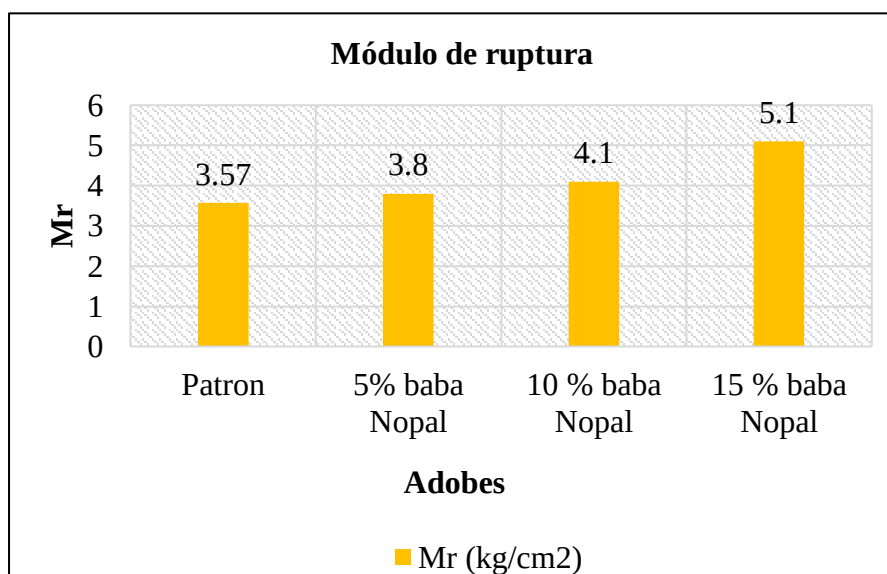


Gráfico 5. Módulo de ruptura de adobes

La tabla 28 muestra la resistencia de adobes por módulo de ruptura, cabe mencionar que se muestra el promedio en kg/cm<sup>2</sup> de cinco muestras por tipo de adobes, entre patrones y de 5%,10% y 15% de baba de nopal. Esto se refleja con mayor claridad en el gráfico 5 en donde se aprecia que la mayor resistencia a flexión es la muestra de 15%, el cual vendría ser nuestro mayor porcentaje de baba de nopal.

### Ensayo de compresión

En cuanto a la denominación para dar un resumen del ensayo a compresión de cubos tenemos:

5% BN = Adobe con 5% de baba de nopal

10%BN= Adobe con 10% de baba de nopal

15%BN = Adobe con 15% de baba de nopal

Tabla 29. Resistencia a la compresión de adobe patrón y baba de nopal

| Resumen |                       |
|---------|-----------------------|
| Adobe   | (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| Patrón  | 8.55                  |
| 5% BN   | 9.30                  |
| 10 % BN | 9.60                  |
| 15 % BN | 10.20                 |

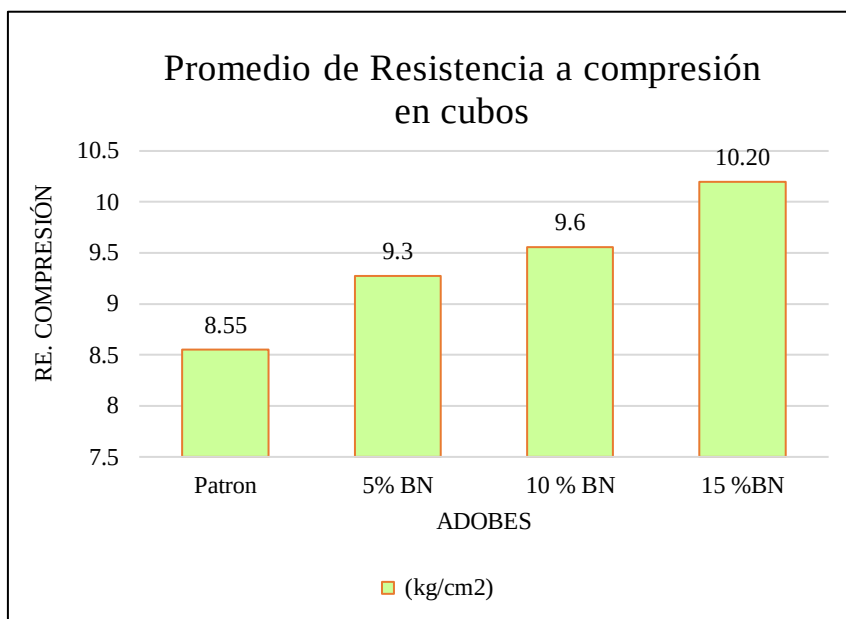


Gráfico 6. Resistencia a la compresión de adobes patrón y baba de nopal a los 28 días

En la tabla 29 y el gráfico 6 se muestra la resistencia a compresión de unidades patrón y 5%, 10% y 15% de baba de nopal, evidenciando que la menor resistencia final corresponde al adobe patrón con 8.55 kg/cm<sup>2</sup> y la mayor es la del 15% en 10.2kg/cm<sup>2</sup>. Esta resistencia vendría a ser el promedio de las 6 unidades en cubos de arista igual a 10cm, las cuales se evaluaron por cada muestra.

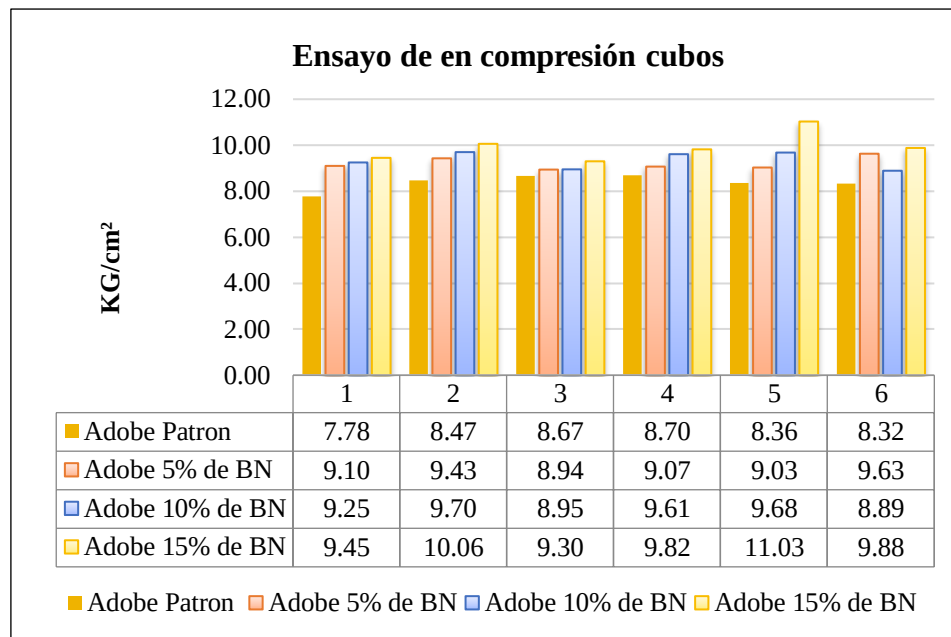


Gráfico 7. Resistencia a la compresión de 6 cubos de adobe

El gráfico 7 muestra la resistencia a compresión de los 6 cubos de adobe, los cuales son muestras patrón y de 5%, 10% y 15% de baba de nopal, en donde se puede apreciar la cantidad que alcanza cada uno de ellos. En el caso de adobe patrón la mayor resistencia corresponde a 8.70 kg/cm<sup>2</sup> del cubo 4. Seguidamente para el 5%, en el cubo 6 se aprecia una resistencia de 9.63 kg/cm<sup>2</sup>; en el caso del 10% de baba de nopal la mayor resistencia la ocupa el cubo numero 2 con 9.70kg/cm<sup>2</sup> y por último el cubo de adobe con 15% alcanza una resistencia mayor en el cubo 5 con 11.03 kg/cm<sup>2</sup>.

### Ensayo de succión

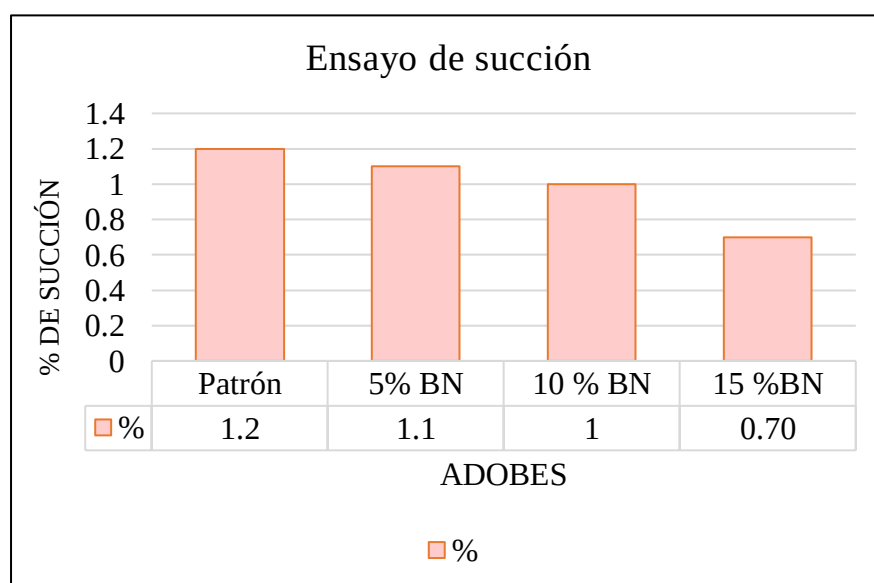


Gráfico 8. Promedios de succión

El gráfico 8 muestra el resumen de los promedios de 5 medias unidades de adobe patrón y de baba de nopal, en porcentajes de 5%,10% y 15%; evaluados por medio de succión. Asimismo, se puede apreciar que el mejor porcentaje evaluado corresponde al 15% de baba de nopal en adobe con 0.70% de succión.

Tabla 30. Succión de adobe patrón de Cutervo

| Muestra N° | Descripción de la muestra | Succión (g/200cm <sup>2</sup> /min) | Succión (%) |
|------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------|
| 01         | Adobe patrón -Cutervo     | 35.00                               | 1.35        |
| 02         | Adobe patrón -Cutervo     | 11.50                               | 0.46        |
| 03         | Adobe patrón -Cutervo     | 31.50                               | 1.23        |
| 04         | Adobe patrón -Cutervo     | 47.50                               | 1.93        |
| 05         | Adobe patrón -Cutervo     | 23.25                               | 0.92        |
| Promedio   |                           | 29.8                                | 1.2         |

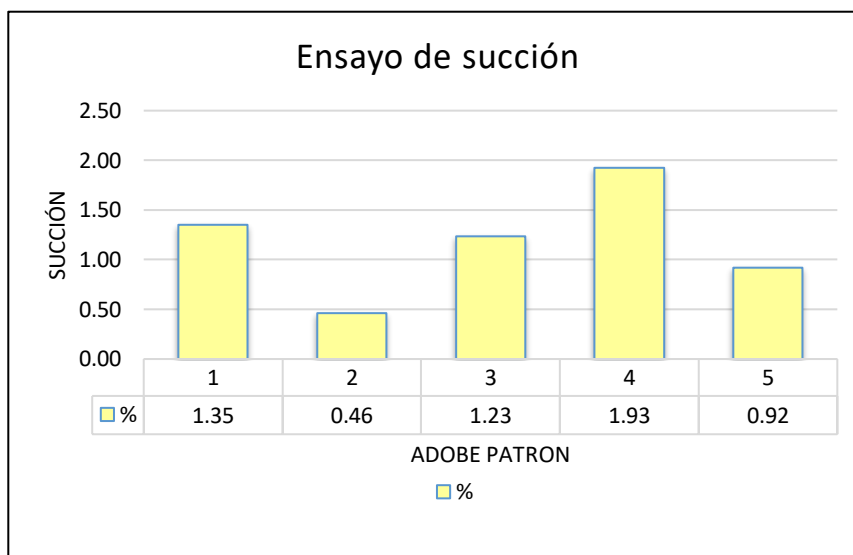


Gráfico 9. Succión de 5 muestras patrones

En la tabla 30 se muestra los resultados del ensayo a succión de los adobes patrones los cuales fueron 5 medias unidades. En cuanto al promedio de succión para estas muestras es de 1.20%. De la misma forma esto se aprecia en el gráfico 9, que es un gráfico de barras de las 5 unidades patrones, obteniendo un mejor porcentaje de 0.46% correspondiente a la muestra 2.

Tabla 31. Succión de adobe con 5% de baba de nopal

| Muestra N° | Denominación ó Descripción de la muestra | Succión (g/200cm <sup>2</sup> /min) | Succión (%) |
|------------|------------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| 01         | Adobe con 5% de baba de nopal            | 31.00                               | 1.14        |
| 02         | Adobe con 5% de baba de nopal            | 30.50                               | 1.19        |
| 03         | Adobe con 5% de baba de nopal            | 22.50                               | 0.83        |
| 04         | Adobe con 5% de baba de nopal            | 35.50                               | 1.36        |
| 05         | Adobe con 5% de baba de nopal            | 27.50                               | 1.03        |
| Promedio   |                                          | 29.4                                | 1.1         |

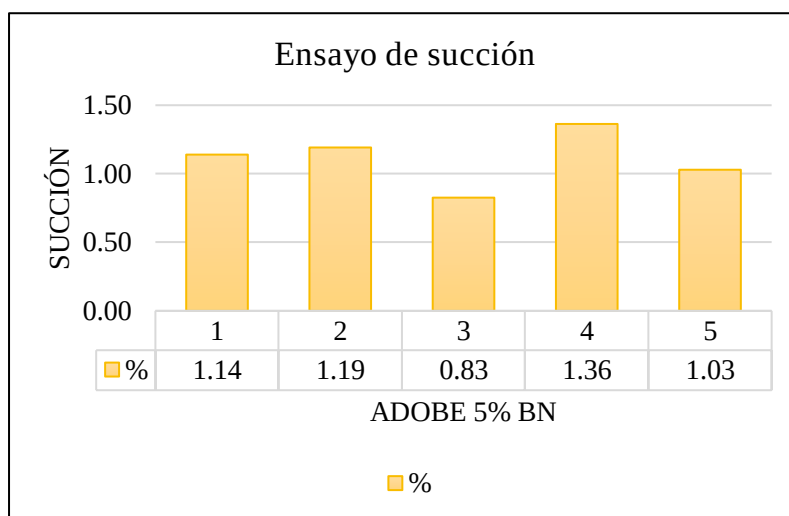


Gráfico 10. Succión de 5% de Baba de nopal

En la tabla 31 se muestra los resultados del ensayo a succión de los adobes con 5% de baba de nopal los cuales fueron 5 medias unidades. En cuanto al promedio de succión para estas muestras es de 1.1%. De la misma forma esto se aprecia en el gráfico 10 en el que se muestra que el espécimen 3 es el mejor porcentaje de 0.83%.

Tabla 32. Succión adobes con 10% de baba de nopal

| Muestra N° | Descripción de la muestra      | Succión (g/200cm <sup>2</sup> /min) | Succión (%) |
|------------|--------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| 01         | Adobe con 10% de baba de nopal | 22.50                               | 0.84        |
| 02         | Adobe con 10% de baba de nopal | 18.50                               | 0.70        |
| 03         | Adobe con 10% de baba de nopal | 23.00                               | 0.84        |
| 04         | Adobe con 10% de baba de nopal | 44.00                               | 1.63        |
| 05         | Adobe con 10% de baba de nopal | 28.50                               | 0.99        |
| Promedio   |                                | 27.3                                | 1.0         |

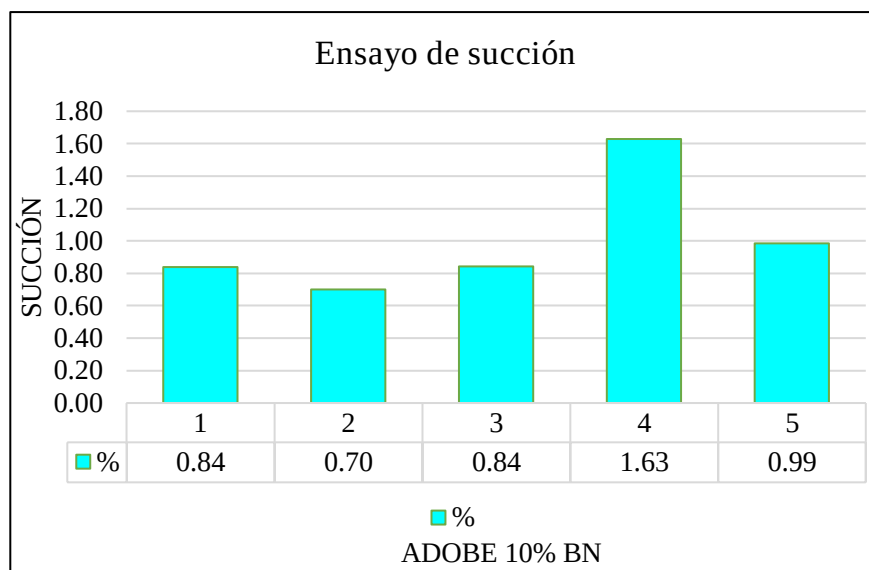


Gráfico 11. Succión de 10% de Baba de nopal

En la tabla 32 se muestra los resultados del ensayo a succión de los adobes con 10% de baba de nopal, los cuales fueron 5 medias unidades. En cuanto al promedio de succión para estas muestras es de 1%. De la misma forma esto se aprecia en el gráfico 11, es un gráfico de barras de las 5 unidades con 10% de BN, obteniendo el mejor porcentaje la muestra 3 con 0.84%.

Tabla 33. Succión de adobe con 5% de baba de nopal

| Muestra N° | Descripción de la muestra      | Succión (g/200cm <sup>2</sup> /min) | Succión (%) |
|------------|--------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| 01         | Adobe con 15% de baba de nopal | 17.50                               | 0.64        |
| 02         | Adobe con 15% de baba de nopal | 26.50                               | 1.04        |
| 03         | Adobe con 15% de baba de nopal | 14.50                               | 0.54        |
| 04         | Adobe con 15% de baba de nopal | 9.00                                | 0.33        |
| 05         | Adobe con 15% de baba de nopal | 29.50                               | 1.12        |
| Promedio   |                                | 19.4                                | 0.7         |



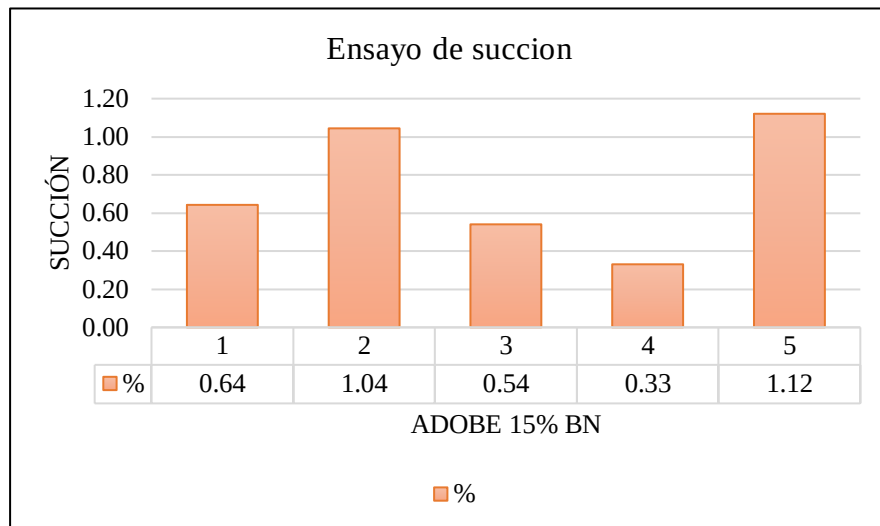


Gráfico 12. Succión de 15% de Baba de nopal

En la tabla 33 se muestra los resultados del ensayo a succión de los adobes con 15% de baba de nopal, los cuales fueron 5 medias unidades. En cuanto al promedio de succión para estas muestras es de 0.7%. De la misma forma esto se aprecia en el gráfico 12, es un gráfico de barras de las 5 unidades con 10% de BN, obteniendo el mejor porcentaje la muestra 4 con 0.33%.

### Ensayo de absorción

Para los resultados se toma en cuenta:

- G4: es la masa del espécimen saturado luego de 24 horas de inmersión en agua fría, expresado en gramos.
- G3: es la masa del espécimen seco, expresado en gramos.
- A: es la absorción de agua, expresada en porcentaje

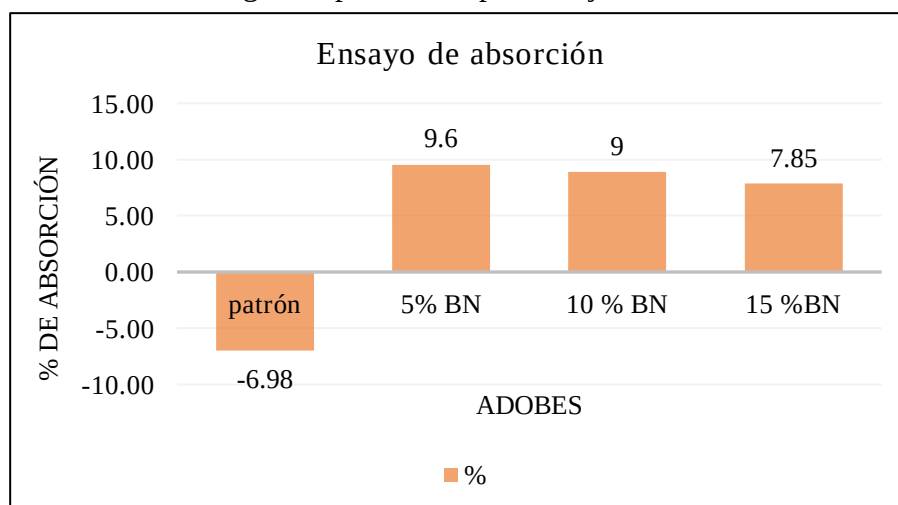


Gráfico 13. Promedio absorción

El grafico 13 muestra los promedios de 5 medias unidades de adobe patrón y de baba de nopal, en porcentajes de 5%,10% y 15%; cabe mencionar que son las mismas unidades utilizadas para el ensayo de succión. Asimismo, se puede apreciar que el mejor porcentaje evaluado corresponde al 15% de baba de nopal en adobe con 7.85% de succión. Asimismo, el mejor sería el adobe patrón con -6.98%, este porcentaje se debe a que el adobe se desborono en el proceso de absorción en agua por 24 horas, esto provocó que gran parte de la muestra se convirtiera solamente en barro y la unidad pesada se reduce.

Tabla 34. Porcentaje de absorción de adobe patrón

| Muestra<br>Nº | Denominación de la unidad | G4<br>(g) | G3<br>(g) | A<br>(%)     |
|---------------|---------------------------|-----------|-----------|--------------|
| 01            | Adobe Patrón              | 4300      | 5172      | -16.86       |
| 02            | Adobe Patrón              | 5300      | 4975      | 6.53         |
| 03            | Adobe Patrón              | 5300      | 5109      | 3.74         |
| 04            | Adobe Patrón              | 3900      | 4935      | -20.97       |
| 05            | Adobe Patrón              | 4700      | 5074      | -7.36        |
| Promedio      |                           |           |           | <b>-6.98</b> |

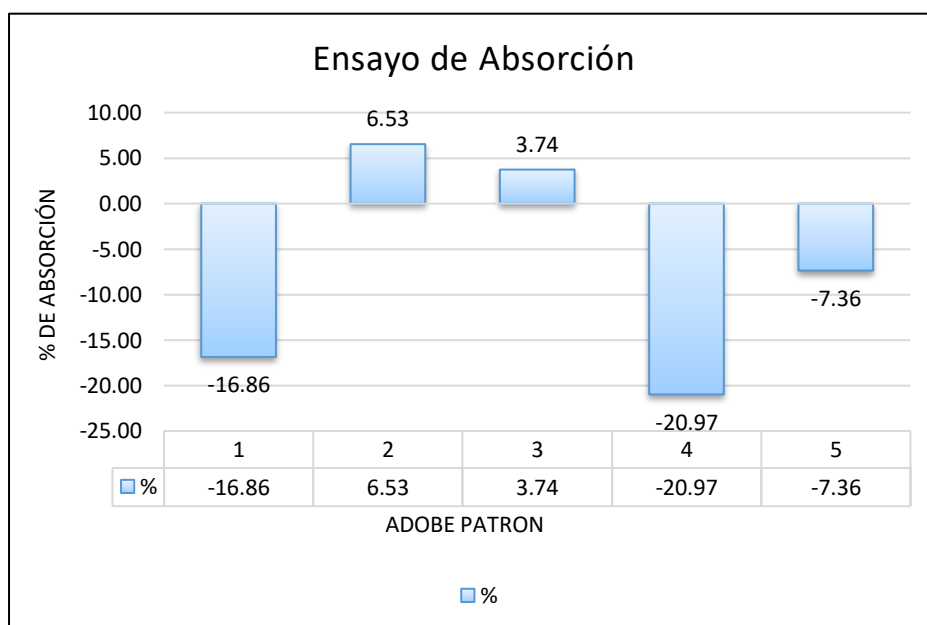


Gráfico 14. Absorción de adobe patrón

En la tabla 34 se muestra los resultados del porcentaje de absorción de adobes patrones en la que se puede evidenciar un porcentaje negativo en las muestras 1, 2 y 5; esto por la pérdida de volumen del adobe al sumergirse por 24 horas. Esto se puede apreciar con mayor exactitud en el grafico 14.

Tabla 35. Porcentaje de absorción de adobe con 5% de baba de nopal

| Muestra<br>Nº | Denominación de la unidad     | G4<br>(g) | G3<br>(g) | A<br>(%)   |
|---------------|-------------------------------|-----------|-----------|------------|
| 01            | Adobe con 5% de baba de nopal | 6100      | 5440      | 12.1       |
| 02            | Adobe con 5% de baba de nopal | 5300      | 5119      | 3.5        |
| 03            | Adobe con 5% de baba de nopal | 5600      | 5449      | 2.8        |
| 04            | Adobe con 5% de baba de nopal | 5900      | 5208      | 13.3       |
| 05            | Adobe con 5% de baba de nopal | 6200      | 5343      | 16.0       |
| Promedio      |                               |           |           | <b>9.6</b> |

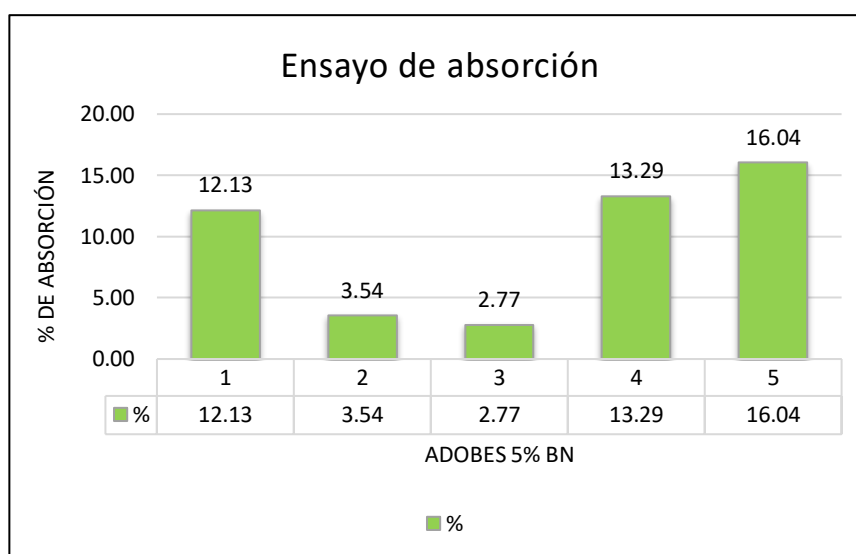


Gráfico 15. Absorción de adobes con 5% de Baba de nopal

En la tabla 35 se muestra los resultados del porcentaje de absorción de adobes con 5% de baba de nopal, donde el mejor porcentaje de absorción es de 2.77% en la muestra 3. Esto también se evidencia en la gráfica 15, asimismo se cuenta con un promedio de los 5 especímenes de 9.6%.

Tabla 36. Porcentaje de absorción de adobe con 10% de baba de nopal

| Muestra<br>Nº | Denominación de la unidad      | G4<br>(g) | G3<br>(g) | A<br>(%)   |
|---------------|--------------------------------|-----------|-----------|------------|
| 01            | Adobe con 10% de baba de nopal | 6000      | 5375      | 11.6       |
| 02            | Adobe con 10% de baba de nopal | 5500      | 5271      | 4.3        |
| 03            | Adobe con 10% de baba de nopal | 6700      | 5451      | 22.9       |
| 04            | Adobe con 10% de baba de nopal | 5700      | 5407      | 5.4        |
| 05            | Adobe con 10% de baba de nopal | 5800      | 5786      | 0.2        |
| Promedio      |                                |           |           | <b>8.9</b> |

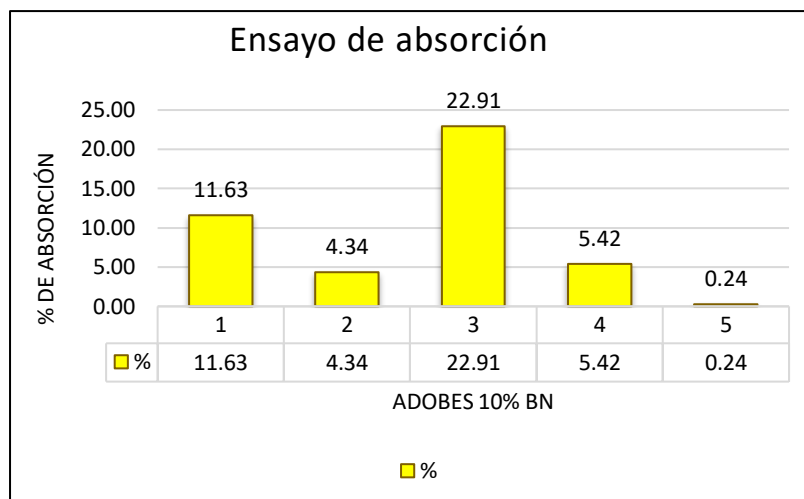


Gráfico 16. Absorción de adobes con 10% de Baba de nopal

En la tabla 36 se muestra los resultados del porcentaje de absorción de adobes con 10% de baba de nopal, donde el mejor porcentaje de absorción es de 0.24% en la muestra 5. Esto también se evidencia en la gráfica 16, asimismo se cuenta con un promedio de los 5 especímenes de 8.9%.

Tabla 37. Porcentaje de absorción de adobe con 10% de baba de nopal

| Muestra N° | Denominación de la unidad      | G4 (g) | G3 (g) | A (%)      |
|------------|--------------------------------|--------|--------|------------|
| 01         | Adobe con 15% de baba de nopal | 5900   | 5446   | 8.3        |
| 02         | Adobe con 15% de baba de nopal | 5200   | 5076   | 2.4        |
| 03         | Adobe con 15% de baba de nopal | 6100   | 5365   | 13.7       |
| 04         | Adobe con 15% de baba de nopal | 6000   | 5440   | 10.3       |
| 05         | Adobe con 15% de baba de nopal | 5500   | 5265   | 4.5        |
| Promedio   |                                |        |        | <b>7.8</b> |

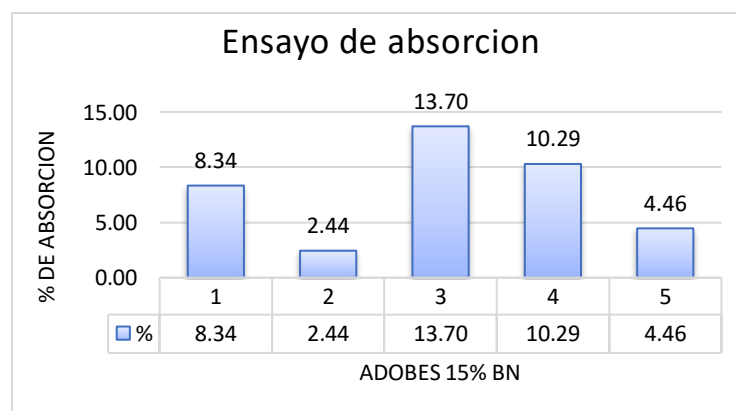


Gráfico 17. Absorción de adobes con 15% de Baba de nopal

En la tabla 37 se muestra los resultados del porcentaje de absorción de adobes con 15% de baba de nopal, donde el mejor porcentaje de absorción es de 2.44% en la muestra 2. Esto también se evidencia en la gráfica 17, asimismo se cuenta con un promedio de los 5 especímenes de 7.8%.

### Humedad y secado

- Ws =Peso saturado del espécimen(kg)
- Wd = peso secado al horno del espécimen(kg)

Tabla 38. Peso de adobes patrón en cinco ciclos de humedad y secado

| Muestra<br>Nº | IDENTIFICACIÓN | Wd    | Tiempo de exposición<br>n C/Ciclo | Tiempo de secado en horno<br>(60°C) | 1er CICLO |         | 2do CICLO |         | 3er CICLO |         | 4to CICLO |         | 5to CICLO |         | Masa final<br>(kg) | Observaciones |
|---------------|----------------|-------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|--------------------|---------------|
|               |                | (kg)  |                                   |                                     | Ws (kg)   | Wd (kg) | Ws (kg)   | Wd (kg) | Ws (kg)   | Wd (kg) | Ws (kg)   | Wd (kg) | Ws (kg)   | Wd (kg) |                    |               |
| 01            | MUESTRA PATRÓN | 1.184 | 4h                                | 43 h                                | 1.404     | 1.125   | 0.779     | 0.651   | 0.268     | 0.122   | 0.000     | 0.000   | 0.000     | 0.000   | 0.000              | DESMORON A    |
| 02            | MUESTRA PATRÓN | 1.390 | 4h                                | 43 h                                | 0.773     | 0.673   | 0.000     | 0.000   | 0.000     | 0.000   | 0.000     | 0.000   | 0.000     | 0.000   | 0.000              | DESMORON A    |
| 03            | MUESTRA PATRÓN | 1.419 | 4h                                | 43 h                                | 1.116     | 1.058   | 0.531     | 0.449   | 0.324     | 0.134   | 0.172     | 0.070   | 0.000     | 0.000   | 0.000              | DESMORON A    |
| 04            | MUESTRA PATRÓN | 1.192 | 4h                                | 43 h                                | 1.209     | 1.201   | 0.547     | 0.416   | 0.171     | 0.088   | 0.000     | 0.000   | 0.000     | 0.000   | 0.000              | DESMORON A    |
| 05            | MUESTRA PATRÓN | 1.185 | 4h                                | 43 h                                | 0.960     | 0.771   | 0.509     | 0.413   | 0.252     | 0.122   | 0.000     | 0.000   | 0.000     | 0.000   | 0.000              | DESMORON A    |

La tabla 38 muestra los resultados del peso del ensayo de humedad y secado en adobes patrón, los cuales se realizaron en cinco ciclos, evidenciado que la resistencia asta desmoronarse totalmente es hasta el tercer ciclo.

Tabla 39. Peso de adobes con 5% de BN en cinco ciclos de humedad y secado

| Muestra | IDENTIFICACIÓN              | Wd    | Tiempo de exposición C/Ciclo | Tiempo de secado en horno (60°C) | 1er CICLO |         | 2do CICLO |         | 3er CICLO |         | 4to CICLO |         | 5to CICLO |         | Masa final | Observaciones |
|---------|-----------------------------|-------|------------------------------|----------------------------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|------------|---------------|
| Nº      |                             | (kg)  |                              |                                  | Ws (kg)   | Wd (kg) | Ws (kg)   | Wd (kg) | Ws (kg)   | Wd (kg) | Ws (kg)   | Wd (kg) | Ws (kg)   | Wd (kg) | (kg)       |               |
| 06      | MUESTRA 5% DE BABA DE NOPAL | 1.307 | 4h                           | 43 h                             | 1.376     | 0.966   | 0.852     | 0.724   | 0.589     | 0.392   | 0.389     | 0.192   | 0.239     | 0.042   | 0.042      | DESMORON A    |
| 07      | MUESTRA 5% DE BABA DE NOPAL | 1.143 | 4h                           | 43 h                             | 1.199     | 0.975   | 0.770     | 0.556   | 0.349     | 0.284   | 0.149     | 0.084   | 0.000     | 0.000   | 0.000      | DESMORON A    |
| 08      | MUESTRA 5% DE BABA DE NOPAL | 1.172 | 4h                           | 43 h                             | 1.208     | 1.037   | 0.889     | 0.716   | 0.627     | 0.524   | 0.427     | 0.324   | 0.277     | 0.174   | 0.174      | DESMORON A    |
| 09      | MUESTRA 5% DE BABA DE NOPAL | 1.080 | 4h                           | 43 h                             | 1.054     | 0.894   | 0.689     | 0.672   | 0.300     | 0.240   | 0.100     | 0.040   | 0.000     | 0.000   | 0.000      | DESMORON A    |
| 10      | MUESTRA 5% DE BABA DE NOPAL | 1.344 | 4h                           | 43 h                             | 1.207     | 1.013   | 0.836     | 0.558   | 0.361     | 0.247   | 0.161     | 0.047   | 0.000     | 0.000   | 0.000      | DESMORON A    |

La tabla 39 muestra los resultados del peso del ensayo de humedad y secado en adobes con 5% de baba de nopal, los cuales se realizaron en cinco ciclos, evidenciado que la resistencia asta desmoronarse es hasta el tercer ciclo, pero dos muestras si soportan hasta el quinto ciclo.

Tabla 40. Peso de adobes con 10% de BN en cinco ciclos de humedad y secado

| IDENTIFICACIÓN               | Wd    | Tiempo de exposición C/Ciclo | Tiempo de secado en horno (60°C) | 1er CICLO |         | 2do CICLO |         | 3er CICLO |         | 4to CICLO |         | 5to CICLO |         | Masa final | Observaciones | APTO/ NO APTO |
|------------------------------|-------|------------------------------|----------------------------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|------------|---------------|---------------|
|                              | (kg)  |                              |                                  | Ws (kg)   | Wd (kg) | Ws (kg)   | Wd (kg) | Ws (kg)   | Wd (kg) | Ws (kg)   | Wd (kg) | Ws (kg)   | Wd (kg) | (kg)       |               |               |
| MUESTRA 10% DE BABA DE NOPAL | 1.230 | 4h                           | 43 h                             | 1.152     | 1.007   | 0.768     | 0.664   | 0.651     | 0.510   | 0.451     | 0.310   | 0.301     | 0.160   | 0.160      | DESMORON A    | NO APTO       |
| MUESTRA 10% DE BABA DE NOPAL | 1.028 | 4h                           | 43 h                             | 0.953     | 0.807   | 0.977     | 0.880   | 0.589     | 0.470   | 0.389     | 0.270   | 0.289     | 0.145   | 0.145      | DESMORON A    | NO APTO       |
| MUESTRA 10% DE BABA DE NOPAL | 1.185 | 4h                           | 43 h                             | 1.200     | 1.061   | 0.919     | 0.818   | 0.736     | 0.539   | 0.536     | 0.339   | 0.386     | 0.189   | 0.189      | DESMORON A    | NO APTO       |
| MUESTRA 10% DE BABA DE NOPAL | 1.039 | 4h                           | 43 h                             | 0.960     | 0.836   | 0.604     | 0.517   | 0.472     | 0.426   | 0.272     | 0.226   | 0.172     | 0.152   | 0.152      | DESMORON A    | NO APTO       |
| MUESTRA 10% DE BABA DE NOPAL | 1.370 | 4h                           | 43 h                             | 1.219     | 1.071   | 0.899     | 0.762   | 0.559     | 0.487   | 0.359     | 0.287   | 0.209     | 0.152   | 0.152      | DESMORON A    | NO APTO       |

La tabla 40 muestra los resultados del peso del ensayo de humedad y secado en adobes con 10% de baba de nopal, los cuales se realizaron en cinco ciclos, las muestras si llegaron a completar el quinto ciclo.

Tabla 41. Peso de adobes con 15% de BN en cinco ciclos de humedad y secado

| Muestra | IDENTIFICACIÓN               | Wd    | Tiempo de exposición C/Ciclo | Tiempo de secado en horno (60°C) | 1er CICLO |         | 2do CICLO |         | 3er CICLO |         | 4to CICLO |         | 5to CICLO |         | Masa final | Observaciones | APTO/ NO APTO |
|---------|------------------------------|-------|------------------------------|----------------------------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|------------|---------------|---------------|
| Nº      |                              | (kg)  |                              |                                  | Ws (kg)   | Wd (kg) | Ws (kg)   | Wd (kg) | Ws (kg)   | Wd (kg) | Ws (kg)   | Wd (kg) | Ws (kg)   | Wd (kg) | (kg)       |               |               |
| 16      | MUESTRA 15% DE BABA DE NOPAL | 1.247 | 4h                           | 43 h                             | 1.082     | 1.020   | 0.803     | 0.706   | 0.634     | 0.608   | 0.434     | 0.408   | 0.284     | 0.258   | 0.258      | DESMORONA     | NO APTO       |
| 17      | MUESTRA 15% DE BABA DE NOPAL | 1.073 | 4h                           | 43 h                             | 1.193     | 0.985   | 0.934     | 0.757   | 0.724     | 0.691   | 0.524     | 0.491   | 0.424     | 0.347   | 0.347      | DESMORONA     | NO APTO       |
| 18      | MUESTRA 15% DE BABA DE NOPAL | 1.353 | 4h                           | 43 h                             | 1.067     | 0.995   | 0.834     | 0.844   | 0.843     | 0.711   | 0.643     | 0.511   | 0.493     | 0.361   | 0.361      | DESMORONA     | NO APTO       |
| 19      | MUESTRA 15% DE BABA DE NOPAL | 1.145 | 4h                           | 43 h                             | 1.066     | 0.996   | 0.873     | 0.827   | 0.819     | 0.671   | 0.619     | 0.471   | 0.519     | 0.468   | 0.468      | DESMORONA     | NO APTO       |
| 20      | MUESTRA 15% DE BABA DE NOPAL | 1.081 | 4h                           | 43 h                             | 1.159     | 1.033   | 0.938     | 0.760   | 0.743     | 0.633   | 0.543     | 0.433   | 0.393     | 0.182   | 0.182      | DESMORONA     | NO APTO       |

La tabla 41 muestra los resultados del peso del ensayo de humedad y secado en adobes con 15% de baba de nopal, los cuales se realizaron en cinco ciclos, las muestras si llegaron a completar el quinto ciclo



## Evaluación de propiedades físicas del adobe

Una vez identificado el porcentaje de baba de nopal, los adobes fueron elaborados según los resultados obtenidos por ensayo de succión y absorción principalmente, en los cuadros mencionados anteriormente se evidencia que el mejor porcentaje de baba de nopal corresponde al 15% , asimismo con el ensayo de módulo de ruptura y compresión este obtuvo mejor resistencia .Es así que se cumplió con el objetivo de : elaborar bloques de barro sin y con adición de 10%, 20 % y 30 % de residuos cerámicos y baba de nopal en un 15%.Al tener su resistencia final se obtuvo los siguientes resultados.

### Ensayo de variación dimensional

#### Código de muestras

- 15%BN + 10%RC: adobe con 15% de baba de nopal con 10% de residuos cerámicos.
- 15%BN + 20%RC: adobe con 15% de baba de nopal con 20% de residuos cerámicos.
- 15%BN + 30%RC: adobe con 15% de baba de nopal con 30% de residuos cerámicos.

Tabla 42. Variación dimensional de adobes patrones

| Muestra<br>Nº | Descripción de la unidad | LARGO<br>(mm)<br>(e) | ANCHO<br>(mm)<br>(l) | ALTO<br>(mm)<br>(h) |
|---------------|--------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| 01            | Adobe Patrón             | 385.00               | 192.75               | 92.00               |
| 02            |                          | 385.00               | 190.75               | 93.25               |
| 03            |                          | 384.50               | 190.00               | 92.00               |
| 04            |                          | 384.00               | 191.75               | 90.50               |
| 05            |                          | 385.00               | 191.50               | 92.25               |
| 06            |                          | 385.00               | 191.75               | 92.63               |
| 07            |                          | 384.75               | 190.38               | 92.63               |
| 08            |                          | 384.25               | 190.88               | 91.25               |
| 09            |                          | 384.50               | 191.63               | 91.38               |
| 10            |                          | 385.00               | 191.63               | 92.44               |
|               | PROMEDIO                 | 384.70               | 191.30               | 92.03               |
|               | VARIACIÓN (%)            | -3.83%               | -4.35%               | -7.97%              |

La tabla 42 muestra medidas de largo, ancho y alto de adobe patrón, cabe recordar que las medidas usadas son de 20cm de ancho, 40cm de largo y 10cm de espesor. Asimismo, se muestra las medidas de 10 adobes ensayados.

Tabla 43. Variación dimensional de adobes 15%BN + 10%RC

| Muestra<br>Nº | Descripción de la unidad                                    | LARGO<br>(mm)<br>(e) | ANCHO<br>(mm)<br>(l) | ALTO<br>(mm)<br>(h) |
|---------------|-------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| 01            | Adobes con 15% baba de nopal<br>y 10% de residuos cerámicos | 384.00               | 190.50               | 90.50               |
| 02            |                                                             | 384.25               | 192.50               | 95.00               |
| 03            |                                                             | 382.50               | 190.00               | 91.75               |
| 04            |                                                             | 385.00               | 190.00               | 93.50               |
| 05            |                                                             | 384.13               | 191.50               | 92.75               |
| 06            |                                                             | 383.38               | 191.25               | 93.38               |
| 07            |                                                             | 383.75               | 190.00               | 92.63               |
| 08            |                                                             | 384.56               | 190.75               | 93.13               |
| 09            |                                                             | 383.75               | 191.38               | 93.06               |
| 10            |                                                             | 383.56               | 190.63               | 93.00               |
|               | PROMEDIO                                                    | 383.89               | 190.85               | 92.87               |
|               | VARIACIÓN (%)                                               | -4.03%               | -4.58%               | -7.13%              |

La tabla 43 muestra medidas de largo, ancho y alto de adobe con 15% de BN más 10% RC. En cuanto a los resultados de variación dimensional, si existe variación; la cual se distingue porcentajes de -4.03%, -4.58% y -7.13 % del largo, ancho y alto respectivamente.

Tabla 44. Variación dimensional de adobes 15%BN + 20%RC

| Muestra<br>Nº | Descripción de la unidad                                    | LARGO<br>(mm)<br>(e) | ANCHO<br>(mm)<br>(l) | ALTO<br>(mm)<br>(h) |
|---------------|-------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| 01            | Adobes con 15% baba de nopal y 20%<br>de residuos cerámicos | 385.00               | 190.00               | 96.25               |
| 02            |                                                             | 389.50               | 195.00               | 96.50               |
| 03            |                                                             | 387.00               | 192.50               | 93.75               |
| 04            |                                                             | 386.25               | 191.50               | 92.50               |
| 05            |                                                             | 385.50               | 192.00               | 94.50               |
| 06            |                                                             | 388.25               | 193.75               | 95.13               |
| 07            |                                                             | 386.63               | 192.00               | 93.13               |
| 08            |                                                             | 385.88               | 191.75               | 93.50               |
| 09            |                                                             | 386.88               | 192.88               | 94.81               |
| 10            |                                                             | 387.44               | 192.88               | 94.13               |
|               | PROMEDIO                                                    | 386.83               | 192.43               | 94.42               |
|               | VARIACIÓN (%)                                               | -3.29%               | -3.79%               | -5.58%              |

La tabla 44 muestra medidas de largo, ancho y alto de adobe, cabe recordar que las medidas usadas son de 20cm de ancho, 40cm de largo y 10cm de espesor. En cuanto a los resultados de variación dimensional, si existe variación; la cual se distingue porcentajes de -3.29 %, -3.79 % y -5.58 % del largo, ancho y alto respectivamente. Esta tabla para adobe con 15% de baba de nopal y 20% de residuos cerámicos.

Tabla 45. Variación dimensional de adobes 15%BN + 30%RC

| Muestra<br>Nº | Descripción de la unidad                                    | LARGO<br>(mm)<br>(e) | ANCHO<br>(mm)<br>(l) | ALTO<br>(mm)<br>(h) |
|---------------|-------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| 01            | Adobes con 15% baba de nopal y<br>30% de residuos cerámicos | 386.25               | 194.00               | 95.75               |
| 02            |                                                             | 384.75               | 193.25               | 93.50               |
| 03            |                                                             | 385.00               | 193.25               | 96.50               |
| 04            |                                                             | 384.50               | 193.25               | 92.00               |
| 05            |                                                             | 385.00               | 193.25               | 93.00               |
| 06            |                                                             | 384.88               | 193.25               | 95.00               |
| 07            |                                                             | 384.75               | 193.25               | 94.25               |
| 08            |                                                             | 384.75               | 193.25               | 92.50               |
| 09            |                                                             | 384.94               | 193.25               | 94.00               |
| 10            |                                                             | 384.81               | 193.25               | 94.63               |
|               | PROMEDIO                                                    | <b>384.96</b>        | <b>193.33</b>        | <b>94.11</b>        |
|               | VARIACIÓN (%)                                               | <b>-3.76%</b>        | <b>-3.34%</b>        | <b>-5.89%</b>       |

La tabla 45 muestra medidas de largo, ancho y alto de adobe, cabe recordar que las medidas usadas son de 20cm de ancho, 40cm de largo y 10cm de espesor. En cuanto a los resultados de variación dimensional, si existe variación; la cual se distingue porcentajes de -3.76 %, -3.34 % y -5.89 % del largo, ancho y alto respectivamente. Esta tabla para adobe con 15% de baba de nopal y 30% de residuos cerámicos.

## Ensayo de alabeo

Tabla 46. Medidas de alabeo de adobes patrón

| ALABEO EN ADOBE |                  |             |
|-----------------|------------------|-------------|
| % Dosific.      | ADOBE PATRON(0%) |             |
|                 | CARA ARRIBA      | CARA ABAJO  |
| MUESTRA         | CONCAVO          | CONCAVO     |
| # / CÓDIGO      | mm               | mm          |
| M - 1           | 1.90             | 2.90        |
| M - 2           | 3.60             | 3.30        |
| M - 3           | 3.10             | 3.50        |
| M - 4           | 3.10             | 3.10        |
| M - 5           | 3.50             | 3.10        |
| M - 6           | 2.75             | 3.10        |
| M - 7           | 3.35             | 3.40        |
| M - 8           | 3.10             | 3.30        |
| M - 9           | 3.30             | 3.10        |
| M-10            | 3.13             | 3.10        |
| PROMEDIO        | <b>3.08</b>      | <b>3.19</b> |
| D. EST. (%)     | <b>0.48</b>      | <b>0.18</b> |

La tabla 46 presenta las medidas de alabeo de la cara superior e inferior del adobe patrón en milímetros, obteniendo un promedio de 3.08 mm para cara arriba y 3.19 mm para cara abajo.

Tabla 47. Medidas de alabeo de adobes 15%BN + 10%RC

| ALABEO EN ADOBE |                                                        |             |
|-----------------|--------------------------------------------------------|-------------|
| % Dosific.      | Adobes 15% baba de nopal con 10% de residuos ceramicos |             |
|                 | CARA ARRIBA                                            | CARA ABAJO  |
| MUESTRA         | CONCAVO                                                | CONCAVO     |
| # / CÓDIGO      | mm                                                     | mm          |
| M - 1           | 1.90                                                   | 2.40        |
| M - 2           | 3.60                                                   | 3.90        |
| M - 3           | 3.10                                                   | 3.50        |
| M - 4           | 3.10                                                   | 2.80        |
| M - 5           | 3.50                                                   | 2.80        |
| M - 6           | 2.75                                                   | 3.15        |
| M - 7           | 3.35                                                   | 3.70        |
| M - 8           | 3.10                                                   | 3.15        |
| M - 9           | 3.30                                                   | 2.80        |
| M-10            | 3.13                                                   | 2.98        |
| PROMEDIO        | <b>3.08</b>                                            | <b>3.12</b> |
| D. EST. (%)     | <b>0.48</b>                                            | <b>0.45</b> |

La tabla 47 presenta las medidas de alabeo de la cara superior e inferior del adobe con 15% baba de nopal y 10% de residuos cerámicos en milímetros, obteniendo un promedio de 3.08 mm para cara arriba y 3.12 mm para cara abajo.

Tabla 48. Medidas de alabeo de adobes 15%BN + 20%RC

| ALABEO EN ADOBE       |                                                                   |                       |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| MUESTRA<br># / CÓDIGO | % Dosific. Adobes 15% baba de nopal con 20% de residuos ceramicos |                       |
|                       | CARA ARRIBA<br>CONCAVO                                            | CARA ABAJO<br>CONCAVO |
|                       | mm                                                                | mm                    |
| M - 1                 | 3.50                                                              | 3.20                  |
| M - 2                 | 3.33                                                              | 3.70                  |
| M - 3                 | 3.50                                                              | 3.60                  |
| M - 4                 | 2.40                                                              | 2.90                  |
| M - 5                 | 2.50                                                              | 2.10                  |
| M - 6                 | 3.41                                                              | 3.45                  |
| M - 7                 | 3.41                                                              | 3.65                  |
| M - 8                 | 2.95                                                              | 3.25                  |
| M - 9                 | 2.45                                                              | 2.50                  |
| M-10                  | 2.96                                                              | 2.78                  |
| PROMEDIO              | <b>3.04</b>                                                       | <b>3.11</b>           |
| D. EST. (%)           | <b>0.45</b>                                                       | <b>0.52</b>           |

La tabla 48 presenta las medidas de alabeo de la cara superior e inferior del adobe con 15% baba de nopal y 20% de residuos cerámicos en milímetros, obteniendo un promedio de 3.04 mm para cara arriba y 3.11 mm para cara abajo.

Tabla 49. Medidas de alabeo de adobes 15%BN + 30%RC

| ALABEO EN ADOBE       |                                                                   |                       |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| MUESTRA<br># / CÓDIGO | % Dosific. Adobes 15% baba de nopal con 30% de residuos ceramicos |                       |
|                       | CARA ARRIBA<br>CONCAVO                                            | CARA ABAJO<br>CONCAVO |
|                       | mm                                                                | mm                    |
| M - 1                 | 2.90                                                              | 2.50                  |
| M - 2                 | 2.63                                                              | 3.45                  |
| M - 3                 | 2.35                                                              | 2.70                  |
| M - 4                 | 3.20                                                              | 2.95                  |
| M - 5                 | 2.83                                                              | 2.90                  |
| M - 6                 | 2.76                                                              | 2.98                  |
| M - 7                 | 2.49                                                              | 3.08                  |
| M - 8                 | 2.78                                                              | 2.83                  |
| M - 9                 | 3.01                                                              | 2.93                  |
| M-10                  | 2.79                                                              | 2.94                  |
| PROMEDIO              | <b>2.77</b>                                                       | <b>2.92</b>           |
| D. EST. (%)           | <b>0.25</b>                                                       | <b>0.24</b>           |

La tabla 49 presenta las medidas de alabeo de la cara superior e inferior del adobe con 15% baba de nopal y 30% de residuos cerámicos en milímetros, obteniendo un promedio de 2.77 mm para cara arriba y 2.92 mm para cara abajo.

## Ensayo de succión

Tabla 50. Resumen de ensayo a succión de muestras con baba de nopal más residuos cerámicos

| Resumen      |           |
|--------------|-----------|
| Adobe        | % Succión |
| 15% BN-10%RC | 0.89      |
| 15% BN-20%RC | 1.53      |
| 15% BN-30%RC | 0.55      |

La tabla 50 muestra los resultados del ensayo de succión, evidenciando el promedio de las 5 medias unidades de adobes de 15% de baba de nopal con 10%, 20% y 30% de residuos cerámicos.

Tabla 51. Ensayo de succión de adobes 15% BN+10%RC.

| Muestra N° | Descripción de la muestra                                  | Succión (g/200cm <sup>2</sup> /min) | Succión (%) |
|------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| 01         | Adobe con 15% de baba de nopal y 10% de residuos cerámicos | 29.00                               | 1.17        |
| 02         | Adobe con 15% de baba de nopal y 10% de residuos cerámicos | 19.00                               | 0.73        |
| 03         | Adobe con 15% de baba de nopal y 10% de residuos cerámicos | 22.50                               | 0.94        |
| 04         | Adobe con 15% de baba de nopal y 10% de residuos cerámicos | 26.00                               | 0.98        |
| 05         | Adobe con 15% de baba de nopal y 10% de residuos cerámicos | 16.00                               | 0.65        |
| Promedio   |                                                            | 22.5                                | 0.9         |

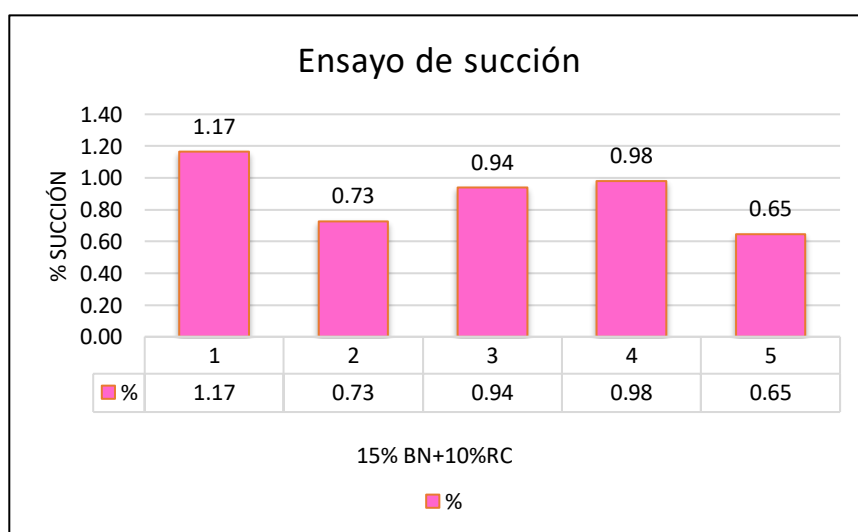


Gráfico 18. Ensayo de succión de adobes 15% BN+10%RC

En la tabla 51 se muestra los resultados del ensayo a succión de los adobes con 15% de baba de nopal y 10% de residuos cerámicos, los cuales fueron 5 medias unidades. En cuanto al promedio de succión para estas muestras es de 0.9%. De la misma forma esto se aprecia en el gráfico 18.

Tabla 52. Ensayo de succión de adobes 15% BN+20%RC.

| Muestra N° | Denominación ó Descripción de la muestra                   | Succión (g/200cm <sup>2</sup> /min) | Succión (%) |
|------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| 01         | Adobe con 15% de baba de nopal y 20% de residuos cerámicos | 20.00                               | 0.74        |
| 02         | Adobe con 15% de baba de nopal y 20% de residuos cerámicos | 65.50                               | 2.58        |
| 03         | Adobe con 15% de baba de nopal y 20% de residuos cerámicos | 18.50                               | 0.73        |
| 04         | Adobe con 15% de baba de nopal y 20% de residuos cerámicos | 27.00                               | 1.09        |
| 05         | Adobe con 15% de baba de nopal y 20% de residuos cerámicos | 64.00                               | 2.53        |
| Promedio   |                                                            | 39.0                                | 1.5         |

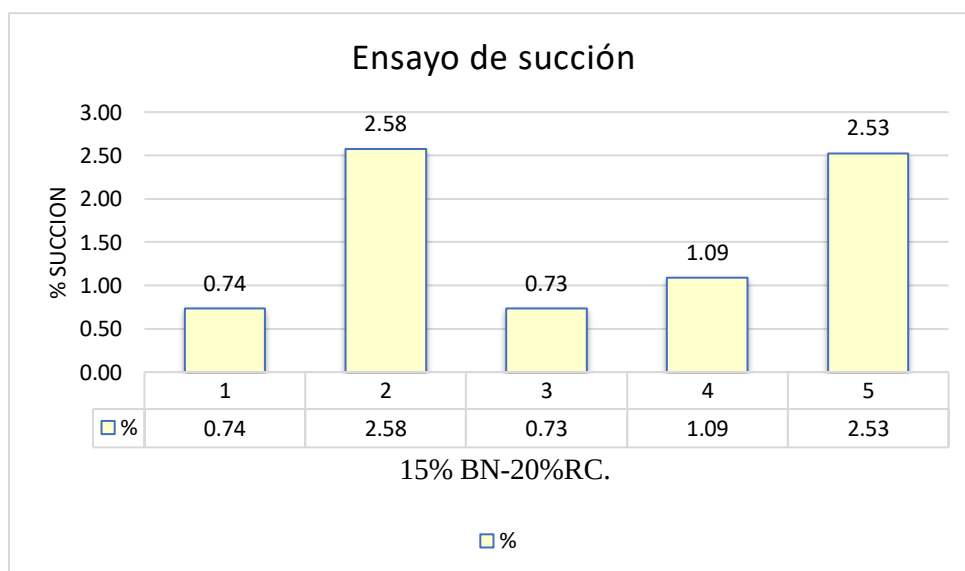


Gráfico 19. Ensayo de succión de adobes 15% BN-20%RC

En la tabla 52 se muestra los resultados del ensayo a succión de los adobes con 15% de baba de nopal y 20% de residuos cerámicos, los cuales fueron 5 medias unidades. En cuanto al promedio de succión para estas muestras es de 1.5%. De la misma forma esto se aprecia en el gráfico 19.

Tabla 53. Ensayo de succión de adobes 15% BN-30%RC.

| Muestra N° | Descripción de la muestra                                  | Succión (g/200cm <sup>2</sup> /min) | Succión (%) |
|------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| 01         | Adobe con 15% de baba de nopal y 30% de residuos cerámicos | 12.50                               | 0.53        |
| 02         | Adobe con 15% de baba de nopal y 30% de residuos cerámicos | 19.00                               | 0.73        |
| 03         | Adobe con 15% de baba de nopal y 30% de residuos cerámicos | 13.50                               | 0.56        |
| 04         | Adobe con 15% de baba de nopal y 30% de residuos cerámicos | 10.00                               | 0.37        |
| 05         | Adobe con 15% de baba de nopal y 30% de residuos cerámicos | 14.50                               | 0.58        |
| Promedio   |                                                            | 13.9                                | 0.6         |

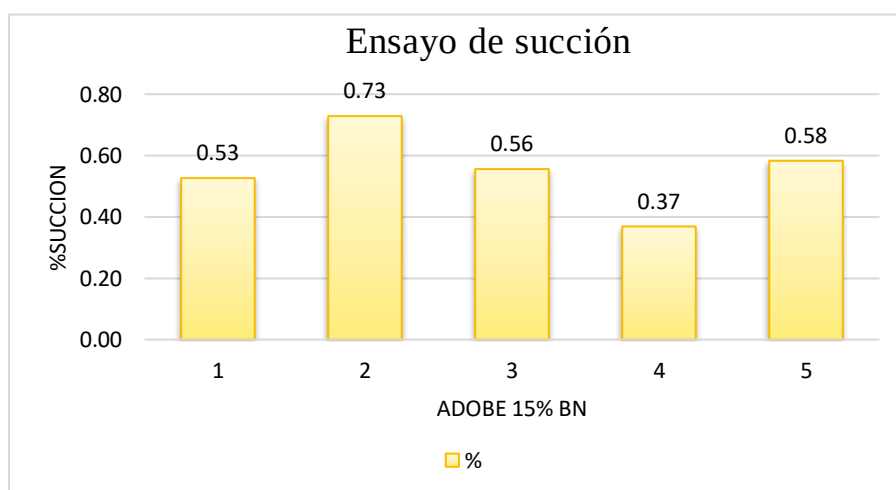


Gráfico 20. Ensayo de succión de adobes 15% BN-30%RC

En la tabla 53 se muestra los resultados del ensayo a succión de los adobes con 15% de baba de nopal y 30% de residuos cerámicos, los cuales fueron 5 medias unidades. En cuanto al promedio de succión para estas muestras es de 0.6%. De la misma forma esto se aprecia en el gráfico 20.



### Ensayo de absorción

No se obtuvieron resultados de ensayo de absorción puesto que, no se pudo obtener datos del peso saturado del espécimen. En este caso el adobe elaborado con baba de nopal más residuos cerámicos, no resistió estar 24 horas sumergidos totalmente en agua, no presento parte dura del material, solo eran masas de barro. Teniendo un porcentaje de absorción del 100%.



Figura 141: Masa de adobe con BN y RC de ensayo de absorción

### Evaluación de propiedades mecánicas

En cuanto al quinto objetivo específico: realizar los ensayos especificados en la E.080 con abobes sin y con adición de 10% 20 % y 30 % de residuos cerámicos y baba de nopal se muestran los siguientes resultados:

#### Ensayo de compresión en cubos

##### Código de muestras

- 15%BN + 10%RC: adobe con 15% de baba de nopal con 10% de residuos cerámicos
- 15%BN + 20%RC: adobe con 15% de baba de nopal con 20% de residuos cerámicos
- 15%BN + 30%RC: adobe con 15% de baba de nopal con 30% de residuos cerámicos.

Tabla 54. Ensayo cubos a compresión de adobes con BN Y RC

| Resumen      |                       |
|--------------|-----------------------|
| Adobe        | (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 15% BN+10%RC | <b>10.21</b>          |
| 15% BN+20%RC | <b>10.24</b>          |
| 15% BN+30%RC | <b>10.26</b>          |

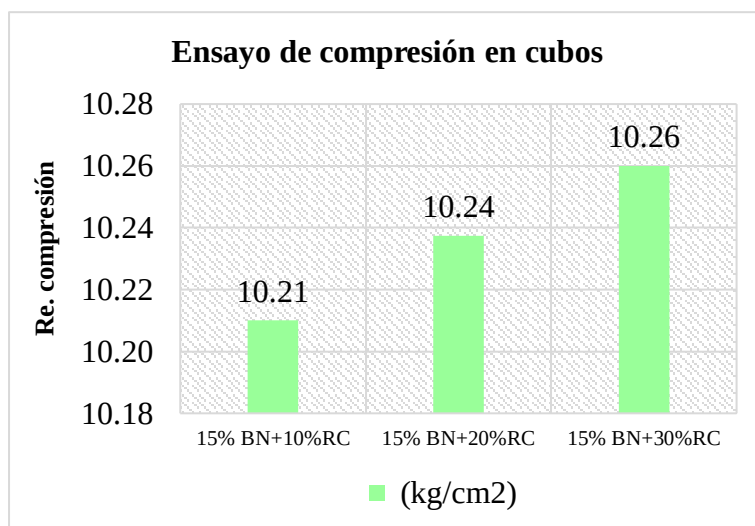


Gráfico 21. Promedio de ensayo de compresión de adobes con BN Y RC

En la tabla 54 y el gráfico 21 se muestra la resistencia a compresión de 15% de baba de nopal con 10%,20% y 30% de residuos cerámicos respectivamente, evidenciando que la menor resistencia final corresponde al adobe 15% BN+10% RC con 10.21kg/cm<sup>2</sup> y la mayor es la del 15% BN+30% RC en 10.26kg/cm<sup>2</sup>. Esta resistencia vendría a ser el promedio de cubos con arista igual a 10cm, las cuales se evaluaron por cada muestra.

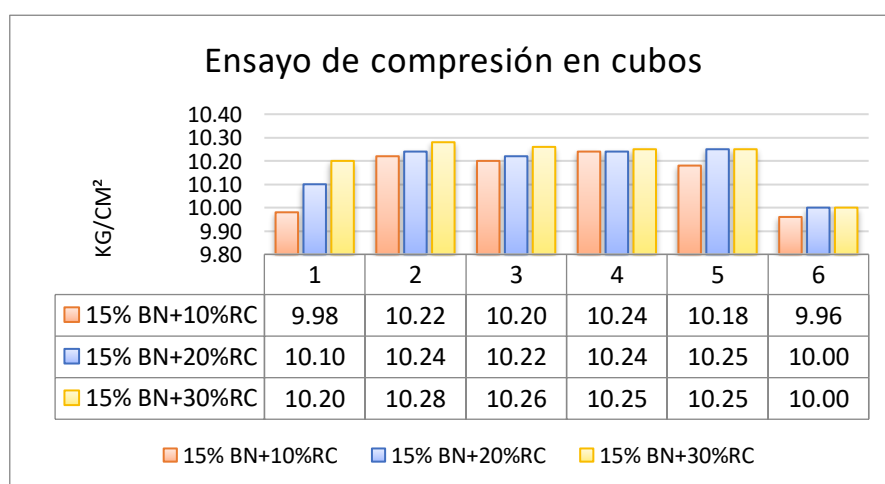


Gráfico 22. Resistencia a compresión de 6 muestras de adobes con BN y RC

El gráfico 22 muestra la resistencia a compresión de los 6 cubos de adobe, los cuales son adobes con 15% de baba de nopal más residuos cerámicos en 10%, 20, % y 30%, en donde se puede apreciar la cantidad que alcanza cada uno de ellos. En el caso de adobe con 15% BN+10%RC, la resistencia corresponde a 10.24 kg/cm<sup>2</sup> del cubo 4. Seguidamente para 15% BN+20%RC cubo 6 se aprecia una resistencia de 10.25 kg/cm<sup>2</sup>; en el caso del 15% BN+30%RC la mayor resistencia la ocupa el cubo numero 2 con 10.28kg/cm<sup>2</sup>.

### Ensayo de resistencia a la tracción de la tierra

Se usa la misma simbología que anteriormente se mencionó:

Tabla 55. Resumen de resistencia a la tracción de la tierra

| Resumen      |                       |
|--------------|-----------------------|
| Adobe        | (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| Patrón       | <b>0.69</b>           |
| 15% BN+10%RC | <b>0.85</b>           |
| 15% BN+20%RC | <b>0.90</b>           |
| 15% BN+30%RC | <b>1.20</b>           |

La tabla 55 muestra el promedio de las cuatro mejores muestras tomadas del ensayo a tracción de la tierra, donde la resistencia más baja corresponde al adobe patrón, con 0.69 kg/cm<sup>2</sup>, seguido de adobe con 15% BN+10%RC en 0.85 kg/cm<sup>2</sup>, luego adobe 15% BN+20%RC con una resistencia de 0.90 kg/cm<sup>2</sup> y el adobe de 15% BN+30%RC con 1.20 kg/cm<sup>2</sup>.

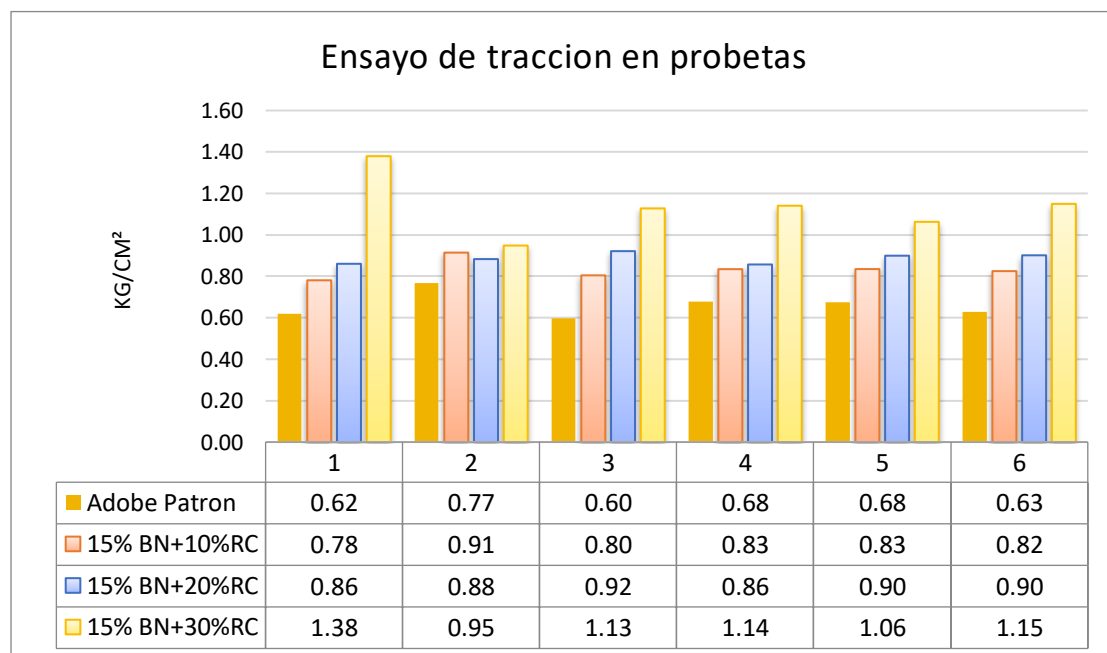


Gráfico 23. Resistencia a la tracción de la tierra en cilindros de barro

La grafica 23 muestra la resistencia de los cuatro tipos de adobe ensayados, de la misma forma se aprecia una tabla insertada en el grafico donde se ve reflejado la resistencia que obtuvo cada una de las muestras, antes de tomar el promedio de las 4 mejores. Esta indica la resistencia de cilindros de adobes patrones, con 15% de baba de nopal y 10%,20% y 30% de residuos cerámicos respectivamente. Asimismo, la resistencia de los adobes con mayor porcentaje de residuos, sobresale; siendo la mayor el espécimen 1 con 1.38 kg/cm<sup>2</sup>.

### Ensayo de resistencia del mortero tradicional a la tracción

Tabla 56. Ensayo de resistencia de mortero en adobes patrones

| Muestra<br>N° | Descripción<br>de la muestra. | Carga<br>(Kgf) | Largo<br>(Cm) | Ancho<br>(Cm) | Altura<br>(Cm) | δ<br>Kg/Cm <sup>2</sup> |
|---------------|-------------------------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-------------------------|
| 01            | Adobe Patrón                  | 229            | 38.9          | 18.9          | 9.3            | <b>0.16</b>             |
| 02            | Adobe Patrón                  | 419            | 38.9          | 19.0          | 9.4            | <b>0.28</b>             |
| 03            | Adobe Patrón                  | 239            | 38.9          | 18.6          | 9.2            | <b>0.16</b>             |
| 04            | Adobe Patrón                  | 467            | 38.9          | 18.9          | 9.2            | <b>0.32</b>             |
| 05            | Adobe Patrón                  | 393            | 38.9          | 19.1          | 9.1            | <b>0.26</b>             |
| 06            | Adobe Patrón                  | 385            | 38.9          | 18.8          | 9.2            | <b>0.26</b>             |
| promedio      |                               |                |               |               |                | <b>0.28</b>             |

En la tabla 56 se muestran los resultados del ensayo del mortero tradicional, donde se muestra que el promedio de los 6 especímenes ensayados es 0.28 kg/cm<sup>2</sup>

Tabla 57. Ensayo de resistencia de mortero en adobes con 10%RC más 15%BN

| Muestra<br>N° | Descripción de la muestra.  | Carga<br>(Kgf) | Largo<br>(Cm) | Ancho<br>(Cm) | Altura<br>(Cm) | δ<br>Kg/Cm <sup>2</sup> |
|---------------|-----------------------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-------------------------|
| 01            | Adobe con 10% RC más 15% BN | 220            | 38.5          | 18.8          | 9.1            | <b>0.15</b>             |
| 02            | Adobe con 10% RC más 15% BN | 219            | 38.5          | 18.8          | 9.2            | <b>0.12</b>             |
| 03            | Adobe con 10% RC más 15% BN | 222            | 38.5          | 18.8          | 9.2            | <b>0.13</b>             |
| 04            | Adobe con 10% RC más 15% BN | 223            | 38.5          | 18.9          | 9.1            | <b>0.13</b>             |
| 05            | Adobe con 10% RC más 15% BN | 187            | 38.5          | 18.9          | 9.1            | <b>0.13</b>             |
| 06            | Adobe con 10% RC más 15% BN | 209            | 38.5          | 18.8          | 9.1            | <b>0.14</b>             |
| Promedio      |                             |                |               |               |                | <b>0.14</b>             |

En la tabla 57 se muestran los resultados del ensayo del mortero tradicional, donde se muestra que el promedio de los especímenes de 15% BN más 10% RC ensayados es 0.14 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 58. Ensayo de resistencia de mortero en adobes con 20%RC más 15%BN

| Muestra<br>N° | Descripción de la muestra.  | Carga | Largo | Ancho | Altura   | $\delta$           |
|---------------|-----------------------------|-------|-------|-------|----------|--------------------|
|               |                             | (Kgf) | (Cm)  | (Cm)  | (Cm)     | Kg/Cm <sup>2</sup> |
| 01            | Adobe con 20% RC más 15% BN | 153   | 38.7  | 18.9  | 9.2      | <b>0.10</b>        |
| 02            | Adobe con 20% RC más 15% BN | 156   | 38.7  | 19.0  | 9.4      | <b>0.11</b>        |
| 03            | Adobe con 20% RC más 15% BN | 159   | 38.7  | 18.9  | 9.3      | <b>0.11</b>        |
| 04            | Adobe con 20% RC más 15% BN | 178   | 38.7  | 18.8  | 9.3      | <b>0.12</b>        |
| 05            | Adobe con 20% RC más 15% BN | 158   | 38.7  | 18.7  | 9.2      | <b>0.11</b>        |
| 06            | Adobe con 20% RC más 15% BN | 155   | 38.7  | 18.8  | 9.2      | <b>0.11</b>        |
|               |                             |       |       |       | promedio | 0.11               |

En la tabla 58 se muestran los resultados del ensayo del mortero tradicional, donde se muestra que el promedio de los especímenes de 15% BN más 20% RC ensayados es 0.11 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 59. Ensayo de resistencia de mortero en adobes con 30%RC más 15%BN

| Muestra<br>N° | Descripción de la muestra.  | Carga | Largo | Ancho | Altura   | $\delta$           |
|---------------|-----------------------------|-------|-------|-------|----------|--------------------|
|               |                             | (Kgf) | (Cm)  | (Cm)  | (Cm)     | Kg/Cm <sup>2</sup> |
| 01            | Adobe con 30% RC más 15% BN | 125   | 38.9  | 18.9  | 9.3      | <b>0.08</b>        |
| 02            | Adobe con 30% RC más 15% BN | 76    | 38.9  | 18.8  | 9.1      | <b>0.05</b>        |
| 03            | Adobe con 30% RC más 15% BN | 85    | 38.9  | 18.9  | 9.2      | <b>0.06</b>        |
| 04            | Adobe con 30% RC más 15% BN | 85    | 38.9  | 18.8  | 9.2      | <b>0.06</b>        |
| 05            | Adobe con 30% RC más 15% BN | 81    | 38.9  | 18.8  | 9.1      | <b>0.06</b>        |
| 06            | Adobe con 30% RC más 15% BN | 101   | 38.9  | 18.8  | 9.2      | <b>0.07</b>        |
|               |                             |       |       |       | promedio | 0.07               |

En la tabla 59 se muestran los resultados del ensayo del mortero tradicional, donde se muestra que el promedio de los especímenes de 15% BN más 30% RC ensayados es 0,07 kg/cm<sup>2</sup>.

## Ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta

Tabla 60. Tracción de muretes con adobe patrón

| Muestra      | Espesor<br>cm | Longitud<br>cm | Altura<br>cm | Área<br>cm2               | Altura/espesor | P<br>kgf | Resistencia<br>Compresión<br>kgf/cm2 |
|--------------|---------------|----------------|--------------|---------------------------|----------------|----------|--------------------------------------|
| Adobe patrón | 19.3          | 65.0           | 65.0         | 1254.50                   | 3.4            | 418      | <b>0.33</b>                          |
| Adobe patrón | 18.9          | 65.0           | 65.0         | 1228.50                   | 3.4            | 438      | <b>0.36</b>                          |
| Adobe patrón | 19.1          | 65.0           | 65.0         | 1241.50                   | 3.4            | 486      | <b>0.39</b>                          |
| Adobe patrón | 19.1          | 65.0           | 65.0         | 1243.13                   | 3.4            | 486      | <b>0.39</b>                          |
| Adobe patrón | 19.1          | 65.0           | 65.0         | 1241.50                   | 3.4            | 560      | <b>0.45</b>                          |
| Adobe patrón | 17.0          | 65.0           | 65.0         | 1106.63                   | 3.8            | 606      | <b>0.55</b>                          |
|              |               |                |              | Promedio de las 4 mejores |                |          | 0.45                                 |

La tabla 60 muestra los resultados de muretes de adobe patrón, estos con un secado de 28 días, esta resistencia especificada corresponde a 6 muretes de los cuales se obtuvo el promedio de las 4 mejores muestras con 0.45 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a compresión diagonal.

Tabla 61. Tracción indirecta de murete con 15%BN y 10% RC

| Muestra                                | Espesor<br>cm | Longitud<br>cm | Altura<br>cm | Área<br>cm2               | Altura/espesor | P<br>kgf | Resistencia<br>Compresión<br>diagonal<br>kgf/cm2 |
|----------------------------------------|---------------|----------------|--------------|---------------------------|----------------|----------|--------------------------------------------------|
| Adobe con 15%<br>De BN y 10 % de<br>RC | 19.2          | 65.0           | 65.0         | 1246.38                   | 3.4            | 648      | <b>0.52</b>                                      |
| Adobe con 15%<br>De BN y 10 % de<br>RC | 19.0          | 65.0           | 65.0         | 1231.75                   | 3.4            | 996      | <b>0.81</b>                                      |
| Adobe con 15%<br>De BN y 10 % de<br>RC | 19.1          | 65.0           | 65.0         | 1238.25                   | 3.4            | 773      | <b>0.62</b>                                      |
| Adobe con 15%<br>De BN y 10 % de<br>RC | 18.9          | 65.0           | 65.0         | 1230.13                   | 3.4            | 609      | <b>0.50</b>                                      |
| Adobe con 15%<br>De BN y 10 % de<br>RC | 18.8          | 65.0           | 65.0         | 1222.00                   | 3.5            | 667      | <b>0.55</b>                                      |
| Adobe con 15%<br>De BN y 10 % de<br>RC | 19.0          | 65.0           | 65.0         | 1236.623                  | 3.4            | 759      | <b>0.61</b>                                      |
|                                        |               |                |              | Promedio de las 4 mejores |                |          | 0.65                                             |

La tabla 61 muestra los resultados de muretes de adobe con 15% de baba de nopal más 10 % de residuos cerámicos, estos con un secado de 28 días, esta resistencia especificada corresponde a 6 muretes, de los cuales se obtuvo el promedio de las 4 mejores muestras con 0.65 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a compresión diagonal.

Tabla 62. Tracción indirecta de adobe con 15% BN y 20%RC

| Muestra                          | Espesor | Longitud | Altura | Área            | Altura/espesor | P   | Resistencia<br>Compresión<br>diagonal |
|----------------------------------|---------|----------|--------|-----------------|----------------|-----|---------------------------------------|
|                                  | cm      | cm       | cm     | cm <sup>2</sup> |                | kgf | kgf/cm <sup>2</sup>                   |
| Adobe con 15% De BN y 20 % de RC | 20.0    | 65.0     | 65.0   | 1300.00         | 3.3            | 776 | <b>0.60</b>                           |
| Adobe con 15% De BN y 20 % de RC | 18.9    | 65.0     | 65.0   | 1230.13         | 3.4            | 956 | <b>0.78</b>                           |
| Adobe con 15% De BN y 20 % de RC | 18.9    | 65.0     | 65.0   | 1225.25         | 3.4            | 998 | <b>0.81</b>                           |
| Adobe con 15% De BN y 20 % de RC | 18.7    | 65.0     | 65.0   | 1212.25         | 3.5            | 903 | <b>0.74</b>                           |
| Adobe con 15% De BN y 20 % de RC | 19.0    | 65.0     | 65.0   | 1235.00         | 3.4            | 930 | <b>0.75</b>                           |
| Adobe con 15% De BN y 20 % de RC | 19.1    | 65.0     | 65.0   | 1239.88         | 3.4            | 947 | <b>0.76</b>                           |
| Promedio de las 4 mejores        |         |          |        |                 |                |     | <b>0.74</b>                           |

La tabla 62 muestra los resultados de muretes de adobe con 15% de baba de nopal y 20 % de residuos cerámicos, estos con un secado de 28 días, esta resistencia especificada corresponde a 6 muretes, de los cuales se obtuvo el promedio de las 4 mejores muestras con 0.74 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a compresión diagonal.

Tabla 63. Tracción indirecta de adobe con 15% de baba de nopal y 30% RC

| Muestra                          | Espesor | Longitud | Altura | Área            | Altura/espesor            | P    | Resistencia Compresión diagonal |
|----------------------------------|---------|----------|--------|-----------------|---------------------------|------|---------------------------------|
|                                  | cm      | cm       | cm     | cm <sup>2</sup> |                           | kgf  | kgf/cm <sup>2</sup>             |
| Adobe con 15% De BN y 30 % de RC | 20.0    | 65.0     | 65.0   | 1300.00         | 3.3                       | 989  | <b>0.76</b>                     |
| Adobe con 15% De BN y 30 % de RC | 18.5    | 65.0     | 65.0   | 1204.13         | 3.5                       | 1026 | <b>0.85</b>                     |
| Adobe con 15% De BN y 30 % de RC | 19.0    | 65.0     | 65.0   | 1235.00         | 3.4                       | 1054 | <b>0.85</b>                     |
| Adobe con 15% De BN y 30 % de RC | 18.6    | 65.0     | 65.0   | 1205.75         | 3.5                       | 1023 | <b>0.85</b>                     |
| Adobe con 15% De BN y 30 % de RC | 18.9    | 65.0     | 65.0   | 1226.88         | 3.4                       | 1061 | <b>0.86</b>                     |
| Adobe con 15% De BN y 30 % de RC | 19.1    | 65.0     | 65.0   | 1239.88         | 3.4                       | 1113 | <b>0.90</b>                     |
|                                  |         |          |        |                 | Promedio de las 4 mejores |      | <b>0.87</b>                     |

La tabla 63 muestra los resultados de muretes de adobe con 15% de baba de nopal y 30 % de residuos cerámicos, estos con un secado de 28 días, esta resistencia especificada corresponde a 6 muretes, de los cuales se obtuvo el promedio de las 4 mejores muestras con 0.87 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a compresión diagonal.

### Ensayo de compresión de pilas o prismas

- lp: Largo del prisma
- tp: Menor dimensión lateral del prisma
- hp: Altura del prisma



Tabla 64. Compresión de prisma de adobe patrón

| Muestra | IDENTIFICACIÓN    | Fecha de vaciado | Fecha de ensayo | Edad   | lp   | tp   | hp   | Área               | hp/tp | Carga | f <sub>m</sub> | Factor  | f <sub>mt</sub> | Esfuerzo de compresión admisible | Esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento |
|---------|-------------------|------------------|-----------------|--------|------|------|------|--------------------|-------|-------|----------------|---------|-----------------|----------------------------------|----------------------------------------------------|
| Nº      |                   | (Días)           | (Días)          | (Días) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm <sup>2</sup> ) |       | (N)   | (Mpa)          | Correc. | (Mpa)           | (kg/cm <sup>2</sup> )            | (kg/cm <sup>2</sup> )                              |
| 01      | Prisma 1 - Patrón | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 192  | 650  | 74084              | 3.38  | 30264 | 0.41           | 1.110   | 0.45            | 4.86                             | 6.07                                               |
| 02      | Prisma 2 - Patrón | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 191  | 650  | 73523              | 3.40  | 30401 | 0.41           | 1.112   | 0.46            | 4.92                             | 6.16                                               |
| 03      | Prisma 3 - Patrón | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 191  | 650  | 73770              | 3.40  | 24957 | 0.34           | 1.112   | 0.38            | 4.03                             | 5.03                                               |
| 04      | Prisma 4 - Patrón | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 192  | 650  | 73852              | 3.39  | 25123 | 0.34           | 1.111   | 0.38            | 4.05                             | 5.06                                               |
| 05      | Prisma 5 - Patrón | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 191  | 650  | 73537              | 3.40  | 30333 | 0.41           | 1.112   | 0.46            | 4.91                             | 6.14                                               |
| 06      | Prisma 6 - Patrón | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 192  | 650  | 73806              | 3.39  | 27762 | 0.38           | 1.112   | 0.42            | 4.48                             | 5.60                                               |

En la tabla 64 se muestra los resultados del ensayo de compresión admisible y por aplastamiento en pilas de los adobes patrones, de los cuales fueron analizados 6 prismas, resultando como mayor resistencia de 4.92 kg/cm<sup>2</sup> y 6.16 kg/cm<sup>2</sup> del prisma 2.

Tabla 65. Compresión de prisma con 15% BN Y 10% RC

| Muestra | IDENTIFICACIÓN                   | Fecha de vaciado | Fecha de ensayo | Edad   | lp   | tp   | hp   | Área               | hp/tp | Carga | f <sub>m</sub> | Factor  | f <sub>mt</sub> | Esfuerzo de compresión admisible | Esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento |
|---------|----------------------------------|------------------|-----------------|--------|------|------|------|--------------------|-------|-------|----------------|---------|-----------------|----------------------------------|----------------------------------------------------|
| Nº      |                                  | (Días)           | (Días)          | (Días) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm <sup>2</sup> ) |       | (N)   | (Mpa)          | Correc. | (Mpa)           | (kg/cm <sup>2</sup> )            | (kg/cm <sup>2</sup> )                              |
| 01      | Adobe con 15% de BN y 10 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 192  | 650  | 73944              | 3.38  | 29538 | 0.40           | 1.111   | 0.44            | 4.75                             | 5.94                                               |
| 02      | Adobe con 15% de BN y 10 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 192  | 650  | 73819              | 3.39  | 31667 | 0.43           | 1.111   | 0.48            | 5.10                             | 6.38                                               |
| 03      | Adobe con 15% de BN y 10 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 192  | 650  | 73830              | 3.39  | 32746 | 0.44           | 1.111   | 0.49            | 5.28                             | 6.59                                               |
| 04      | Adobe con 15% de BN y 10 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 191  | 650  | 73622              | 3.40  | 33943 | 0.46           | 1.112   | 0.51            | 5.49                             | 6.86                                               |
| 05      | Adobe con 15% de BN y 10 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 192  | 650  | 73862              | 3.39  | 30656 | 0.42           | 1.111   | 0.46            | 4.94                             | 6.17                                               |
| 06      | Adobe con 15% de BN y 10 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 191  | 650  | 73734              | 3.40  | 32854 | 0.45           | 1.112   | 0.50            | 5.30                             | 6.63                                               |

En la tabla 65 se muestra los resultados del ensayo de compresión en pilas de adobes con 15% de baba de nopal con 10% de residuos cerámicos, de los cuales fueron analizados 6 prismas, resultando como mayor resistencia 5.49kg/cm<sup>2</sup> y 6.86 kg/cm<sup>2</sup> del prisma 4.

Tabla 66. Compresión de prisma con 15% BN Y 20% RC

| Muestra | IDENTIFICACIÓN                   | Fecha de vaciado | Fecha de ensayo | Edad   | lp   | tp   | hp   | Área               | hp/tp | Carga | f <sub>m</sub> | Factor  | f <sub>mt</sub> | Esfuerzo de compresión admisible | Esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento |
|---------|----------------------------------|------------------|-----------------|--------|------|------|------|--------------------|-------|-------|----------------|---------|-----------------|----------------------------------|----------------------------------------------------|
| Nº      |                                  | (Días)           | (Días)          | (Días) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm <sup>2</sup> ) |       | (N)   | (Mpa)          | Correc. | (Mpa)           | (kg/cm <sup>2</sup> )            | (kg/cm <sup>2</sup> )                              |
| 01      | Adobe con 15% De BN y 20 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 191  | 650  | 73735              | 3.40  | 35130 | 0.48           | 1.112   | 0.53            | 5.67                             | 7.09                                               |
| 02      | Adobe con 15% De BN y 20 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 386  | 192  | 650  | 73982              | 3.39  | 34973 | 0.47           | 1.111   | 0.53            | 5.62                             | 7.03                                               |
| 03      | Adobe con 15% De BN y 20 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 386  | 192  | 650  | 74035              | 3.39  | 34335 | 0.46           | 1.111   | 0.52            | 5.52                             | 6.90                                               |
| 04      | Adobe con 15% De BN y 20 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 386  | 192  | 650  | 73985              | 3.39  | 35865 | 0.48           | 1.111   | 0.54            | 5.77                             | 7.21                                               |
| 05      | Adobe con 15% De BN y 20 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 192  | 650  | 73840              | 3.39  | 35051 | 0.47           | 1.111   | 0.53            | 5.65                             | 7.06                                               |
| 06      | Adobe con 15% De BN y 20 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 191  | 650  | 73774              | 3.40  | 35414 | 0.48           | 1.112   | 0.53            | 5.71                             | 7.14                                               |

En la tabla 66 se muestra los resultados del ensayo de compresión en pilas de adobes con 15% de baba de nopal con 20% de residuos cerámicos, de los cuales fueron analizados 6 prismas, resultando como mayor resistencia 5.77 kg/cm<sup>2</sup> y 7.21 kg/cm<sup>2</sup> del prisma 4.

Tabla 67. Compresión de prisma con 15% BN Y 30% RC

| Muestra | IDENTIFICACIÓN                   | Fecha de vaciado | Fecha de ensayo | Edad   | lp   | tp   | hp   | Área               | hp/tp | Carga | f <sub>m</sub> | Factor  | f <sub>mt</sub> | Esfuerzo de compresión admisible | Esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento |
|---------|----------------------------------|------------------|-----------------|--------|------|------|------|--------------------|-------|-------|----------------|---------|-----------------|----------------------------------|----------------------------------------------------|
| Nº      |                                  | (Días)           | (Días)          | (Días) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm <sup>2</sup> ) |       | (N)   | (Mpa)          | Correc. | (Mpa)           | (kg/cm <sup>2</sup> )            | (kg/cm <sup>2</sup> )                              |
| 01      | Adobe con 15% de BN y 30 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 194  | 650  | 74626              | 3.35  | 38514 | 0.52           | 1.108   | 0.57            | 6.12                             | 7.65                                               |
| 02      | Adobe con 15% de BN y 30 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 194  | 650  | 74465              | 3.36  | 37562 | 0.50           | 1.109   | 0.56            | 5.99                             | 7.48                                               |
| 03      | Adobe con 15% de BN y 30 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 194  | 650  | 74487              | 3.36  | 40290 | 0.54           | 1.108   | 0.60            | 6.42                             | 8.02                                               |
| 04      | Adobe con 15% de BN y 30 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 194  | 650  | 74501              | 3.36  | 39407 | 0.53           | 1.109   | 0.59            | 6.28                             | 7.85                                               |
| 05      | Adobe con 15% de BN y 30 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 194  | 650  | 74544              | 3.35  | 39848 | 0.53           | 1.108   | 0.59            | 6.34                             | 7.93                                               |
| 06      | Adobe con 15% de BN y 30 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 194  | 650  | 74596              | 3.35  | 39632 | 0.53           | 1.108   | 0.59            | 6.30                             | 7.88                                               |

En la tabla 67 se muestra los resultados del ensayo de compresión en pilas con 15% de baba de nopal y 30% de residuos cerámicos, de los cuales fueron analizados 6 prismas, resultando como mayor resistencia 6.42 kg/cm<sup>2</sup> y 8.02 kg/cm<sup>2</sup> del prisma 3.

### Ensayo de resistencia del mortero con baba de nopal a la tracción

Tabla 68. Ensayo de resistencia de mortero con baba de nopal en adobes con 15%BN

| Muestra<br>N° | Descripción de la muestra.  | Carga | Largo | Ancho | Altura   | $\delta$           |
|---------------|-----------------------------|-------|-------|-------|----------|--------------------|
|               |                             | (Kgf) | (Cm)  | (Cm)  | (Cm)     | Kg/Cm <sup>2</sup> |
| 01            | Adobe con 15% baba de nopal | 250   | 38.6  | 18.7  | 9.2      | <b>0.17</b>        |
| 02            | Adobe con 15% baba de nopal | 227   | 38.6  | 18.7  | 9.2      | <b>0.16</b>        |
| 03            | Adobe con 15% baba de nopal | 314   | 38.6  | 18.6  | 9.2      | <b>0.22</b>        |
| 04            | Adobe con 15% baba de nopal | 263   | 38.6  | 18.7  | 9.2      | <b>0.18</b>        |
| 05            | Adobe con 15% baba de nopal | 225   | 38.6  | 18.7  | 9.2      | <b>0.16</b>        |
| 06            | Adobe con 15% baba de nopal | 420   | 38.6  | 18.8  | 9.2      | <b>0.29</b>        |
|               |                             |       |       |       | Promedio | 0.22               |

En la tabla 68 se muestran los resultados del ensayo del mortero con baba de nopal, donde se muestra que el promedio de los especímenes de 15% BN ensayados es 0.22 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 69. Ensayo de resistencia de mortero con baba de nopal en adobes con 10%RC más 15%BN

| Muestra<br>N° | Descripción de la muestra.  | Carga | Largo | Ancho | Altura   | $\delta$           |
|---------------|-----------------------------|-------|-------|-------|----------|--------------------|
|               |                             | (Kgf) | (Cm)  | (Cm)  | (Cm)     | Kg/Cm <sup>2</sup> |
| 01            | Adobe con 10% RC más 15% BN | 313   | 38.7  | 18.8  | 9.2      | <b>0.21</b>        |
| 02            | Adobe con 10% RC más 15% BN | 168   | 38.9  | 19.0  | 9.4      | <b>0.11</b>        |
| 03            | Adobe con 10% RC más 15% BN | 213   | 38.7  | 18.8  | 9.3      | <b>0.15</b>        |
| 04            | Adobe con 10% RC más 15% BN | 271   | 38.8  | 18.8  | 9.3      | <b>0.19</b>        |
| 05            | Adobe con 10% RC más 15% BN | 241   | 38.7  | 18.2  | 9.2      | <b>0.17</b>        |
| 06            | Adobe con 10% RC más 15% BN | 191   | 38.7  | 18.8  | 9.2      | <b>0.13</b>        |
|               |                             |       |       |       | promedio | 0.18               |

En la tabla 69 se muestran los resultados del ensayo del mortero con baba de nopal, donde se muestra que el promedio de los especímenes de 15% BN más 10% RC ensayados es 0,18 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 70. Ensayo de resistencia de mortero con baba de nopal en adobes con 20%RC más 15%BN

| Muestra<br>N° | Descripción de la muestra.  | Carga | Largo | Ancho | Altura   | $\delta$           |
|---------------|-----------------------------|-------|-------|-------|----------|--------------------|
|               |                             | (Kgf) | (Cm)  | (Cm)  | (Cm)     | Kg/Cm <sup>2</sup> |
| 01            | Adobe con 20% RC más 15% BN | 220   | 38.6  | 18.9  | 9.2      | <b>0.15</b>        |
| 02            | Adobe con 20% RC más 15% BN | 219   | 38.6  | 18.8  | 9.4      | <b>0.16</b>        |
| 03            | Adobe con 20% RC más 15% BN | 222   | 38.6  | 18.8  | 9.3      | <b>0.15</b>        |
| 04            | Adobe con 20% RC más 15% BN | 223   | 38.6  | 18.8  | 9.3      | <b>0.15</b>        |
| 05            | Adobe con 20% RC más 15% BN | 229   | 38.6  | 18.8  | 9.2      | <b>0.16</b>        |
| 06            | Adobe con 20% RC más 15% BN | 220   | 38.6  | 18.8  | 9.2      | <b>0.15</b>        |
|               |                             |       |       |       | promedio | 0.16               |

En la tabla 70 se muestran los resultados del ensayo del mortero con baba de nopal, donde se muestra que el promedio de los especímenes de 15% BN más 20% RC ensayados es 0,18 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 71. Ensayo de resistencia de mortero con baba de nopal en adobes con 30%RC más 15%BN

| Muestra<br>N° | Descripción de la muestra.  | Carga | Largo | Ancho | Altura   | $\delta$           |
|---------------|-----------------------------|-------|-------|-------|----------|--------------------|
|               |                             | (Kgf) | (Cm)  | (Cm)  | (Cm)     | Kg/Cm <sup>2</sup> |
| 01            | Adobe con 30% RC más 15% BN | 163   | 38.6  | 18.9  | 9.2      | <b>0.11</b>        |
| 02            | Adobe con 30% RC más 15% BN | 161   | 38.6  | 18.9  | 9.4      | <b>0.11</b>        |
| 03            | Adobe con 30% RC más 15% BN | 131   | 38.6  | 18.9  | 9.3      | <b>0.09</b>        |
| 04            | Adobe con 30% RC más 15% BN | 130   | 38.6  | 18.9  | 9.3      | <b>0.09</b>        |
| 05            | Adobe con 30% RC más 15% BN | 169   | 38.6  | 18.9  | 9.2      | <b>0.12</b>        |
| 06            | Adobe con 30% RC más 15% BN | 163   | 38.6  | 18.9  | 9.2      | <b>0.11</b>        |
|               |                             |       |       |       | promedio | 0.11               |

En la tabla 71 se muestran los resultados del ensayo del mortero con baba de nopal, donde se muestra que el promedio de los especímenes de 15% BN más 30% RC ensayados es 0,11 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Análisis económico de la unidad de adobe convencional y la propuesta**

Respecto al objetivo evaluar económicamente el costo unitario de la unidad mejorada y compararla con la convencional normalmente realizada tenemos los siguientes costos unitarios.

Primeramente, se tiene el costo unitario de cada material estabilizante utilizado en el adobe, en este caso la baba de nopal y residuos cerámicos para realizar posteriormente el costo por unidad de adobe convencional y todos los adobes utilizados en la investigación, asimismo en el anexo 4 se muestran el costo de por millar de las unidades.

Tabla 72. Costo unitario de la obtención de baba de nopal

|                     |                                     |                  |                 |                   |                            |             |
|---------------------|-------------------------------------|------------------|-----------------|-------------------|----------------------------|-------------|
| <b>1</b>            | <b>ELABORACION DE BABA DE NOPAL</b> |                  |                 |                   | <b>Costo por litro S/.</b> | <b>0.03</b> |
| Unidad              | lt                                  |                  |                 |                   |                            |             |
| <b>Rendimiento</b>  | lt/d                                | <b>500.00</b>    |                 |                   |                            |             |
| <b>Recursos</b>     | <b>Und</b>                          | <b>Cuadrilla</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Precio S/.</b> | <b>Parcial S/.</b>         |             |
| <b>Mano de Obra</b> |                                     |                  |                 |                   |                            |             |
| Operario de baba    | hh                                  | 1.00             | 0.016           | 2.00              | 0.03                       | 0.03        |
| <b>Materiales</b>   |                                     |                  |                 |                   |                            |             |
| agua nopal          | m3                                  |                  | 0.005           | 0.33              | 0.00                       | 0.00        |
| <b>Equipos</b>      |                                     |                  |                 |                   |                            |             |
| Herramientas baba   | % M.O.                              | -                | 5.00            | 0.03              | 0.00                       | 0.00        |

En la tabla 72 se aprecia el costo por litro de baba de nopal (Opuntia ficus-indica) resultando 0.003 soles.

Tabla 73. Costo unitario de obtención de residuos cerámicos

| 2               |        | OBTENCION DE RESIDUOS CERAMICOS |          | Costo kg S/. | 0.26        |
|-----------------|--------|---------------------------------|----------|--------------|-------------|
| Unidad          | Kg     |                                 |          |              |             |
| Rendimiento     | kg/d   | 400.00                          |          |              |             |
| Recursos        | Und    | Cuadrilla                       | Cantidad | Precio S/.   | Parcial S/. |
| Mano de Obra    |        |                                 |          |              |             |
| Operario de RC  | hh     | 1.00                            | 0.020    | 4.00         | 0.08        |
| Peón de RC      | hh     | 2.00                            | 0.040    | 2.00         | 0.08        |
|                 |        |                                 |          |              | 0.16        |
| Materiales      |        |                                 |          |              |             |
|                 |        |                                 |          |              | 0.00        |
| Equipos         |        |                                 |          |              |             |
| Chancadora      | hm     | 1                               | 0.020    | 5.00         | 0.10        |
| Herramientas RC | % M.O. | -                               | 1        | 0.16         | 0.00        |
|                 |        |                                 |          |              | 0.10        |

En la tabla 73 se aprecia el costo por kilogramo de residuos cerámicos, en este caso el costo corresponde a la maquina triturador resultando 0.26 soles

Tabla 74. Costo unitario de un adobe patrón

|                |                             |           |          |            |                      |      |
|----------------|-----------------------------|-----------|----------|------------|----------------------|------|
| 3              | Adobe normalmente realizado |           |          |            | Costo por unidad S/. | 0.31 |
| Unidad         | Un                          |           |          |            |                      |      |
| Rendimiento    | Un/día                      | 500.00    |          |            |                      |      |
| Recursos       | Und                         | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/.          |      |
| Mano de Obra   |                             |           |          |            |                      |      |
| Operario adobe | hh                          | 1.00      | 0.016    | 10.00      | 0.16                 |      |
| Peón adobe     | hh                          | 1.00      | 0.016    | 8.00       | 0.13                 |      |
|                |                             |           |          |            | 0.29                 |      |
| Materiales     |                             |           |          |            |                      |      |
| agua Adobe     | m3                          |           | 0.0080   | 0.33       | 0.00                 |      |
| tierra         | m3                          |           | 0.008    | 1.00       | 0.01                 |      |
| Paja           | kg                          |           | 0.001    | 0.10       | 0.00                 |      |
|                |                             |           |          |            | 0.01                 |      |
| Equipos        |                             |           |          |            |                      |      |
| Herramientas   | %                           |           |          |            |                      |      |
| adobe          | M.O.                        | -         | 3.00     | 0.29       | 0.01                 |      |
|                |                             |           |          |            | 0.01                 |      |



En la tabla 74 se presenta el precio de la unidad de adobe teniendo en cuenta la mano de obra, materiales y equipos para su elaboración obteniendo un valor de 0.31 soles.

Tabla 75. Precio de unidad de adobe con 5% de baba de nopal

| 4                  |        | Adobe con 5 % de baba de nopal |          | Costo por unidad S/. | 0.35        |
|--------------------|--------|--------------------------------|----------|----------------------|-------------|
| Unidad             | Un     |                                |          |                      |             |
| Rendimiento        | Un/día | 500.00                         |          |                      |             |
| Recursos           | Und    | Cuadrilla                      | Cantidad | Precio S/.           | Parcial S/. |
| Mano de Obra       |        |                                |          |                      |             |
| Operario adobe     | hh     | 1.00                           | 0.016    | 10.00                | 0.16        |
| Peón adobe         | hh     | 1.00                           | 0.016    | 8.00                 | 0.13        |
|                    |        |                                |          |                      | 0.29        |
| Materiales         |        |                                |          |                      |             |
| agua Adobe         | m3     |                                | 0.0080   | 0.33                 | 0.00        |
| tierra             | m3     |                                | 0.008    | 1.00                 | 0.01        |
| Nopales            | lt     |                                | 1.2      | 0.03                 | 0.04        |
| Paja               | kg     |                                | 0        | 0.10                 | 0.00        |
|                    |        |                                |          |                      | 0.05        |
| Equipos            |        |                                |          |                      |             |
| Herramientas adobe | % M.O. | -                              | 3.00     | 0.29                 | 0.01        |
|                    |        |                                |          |                      | 0.01        |

En la tabla 75 se presenta el precio de la unidad de adobe con 5% de baba de nopal obteniendo un valor de 0.35 soles.

Tabla 76. Precio de unidad de adobe con 10% de baba de nopal

| 5                  |          | Adobe con 10 % de baba de nopal |          | Costo por unidad S/. | 0.39        |
|--------------------|----------|---------------------------------|----------|----------------------|-------------|
| Unidad             | millar   |                                 |          |                      |             |
| Rendimiento        | millar/d | 500.00                          |          |                      |             |
| Recursos           | Und      | Cuadrilla                       | Cantidad | Precio S/.           | Parcial S/. |
| Mano de Obra       |          |                                 |          |                      |             |
| Operario adobe     | hh       | 1.00                            | 0.016    | 10.00                | 0.16        |
| Peón adobe         | hh       | 1.00                            | 0.016    | 8.00                 | 0.13        |
|                    |          |                                 |          |                      | 0.29        |
| Materiales         |          |                                 |          |                      |             |
| agua Adobe         | m3       |                                 | 0.0080   | 0.33                 | 0.00        |
| tierra             | m3       |                                 | 0.008    | 1.00                 | 0.01        |
| Nopales            | lt       |                                 | 2        | 0.03                 | 0.08        |
| Paja               | kg       |                                 | 0        | 0.10                 | 0.00        |
|                    |          |                                 |          |                      | 0.09        |
| Equipos            |          |                                 |          |                      |             |
| Herramientas adobe | % M.O.   | -                               | 3.00     | 0.29                 | 0.01        |
|                    |          |                                 |          |                      | 0.01        |

En la tabla 76 se presenta el precio de la unidad de adobe con 10% de baba de nopal obteniendo un valor de 0.39 soles

Tabla 77. Precio de unidad de adobe con 15% de baba de nopal

| 6                   |            | Adobe con 15 % de baba de nopal |                 |                   | Costo por unidad S/. | 0.42 |
|---------------------|------------|---------------------------------|-----------------|-------------------|----------------------|------|
| Unidad              | Un         |                                 |                 |                   |                      |      |
| <b>Rendimiento</b>  | Un/día     | 500.00                          |                 |                   |                      |      |
| <b>Recursos</b>     | <b>Und</b> | <b>Cuadrilla</b>                | <b>Cantidad</b> | <b>Precio S/.</b> | <b>Parcial S/.</b>   |      |
| <b>Mano de Obra</b> |            |                                 |                 |                   |                      |      |
| Operario adobe      | hh         | 1.00                            | 0.016           | 10.00             | 0.16                 |      |
| Peón adobe          | hh         | 1.00                            | 0.016           | 8.00              | 0.13                 |      |
|                     |            |                                 |                 |                   |                      | 0.29 |
| <b>Materiales</b>   |            |                                 |                 |                   |                      |      |
| agua Adobe          | m3         |                                 | 0.0001          | 0.33              | 0.00                 |      |
| tierra              | m3         |                                 | 0.008           | 1.00              | 0.01                 |      |
| Nopales             | lt         |                                 | 3.6             | 0.03              | 0.11                 |      |
| Paja                | kg         |                                 | 0               | 0.10              | 0.00                 |      |
|                     |            |                                 |                 |                   |                      | 0.12 |
| <b>Equipos</b>      |            |                                 |                 |                   |                      |      |
| Herramientas adobe  | % M.O.     | -                               | 3.00            | 0.29              | 0.01                 |      |
|                     |            |                                 |                 |                   |                      | 0.01 |

En la tabla 77 se presenta el precio de la unidad de adobe con 15% de baba de nopal obteniendo un valor de 0.42 soles

Tabla 78. Precio de unidad de adobe con 15% BN 10 %RC

| 7                   |            | Adobe con 15 % de baba de nopal y 10% residuos cerámicos |                 |                   | Costo por unidad S/. | 0.66 |
|---------------------|------------|----------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|----------------------|------|
| Unidad              | Un         |                                                          |                 |                   |                      |      |
| <b>Rendimiento</b>  | Un/día     | 500.00                                                   |                 |                   |                      |      |
| <b>Recursos</b>     | <b>Und</b> | <b>Cuadrilla</b>                                         | <b>Cantidad</b> | <b>Precio S/.</b> | <b>Parcial S/.</b>   |      |
| <b>Mano de Obra</b> |            |                                                          |                 |                   |                      |      |
| Operario adobe      | hh         | 1.00                                                     | 0.016           | 10.00             | 0.16                 |      |
| Peón adobe          | hh         | 1.00                                                     | 0.016           | 8.00              | 0.13                 |      |
|                     |            |                                                          |                 |                   |                      | 0.29 |
| <b>Materiales</b>   |            |                                                          |                 |                   |                      |      |
| agua Adobe          | m3         |                                                          | 0.0001          | 0.33              | 0.00                 |      |
| tierra              | m3         |                                                          | 0.008           | 1.00              | 0.01                 |      |
| Nopales             | lt         |                                                          | 4               | 0.03              | 0.11                 |      |
| Residuos cerámicos  | kg         |                                                          | 1.200           | 0.20              | 0.24                 |      |
| Paja                | kg         |                                                          | 0.001           | 0.10              | 0.00                 |      |
|                     |            |                                                          |                 |                   |                      | 0.36 |
| <b>Equipos</b>      |            |                                                          |                 |                   |                      |      |
| Herramientas adobe  | % M.O.     | -                                                        | 3.00            | 0.29              | 0.01                 |      |
|                     |            |                                                          |                 |                   |                      | 0.01 |

En la tabla 78 se presenta el precio de la unidad de adobe con 15% de baba de nopal más 10% de residuos cerámicos obteniendo un valor de 0.66 soles.

Tabla 79. Precio de unidad de adobe con 15% BN 20 %RC

| 8                  |        | Adobe con 15 % de baba de nopal y 20 % residuos cerámicos |          |            | Costo por millar S/. | 0.90 |
|--------------------|--------|-----------------------------------------------------------|----------|------------|----------------------|------|
| Unidad             | Un     |                                                           |          |            |                      |      |
| Rendimiento        | Un/día | 500.00                                                    |          |            |                      |      |
| Recursos           | Und    | Cuadrilla                                                 | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/.          |      |
| Mano de Obra       |        |                                                           |          |            |                      |      |
| Operario adobe     | hh     | 1.00                                                      | 0.016    | 10.00      | 0.16                 |      |
| Peón adobe         | hh     | 1.00                                                      | 0.016    | 8.00       | 0.13                 |      |
|                    |        |                                                           |          |            | 0.29                 |      |
| Materiales         |        |                                                           |          |            |                      |      |
| agua Adobe         | m3     |                                                           | 0.0001   | 0.33       | 0.00                 |      |
| tierra             | m3     |                                                           | 0.008    | 1.00       | 0.01                 |      |
| Nopales            | lt     |                                                           | 3.60     | 0.03       | 0.11                 |      |
| Residuos cerámicos | kg     |                                                           | 2.400    | 0.20       | 0.48                 |      |
| Paja               | kg     |                                                           | 0.001    | 0.10       | 0.00                 |      |
|                    |        |                                                           |          |            | 0.60                 |      |
| Equipos            |        |                                                           |          |            |                      |      |
| Herramientas adobe | % M.O. | -                                                         | 3.00     | 0.29       | 0.01                 |      |
|                    |        |                                                           |          |            | 0.01                 |      |

En la tabla 79 se presenta el precio de la unidad de adobe con 15% de baba de nopal más 20% de residuos cerámicos obteniendo un valor de 0.90 soles

Tabla 80. Precio de unidad de adobe con 15% BN 30 %RC

| 9                  |        | Adobe con 15 % de baba de nopal y 30% residuos cerámicos |          |            | Costo por millar S/. | 1.14 |
|--------------------|--------|----------------------------------------------------------|----------|------------|----------------------|------|
| Unidad             | Un     |                                                          |          |            |                      |      |
| Rendimiento        | Un/día | 500.00                                                   |          |            |                      |      |
| Recursos           | Und    | Cuadrilla                                                | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/.          |      |
| Mano de Obra       |        |                                                          |          |            |                      |      |
| Operario adobe     | hh     | 1.00                                                     | 0.016    | 10.00      | 0.16                 |      |
| Peón adobe         | hh     | 1.00                                                     | 0.016    | 8.00       | 0.13                 |      |
|                    |        |                                                          |          |            | 0.29                 |      |
| Materiales         |        |                                                          |          |            |                      |      |
| agua Adobe         | m3     |                                                          | 0.0001   | 0.33       | 0.00                 |      |
| tierra             | m3     |                                                          | 0.008    | 1.00       | 0.01                 |      |
| Nopales            | lt     |                                                          | 3.6      | 0.03       | 0.11                 |      |
| Residuos cerámicos | kg     |                                                          | 3.600    | 0.20       | 0.72                 |      |
| Paja               | kg     |                                                          | 0.001    | 0.10       | 0.00                 |      |
|                    |        |                                                          |          |            | 0.84                 |      |
| Equipos            |        |                                                          |          |            |                      |      |
| Herramientas adobe | % M.O. | -                                                        | 3.00     | 0.29       | 0.01                 |      |
|                    |        |                                                          |          |            | 0.01                 |      |

En la tabla 80 se presenta el precio de la unidad de adobe con 15% de baba de nopal más 30% de residuos cerámicos obteniendo un valor de 1.14 soles

### **Análisis estadístico**

Al ser una investigación de tipo experimental, se realizó el análisis estadístico para proveer las medidas de tendencia central dependiendo de los resultados obtenidos.

### **Población total según tipo de adobe**

En la siguiente tabla y grafico circular se indica la cantidad total de población de adobes, esto según el tipo de adobe, teniendo en cuenta que el significado de BN y RC corresponden a baba de nopal y residuos cerámicos respectivamente, con un total de 593 adobes.

Tabla 81. Población de adobes

| Tipo de adobe               | Cantidad |
|-----------------------------|----------|
| Adobe patrón                | 134      |
| Adobe con 5% baba de nopal  | 8        |
| Adobe con 10% baba de nopal | 8        |
| Adobe con 15% baba de nopal | 20       |
| Adobe con 15% BN y 10% RC   | 141      |
| Adobe con 15% BN y 20% RC   | 141      |
| Adobe con 15% BN y 30% RC   | 141      |
| Suma                        | 593      |

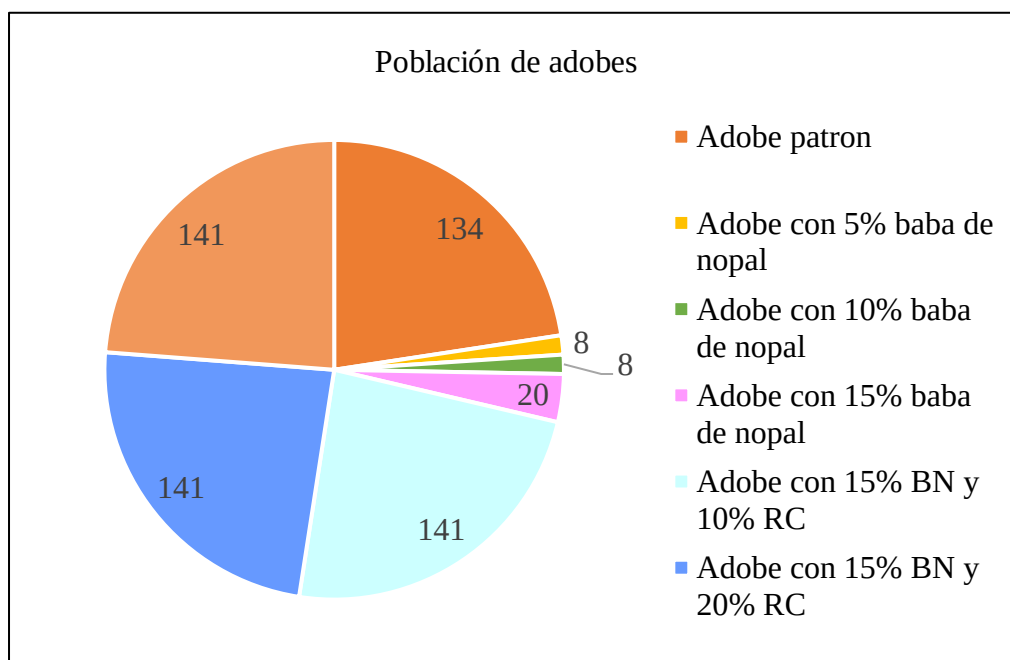


Gráfico 24. Población de adobes

### Distribución de muestras

En el siguiente grafico circular se indica la cantidad de muestras con relación a cada ensayo de la población de adobes.

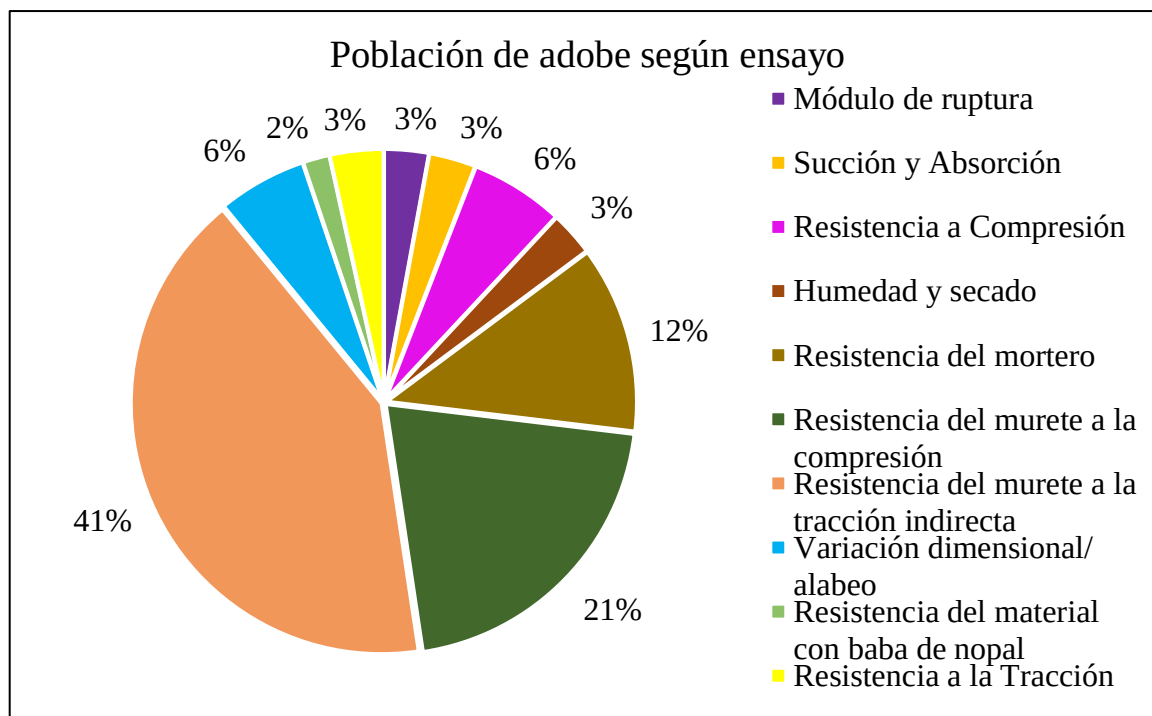


Gráfico 25. Población de adobe según ensayo

### Ensayo de módulo de ruptura

Tabla 82. Medidas de tendencia central Mr

| Módulo de ruptura |                          |       |         |
|-------------------|--------------------------|-------|---------|
| Muestra de Adobe  | Mr (kg/cm <sup>2</sup> ) | Media | Mediana |
| Patrón            | 3.57                     | 4.14  | 3.95    |
| 5% BN             | 3.80                     |       |         |
| 10 % BN           | 4.10                     |       |         |
| 15 % BN           | 5.1                      |       |         |

Nota: Se presenta la media y mediana del análisis del ensayo de módulo de ruptura

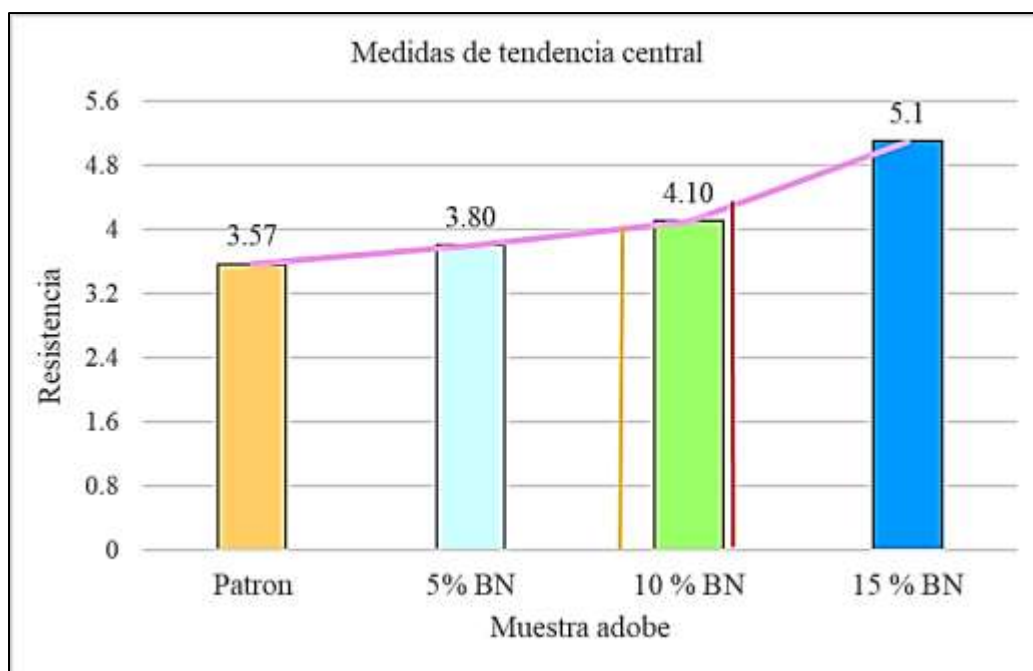


Gráfico 26. Medidas de tendencia central Mr

En el grafico 26 se muestra el promedio de los datos del ensayo de módulo de ruptura, o mejor dicho estadísticamente, media. Este valor se encuentra representado por la línea de color rojo igual a  $4.14 \text{ kg/cm}^2$ . De igual manera el valor que posee el lugar central de datos, conocido como mediana, con una cantidad de  $3.95 \text{ kg/cm}^2$ , representado por la línea de color naranja.

En cuanto a la simetría se puede decir que la forma de datos del ensayo de módulo de ruptura es asimétrica positiva en este caso; sesgada hacia la derecha, puesto que la media es mayor a la mediana. Por otro lado, la curtosis tiene un valor de 2.01 la cual sería leptocúrtica (forma de curva alta), lo cual indica que los datos ocupan un elevado grado de concentración, esto alrededor de valor central.

Tabla 83. Medidas de dispersión de ensayo Mr

| Medidas de dispersión    |        |
|--------------------------|--------|
| Promedio                 | 4.14   |
| Varianza                 | 0.45   |
| Desviación estándar      | 0.67   |
| Coeficiente de variación | 16.28% |
| Máximo                   | 5.10   |
| Mínimo                   | 3.57   |
| Rango                    | 1.53   |

En la tabla 83 se indican las medidas de dispersión, en este caso: la varianza y la desviación estándar, valor máximo y mínimo y por ende el rango. De esto se puede recalcar que la desviación estándar indica la dispersión de datos, en nuestra muestra es de 0.67 lo que revela que no hay mucha dispersión, asimismo por el coeficiente de variación de 16.28% se puede decir que los datos son relativamente homogéneos.

La siguiente tabla, muestra de los valores del ensayo de módulo de ruptura de los 4 tipos de adobe ensayados, con un promedio de 4.14 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 84.Elementos para grafica desviación estándar (Mr)

| Desviación  |          |                    |                    |
|-------------|----------|--------------------|--------------------|
| Mr (kg/cm2) | Promedio | Lim.max Desviación | Lim.min Desviación |
| 3.57        | 4.14     | 4.82               | 3.47               |
| 3.80        | 4.14     | 4.82               | 3.47               |
| 4.1         | 4.14     | 4.82               | 3.47               |
| 5.1         | 4.14     | 4.82               | 3.47               |

En la siguiente gráfica, la línea fucsia muestra la resistencia de las muestras mediante ensayo de módulo de ruptura, la línea celeste representado por el valor de 4.14 kg/cm<sup>2</sup> muestra el promedio, la línea azul muestra el límite superior de desviación cuyo valor es 4.82 kg/cm<sup>2</sup>, la línea verde muestra el límite inferior de desviación correspondiente a 3.47 kg/cm<sup>2</sup>. En este caso los valores que se encuentran en el límite máximo (línea azul) y el límite mínimo (línea verde), corresponden a valores normales. Pero hay un valor fuera de dicho rango.

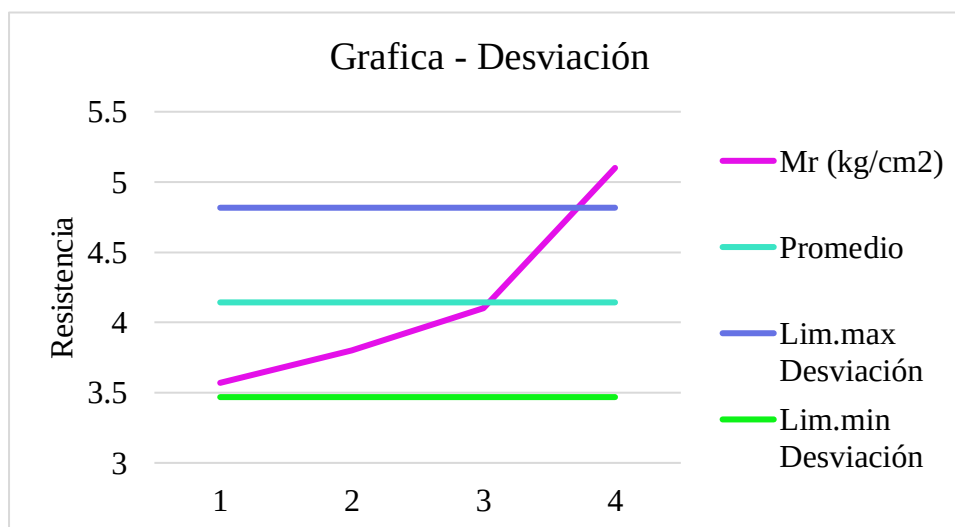


Gráfico 27.Desviación estándar de ensayo de módulo de ruptura

Tabla 85. Dispersión de todas las muestras de Mr

| Mr (kg/cm <sup>2</sup> )  |          |                          |
|---------------------------|----------|--------------------------|
| Muestra                   | $\sigma$ | Coeficiente de variación |
| Adobe patrón              | 0.31     | 8.78%                    |
| Adobe -5% baba de nopal   | 0.18     | 4.76%                    |
| Adobe - 10% baba de nopal | 0.16     | 3.94%                    |
| Adobe - 15% baba de nopal | 0.39     | 7.66%                    |

La tabla 85 muestra la desviación estándar y coeficiente de variación de las cinco unidades ensayadas por muestra según tipo de adobe. Asimismo, es importante señalar que estas dos medidas son las más importantes en la estadística descriptiva pues ayudan a saber la dispersión de los datos. Empezando por las 5 muestras de adobe patrón se tiene una desviación de 0.31, este valor simboliza que no existe mucha dispersión entre las muestras; evidenciado a la misma vez en el coeficiente de 9.78%, en este caso la calidad de resultados del ensayo para este adobe es de buena y no cuenta con mucho error; es así que el estudio de las muestras patrones para el ensayo de módulo de ruptura es correcto y homogéneo. De la misma forma en el caso de las 5 muestras de adobe con 5%, 10% y 15% de BN, la desviación es de 0.18, 0.16 y 0.39, lo que indica que no existe mucha dispersión; evidenciado también en sus coeficientes de 4.76%, 3.94% y 7.66%. De esto se puede decir que los resultados del ensayo para tipos de adobe con baba de nopal son de buena calidad y con un error bajo. En este caso el estudio de las muestras con nopal para el ensayo de módulo de ruptura es correcto.

### Ensayo de resistencia a compresión

Tabla 86. Medidas de tendencia central de resistencia a compresión

| Resistencia a la compresión |                           |       |         |
|-----------------------------|---------------------------|-------|---------|
| Muestra de Adobe            | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | Media | Mediana |
| Patrón                      | 8.55                      | 9.82  | 10.2    |
| 5% BN                       | 9.30                      |       |         |
| 10 % BN                     | 10                        |       |         |
| 15 % BN                     | 10.2                      |       |         |
| 15% BN+10%RC                | 10.21                     |       |         |
| 15% BN+20%RC                | 10.24                     |       |         |
| 15% BN+30%RC                | 10.26                     |       |         |

Nota: Se presenta la media y mediana del análisis del ensayo de compresión



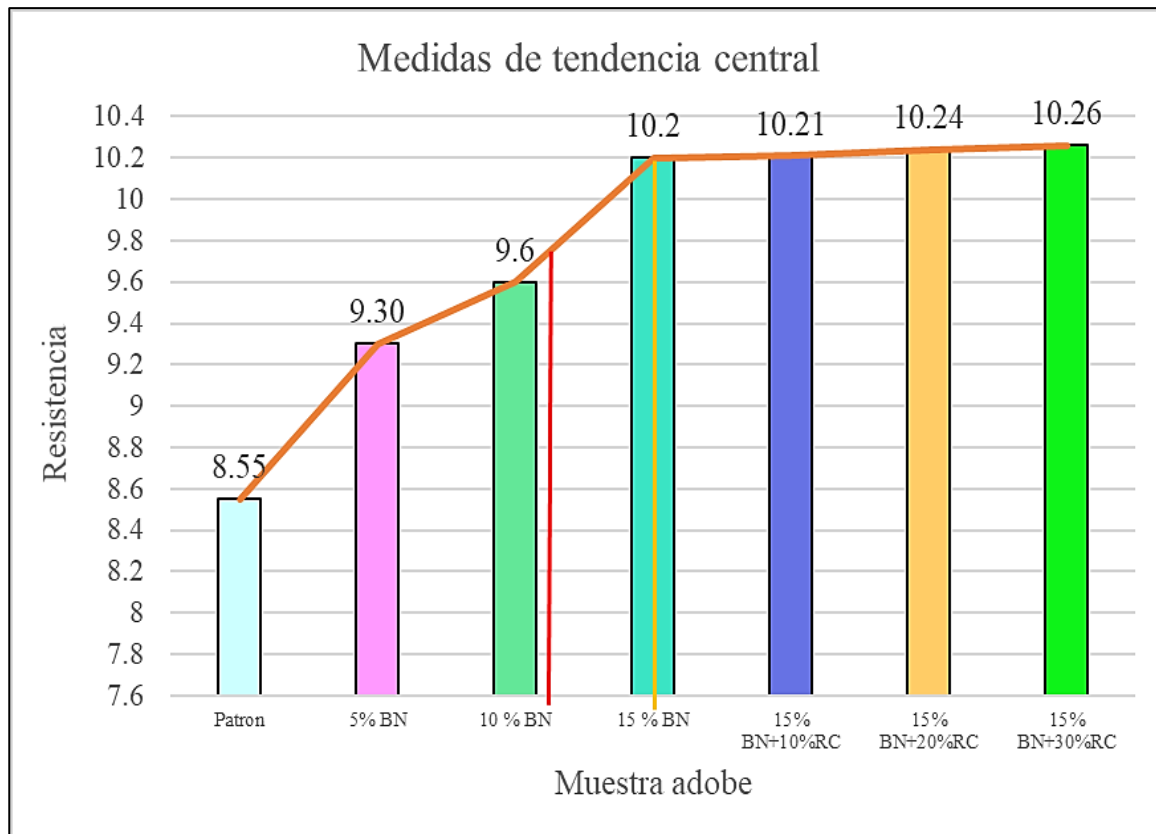


Gráfico 28. Medidas de tendencia central /ensayo compresión

En el grafico 28 se muestra el promedio de los datos del ensayo de compresión, o mejor dicho estadísticamente, media. Este valor se encuentra representado por la línea de color rojo igual a  $9.77 \text{ kg/cm}^2$ . De igual manera el valor que posee el lugar central de datos, conocido como mediana, con una cantidad de  $10.2 \text{ kg/cm}^2$ , representado por la línea de color naranja.

En cuanto a la asimetría se puede decir que la forma de datos del ensayo de compresión es asimétrica negativa, en este caso sesgada a la izquierda, dado que la media es menor a la mediana. Por otro lado, la curtosis tiene un valor de 0.71, la cual sería Leptocúrtica (forma de curva alta), lo cual indica que los datos ocupan un elevado grado de concentración, esto alrededor de valor central.

Tabla 87. Medidas de dispersión de ensayo de compresión

| Medidas de dispersión    |       |
|--------------------------|-------|
| Promedio                 | 9.77  |
| Varianza                 | 0.43  |
| Desviación estándar      | 0.66  |
| Coeficiente de variación | 6.71% |
| Máximo                   | 10.26 |
| Mínimo                   | 8.55  |
| Rango                    | 1.71  |

En la tabla 87 se indican las medidas de dispersión, en este caso: la varianza y la desviación estándar, valor máximo y mínimo y por ende el rango. De esto se puede recalcar que la desviación estándar indica la dispersión de datos, en nuestra muestra es de 0.66 lo que revela que no hay mucha dispersión. Asimismo, por el coeficiente de variación de 6.71% se puede decir que los datos son relativamente homogéneos.

La siguiente tabla, muestra de los valores del ensayo de resistencia a la compresión de los 7 tipos de adobe ensayados, con un promedio de 9.77kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 88.Elementos para grafica desviación estándar (compresión)

| Desviación            |          |                    |                    |
|-----------------------|----------|--------------------|--------------------|
| (kg/cm <sup>2</sup> ) | Promedio | Lim.max Desviación | Lim.min Desviación |
| 8.55                  | 9.77     | 10.42              | 9.11               |
| 9.3                   | 9.77     | 10.42              | 9.11               |
| 9.6                   | 9.77     | 10.42              | 9.11               |
| 10.2                  | 9.77     | 10.42              | 9.11               |
| 10.21                 | 9.77     | 10.42              | 9.11               |
| 10.24                 | 9.77     | 10.42              | 9.11               |
| 10.26                 | 9.77     | 10.42              | 9.11               |

En la siguiente gráfica, la línea azul muestra la resistencia de las muestras mediante ensayo de compresión, la línea naranja representado por el valor de 9.82 kg/cm<sup>2</sup> muestra el promedio, la línea ploma muestra el límite superior de desviación cuyo valor es 10.42kg/cm<sup>2</sup>, la línea amarilla muestra el límite inferior de desviación correspondiente a 9.11 kg/cm<sup>2</sup>. En este caso los valores que se encuentran en el límite máximo (línea ploma) y el límite mínimo (línea amarilla), corresponden a valores normales. Pero hay un valor fuera de dicho rango.

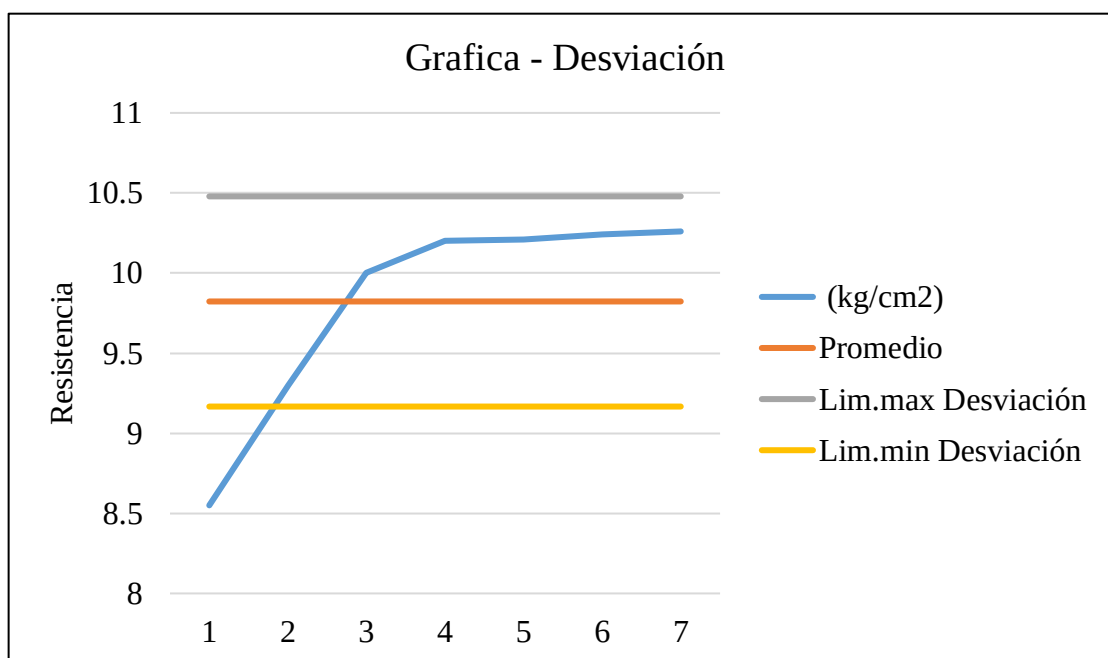


Gráfico 29.Desviación estándar de ensayo de compresión

Tabla 89.Dispersión de todas las muestras de Compresión en cubos

| Ensayo de compresión |          |                          |
|----------------------|----------|--------------------------|
| Muestra              | $\sigma$ | Coeficiente de variación |
| Patrón               | 0.33     | 3.99%                    |
| 5% BN                | 0.27     | 2.92%                    |
| 10% BN               | 0.37     | 3.95%                    |
| 15% BN               | 0.61     | 6.16%                    |
| 15% BM +10% RC       | 0.13     | 1.24%                    |
| 15% BM +10% RC       | 0.10     | 1.01%                    |
| 15% BM +10% RC       | 0.10     | 1.03%                    |

La tabla 89 muestra la desviación estándar y coeficiente de variación de las 6 unidades ensayadas por muestra según tipo de adobe. Asimismo, es importante señalar que estas dos medidas son las más importantes en la estadística descriptiva pues ayudan a saber la dispersión de los datos. Empezando por las 6 muestras de adobe patrón se tiene una desviación de 0.33, este valor simboliza que no existe mucha dispersión entre las muestras; evidenciado a la misma vez en el coeficiente de 3.99%, en este caso la calidad de resultados del ensayo para este adobe es de buena y no cuenta con mucho error; es así que el estudio de las muestras patrones para el ensayo de compresión es correcto. De la misma forma en el caso de las 6 muestras de adobe con 5%, 10% y 15% de BN, la desviación es de 0.27, 0.37 y 0.61 respectivamente, lo que indica que no existe mucha dispersión; evidenciado también en sus coeficientes de 2.92 %,3.95 % y 6.16%. De esto se puede decir que los

resultados del ensayo para tipos de adobe con baba de nopal son de buena calidad y no cuenta con gran error. En este caso el estudio de las muestras con nopal para el ensayo de compresión es correcto. Para terminar en las 6 muestras de adobe con RC más BN, la desviación es de 0.13, 0.10 y 0.10, lo que indica que no existe mucha dispersión; evidenciado también en sus coeficientes de 1.24 %,1.01 % y 1.03 %. De esto se puede decir que los resultados del ensayo para tipos de adobe con baba de nopal más residuos cerámicos son de buena calidad y no cuenta con gran error. En este caso el estudio de estas últimas muestras de compresión es correcto.

### Ensayo de succión

Tabla 90. Medidas de tendencia central /ensayo succión

| Ensayo de succión |      |       |         |
|-------------------|------|-------|---------|
| Muestra de Adobe  | %    | Media | Mediana |
| Patrón            | 1.2  | 1.00  | 1.000   |
| 5% BN             | 1.10 |       |         |
| 10 % BN           | 1    |       |         |
| 15 % BN           | 0.7  |       |         |
| 15% BN+10%RC      | 0.89 |       |         |
| 15% BN+20%RC      | 1.53 |       |         |
| 15% BN+30%RC      | 0.55 |       |         |

Nota: Se presenta la media y mediana del ensayo de succión

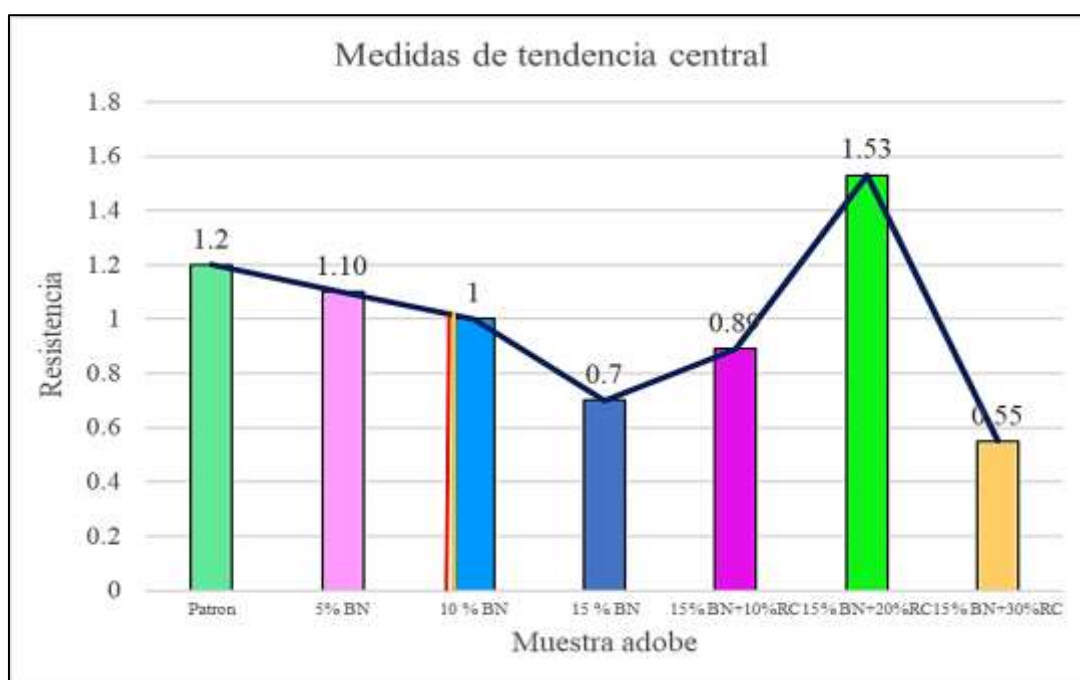


Gráfico 30. Medidas de tendencia central de ensayo succión

En el grafico 30 se muestra el promedio de los datos del ensayo de succión, o mejor dicho estadísticamente, media. Este valor se encuentra representado por la línea de color rojo igual a 1%. De igual manera el valor que posee el lugar central de datos, conocido como mediana, con una cantidad de 1%, representado por la línea de color naranja.

En cuanto a la asimetría se puede decir que la forma de datos del ensayo de succión es simetría, dado que la media es igual a la mediana. Por otro lado, la curtosis tiene un valor de 0.03, la cual sería Leptocúrtica (forma de curva alta), lo cual indica que los datos ocupan un elevado grado de concentración, esto alrededor de valor central.

Tabla 91. Medidas de dispersión de ensayo de succión

| Medidas de dispersión    |        |
|--------------------------|--------|
| Promedio                 | 1.00   |
| Varianza                 | 0.11   |
| Desviación estándar      | 0.33   |
| Coeficiente de variación | 32.68% |
| Máximo                   | 1.53   |
| Mínimo                   | 0.55   |
| Rango                    | 0.98   |

En la tabla 91 se indican las medidas de dispersión, en este caso: la varianza y la desviación estándar, valor máximo y mínimo y por ende el rango. De esto se puede recalcar que la desviación estándar indica la dispersión de datos, en nuestra muestra es de 0.33 lo que revela que no hay mucha dispersión. Asimismo, por el coeficiente de variación de 32.68% se puede decir que los datos son heterogéneos.

La siguiente tabla, muestra de los valores del ensayo de succión de los 7 tipos de adobe ensayados, con un promedio de 1%

Tabla 92. Elementos para grafica desviación estándar (succión)

| Desviación |          |                    |                    |
|------------|----------|--------------------|--------------------|
| %          | Promedio | Lim.max Desviación | Lim.min Desviación |
| 1.2        | 1.00     | 1.32               | 0.67               |
| 1.1        | 1.00     | 1.32               | 0.67               |
| 1          | 1.00     | 1.32               | 0.67               |
| 0.7        | 1.00     | 1.32               | 0.67               |
| 0.89       | 1.00     | 1.32               | 0.67               |
| 1.53       | 1.00     | 1.32               | 0.67               |
| 0.55       | 1.00     | 1.32               | 0.67               |

En la siguiente gráfica, la línea fucsia muestra la resistencia de succión de las muestras, la línea naranja representado por el valor de 1% muestra el promedio, la línea verde muestra el límite superior de desviación cuyo valor es 1.32%, la línea amarilla muestra el límite inferior de desviación correspondiente a 0.67%. En este caso los valores que se encuentran en el límite máximo (línea verde) y el límite mínimo (línea amarilla), corresponden a valores normales. Pero hay dos valores fuera de dicho rango.

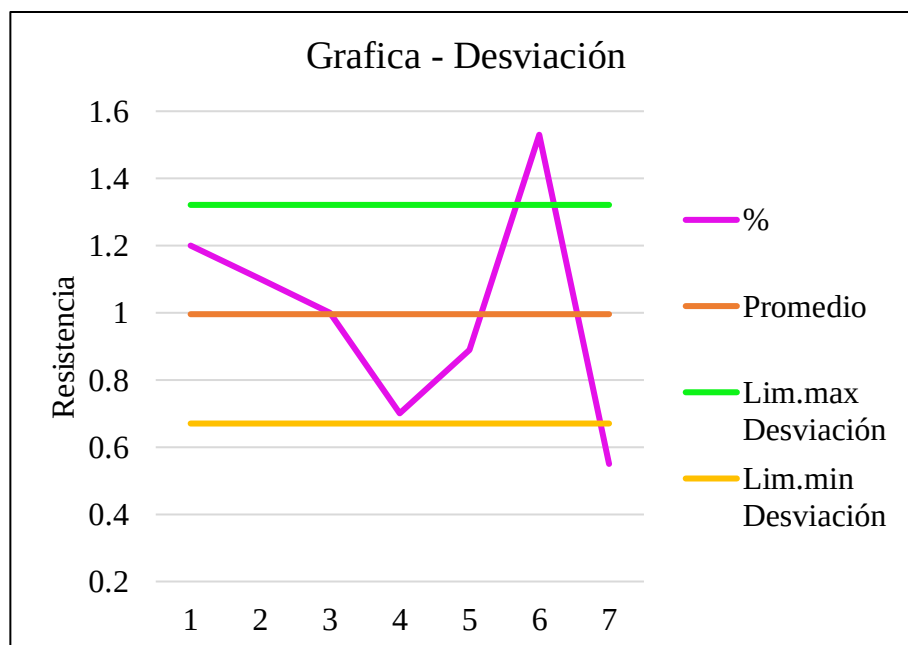


Gráfico 31. Desviación estándar de ensayo de succión

Tabla 93. Dispersión de todas las muestras de succión

| Ensayo de succión |          |                          |
|-------------------|----------|--------------------------|
| Muestra           | $\sigma$ | Coeficiente de variación |
| Patrón            | 0.54     | 45.96%                   |
| 5% BN             | 0.20     | 17.96%                   |
| 10% BN            | 0.37     | 36.56%                   |
| 15% BN            | 0.34     | 45.78%                   |
| 15% BN +10% RC    | 0.21     | 23.30%                   |
| 15% BN+20% RC     | 0.94     | 61.45%                   |
| 15% BN +30% RC    | 0.13     | 23.31%                   |

La tabla 93 muestra la desviación estándar y coeficiente de variación de las 5 medias unidades ensayadas según tipo de adobe por succión. En cuanto a la dispersión de los datos, empezando por las muestras de adobe patrón se tiene una desviación de 0.54, valor que simboliza poca dispersión entre las muestras; con un coeficiente de 45.96 %, en este caso la calidad de resultados del ensayo para este adobe es de buena y el error es aceptable; teniendo un estudio de las muestras patrones correcto, aunque los valores sean heterogéneos con valores diferentes, pero no tan dispersos. De la misma forma en el caso de las muestras de adobe con 5%, 15% BN+ 10% RC y 15% BN`+30%RC, la desviación es de 0.20, 0.21 y 0.13, lo que indica que no existe mucha dispersión; evidenciado también en sus coeficientes de 17.96%,23.30 % y 23.31%. De esto se puede decir que los resultados del ensayo para tipos de adobe con dichas características son de buena calidad y no cuenta con gran error. En este caso el estudio de las muestras para el ensayo de succión es correcto, reflejando en un coeficiente de variación con datos homogéneos. Para terminar las muestras de adobe 10% BN, 15%BN y 15% BN+20% RC, cuentan con datos heterogéneos pero su dispersión no es muy considerable, dado que la desviación es de 0.37, 0.34 y 0.94. En este caso el estudio de estas últimas muestras de succión es correcto.

### Ensayo de Absorción

Tabla 94. Medidas de tendencia central /ensayo absorción

| Ensayo de Absorción |       |       |         |
|---------------------|-------|-------|---------|
| Muestra de Adobe    | %     | Media | Mediana |
| Patrón              | -6.98 | 4.87  | 8.43    |
| 5% BN               | 9.60  |       |         |
| 10 % BN             | 9     |       |         |
| 15 % BN             | 7.85  |       |         |

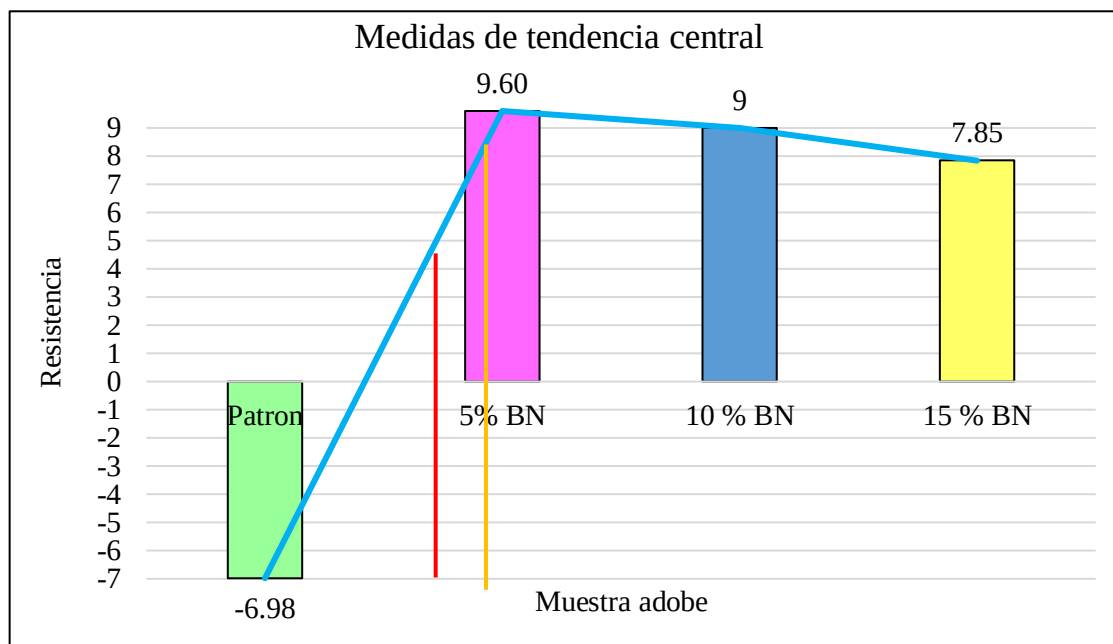


Gráfico 32. Medidas de tendencia central de ensayo succión

En el grafico 32 se muestra el promedio de los datos del ensayo de absorción, o mejor dicho estadísticamente, media. Este valor se encuentra representado por la línea de color rojo igual a 4.87%. De igual manera el valor que posee el lugar central de datos, conocido como mediana, con una cantidad de 8.43%, representado por la línea de color naranja.

En cuanto a la asimetría se puede decir que la forma de datos del ensayo de succión es asimétrica, dado que la media es menor a la mediana en este caso sesgada hacia la izquierda. Por otro lado, la curtosis tiene un valor de 3.83, la cual sería Leptocúrtica (forma de curva alta), lo cual indica que los datos ocupan un elevado grado de concentración, esto alrededor de valor central.

Tabla 95. Medidas de dispersión de ensayo de absorción

| Medidas de dispersión    |       |
|--------------------------|-------|
| Promedio                 | 4.87  |
| Varianza                 | 62.91 |
| Desviación estándar      | 7.93  |
| Coeficiente de variación | 163%  |
| Máximo                   | 9.60  |
| Mínimo                   | -6.98 |



En la tabla 95 se indican las medidas de dispersión, en este caso: la varianza y la desviación estándar, valor máximo y mínimo y por ende el rango. De esto se puede recalcar que la desviación estándar indica la dispersión de datos, en nuestra muestra es de 7.93 lo que revela que hay mucha dispersión. Asimismo, por el coeficiente de variación de 163% se puede decir que los datos son heterogéneos muy variables.

La siguiente tabla, muestra de los valores del ensayo de absorción de los 4 tipos de adobe ensayados, con un promedio de 4.87%.

Tabla 96. Elementos para grafica Desviación estándar (Absorción)

| Desviación |          |                    |                    |
|------------|----------|--------------------|--------------------|
| %          | Promedio | Lim.max Desviación | Lim.min Desviación |
| -6.98      | 4.87     | 12.80              | -3.06              |
| 9.6        | 4.87     | 12.80              | -3.06              |
| 9          | 4.87     | 12.80              | -3.06              |
| 7.85       | 4.87     | 12.80              | -3.06              |

En la siguiente gráfica, la línea de color azul muestra la resistencia por absorción de las muestras, la línea naranja representado por el valor de 4.87 % muestra el promedio, la línea ploma muestra el límite superior de desviación cuyo valor es 12.80%, la línea amarilla muestra el límite inferior de desviación correspondiente a -3.06 %. En este caso los valores que se encuentran en el límite máximo (línea ploma) y el límite mínimo (línea amarilla), corresponden a valores normales. Pero hay un valor fuera de dicho rango.

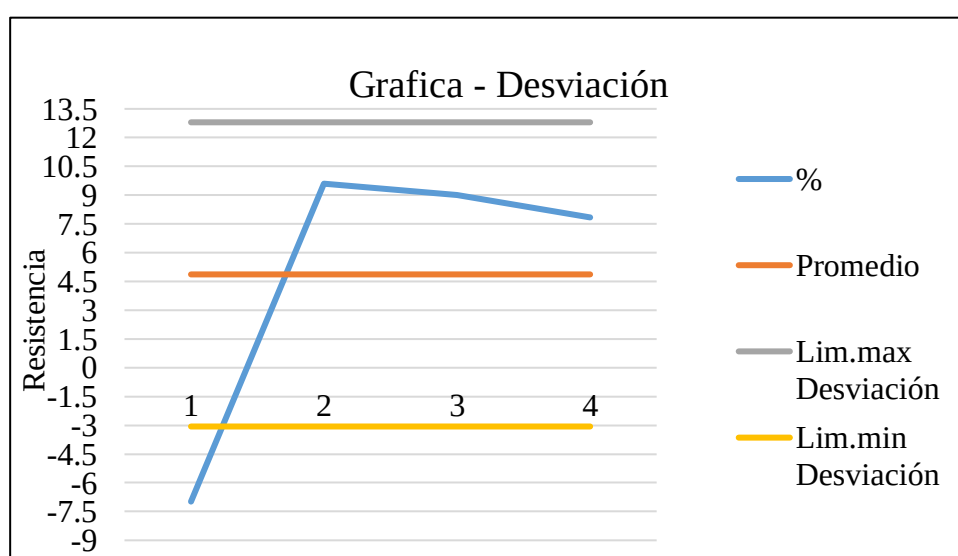


Gráfico 33. Desviación estándar de ensayo de absorción

Tabla 97. Dispersión de todas las muestras de Absorción

| Ensayo de absorción |          |                          |
|---------------------|----------|--------------------------|
| Muestra             | $\sigma$ | Coeficiente de variación |
| Patrón              | 12.16    | -174.03%                 |
| 5% BN               | 6.02     | 63.00%                   |
| 10% BN              | 8.83     | 99.07%                   |
| 15% BN              | 4.50     | 57.39%                   |

La tabla 97 muestra la desviación estándar y coeficiente de variación de las 5 medias unidades ensayadas según tipo de adobe por absorción. En cuanto a la dispersión de los datos, empezando por las muestras de adobe patrón se tiene una desviación de 12.16, valor que simboliza dispersión entre las muestras; con un coeficiente de -174.03 %, estos valores se deben a que dicho ensayo es destructivo para el adobe, el signo negativo simboliza que el adobe se desintegra, es así que los datos varían entre sí, contando con valores muy heterogéneos. De la misma forma en el caso de las muestras de adobe con 5%, 10% y 15% de baba de nopal, la desviación es de 6.02, 8.83 y 4.50, lo que indica dispersión; evidenciado también en sus coeficientes de 63%, 99.07 % y 57.39 %. De esto se puede decir que los resultados del ensayo para tipos de adobe con dichas características es mejor que la de los adobes patrones, en este caso se evidencia que la baba de nopal mejora la acción del agua esto se debe a que la desviación estándar es menor, contando con un error menor. En este caso el estudio de las muestras para el ensayo de absorción es correcto.

### Ensayo de Variación dimensional

Para este ensayo se toman las medidas de adobe, en este caso ancho, largo y espesor; cabe recalcar que las medidas de la adobera con la que se realizaron los adobes son de 20 cm, 40 cm y 10 cm.

Tabla 98. Medidas de tendencia central de Variación dimensional -largo

| Ensayo de Variación dimensional |           |       |         |
|---------------------------------|-----------|-------|---------|
| Muestra de Adobe                | Largo(cm) | Media | Mediana |
| Patrón                          | 38.47     | 38.51 | 38.48   |
| 15% BN+10%RC                    | 38.39     |       |         |
| 15% BN+20%RC                    | 38.68     |       |         |
| 15% BN+30%RC                    | 38.50     |       |         |

Nota: Se presenta la media y mediana del análisis del ensayo de variación dimensional

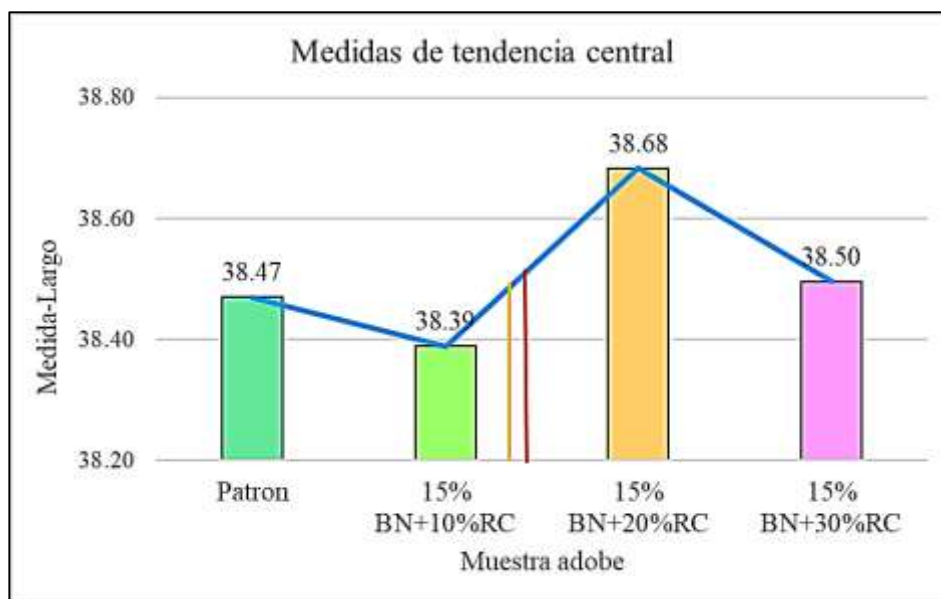


Gráfico 34. Medidas de tendencia central ensayo VD-Largo

En el gráfico 34 se muestra el promedio de los datos del ensayo de variación dimensional de largo del adobe, o mejor dicho estadísticamente, media. Este valor se encuentra representado por la línea de color rojo igual a 38.51 cm. De igual manera el valor que posee el lugar central de datos, conocido como mediana, con una cantidad de 38.48 cm, representado por la línea de color naranja.

En cuanto a la asimetría se puede decir que la forma de datos del ensayo de dimensionamiento - largo es asimétrica positiva, en este caso sesgada a la derecha, dado que la media es mayor a la mediana, cabe recalcar también que los valores no son muy lejanos por lo que podría ser de forma casi simétrica. Por otro lado, la curtosis tiene un valor de 2.12, la cual sería Leptocúrtica (forma de curva alta), lo cual indica que los datos ocupan un elevado grado de concentración, esto alrededor de valor central.

Tabla 99. Medidas de dispersión de ensayo de variación dimensional (largo)

| Medidas de dispersión   |       |
|-------------------------|-------|
| Promedio                | 38.51 |
| Varianza                | 0.02  |
| Desviación estándar     | 0.12  |
| Coficiente de variación | 0.32% |
| Máximo                  | 38.68 |
| Mínimo                  | 38.39 |
| Rango                   | 0.29  |

En la tabla 99 se indican las medidas de dispersión, en este caso: la varianza y la desviación estándar, valor máximo y mínimo y por ende el rango. De esto se puede recalcar que la desviación estándar indica la dispersión de datos, en nuestra muestra es de 0.12 lo que revela que no hay mucha dispersión. Asimismo, por el coeficiente de variación de 0.32% se puede decir que los datos son relativamente homogéneos.

La siguiente tabla, muestra de los valores del ensayo de variación dimensional -largo de los 4 tipos de adobe ensayados, con un promedio de 38.51cm.

Tabla 100. Elementos para grafica Desviación estándar (VD-largo)

| Desviación |          |                    |                    |
|------------|----------|--------------------|--------------------|
| Largo(cm)  | Promedio | Lim.max Desviación | Lim.min Desviación |
| 38.47      | 38.51    | 38.63              | 38.39              |
| 38.389     | 38.51    | 38.63              | 38.39              |
| 38.683     | 38.51    | 38.63              | 38.39              |
| 38.496     | 38.51    | 38.63              | 38.39              |

En la siguiente gráfica, la línea azul muestra las medidas de largo de las muestras mediante ensayo de dimensionamiento, la línea verde representado por el valor de 38.51 cm muestra el promedio, la línea fucsia muestra el límite superior de desviación cuyo valor es 38.63cm, la línea amarilla muestra el límite inferior de desviación correspondiente a 38.39 cm. En este caso los valores que se encuentran en el límite máximo (línea fucsia) y el límite mínimo (línea amarilla), corresponden a valores normales. Pero hay un valor fuera de dicho rango.

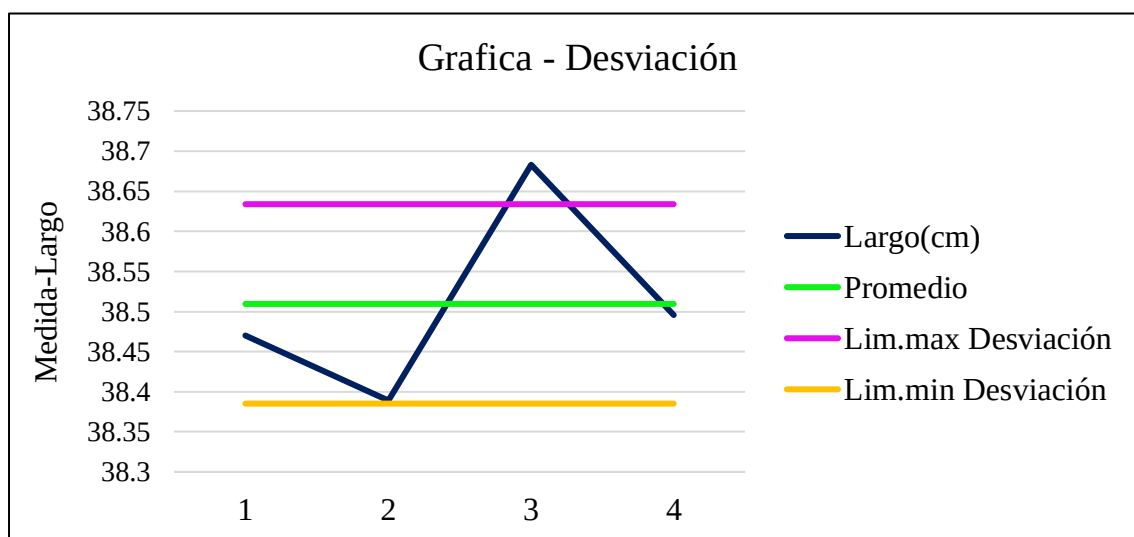


Gráfico 35. Desviación estándar de ensayo de dimensionamiento -largo

Tabla 101. Dispersión de todas las muestras de dimensionamiento  
/largo

| Ensayo de Variación dimensional |          |                          |
|---------------------------------|----------|--------------------------|
| Muestra                         | $\sigma$ | Coeficiente de variación |
| Patrón                          | 0.04     | 0.10%                    |
| 15% BM +10% RC                  | 0.07     | 0.18%                    |
| 15% BM +10% RC                  | 0.13     | 0.34%                    |
| 15% BM +10% RC                  | 0.05     | 0.12%                    |

La tabla 101 muestra la desviación estándar y coeficiente de variación de las medidas del largo de 10 unidades ensayadas por muestra según tipo de adobe. Asimismo, es importante señalar que estas dos medidas son las más importantes en la estadística descriptiva pues ayudan a saber la dispersión de los datos. Empezando por las muestras de adobe patrón se tiene una desviación de 0.04, este valor simboliza que no existe mucha dispersión entre las muestras; evidenciado a la misma vez en el coeficiente de 0.10 %, en este caso la calidad de resultados del ensayo para este adobe es buena y no cuenta con mucho error; es así que el estudio de las muestras patrones para el ensayo de variación dimensional del largo es correcto. De la misma forma en el caso de las muestras de adobe con 10%, 20% y 30% de RC más 15% de BN, la desviación es de 0.07, 0.13 y 0.05, lo que indica que no existe mucha dispersión; evidenciado también en sus coeficientes de 0.18%, 0.34% y 0.12%. De esto se puede decir que los resultados del ensayo para tipos de adobe con baba de nopal y residuos cerámicos son de buena calidad y no cuenta con gran error. En este caso el estudio de las muestras en cuanto a las medidas de largo de adobe es correcto.

Tabla 102. Medidas de tendencia central de Variación dimensional -  
Ancho

| Ensayo de Variación dimensional |           |       |         |
|---------------------------------|-----------|-------|---------|
| Muestra de Adobe                | Ancho(cm) | Media | Mediana |
| Patrón                          | 19.13     | 19.20 | 19.19   |
| 15% BN+10%RC                    | 19.09     |       |         |
| 15% BN+20%RC                    | 19.24     |       |         |
| 15% BN+30%RC                    | 19.33     |       |         |

Nota: Se presenta la media y mediana del análisis del ensayo de variación dimensional

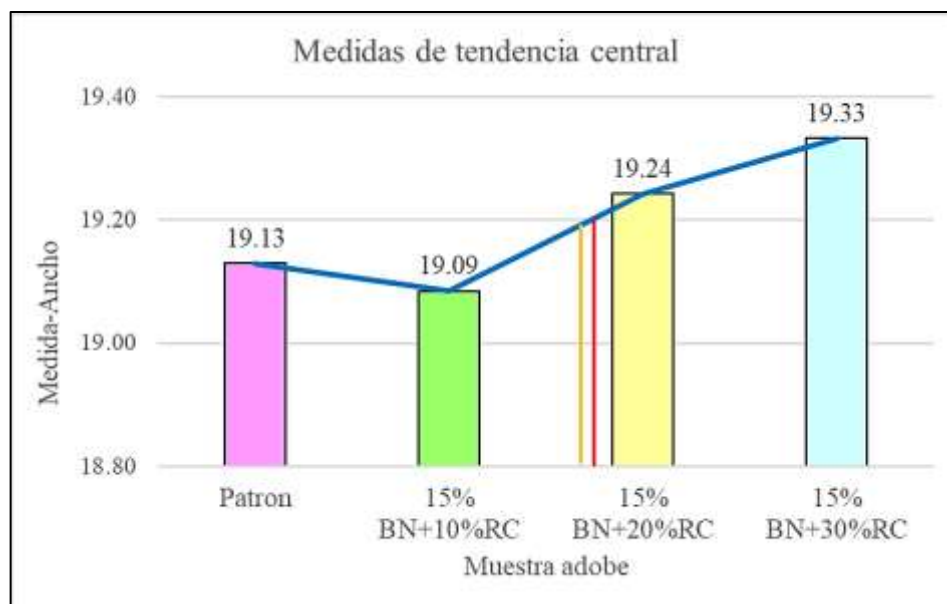


Gráfico 36. Medidas de tendencia central ensayo VD-Ancho

En el gráfico 36 se muestra el promedio de los datos del ensayo de variación dimensional de ancho del adobe, o mejor dicho estadísticamente, media. Este valor se encuentra representado por la línea de color rojo igual a 19.20 cm. De igual manera el valor que posee el lugar central de datos, conocido como mediana, con una cantidad de 19.19 cm, representado por la línea de color naranja.

En cuanto a la asimetría se puede decir que la forma de datos del ensayo de variación dimensional- ancho es asimétrica positiva, en este caso sesgada a la derecha, dado que la media es mayor a la mediana, cabe recalcar también que los valores no son muy lejanos por lo que podría ser de forma casi simétrica. Por otro lado, la curtosis tiene un valor de -2.46, la cual sería platicúrtica (forma de curva chata), lo cual indica que los datos ocupan un reducido grado de concentración asimismo se distribuyen en todo el largo del rango.

Tabla 103. Medidas de dispersión de ensayo de variación dimensional (ancho)

| Medidas de dispersión     |       |
|---------------------------|-------|
| Promedio                  | 19.20 |
| Varianza                  | 0.01  |
| Desviación estándar       | 0.11  |
| Coefficiente de variación | 0.6%  |
| Máximo                    | 19.33 |
| Mínimo                    | 19.09 |
| Rango                     | 0.25  |

En la tabla 103 se indican las medidas de dispersión, en este caso: la varianza y la desviación estándar, valor máximo y mínimo y por ende el rango. De esto se puede recalcar que la desviación estándar indica la dispersión de datos, en nuestra muestra es de 0.11 lo que revela que no hay mucha dispersión. Asimismo, por el coeficiente de variación de 0.6% se puede decir que los datos son relativamente homogéneos.

La siguiente tabla, muestra de los valores del ensayo de variación dimensional- ancho de los 4 tipos de adobe ensayados, con un promedio de 19.20cm.

Tabla 104. Elementos para grafica Desviación estándar (VD-Ancho)

| Desviación |          |                    |                    |
|------------|----------|--------------------|--------------------|
| Ancho(cm)  | Promedio | Lim.max Desviación | Lim.min Desviación |
| 19.13      | 19.20    | 19.31              | 19.09              |
| 19.085     | 19.20    | 19.31              | 19.09              |
| 19.243     | 19.20    | 19.31              | 19.09              |
| 19.333     | 19.20    | 19.31              | 19.09              |

En la siguiente gráfica, la línea mostaza muestra las medidas de largo de las muestras mediante ensayo de dimensionamiento, la línea celeste representado por el valor de 19.20 cm muestra el promedio, la línea fucsia muestra el límite superior de desviación cuyo valor es 19.31cm, la línea verde muestra el límite inferior de desviación correspondiente a 19.09 cm. En este caso los valores que se encuentran en el límite máximo (línea fucsia) y el límite mínimo (línea verde), corresponden a valores normales. Pero hay dos valores fuera de dicho rango.

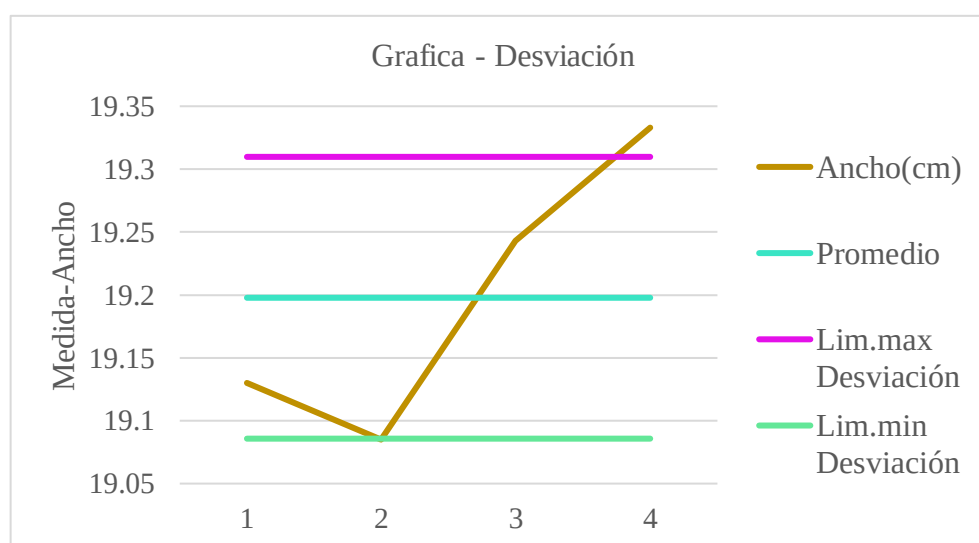


Gráfico 37.Desviación estándar de ensayo de dimensionamiento -Ancho

Tabla 105. Dispersión de todas las muestras de dimensionamiento /Ancho

| Ensayo de Variación dimensional |          |                          |
|---------------------------------|----------|--------------------------|
| Muestra                         | $\sigma$ | Coeficiente de variación |
| Patrón                          | 0.08     | 0.42%                    |
| 15% BM +10% RC                  | 0.08     | 0.43%                    |
| 15% BM +10% RC                  | 0.13     | 0.70%                    |
| 15% BM +10% RC                  | 0.02     | 0.12%                    |

La tabla 105 muestra la desviación estándar y coeficiente de variación de las medidas del ancho de 10 unidades ensayadas por muestra según tipo de adobe. Asimismo, es importante señalar que estas dos medidas son las más importantes en la estadística descriptiva pues ayudan a saber la dispersión de los datos. Empezando por las muestras de adobe patrón se tiene una desviación de 0.08, este valor simboliza que no existe mucha dispersión entre las muestras; evidenciado a la misma vez en el coeficiente de 0.42 %, en este caso la calidad de resultados del ensayo para este adobe es de buena y no cuenta con mucho error; es así que el estudio de las muestras patrones para el ensayo de variación dimensional del ancho es correcto. De la misma forma en el caso de las muestras de adobe con 10%, 20% y 30% de RC más 15% de BN, la desviación es de 0.08, 0.13 y 0.02, lo que indica que no existe mucha dispersión; evidenciado también en sus coeficientes de 0.43%, 0.70% y 0.12%. De esto se puede decir que los resultados del ensayo para tipos de adobe con baba de nopal y residuos cerámicos son de buena calidad y no cuenta con gran error. En este caso el estudio de las muestras en cuanto a las medidas de ancho de adobe es correcto.

Tabla 106. Medidas de tendencia central de Variación dimensional - Altura

| Ensayo de Variación dimensional |            |       |         |
|---------------------------------|------------|-------|---------|
| Muestra de Adobe                | Altura(cm) | Media | Mediana |
| Patrón                          | 9.20       | 9.34  | 9.35    |
| 15% BN+10%RC                    | 9.29       |       |         |
| 15% BN+20%RC                    | 9.44       |       |         |
| 15% BN+30%RC                    | 9.41       |       |         |

Nota: Se presenta la media y mediana del análisis del ensayo de variación dimensional



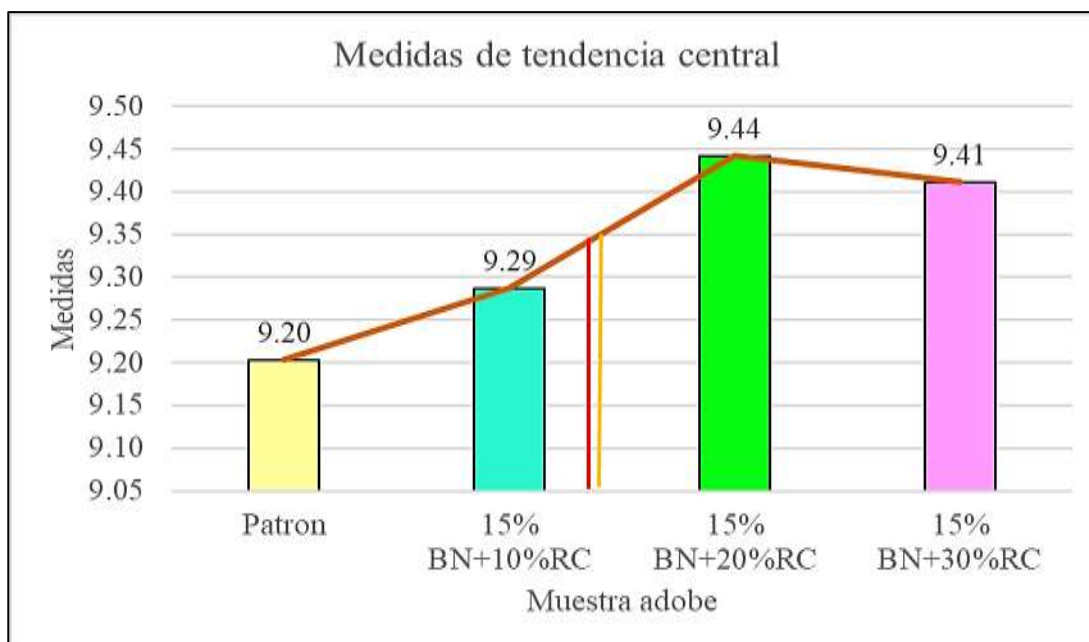


Gráfico 38. Medidas de tendencia central ensayo VD-Altura

En el grafico 38 se muestra el promedio de los datos del ensayo de variación dimensional de altura del adobe, o mejor dicho estadísticamente, media. Este valor se encuentra representado por la línea de color rojo igual a 9.34 cm. De igual manera el valor que posee el lugar central de datos, conocido como mediana, con una cantidad de 9.35 cm, representado por la línea de color naranja.

En cuanto a la asimetría se puede decir que la forma de datos del ensayo de variación dimensional- altura es asimétrica negativa, en este caso sesgada a la izquierda, dado que la media es menor a la mediana, cabe recalcar también que los valores no son muy lejanos por lo que podría ser de forma casi simétrica. Por otro lado, la curtosis tiene un valor de -3.05, la cual sería platicúrtica (forma de curva chata), lo cual indica que los datos ocupan un reducido grado de concentración asimismo se distribuyen en todo el largo del rango.

Tabla 107. Medidas de dispersión de ensayo de variación dimensional (Altura)

| Medidas de dispersión    |       |
|--------------------------|-------|
| Promedio                 | 9.34  |
| Varianza                 | 0.01  |
| Desviación estándar      | 0.11  |
| Coeficiente de variación | 1.2%  |
| Máximo                   | 9.44  |
| Mínimo                   | 9.20  |
| Rango                    | 0.239 |

En la tabla 107 se indican las medidas de dispersión, en este caso: la varianza y la desviación estándar, valor máximo y mínimo y por ende el rango. De esto se puede recalcar que la desviación estándar indica la dispersión de datos, en nuestra muestra es de 0.11 lo que revela que no hay mucha dispersión. Asimismo, por el coeficiente de variación de 1.2% se puede decir que los datos son relativamente homogéneos.

La siguiente tabla, muestra de los valores del ensayo de variación dimensional- altura de los 4 tipos de adobe ensayados, con un promedio de 9.34cm.

Tabla 108. Elementos para grafica Desviación estándar (VD-Altura)

| Desviación |          |                    |                    |
|------------|----------|--------------------|--------------------|
| Altura(cm) | Promedio | Lim.max Desviación | Lim.min Desviación |
| 9.203      | 9.34     | 9.45               | 9.22               |
| 9.287      | 9.34     | 9.45               | 9.22               |
| 9.442      | 9.34     | 9.45               | 9.22               |
| 9.411      | 9.34     | 9.45               | 9.22               |

En la siguiente gráfica, la línea fucsia muestra las medidas de altura de las muestras mediante ensayo de dimensionamiento, la línea celeste representado por el valor de 9.34 cm muestra el promedio, la línea verde muestra el límite superior de desviación cuyo valor es 9.45cm, la línea amarilla muestra el límite inferior de desviación correspondiente a 9.22cm. En este caso los valores que se encuentran en el límite máximo (línea verde) y el límite mínimo (línea amarilla), corresponden a valores normales. Pero hay un valor fuera de dicho rango.

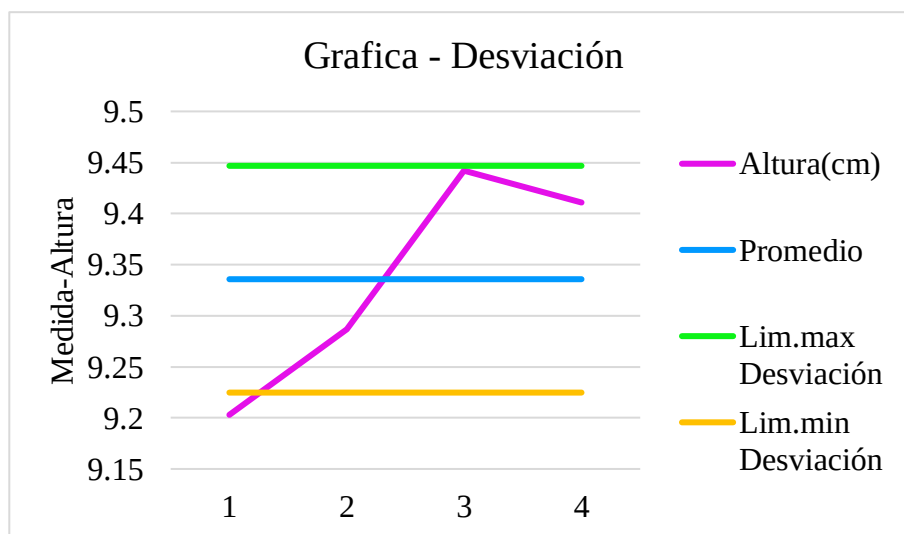


Gráfico 39.Desviación estándar de ensayo de dimensionamiento -Altura

Tabla 109. Dispersión de todas las muestras de dimensionamiento /Altura

| Ensayo de Variación dimensional |          |                          |
|---------------------------------|----------|--------------------------|
| Muestra                         | $\sigma$ | Coeficiente de variación |
| Patrón                          | 0.08     | 0.87%                    |
| 15% BM +10% RC                  | 0.12     | 1.26%                    |
| 15% BM +10% RC                  | 0.13     | 1.37%                    |
| 15% BM +10% RC                  | 0.14     | 1.51%                    |

La tabla 109 muestra la desviación estándar y coeficiente de variación de las medidas de altura de 10 unidades ensayadas por muestra según tipo de adobe. Asimismo, es importante señalar que estas dos medidas son las más importantes en la estadística descriptiva pues ayudan a saber la dispersión de los datos. Empezando por las muestras de adobe patrón se tiene una desviación de 0.08, este valor simboliza que no existe mucha dispersión entre las muestras; evidenciado a la misma vez en el coeficiente de 0.87 %, en este caso la calidad de resultados del ensayo para este adobe es de buena y no cuenta con mucho error; es así que el estudio de las muestras patrones para el ensayo de variación dimensional de la altura es correcto. De la misma forma en el caso de las muestras de adobe con 10%, 20% y 30% de RC más 15% de BN, la desviación es de 0.12, 0.13 y 0.14, lo que indica que no existe mucha dispersión; evidenciado también en sus coeficientes de 1.26%, 1.37% y 1.51%. De esto se puede decir que los resultados del ensayo para tipos de adobe con baba de nopal y residuos cerámicos son de buena calidad y no cuenta con gran error. En este caso el estudio de las muestras en cuanto a las medidas de altura de adobe es correcto.

### Ensayo de alabeo

Para este ensayo se toman las medidas con la cuña cara arriba y abajo del adobe.

Tabla 110. Medidas de tendencia central de ensayo alabeo -Cara arriba

| Ensayo de alabeo |                 |       |         |
|------------------|-----------------|-------|---------|
| Muestra de Adobe | Cara arriba(mm) | Media | Mediana |
| Patrón           | 3.08            | 3.09  | 3.06    |
| 15% BN+10%RC     | 3.46            |       |         |
| 15% BN+20%RC     | 3.04            |       |         |
| 15% BN+30%RC     | 2.77            |       |         |

Nota: Se presenta la media y mediana del ensayo de alabeo

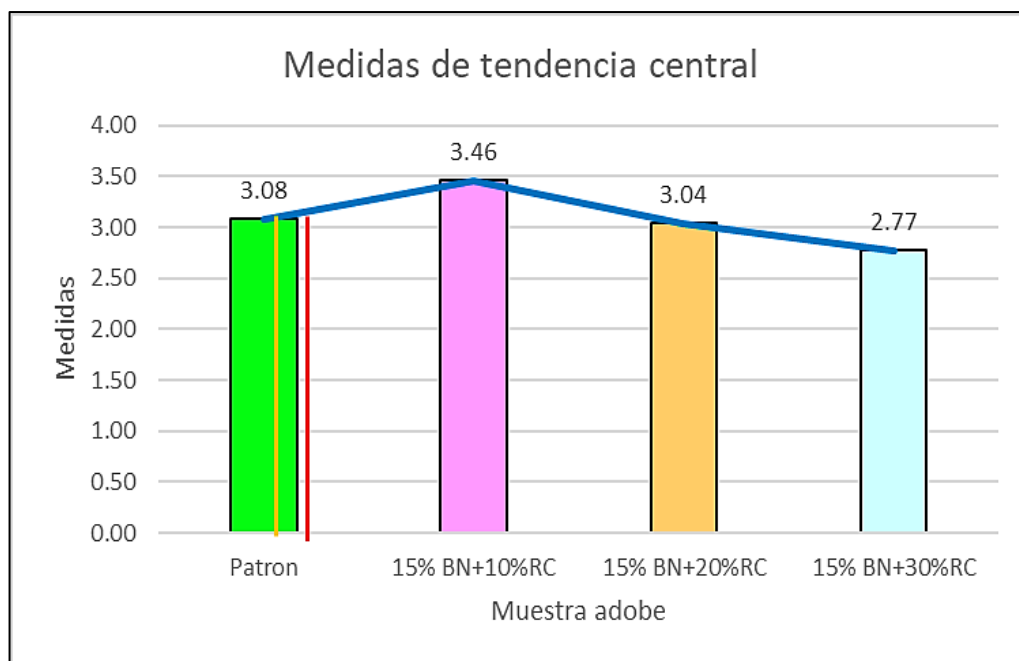


Gráfico 40. Medidas de tendencia central ensayo alabeo-cara arriba

En el grafico 40 se muestra el promedio de los datos del ensayo de alabeo de cara arriba del adobe, o mejor dicho estadísticamente, media. Este valor se encuentra representado por la línea de color rojo igual a 3.09mm. De igual manera el valor que posee el lugar central de datos, conocido como mediana, con una cantidad de 3.06mm, representado por la línea de color naranja.

En cuanto a la asimetría se puede decir que la forma de datos del ensayo de alabeo -cara arriba es asimétrica positiva, en este caso sesgada a la derecha, dado que la media es mayor a la mediana, cabe recalcar también que los valores no son muy lejanos por lo que podría ser de forma casi simétrica. Por otro lado, la curtosis tiene un valor de 1.59, la cual sería Leptocúrtica (forma de curva alta), lo cual indica que los datos ocupan un elevado grado de concentración, esto alrededor de valor central.

Tabla 111. Medidas de dispersión de ensayo de Alabeo-Cara arriba

| Medidas de dispersión     |       |
|---------------------------|-------|
| Promedio                  | 3.09  |
| Varianza                  | 0.08  |
| Desviación estándar       | 0.28  |
| Coefficiente de variación | 9.20% |
| Máximo                    | 3.46  |
| Mínimo                    | 2.77  |
| Rango                     | 0.69  |

En la tabla 111 se indican las medidas de dispersión, en este caso: la varianza y la desviación estándar, valor máximo y mínimo y por ende el rango. De esto se puede recalcar que la desviación estándar indica la dispersión de datos, en nuestra muestra es de 0.28 lo que revela que no hay mucha dispersión. Asimismo, por el coeficiente de variación de 9.20% se puede decir que los datos son relativamente homogéneos.

La siguiente tabla, muestra de los valores del ensayo de alabeo-cara arriba de los 4 tipos de adobe ensayados, con un promedio de 3.09mm.

Tabla 112. Elementos para grafica Desviación estándar (Alabeo -C. Arriba)

| Desviación       |          |                    |                    |
|------------------|----------|--------------------|--------------------|
| Cara arriba (mm) | Promedio | Lim.max Desviación | Lim.min Desviación |
| 3.08             | 3.09     | 3.37               | 2.80               |
| 3.46             | 3.09     | 3.37               | 2.80               |
| 3.04             | 3.09     | 3.37               | 2.80               |
| 2.77             | 3.09     | 3.37               | 2.80               |

En la siguiente gráfica, la línea verde muestra las medidas caras arriba de las muestras mediante ensayo de alabeo, la línea celeste representado por el valor de 3.09 mm muestra el promedio, la línea fucsia muestra el límite superior de desviación cuyo valor es 3.37mm, la línea amarilla muestra el límite inferior de desviación correspondiente a 2.80mm. En este caso los valores que se encuentran en el límite máximo (línea fucsia) y el límite mínimo (línea amarilla), corresponden a valores normales. Pero hay dos valores fuera de dicho rango.

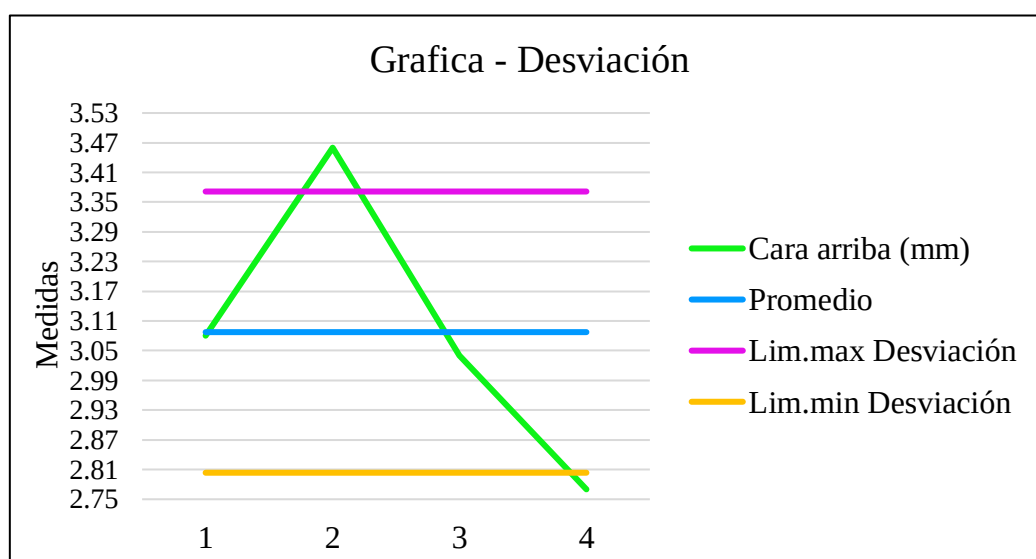


Gráfico 41. Desviación estándar de ensayo de alabeo-cara arriba

Tabla 113. Dispersión de todas las muestras de alabeo/cara arriba

| Ensayo de alabeo |          |                          |
|------------------|----------|--------------------------|
| Muestra          | $\sigma$ | Coeficiente de variación |
| Patrón           | 0.48     | 15.57%                   |
| 15% BM +10% RC   | 0.74     | 21.36%                   |
| 15% BM +10% RC   | 0.45     | 14.90%                   |
| 15% BM +10% RC   | 0.25     | 8.84%                    |

La tabla 113 muestra la desviación estándar y coeficiente de variación de las medidas de alabeo cara arriba de 10 unidades ensayadas por muestra según tipo de adobe. Asimismo, es importante señalar que estas dos medidas son las más importantes en la estadística descriptiva pues ayudan a saber la dispersión de los datos. Empezando por las muestras de adobe patrón se tiene una desviación de 0.48, este valor simboliza que no existe mucha dispersión entre las muestras; evidenciado a la misma vez en el coeficiente de 15.57 %, en este caso la calidad de resultados del ensayo para este adobe es de buena y no cuenta con mucho error; es así que el estudio de las muestras patrones para el ensayo de alabeo en la cara arriba es correcto. De la misma forma en el caso de las muestras de adobe con 10%, 20% y 30% de RC más 15% de BN, la desviación es de 0.74, 0.45 y 0.25, lo que indica que no existe mucha dispersión; evidenciado también en sus coeficientes de 21.36%, 14.90% y 8.84%. De esto se puede decir que los resultados del ensayo para tipos de adobe con baba de nopal y residuos cerámicos son de buena calidad y no cuenta con gran error. En este caso el estudio de las muestras en cuanto a las medidas de alabeo de adobe es correcto.

Tabla 114. Medidas de tendencia central de ensayo alabeo - Cara abajo

| Ensayo de alabeo |                |       |         |
|------------------|----------------|-------|---------|
| Muestra de Adobe | Cara abajo(mm) | Media | Mediana |
| Patrón           | 3.19           | 3.09  | 3.12    |
| 15% BN+10%RC     | 3.12           |       |         |
| 15% BN+20%RC     | 3.11           |       |         |
| 15% BN+30%RC     | 2.92           |       |         |

Nota: Se presenta la media y mediana del análisis del ensayo de alabeo

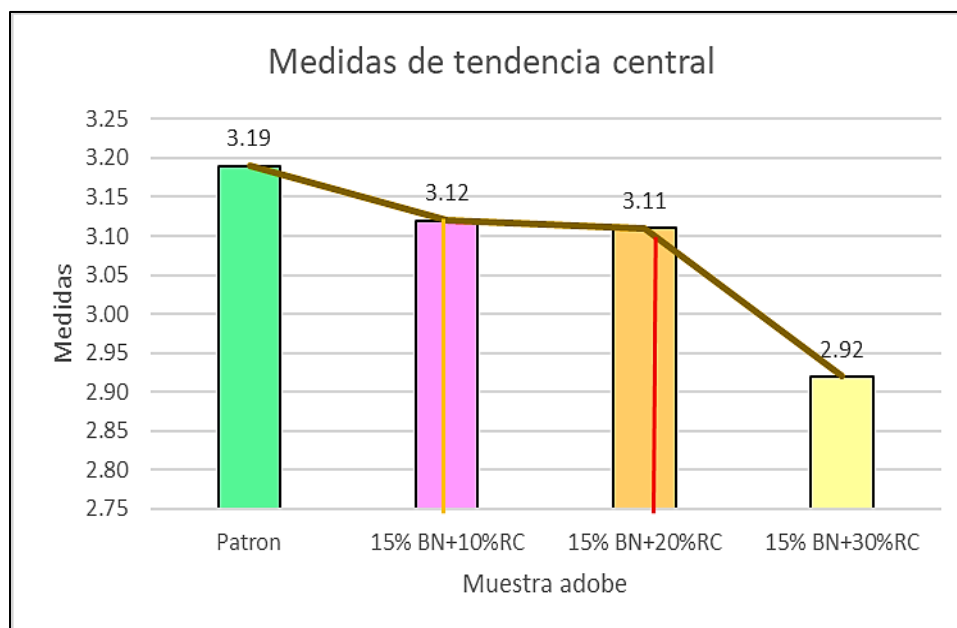


Gráfico 42. Medidas de tendencia central ensayo alabeo-cara abajo

En el grafico 42 se muestra el promedio de los datos del ensayo de alabeo de cara abajo del adobe, o mejor dicho estadísticamente, media. Este valor se encuentra representado por la línea de color rojo igual a 3.09mm. De igual manera el valor que posee el lugar central de datos, conocido como mediana, con una cantidad de 3.12mm, representado por la línea de color naranja.

En cuanto a la asimetría se puede decir que la forma de datos del ensayo de alabeo -cara abajo es asimétrica negativa, en este caso sesgada a la izquierda, dado que la media es menor a la mediana, cabe recalcar también que los valores no son muy lejanos por lo que podría ser de forma casi simétrica. Por otro lado, la curtosis tiene un valor de 2.63, la cual sería Leptocúrtica (forma de curva alta), lo cual indica que los datos ocupan un elevado grado de concentración, esto alrededor de valor central.

Tabla 115. Medidas de dispersión de ensayo de Alabeo-Cara abajo

| Medidas de dispersión     |       |
|---------------------------|-------|
| Promedio                  | 3.09  |
| Varianza                  | 0.01  |
| Desviación estándar       | 0.12  |
| Coefficiente de variación | 3.75% |
| Máximo                    | 3.19  |
| Mínimo                    | 2.92  |
| Rango                     | 0.27  |

En la tabla 115 se indican las medidas de dispersión, en este caso: la varianza y la desviación estándar, valor máximo y mínimo y por ende el rango. De esto se puede recalcar que la desviación estándar indica la dispersión de datos, en nuestra muestra es de 0.12 lo que revela que no hay mucha dispersión. Asimismo, por el coeficiente de variación de 3.75% se puede decir que los datos son relativamente homogéneos.

La siguiente tabla, muestra de los valores del ensayo de alabeo-cara abajo de los 4 tipos de adobe ensayados, con un promedio de 3.09mm.

Tabla 116. Elementos para grafica Desviación estándar (Alabeo -Abajo)

| Desviación      |          |                    |                    |
|-----------------|----------|--------------------|--------------------|
| Cara abajo (mm) | Promedio | Lim.max Desviación | Lim.min Desviación |
| 3.19            | 3.09     | 3.20               | 2.97               |
| 3.12            | 3.09     | 3.20               | 2.97               |
| 3.11            | 3.09     | 3.20               | 2.97               |
| 2.92            | 3.09     | 3.20               | 2.97               |

En la siguiente gráfica, la línea negra muestra las medidas de largo de las muestras mediante ensayo de alabeo, la línea celeste representado por el valor de 3.09 mm muestra el promedio, la línea verde muestra el límite superior de desviación cuyo valor es 3.20 mm, la línea amarilla muestra el límite inferior de desviación correspondiente a 2.97mm. En este caso los valores que se encuentran en el límite máximo (línea verde) y el límite mínimo (línea amarilla), corresponden a valores normales. Pero hay un valor fuera de dicho rango.

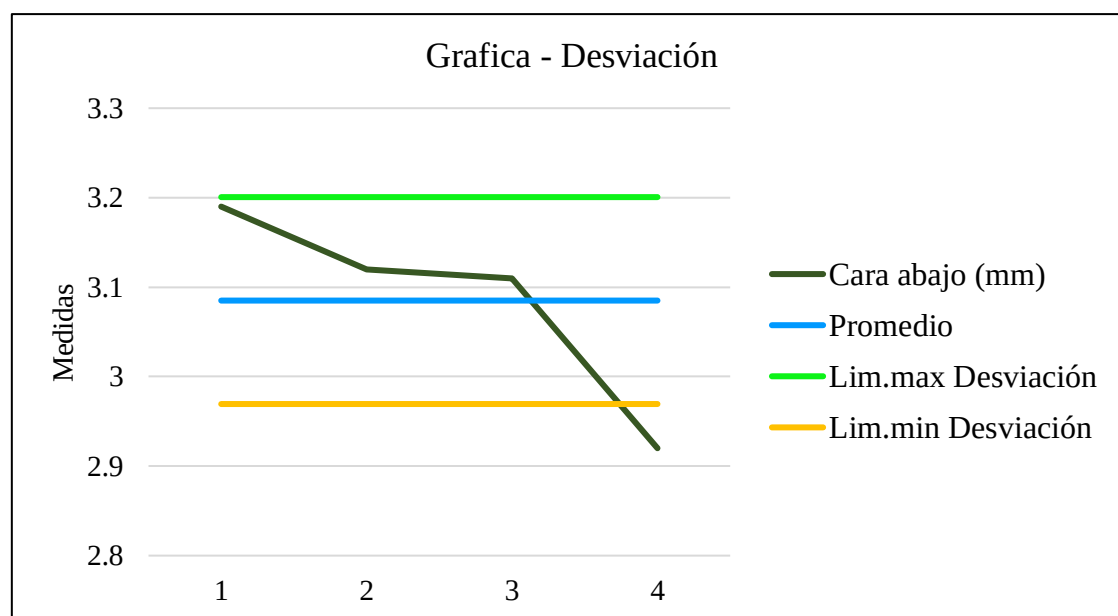




Tabla 117. Dispersión de todas las muestras de alabeo/cara abajo

| Ensayo de alabeo |          |                           |
|------------------|----------|---------------------------|
| Muestra          | $\sigma$ | Coefficiente de variación |
| Patrón           | 0.18     | 5.62%                     |
| 15% BM +10% RC   | 0.46     | 14.88%                    |
| 15% BM +10% RC   | 0.53     | 17.17%                    |
| 15% BM +10% RC   | 0.25     | 8.40%                     |

La tabla 117 muestra la desviación estándar y coeficiente de variación de las medidas de alabeo cara abajo de 10 unidades ensayadas por muestra según tipo de adobe. Asimismo, es importante señalar que estas dos medidas son las más importantes en la estadística descriptiva pues ayudan a saber la dispersión de los datos. Empezando por las muestras de adobe patrón se tiene una desviación de 0.18, este valor simboliza que no existe mucha dispersión entre las muestras; evidenciado a la misma vez en el coeficiente de 5.62 %, en este caso la calidad de resultados del ensayo para este adobe es de buena y no cuenta con mucho error; es así que el estudio de las muestras patrones para el ensayo de alabeo en la cara abajo es correcto. De la misma forma en el caso de las muestras de adobe con 10%, 20% y 30% de RC más 15% de BN, la desviación es de 0.46, 0.53 y 0.25, lo que indica que no existe mucha dispersión; evidenciado también en sus coeficientes de 14.88%, 17.17% y 8.40%. De esto se puede decir que los resultados del ensayo para tipos de adobe con baba de nopal y residuos cerámicos son de buena calidad y no cuenta con gran error. En este caso el estudio de las muestras en cuanto a las medidas de alabeo de adobe es correcto.

### Ensayo de resistencia a la tracción de la tierra

Tabla 118. Medidas de tendencia central de resistencia de la tierra a tracción

| Ensayo de resistencia a la tracción de la tierra |                    |       |         |
|--------------------------------------------------|--------------------|-------|---------|
| Muestra de Adobe                                 | kg/cm <sup>2</sup> | Media | Mediana |
| Patrón                                           | 0.69               | 0.91  | 0.88    |
| 15% BN+10%RC                                     | 0.85               |       |         |
| 15% BN+20%RC                                     | 0.90               |       |         |
| 15% BN+30%RC                                     | 1.20               |       |         |

Nota: Se presenta la media y mediana del análisis del ensayo de tracción de la tierra

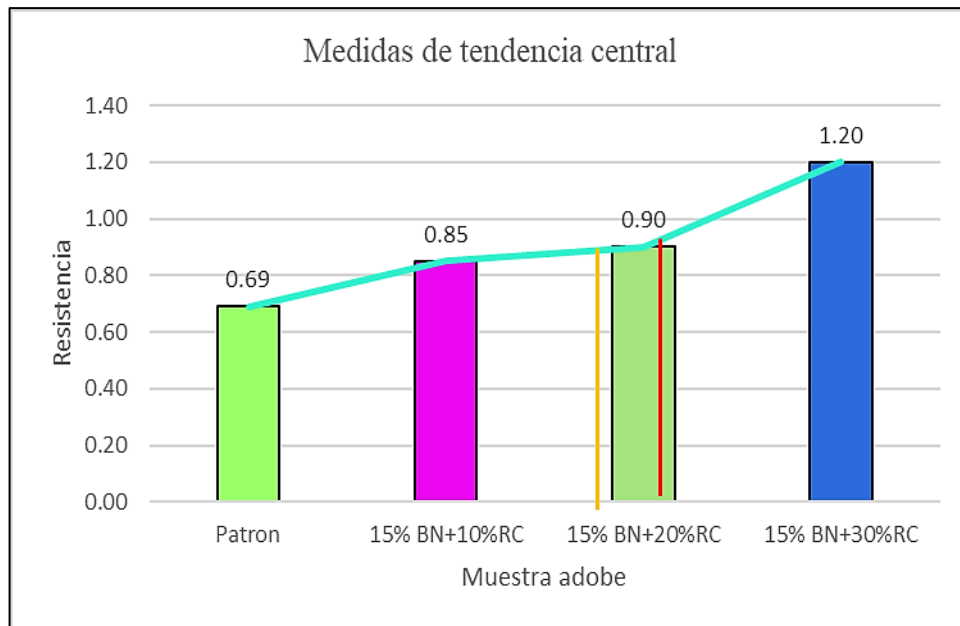


Gráfico 44. Medidas de tendencia central /ensayo tracción de la tierra

En el grafico 44 se muestra el promedio de los datos del ensayo de tracción de la tierra, o mejor dicho estadísticamente, media. Este valor se encuentra representado por la línea de color rojo igual a  $0.91 \text{ kg/cm}^2$ . De igual manera el valor que posee el lugar central de datos, conocido como mediana, con una cantidad de  $0.88 \text{ kg/cm}^2$ , representado por la línea de color naranja.

En cuanto a la asimetría se puede decir que la forma de datos del ensayo de tracción a la tierra es asimétrica positiva, en este caso sesgada a la derecha, dado que la media es mayor a la mediana. Por otro lado, la curtosis tiene un valor de 1.75, la cual sería Leptocúrtica (forma de curva alta), lo cual indica que los datos ocupan un elevado grado de concentración, esto alrededor de valor central.

Tabla 119. Medidas de dispersión de ensayo de tracción de tierra

| Medidas de dispersión    |        |
|--------------------------|--------|
| Promedio                 | 0.91   |
| Varianza                 | 0.05   |
| Desviación estándar      | 0.21   |
| Coeficiente de variación | 23.41% |
| Máximo                   | 1.20   |
| Mínimo                   | 0.69   |
| Rango                    | 0.51   |

En la tabla 119 se indican las medidas de dispersión, en este caso: la varianza y la desviación estándar, valor máximo y mínimo y por ende el rango. De esto se puede recalcar que la desviación estándar indica la dispersión de datos, en nuestra muestra es de 0.21 lo que revela que no hay mucha dispersión. Asimismo, por el coeficiente de variación de 23.41% se puede decir que los datos son relativamente homogéneos.

La siguiente tabla, muestra de los valores del ensayo de resistencia a la tierra a la tracción de los 4 tipos de adobe ensayados, con un promedio de 0.91 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 120. Elementos para grafica Desviación estándar (tracción de la tierra)

| Desviación          |          |                    |                    |
|---------------------|----------|--------------------|--------------------|
| Resistencia(kg/cm2) | Promedio | Lim.max Desviación | Lim.min Desviación |
| 0.69                | 0.91     | 1.12               | 0.70               |
| 0.85                | 0.91     | 1.12               | 0.70               |
| 0.9                 | 0.91     | 1.12               | 0.70               |
| 1.2                 | 0.91     | 1.12               | 0.70               |

En la siguiente gráfica, la línea fucsia muestra la resistencia de las muestras mediante ensayo de tracción de la tierra, la línea naranja representado por el valor de 0.91 kg/cm<sup>2</sup> muestra el promedio, la línea celeste muestra el límite superior de desviación cuyo valor es 1.12 kg/cm<sup>2</sup>, la línea amarilla muestra el límite inferior de desviación correspondiente a 0.70 kg/cm<sup>2</sup>. En este caso los valores que se encuentran en el límite máximo (línea celeste) y el límite mínimo (línea amarilla), corresponden a valores normales. Pero hay dos valores fuera de dicho rango.

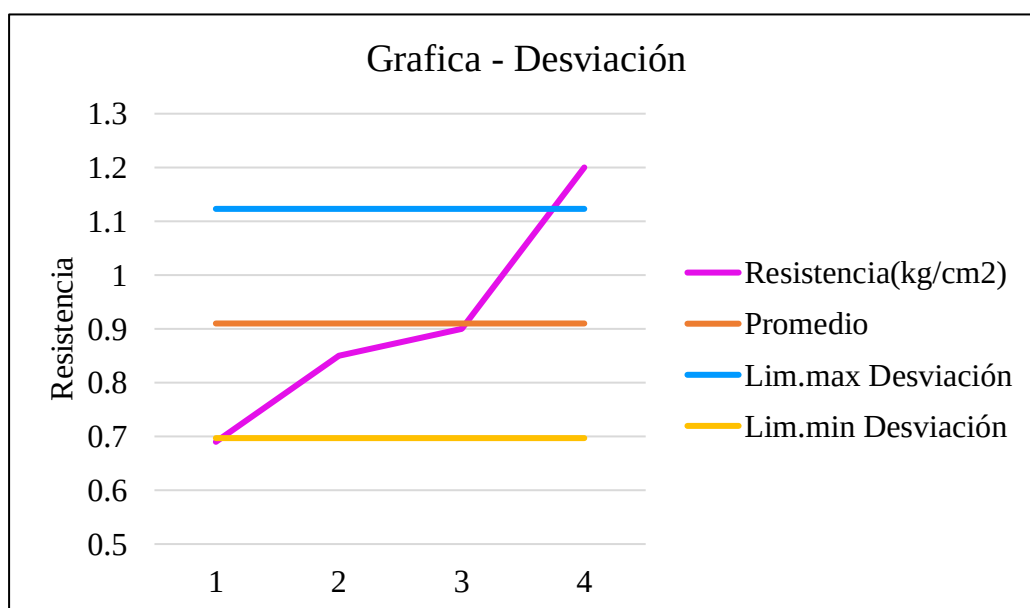


Gráfico 45. Desviación estándar de ensayo de compresión

Tabla 121. Dispersión de ensayo de resistencia a la tracción de la tierra

| Ensayo de resistencia a la tracción de la tierra |          |                          |
|--------------------------------------------------|----------|--------------------------|
| Muestra                                          | $\sigma$ | Coeficiente de variación |
| Patrón                                           | 0.06     | 9.27%                    |
| 15% BN +10% RC                                   | 0.05     | 5.43%                    |
| 15% BN +20% RC                                   | 0.03     | 2.84%                    |
| 15% BN +30% RC                                   | 0.14     | 12.48%                   |

La tabla 121 muestra la desviación estándar y coeficiente de variación del ensayo de resistencia a la tracción de la tierra en 6 unidades por muestra según tipo de adobe. Asimismo, es importante señalar que estas dos medidas son las más importantes en la estadística descriptiva pues ayudan a saber la dispersión de los datos. Empezando por las muestras de adobe patrón se tiene una desviación de 0.06, este valor simboliza que no existe mucha dispersión entre las muestras; evidenciado a la misma vez en el coeficiente de 9.27 %, en este caso la calidad de resultados del ensayo para este adobe es de buena y no cuenta con mucho error; es así que el estudio de las muestras patrones para el ensayo de tracción de la tierra es correcto. De la misma forma en el caso de las muestras de adobe con 10%, 20% y 30% de RC más 15% de BN, la desviación es de 0.05, 0.03 y 0.14, lo que indica que no existe mucha dispersión; evidenciado también en sus coeficientes de 5.43 %, 2.84% y 12.48%. De esto se puede decir que los resultados del ensayo para tipos de adobe con baba de nopal y residuos cerámicos son de buena calidad y no cuenta con gran error. En este caso el estudio de las muestras cilíndricas para ensayo de tracción de la tierra es correcto.

### Ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta

Tabla 122. Medidas de tendencia central de resistencia a tracción indirecta de muretes

| Ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta |                    |       |         |
|----------------------------------------------------|--------------------|-------|---------|
| Muestra de Adobe                                   | kg/cm <sup>2</sup> | Media | Mediana |
| Patrón                                             | 0.45               | 0.68  | 0.70    |
| 15% BN+10%RC                                       | 0.65               |       |         |
| 15% BN+20%RC                                       | 0.74               |       |         |
| 15% BN+30%RC                                       | 0.87               |       |         |

Nota: Se presenta la media y mediana del análisis del ensayo de tracción indirecta

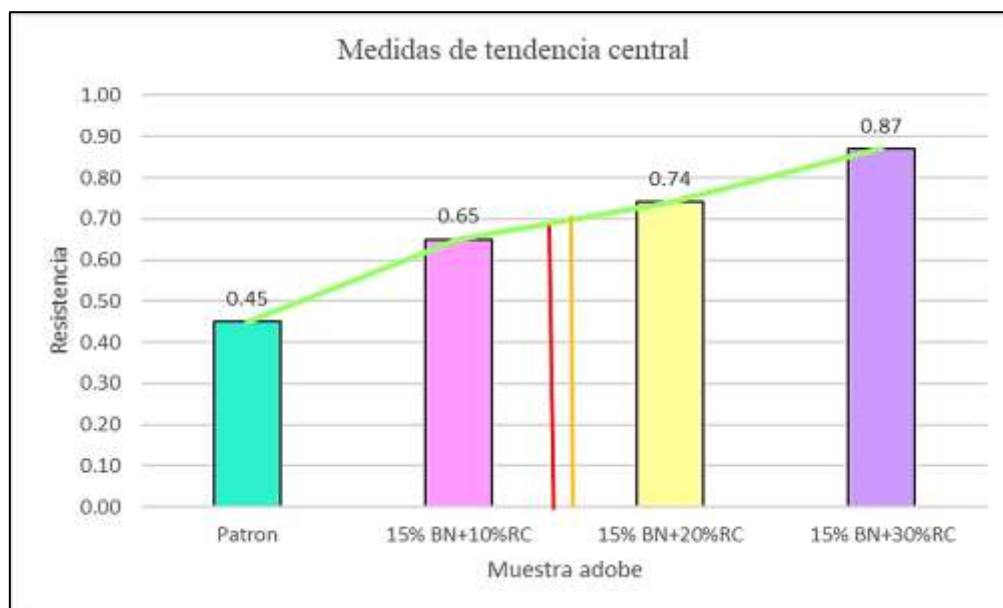


Gráfico 46. Medidas de tendencia central /ensayo tracción indirecta de muretes

En el grafico 46 se muestra el promedio de los datos del ensayo de tracción indirecta de muretes o mejor dicho estadísticamente, media. Este valor se encuentra representado por la línea de color rojo igual a  $0.68 \text{ kg/cm}^2$ . De igual manera el valor que posee el lugar central de datos, conocido como mediana, con una cantidad de  $0.70 \text{ kg/cm}^2$ , representado por la línea de color naranja.

En cuanto a la asimetría se puede decir que la forma de datos del ensayo de tracción indirecta es asimétrica negativa, en este caso sesgada a la izquierda, dado que la media es menor a la mediana, cabe recalcar también que los valores no son muy lejanos por lo que podría ser de forma casi simétrica. Por otro lado, la curtosis tiene un valor de 0.47, la cual sería Leptocúrtica (forma de curva alta), lo cual indica que los datos ocupan un elevado grado de concentración, esto alrededor de valor central.

Tabla 123. Medidas de dispersión de ensayo de tracción indirecta

| Medidas de dispersión    |       |
|--------------------------|-------|
| Promedio                 | 0.68  |
| Varianza                 | 0.03  |
| Desviación estándar      | 0.18  |
| Coeficiente de variación | 26.1% |
| Máximo                   | 0.87  |
| Mínimo                   | 0.45  |
| Rango                    | 0.42  |

En la tabla 123 se indican las medidas de dispersión, en este caso: la varianza y la desviación estándar, valor máximo y mínimo y por ende el rango. De esto se puede recalcar que la desviación estándar indica la dispersión de datos, en nuestra muestra es de 0.18 lo que revela que no hay mucha dispersión. Asimismo, por el coeficiente de variación de 26.1% se puede decir que los datos son relativamente homogéneos.

La siguiente tabla, muestra de los valores del ensayo de tracción indirecta de muretes de los 4 tipos de adobe ensayados, con un promedio de 0.68 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 124. Elementos para grafica Desviación estándar (tracción indirecta de muretes)

| Resistencia(kg/cm2) | Desviación |                    |                    |
|---------------------|------------|--------------------|--------------------|
|                     | Promedio   | Lim.max Desviación | Lim.min Desviación |
| 0.45                | 0.68       | 0.85               | 0.50               |
| 0.65                | 0.68       | 0.85               | 0.50               |
| 0.74                | 0.68       | 0.85               | 0.50               |
| 0.87                | 0.68       | 0.85               | 0.50               |

En la siguiente gráfica, la línea verde muestra la resistencia de las muestras mediante ensayo de tracción indirecta de muretes, la línea morada representado por el valor de 0.68 kg/cm<sup>2</sup> muestra el promedio, la línea celeste muestra el límite superior de desviación cuyo valor es 0.85 kg/cm<sup>2</sup>, la línea amarilla muestra el límite inferior de desviación correspondiente a 0.50 kg/cm<sup>2</sup>. En este caso los valores que se encuentran en el límite máximo (línea celeste) y el límite mínimo (línea amarilla), corresponden a valores normales. Pero hay dos valores fuera de dicho rango.

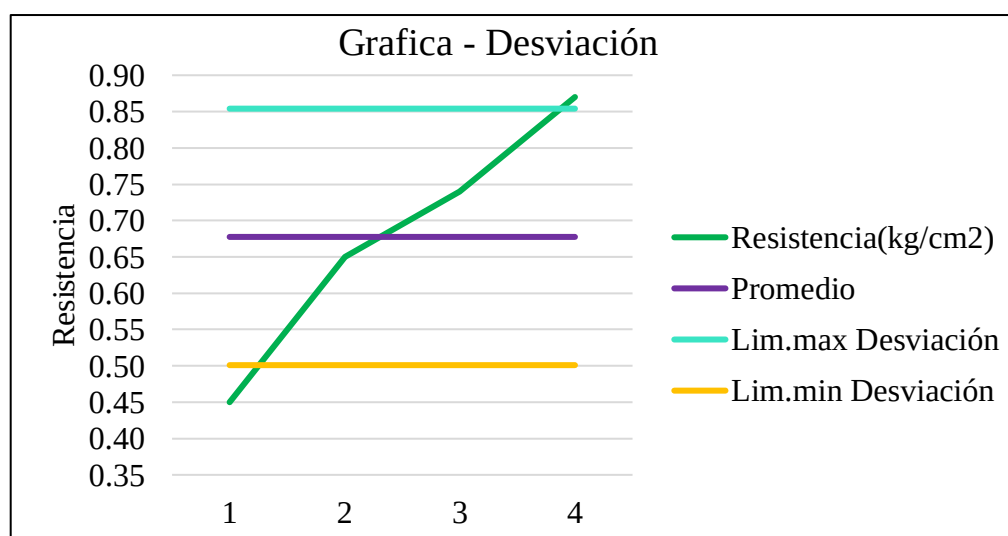


Gráfico 47. Desviación estándar de ensayo de tracción indirecta

Tabla 125. Dispersión de ensayo de resistencia a la tracción indirecta

| Ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta |          |                          |
|----------------------------------------------------|----------|--------------------------|
| Muestra                                            | $\sigma$ | Coeficiente de variación |
| Patrón                                             | 0.01     | 18.83%                   |
| 15% BN +10% RC                                     | 0.11     | 18.91%                   |
| 15% BN +10% RC                                     | 0.08     | 10.12%                   |
| 15% BN +10% RC                                     | 0.05     | 5.39%                    |

La tabla 125 muestra la desviación estándar y coeficiente de variación del ensayo de resistencia del murete a la tracción indirecta en 6 unidades por muestra según tipo de adobe. Asimismo, es importante señalar que estas dos medidas son las más importantes en la estadística descriptiva pues ayudan a saber la dispersión de los datos. Empezando por las muestras de murete patrón se tiene una desviación de 0.01, este valor simboliza que no existe mucha dispersión entre las muestras; evidenciado a la misma vez en el coeficiente de 18.83 %, en este caso la calidad de resultados del ensayo para este adobe es de buena y no cuenta con mucho error; es así que el estudio de muretes patrones para el ensayo de tracción es correcto, contando con valores homogéneos. De la misma forma en el caso de las muestras de adobe con 10%, 20% y 30% de RC más 15% de BN, la desviación es de 0.11, 0.08 y 0.05, lo que indica que no existe mucha dispersión; evidenciado también en sus coeficientes de 18.91%, 10.12% y 5.39%. De esto se puede decir que los resultados del ensayo para muretes de adobe con baba de nopal y residuos cerámicos son de buena calidad y no cuenta con gran error. En este caso el estudio de los muretes para ensayo de tracción indirecta es correcto.

### Ensayo de compresión de pilas o prismas

Tabla 126. Medidas de tendencia central de resistencia de compresión admisible de pilas

| Ensayo de compresión de pilas o prismas / Esfuerzo de compresión admisible |                    |       |         |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------|---------|
| Muestra de Adobe                                                           | kg/cm <sup>2</sup> | Media | Mediana |
| Patrón                                                                     | 4.79               | 5.53  | 5.50    |
| 15% BN+10%RC                                                               | 5.29               |       |         |
| 15% BN+20%RC                                                               | 5.70               |       |         |
| 15% BN+30%RC                                                               | 6.34               |       |         |

Nota: Se presenta la media y mediana del análisis del ensayo de tracción de la tierra

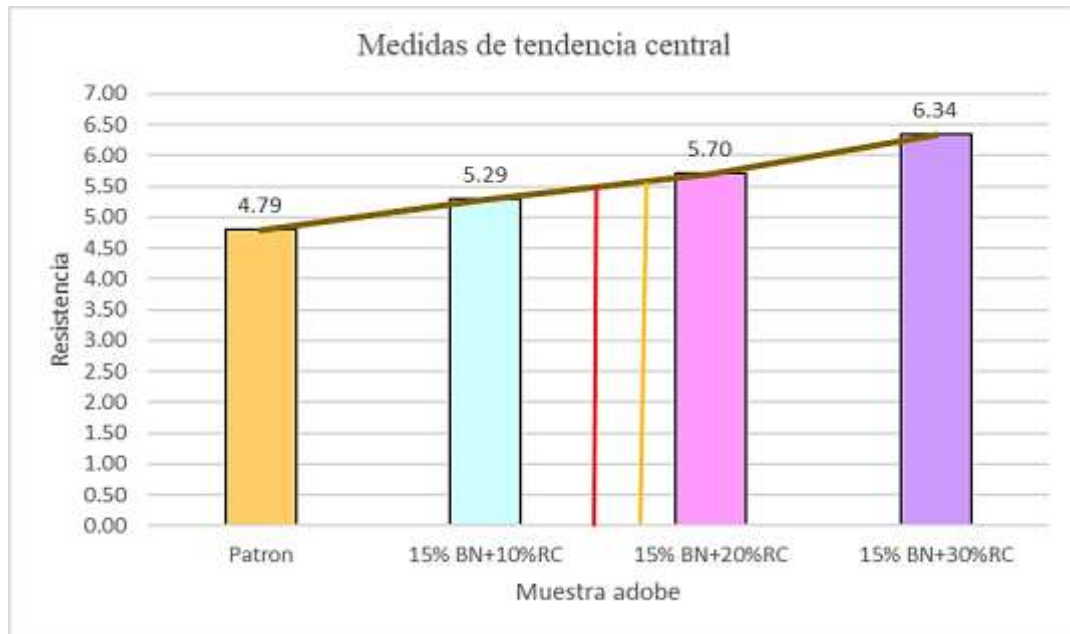


Gráfico 48. Medidas de tendencia central /ensayo compresión admisible de pila

En el grafico 48 se muestra el promedio de los datos del ensayo de compresión admisible de pilas, o mejor dicho estadísticamente, media. Este valor se encuentra representado por la línea de color rojo igual a 5.53 kg/cm<sup>2</sup>. De igual manera el valor que posee el lugar central de datos, conocido como mediana, con una cantidad de 5.50 kg/cm<sup>2</sup>, representado por la línea de color naranja.

En cuanto a la asimetría se puede decir que la forma de datos del ensayo de compresión admisible es asimétrica positiva, en este caso sesgada a la derecha, dado que la media es mayor a la mediana. Por otro lado, la curtosis tiene un valor de -0.26, la cual sería platicúrtica (forma de curva chata), lo cual indica que los datos ocupan un reducido grado de concentración asimismo se distribuyen en todo el largo del rango

Tabla 127. Medidas de dispersión de ensayo de compresión admisible de pilas

| Medidas de dispersión    |      |
|--------------------------|------|
| Promedio                 | 5.53 |
| Varianza                 | 0.43 |
| Desviación estándar      | 0.66 |
| Coeficiente de variación | 12%  |
| Máximo                   | 6.34 |
| Mínimo                   | 4.79 |
| Rango                    | 1.55 |



En la tabla 127 se indican las medidas de dispersión, en este caso: la varianza y la desviación estándar, valor máximo y mínimo y por ende el rango. De esto se puede recalcar que la desviación estándar indica la dispersión de datos, en nuestra muestra es de 0.66 lo que revela que no hay mucha dispersión. Asimismo, por el coeficiente de variación de 12% se puede decir que los datos son relativamente homogéneos.

La siguiente tabla, muestra de los valores del ensayo de resistencia a compresión admisible de pilas de los 4 tipos de adobe ensayados, con un promedio de 5.53 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 128. Elementos para grafica Desviación estándar (compresión admisible de pilas)

| Desviación          |          |                    |                    |
|---------------------|----------|--------------------|--------------------|
| Resistencia(kg/cm2) | Promedio | Lim.max Desviación | Lim.min Desviación |
| 4.79                | 5.53     | 6.19               | 4.87               |
| 5.29                | 5.53     | 6.19               | 4.87               |
| 5.7                 | 5.53     | 6.19               | 4.87               |
| 6.34                | 5.53     | 6.19               | 4.87               |

En la siguiente gráfica, la línea roja muestra la resistencia de las muestras mediante ensayo de compresión admisible de pilas, la línea naranja representado por el valor de 5.53 kg/cm<sup>2</sup> muestra el promedio, la línea celeste muestra el límite superior de desviación cuyo valor es 6.19 kg/cm<sup>2</sup>, la línea verde muestra el límite inferior de desviación correspondiente a 4.87 kg/cm<sup>2</sup>. En este caso los valores que se encuentran en el límite máximo (línea celeste) y el límite mínimo (línea verde), corresponden a valores normales. Pero hay dos valores fuera de dicho rango.

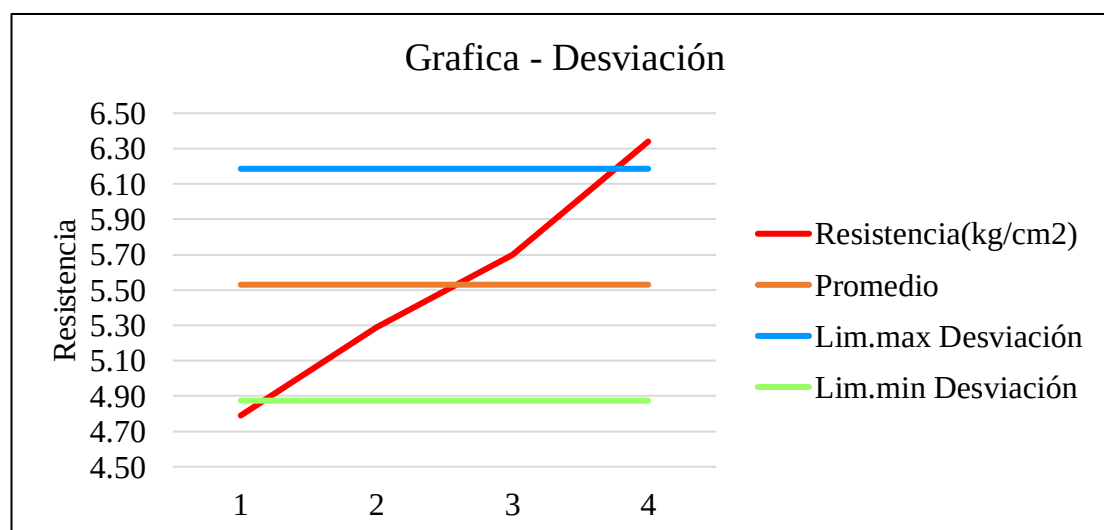


Gráfico 49. Desviación estándar de ensayo de compresión

Tabla 129. Dispersión de ensayo de resistencia a la compresión admisible

| Ensayo de compresión de pilas o prismas |          |                          |
|-----------------------------------------|----------|--------------------------|
| Muestra                                 | $\sigma$ | Coeficiente de variación |
| Patrón                                  | 0.42     | 9.33%                    |
| 15% BN +10% RC                          | 0.27     | 5.22%                    |
| 15% BN +10% RC                          | 0.09     | 1.51%                    |
| 15% BN +10% RC                          | 0.16     | 2.55%                    |

La tabla 129 muestra la desviación estándar y coeficiente de variación del ensayo de resistencia admisible a compresión de las pilas de adobe de 6 unidades por muestra según tipo de adobe. Asimismo, es importante señalar que estas dos medidas son las más importantes en la estadística descriptiva pues ayudan a saber la dispersión de los datos. Empezando por las muestras de pila patrón se tiene una desviación de 0.42, este valor simboliza que no existe mucha dispersión entre las muestras; evidenciado a la misma vez en el coeficiente de 9.33 %, en este caso la calidad de resultados del ensayo para este adobe es de buena y no cuenta con mucho error; es así que el estudio de pilas patrones para el ensayo de compresión admisible es correcto, contando con valores homogéneos. De la misma forma en el caso de las pilas de adobe con 10%, 20% y 30% de RC más 15% de BN, la desviación es de 0.27, 0.09 y 0.16, lo que indica que no existe mucha dispersión; evidenciado también en sus coeficientes de 5.22%, 1.51% y 2.55%. De esto se puede decir que los resultados del ensayo para pilas de adobe con baba de nopal más residuos cerámicos son de buena calidad y no cuenta con gran error. En este caso el estudio de las pilas para ensayo de compresión admisible es correcto.

Tabla 130. Medidas de tendencia central de resistencia de compresión por aplastamiento de pilas

| Ensayo de compresión de pilas / Esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento |                    |       |         |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------|---------|
| Muestra de Adobe                                                                   | kg/cm <sup>2</sup> | Media | Mediana |
| Patrón                                                                             | 5.99               | 6.92  | 6.88    |
| 15% BN+10%RC                                                                       | 6.62               |       |         |
| 15% BN+20%RC                                                                       | 7.13               |       |         |
| 15% BN+30%RC                                                                       | 7.92               |       |         |

Nota: Se presenta la media y mediana del análisis del ensayo de compresión por aplastamiento de pilas

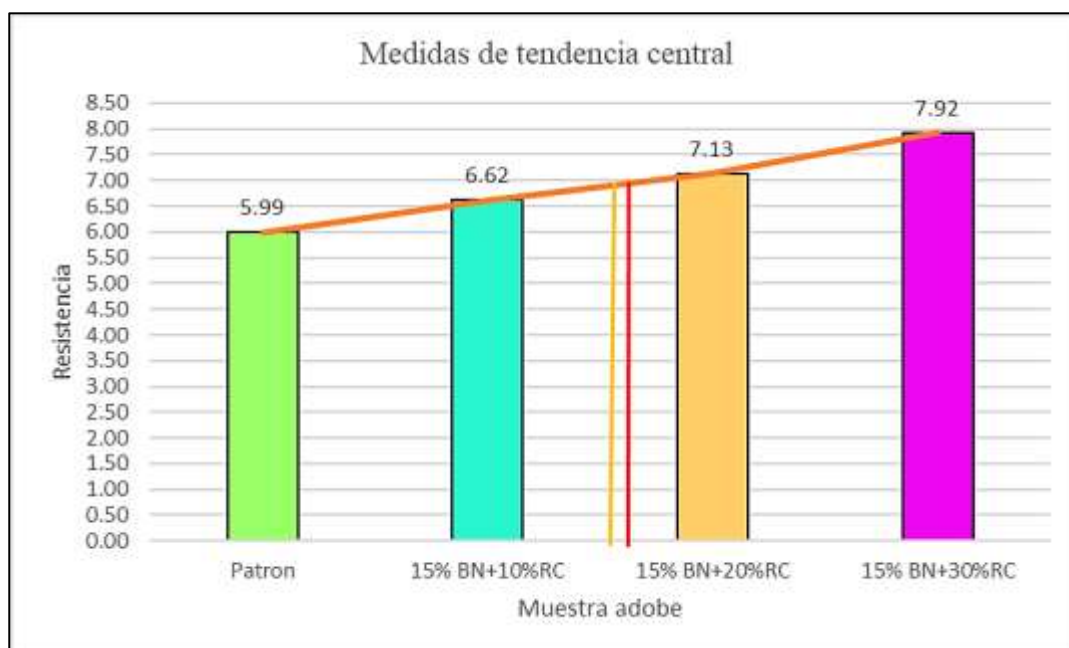


Gráfico 50. Medidas de tendencia central /ensayo compresión por aplastamiento de pilas

En el grafico 50 se muestra el promedio de los datos del ensayo de compresión por aplastamiento de pilas de adobe, o mejor dicho estadísticamente, media. Este valor se encuentra representado por la línea de color rojo igual a 6.92 kg/cm². De igual manera el valor que posee el lugar central de datos, conocido como mediana, con una cantidad de 6.68 kg/cm², representado por la línea de color naranja.

En cuanto a la asimetría se puede decir que la forma de datos del ensayo de compresión por aplastamiento de pilas es asimétrica positiva, en este caso sesgada a la derecha, dado que la media es mayor a la mediana. Por otro lado, la curtosis tiene un valor de -0,27, la cual sería platicúrtica (forma de curva chata), lo cual indica que los datos ocupan un reducido grado de concentración asimismo se distribuyen en todo el largo del rango

Tabla 131. Medidas de dispersión de ensayo de compresión por aplastamiento de pilas

| Medidas de dispersión    |      |
|--------------------------|------|
| Promedio                 | 6.92 |
| Varianza                 | 0.50 |
| Desviación estándar      | 0.71 |
| Coeficiente de variación | 10%  |
| Máximo                   | 7.92 |
| Mínimo                   | 5.99 |
| Rango                    | 1.93 |

En la tabla 131 se indican las medidas de dispersión, en este caso: la varianza y la desviación estándar, valor máximo y mínimo y por ende el rango. De esto se puede recalcar que la desviación estándar indica la dispersión de datos, en nuestra muestra es de 0.71 lo que revela que no hay mucha dispersión. Asimismo, por el coeficiente de variación de 10 % se puede decir que los datos son relativamente homogéneos.

La siguiente tabla, muestra de los valores del ensayo de resistencia de compresión por aplastamiento de pilas de los 4 tipos de adobe ensayados, con un promedio de 6.92 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 132. Elementos para grafica desviación estándar (compresión/aplastamiento)

| Resistencia(kg/cm2) | Desviación |                    |                    |
|---------------------|------------|--------------------|--------------------|
|                     | Promedio   | Lim.max Desviación | Lim.min Desviación |
| 5.99                | 6.92       | 7.62               | 6.21               |
| 6.62                | 6.92       | 7.62               | 6.21               |
| 7.13                | 6.92       | 7.62               | 6.21               |
| 7.92                | 6.92       | 7.62               | 6.21               |

En la siguiente gráfica, la línea azul muestra la resistencia de las muestras mediante ensayo de compresión por aplastamiento de pilas , la línea naranja representado por el valor de 6.92 kg/cm<sup>2</sup> muestra el promedio, la línea ploma muestra el límite superior de desviación cuyo valor es 7.62 kg/cm<sup>2</sup>, la amarilla muestra el límite inferior de desviación correspondiente a 6.21 kg/cm<sup>2</sup>. En este caso los valores que se encuentran en el límite máximo (línea ploma) y el límite mínimo (línea amarilla ), corresponden a valores normales. Pero hay dos valores fuera de dicho rango.

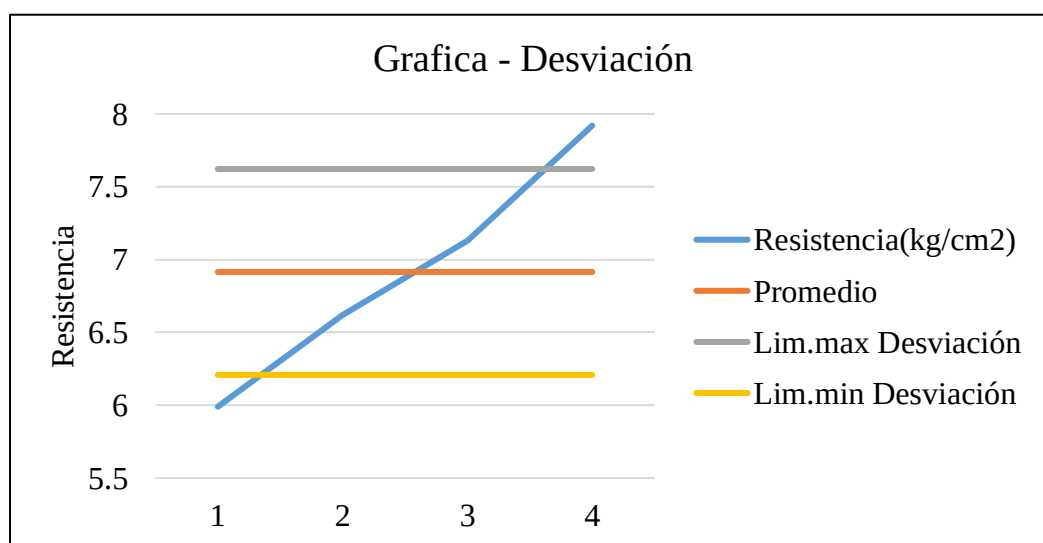


Gráfico 51. Desviación estándar de ensayo de compresión/aplastamiento

Tabla 133. Dispersión de ensayo de resistencia a la compresión/aplastamiento

| Ensayo de compresión de pilas o prismas |          |                          |
|-----------------------------------------|----------|--------------------------|
| Muestra                                 | $\sigma$ | Coeficiente de variación |
| Patrón                                  | 0.53     | 9.33%                    |
| 15% BN +10% RC                          | 0.34     | 5.22%                    |
| 15% BN +10% RC                          | 0.11     | 1.51%                    |
| 15% BN +10% RC                          | 0.20     | 2.55%                    |

La tabla 133 muestra la desviación estándar y coeficiente de variación del ensayo de resistencia a compresión por aplastamiento de las pilas de adobe de 6 unidades por muestra según tipo de adobe. Asimismo, es importante señalar que estas dos medidas son las más importantes en la estadística descriptiva pues ayudan a saber la dispersión de los datos. Empezando por las muestras de pila patrón se tiene una desviación de 0.53, este valor simboliza que no existe mucha dispersión entre las muestras; evidenciado a la misma vez en el coeficiente de 9.33 %, en este caso la calidad de resultados del ensayo para este adobe es de buena y no cuenta con mucho error; es así que el estudio de pilas patrones para el ensayo de compresión admisible es correcto, contando con valores homogéneos. De la misma forma en el caso de las pilas de adobe con 10%, 20% y 30% de RC más 15% de BN, la desviación es de 0.34, 0.11 y 0.20, lo que indica que no existe mucha dispersión; evidenciado también en sus coeficientes de 5.22%, 1.51% y 2.55%. De esto se puede decir que los resultados del ensayo para pilas de adobe con baba de nopal más residuos cerámicos son de buena calidad y no cuenta con gran error. En este caso el estudio de las pilas para ensayo de compresión por aplastamiento es correcto.

### Ensayo de resistencia del mortero convencional a la tracción

Tabla 134. Medidas de tendencia central de resistencia de mortero

| Muestra de Adobe | kg/cm <sup>2</sup> | Media | Mediana |
|------------------|--------------------|-------|---------|
| Patrón           | 0.28               | 0.15  | 0.13    |
| 15% BN+10%RC     | 0.14               |       |         |
| 15% BN+20%RC     | 0.11               |       |         |
| 15% BN+30%RC     | 0.07               |       |         |

Nota: Se presenta la media y mediana del análisis del ensayo de tracción del mortero convencional

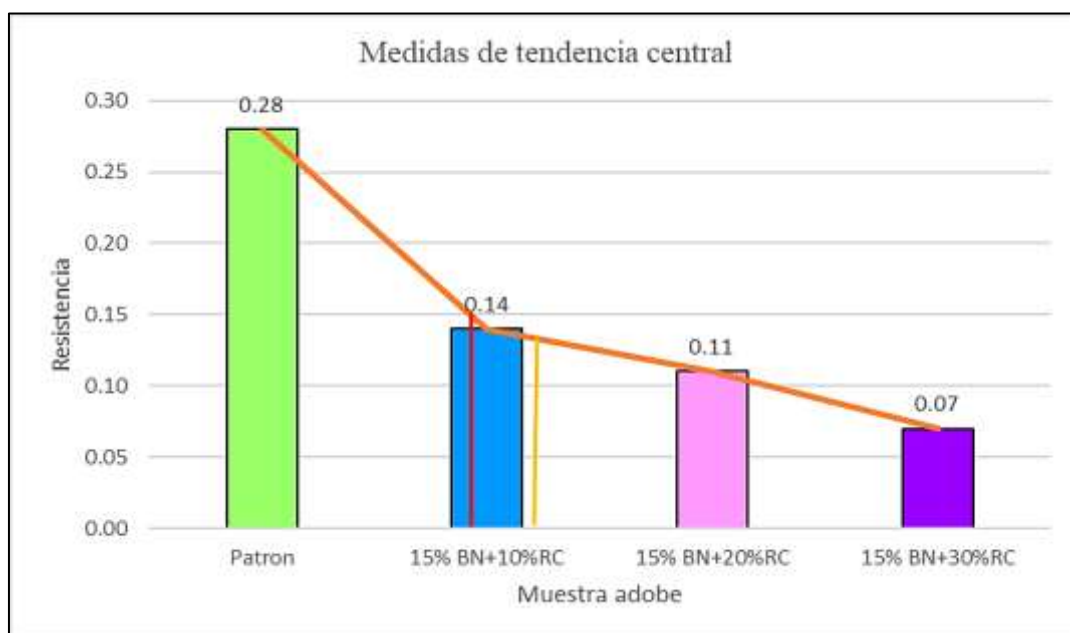


Gráfico 52. Medidas de tendencia central /ensayo del mortero convencional a la tracción

En el grafico 52 se muestra el promedio de los datos del ensayo de tracción de mortero convencional, o mejor dicho estadísticamente, media. Este valor se encuentra representado por la línea de color rojo igual a 0.15 kg/cm<sup>2</sup>. De igual manera el valor que posee el lugar central de datos, conocido como mediana, con una cantidad de 0.13 kg/cm<sup>2</sup>, representado por la línea de color naranja.

En cuanto a la asimetría se puede decir que la forma de datos del ensayo de tracción para mortero convencional es asimétrica positiva, en este caso sesgada a la derecha, dado que la media es mayor a la mediana. Por otro lado, la curtosis tiene un valor de 2.30 la cual sería Leptocúrtica (forma de curva alta), lo cual indica que los datos ocupan un elevado grado de concentración., esto alrededor de valor central.

Tabla 135. Medidas de dispersión de ensayo de tracción de motero convencional

| Medidas de dispersión    |       |
|--------------------------|-------|
| Promedio                 | 0.15  |
| Varianza                 | 0.01  |
| Desviación estándar      | 0.09  |
| Coeficiente de variación | 60.9% |
| Máximo                   | 0.28  |
| Mínimo                   | 0.07  |
| Rango                    | 0.21  |

En la tabla 135 se indican las medidas de dispersión, en este caso: la varianza y la desviación estándar, valor máximo y mínimo y por ende el rango. De esto se puede recalcar que la desviación estándar indica la dispersión de datos, en nuestra muestra es de 0.09 lo que revela que no hay mucha dispersión. Asimismo, por el coeficiente de variación de 60.9 % se puede decir que los datos son heterogéneos.

La siguiente tabla, muestra de los valores del ensayo de resistencia a tracción de mortero convencional de los 4 tipos de adobe ensayados, con un promedio de 0.15 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 136. Elementos para grafica desviación estándar (mortero tradicional)

| Desviación          |          |                    |                    |
|---------------------|----------|--------------------|--------------------|
| Resistencia(kg/cm2) | Promedio | Lim.max Desviación | Lim.min Desviación |
| 0.28                | 0.15     | 0.24               | 0.06               |
| 0.14                | 0.15     | 0.24               | 0.06               |
| 0.11                | 0.15     | 0.24               | 0.06               |
| 0.07                | 0.15     | 0.24               | 0.06               |

En la siguiente gráfica, la línea azul muestra la resistencia de las muestras mediante ensayo de tracción de mortero convencional, la línea naranja representado por el valor de 0.15 kg/cm<sup>2</sup> muestra el promedio, la línea plomo muestra el límite superior de desviación cuyo valor es 0.24 kg/cm<sup>2</sup>, la amarilla muestra el límite inferior de desviación correspondiente a 0.06 kg/cm<sup>2</sup>. En este caso los valores que se encuentran en el límite máximo (línea plomo) y el límite mínimo (línea amarilla), corresponden a valores normales. Pero hay un valor fuera de dicho rango

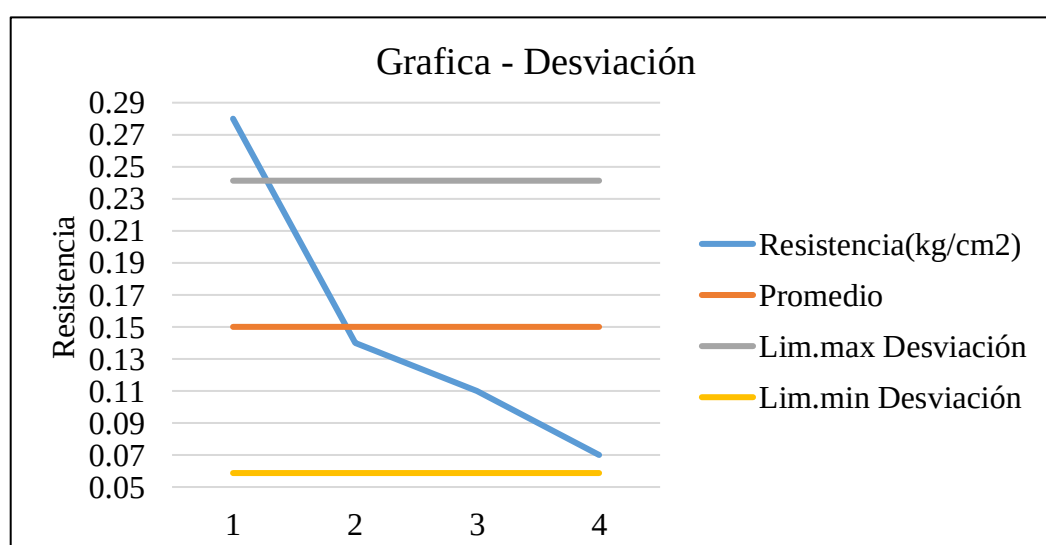


Gráfico 53. Desviación estándar de ensayo de tracción del mortero tradicional

Tabla 137. Dispersión de ensayo de resistencia a tracción del mortero convencional

| Ensayo de Resistencia al mortero a la tracción |          |        |
|------------------------------------------------|----------|--------|
| Muestra                                        | $\sigma$ | Cuenta |
| Patrón                                         | 0.07     | 27.26% |
| 15% BN +10% RC                                 | 0.01     | 7.78%  |
| 15% BN +20% RC                                 | 0.01     | 5.83%  |
| 15% BN +30% RC                                 | 0.01     | 18.82% |

La tabla 137 muestra la desviación estándar y coeficiente de variación del ensayo de resistencia a tracción de mortero convencional de 6 unidades por muestra según tipo de adobe. Asimismo, es importante señalar que estas dos medidas son las más importantes en la estadística descriptiva pues ayudan a saber la dispersión de los datos. Empezando por las muestras con adobe patrón se tiene una desviación de 0.07, este valor simboliza que no existe mucha dispersión entre las muestras; evidenciado a la misma vez en el coeficiente de 27.26 %, en este caso la calidad de resultados del ensayo para este adobe es de buena; es así que el estudio de mortero con adobes patrones es correcto, contando con valores homogéneos. De la misma forma en el caso muestras de adobe con 10%, 20% y 30% de RC más 15% de BN, la desviación es de 0.01, 0.01 y 0.01, lo que indica que no existe dispersión; evidenciado también en sus coeficientes de 7.78%, 5.58% y 18.82%. De esto se puede decir que los resultados del ensayo para mortero convencional de adobe con baba de nopal y residuos cerámicos son de buena calidad y no cuenta con gran error. En este caso el estudio de mortero convencional por ensayo de tracción por es correcto.

#### **Ensayo de resistencia del mortero con baba de nopal a la tracción.**

Tabla 138. Medidas de tendencia central de resistencia de mortero con baba de nopal

| Muestra de Adobe | kg/cm2 | Media | Mediana |
|------------------|--------|-------|---------|
| 15% BN           | 0.22   | 0.17  | 0.17    |
| 15% BN+10%RC     | 0.18   |       |         |
| 15% BN+20%RC     | 0.16   |       |         |
| 15% BN+30%RC     | 0.11   |       |         |

Nota: Se presenta la media y mediana del análisis del ensayo de tracción del mortero con baba de nopal



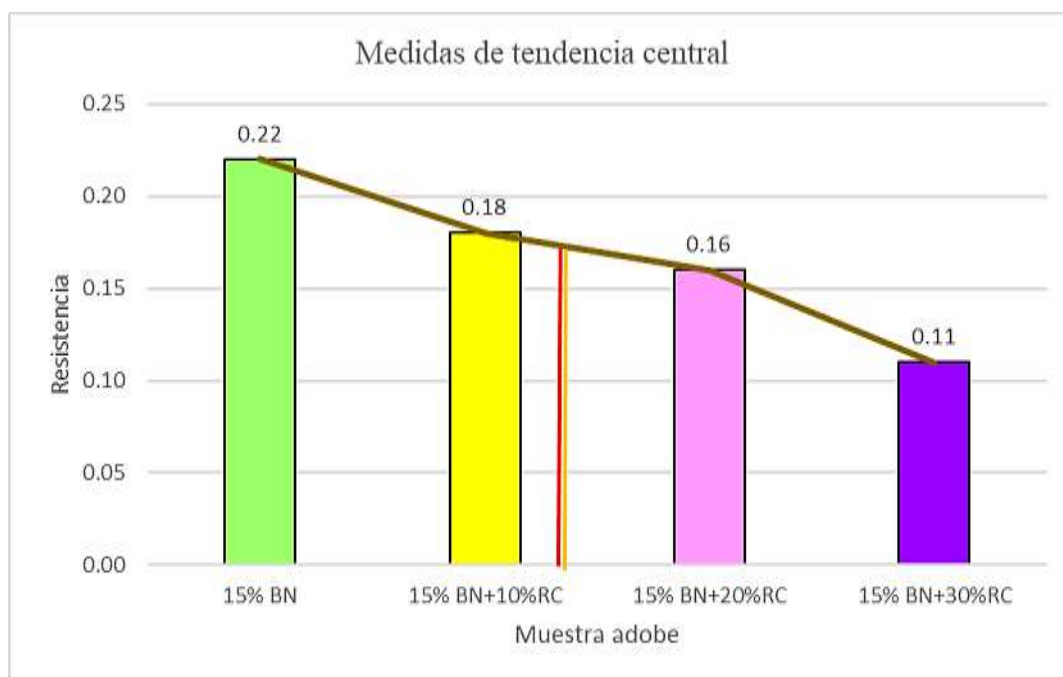


Gráfico 54. Medidas de tendencia central /ensayo del mortero convencional a la tracción

En el gráfico 54 se muestra el promedio de los datos del ensayo de tracción de mortero con baba de nopal, o mejor dicho estadísticamente, media. Este valor se encuentra representado por la línea de color rojo igual a  $0.17 \text{ kg/cm}^2$ . De igual manera el valor que posee el lugar central de datos, conocido como mediana, con una cantidad de  $0.17 \text{ kg/cm}^2$ , representado por la línea de color naranja.

En cuanto a la asimetría se puede decir que la forma de datos del ensayo de tracción para mortero con baba de nopal es simétrica, en este caso la media con la mediana es iguales. Por otro lado, la curtosis tiene un valor de 0.64 la cual sería Leptocúrtica (forma de curva alta), lo cual indica que los datos ocupan un elevado grado de concentración, esto alrededor de valor central.

Tabla 139. Medidas de dispersión de ensayo de tracción de mortero con baba de nopal

| Medidas de dispersión    |       |
|--------------------------|-------|
| Promedio                 | 0.17  |
| Varianza                 | 0.002 |
| Desviación estándar      | 0.05  |
| Coeficiente de variación | 27.3% |
| Máximo                   | 0.22  |
| Mínimo                   | 0.11  |

En la tabla 139 se indican las medidas de dispersión, en este caso: la varianza y la desviación estándar, valor máximo y mínimo y por ende el rango. De esto se puede recalcar que la desviación estándar indica la dispersión de datos, en nuestra muestra es de 0.05 lo que revela que no hay mucha dispersión. Asimismo, por el coeficiente de variación de 27.3% se puede decir que los datos son relativamente homogéneos.

La siguiente tabla, muestra de los valores del ensayo de resistencia de tracción de mortero con baba de nopal de los 4 tipos de adobe ensayados, con un promedio de 0.17 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 140. Elementos para grafica desviación estándar (mortero con baba de nopal)

| Desviación          |          |                    |                    |
|---------------------|----------|--------------------|--------------------|
| Resistencia(kg/cm2) | Promedio | Lim.max Desviación | Lim.min Desviación |
| 0.22                | 0.17     | 0.21               | 0.12               |
| 0.18                | 0.17     | 0.21               | 0.12               |
| 0.16                | 0.17     | 0.21               | 0.12               |
| 0.11                | 0.17     | 0.21               | 0.12               |

En la siguiente gráfica, la línea azul muestra la resistencia de las muestras mediante ensayo de tracción de mortero con baba de nopal, la línea naranja representado por el valor de 0.17kg/cm<sup>2</sup> muestra el promedio, la línea plomo muestra el límite superior de desviación cuyo valor es 0.21 kg/cm<sup>2</sup>, la amarilla muestra el límite inferior de desviación correspondiente a 0.12 kg/cm<sup>2</sup>. En este caso los valores que se encuentran en el límite máximo (línea plomo) y el límite mínimo (línea amarilla), corresponden a valores normales. Pero hay un valor fuera de dicho rango.

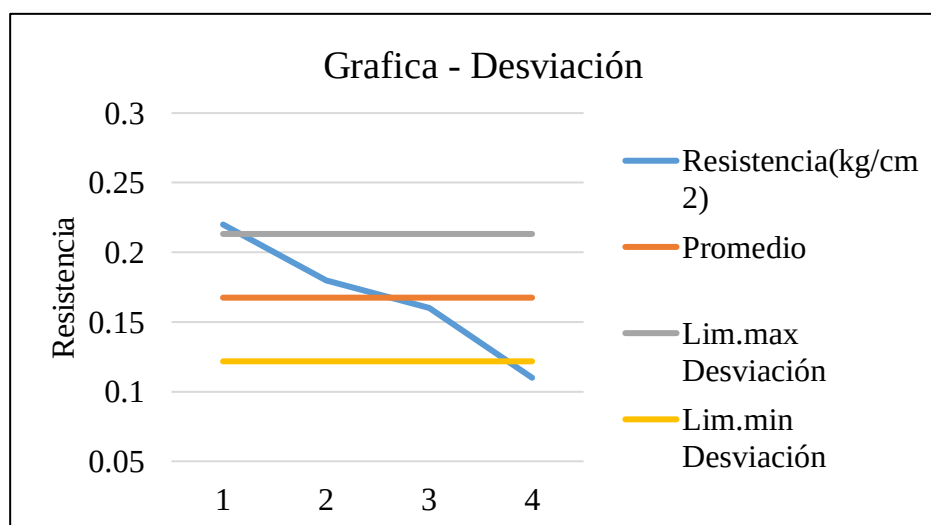


Gráfico 55.Desviación estándar de ensayo de tracción /mortero con BN

Tabla 141. Dispersión de ensayo de resistencia a tracción del mortero con baba de nopal

| Ensayo de Resistencia al mortero a la tracción-Baba de nopal |          |                          |
|--------------------------------------------------------------|----------|--------------------------|
| Muestra                                                      | $\sigma$ | Coeficiente de variación |
| 15% BN                                                       | 0.05     | 26.14%                   |
| 15% BM +10% RC                                               | 0.04     | 23.21%                   |
| 15% BM +20% RC                                               | 0.005    | 2.93%                    |
| 15% BM +30% RC                                               | 0.01     | 11.26%                   |

La tabla 141 muestra la desviación estándar y coeficiente de variación del ensayo de resistencia a tracción de mortero con baba de nopal de 6 unidades por muestra según tipo de adobe. Asimismo, es importante señalar que estas dos medidas son las más importantes en la estadística descriptiva pues ayudan a saber la dispersión de los datos. Empezando por las muestras con adobe con 15% BN se tiene una desviación de 0.05, este valor simboliza que no existe mucha dispersión entre las muestras; evidenciado a la misma vez en el coeficiente de 26.14%, en este caso la calidad de resultados del ensayo para este adobe es de buena; es así que el estudio de mortero con adobes patrones es correcto, contando con valores homogéneos. De la misma forma en el caso muestras de adobe con 10%, 20% y 30% de RC más 15% de BN, la desviación es de 0.05, 0.04 y 0.01, lo que indica que no existe dispersión; evidenciado también en sus coeficientes de 23.21%, 2.93% y 11.26%. De esto se puede decir que los resultados del ensayo para mortero con baba de nopal de adobe con baba de nopal y residuos cerámicos son de buena calidad y no cuenta con gran error. En este caso el estudio de mortero con baba de nopal por ensayo de tracción por es correcto.

## **Discusión**

Culminado el proceso y obtención de resultados correspondientes de cada una de las pruebas, se puede decir que la hipótesis formulada es aceptable, ya que según los hallazgos se consigue afirmar que, incorporando residuos cerámicos y baba de nopal, al adobe; se mejora sus propiedades, ayudando alcanzar una estabilidad frente al agua, asimismo asegurar su durabilidad, verificando su resistencia. Es así que el uso de dichos materiales sería una alternativa para mejorar el adobe de la zona rural de Cutervo.

Cabe mencionar también que según los resultados obtenidos; los adobes que obtienen mejor estabilidad frente al agua son los realizados con 15% de baba de Nopal, asimismo la mejor resistencia en cuanto a propiedades mecánicas lo obtienen los adobes con 15% de baba de Nopal más 30% de residuos cerámicos.

### **Ensayos para la selección del suelo**

Después de precisar el lugar de extracción de las tres muestras de tierra, se realizó los ensayos correspondientes de campo y laboratorio; cabe mencionar que la mayor parte del territorio cutervino cuenta con tierra tipo arcillosa - mitosa, pero no existe ningún estudio de verificación, es por esto que se considera hacer un estudio para saber si la tierra es apta para realizar el adobe.

En cuanto a los ensayos, los cuales se encuentran especificados claramente en los anexos de la norma E080. Empezando por el ensayo de cinta de barro se indica que cuando la medida de longitud de la cinta al descolgarse esta entre 20 cm y 25 cm; el suelo es muy arcilloso, asimismo contaría con poca arcilla; cuando esta longitud se encuentre en el rango menor o igual a 10 cm. Comparando esto con las muestras de tierra se tiene los siguientes resultados de longitud de cinta: M-1(18cm), M-2(14 cm) y M-3(16 cm). Por lo que estaría en un rango entre 10 cm a 20 cm , confrontando con la norma el suelo contaría con la cantidad de arcilla correcta.

Seguidamente el ensayo de las bolitas de tierra para verificar la cantidad de arcilla o resistencia seca del suelo en campo, también es un ensayo especificado en la norma E080, la cual menciona que las cuatro bolitas luego de finalizar su tiempo de secado , son aplastadas con el pulgar y si se rompen no se debe usar el suelo puesto que le falta arcilla, en el caso contrario el suelo si serviría .Algo importante a definir es que al romperse aunque sea una de las cuatro bolitas se debe repetir el ensayo y en el caso de obtener el mismo resultado se debe descartar la muestra , pero si sucede lo contrario de no tener fallas se puede usar para la elaboración de

adobe. Comparando con los resultados obtenidos las muestras M-1 y M-3 cuentan con presencia de arcilla en la tierra. Esto se evidencio porque ninguna de las bolitas se agrietó en el proceso de secado o al aplicar presión con los dedos. A diferencia de la muestra M-2 que, durante la primera prueba, dos de las bolitas presentaron fallas; al repetirse el ensayo se obtuvo el mismo resultado, pues al aplicar la presión; una de las bolitas se agrieto. Por lo que se descarta dicha muestra.

Para el ensayo de contenido de Humedad la única muestra apta resulto la M-3 del sector mirador Cutervo, pues según los valores mencionados en la norma E080 esta se rompió en más de cinco pedazos, y según lo especificado este contenido de humedad vendría a ser el correcto. Por lo contrario, en resultado de las muestras M-1 y M-2 hubo una desintegración, en este caso el suelo vendría ser muy seco según lo estipulado en la norma E080. De esta forma se descartan las muestras de tierra M-1 y M-2 mediante los resultados obtenidos en estas pruebas iniciales. Por otro lado, también se realizó ensayos en laboratorio para verificar de forma cuantitativa el tipo de suelo en la cual según la clasificación de SUCS todas las muestras son de tipo (SC) conocido como arena arcillosa, de esta forma valiendo de los métodos cualitativos se eligió como mejor muestra la M-3(Sector mirador -Cutervo).

Seguidamente también se obtuvo el contenido de humedad igual a 7.88 % de la M-3, cabe mencionar que dicho valor muestra el agua con la que cuenta la tierra en un estado natural; este valor se obtuvo porque es una propiedad importante que ayuda a evidenciar el comportamiento del suelo, esto con relación a su cohesión y estabilidad, siendo el adecuado. Asimismo, en la Norma E.080 se indica un 20% como máximo de agua para elaborar los adobes y también el mortero.

Por otro lado, se consideró el ensayo de peso específico porque es necesario evidenciar el peso de la tierra en relación a su volumen obteniéndose un valor de 2.44 g/cm<sup>3</sup>.

En cuanto al ensayo de análisis granulométrico es esencial porque si bien ayuda a conocer la distribución del tamaño de las partículas de suelo, también ayudo a clasificar dicha muestra según SUCS siendo de tipo SC y según ASSHTO A-6. Es así que al ser un suelo de la muestra M-3 cuenta con la presencia de arcilla. En comparación a la norma E080 es un material indispensable en la tierra para elaborar los adobes pues actúa como un plastificante, pudiendo cohesionar con las demás partículas del suelo; en este caso facilita el amasado de la mezcla para

el adobe, siendo trabajable y tendrá una buena adaptación en la adobera por contar con partículas finas.

La tesis de Carlos Díaz y Víctor Puyen [18], menciona como resultado de ensayo de granulometría que el suelo elegido para realizar adobes corresponde al distrito de Túcume-Chiclayo, clasificando su muestra como: A-6 (suelo arcilloso) en comparación con nuestros resultados la tierra del sector mirador si sería apta pues también cuenta con la presencia de arcilla. Asimismo, en la norma E080 se menciona que la arcilla, limo y arena deben aproximarse a los porcentajes de 10-20%, 15-25%, 55-70%, frente a esto se obtuvo como resultado 53.1% de arena y 41.1% entre arcilla y limos. Esto evidencia que se respeta lo señalado en la norma sobre las condiciones de tierra para elaboración de adobe.

Se consideró realizar el ensayo de límites de Atterberg para conocer el índice de plasticidad del suelo, en este caso este va indicar la consistencia de la muestra, mientras la tierra sea más plástica, el adobe contara con mejor calidad, asimismo cabe mencionar que de esto no va depender su resistencia. Se evidencia que el suelo cuenta con arcilla o es de tipo arcilloso, ya que se obtuvo un índice de plasticidad de 11.5% para la M-3. Es así que estaría dentro de los parámetros que menciona la norma los cuales van en un rango de 10% a 20%.

### **Ensayos de baba de nopal**

Los ensayos a la baba de nopal se realizaron con el fin de verificar sus propiedades, porque cabe mencionar que es un estabilizante para el adobe, el cual se propone en la investigación, específicamente para mejorar el impacto del agua en las unidades. Los resultados obtenidos sirven para verificar puntualmente su viscosidad pues esta vendría a ser su propiedad más significativa, esta fue evaluada por un viscosímetro aplicando diferentes métodos, cada uno de estos sirven para el cálculo de la velocidad plástica, siendo calculada con la diferencia de lecturas de un viscosímetro rotatorio, dichas lecturas se realizan para evidenciar la resistencia del fluido en este caso al fluir. Obteniendo 36.1 CP según el método de Power Law de 96.8% de ajuste de confianza, siendo el más exacto. Asimismo, en comparación al agua este tipo de fluido es más viscoso, lo cual se puede clasificar o asemejar a un tipo de goma, siendo ideal para impermeabilizar; en este caso incorporar a la tierra y por ende hacer frente al agua.

## **Ensayo de residuos cerámicos**

El análisis en laboratorio sobre las propiedades de los residuos cerámicos se considera porque es uno de los materiales que se está proponiendo para mejorar las propiedades del adobe, en este caso tomando como un agregado fino, el cual pasa por la malla número N.º 4, asimismo evidenciando el tamaño de sus partículas por medio del ensayo de granulometría, seguidamente patentizar el peso por unidad de volumen, en este caso el peso específico. Asimismo, se verificó el peso unitario suelto y compactado, el cual muestra la capacidad de compactación con la que se cuenta. Esto servirá para tener presentes y saber sobre las propiedades del material que se va incorporar en la elaboración de adobe.

## **Selección de porcentaje más óptimo de baba de nopal**

Esta selección se consideró para elegir la cantidad de baba de nopal más optima a ser combinada junto con los residuos cerámicos pues se propone que ambos materiales en el adobe van a mejorar sus propiedades, aplicándose porcentajes de 5%, 10% y 15% para cotejar. Valiéndose de los resultados obtenidos esencialmente de los ensayos de succión, absorción se obtuvo que el adobe con 15% de baba de nopal cuenta con mejores características para contrarrestar el agua. Asimismo, con el ensayo de módulo de ruptura y compresión se obtuvo mejor resistencia, esta selección partió de una revisión de antecedentes mencionados anteriormente en los cuales hablan sobre el mucilago de la planta de tuna, como un buen impermeabilizante contra el agua y los resultados de dichas investigaciones son asertivas.

## **Ensayo de módulo de ruptura**

Aunque el ensayo de módulo de ruptura para el adobe no sea muy significativo se consideró en esta investigación porque se optó utilizar las unidades luego de ser ensayadas para cortar cubos de adobe de 10 cm de lado, siendo un método eficaz para ensayar dichas muestras por compresión, asimismo se manejó para ensayo de humedad y secado.

En la investigación de Hans Luque [16] el promedio de las muestras de adobe con 0% de agregado reciclado obtienen 2.77 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a flexión, sus muestras de 100% de dicho estabilizante obtienen 3.33kg/cm<sup>2</sup>, seguidamente el adobe con 90% de agregado reciclado 3.32 kg/cm<sup>2</sup> y por último la muestra de 80% obtuvo 3.19 kg/cm<sup>2</sup>. Dichos valores en comparación con los resultados logrados en mi investigación son superados, tal y como se revela en el grafico 56.

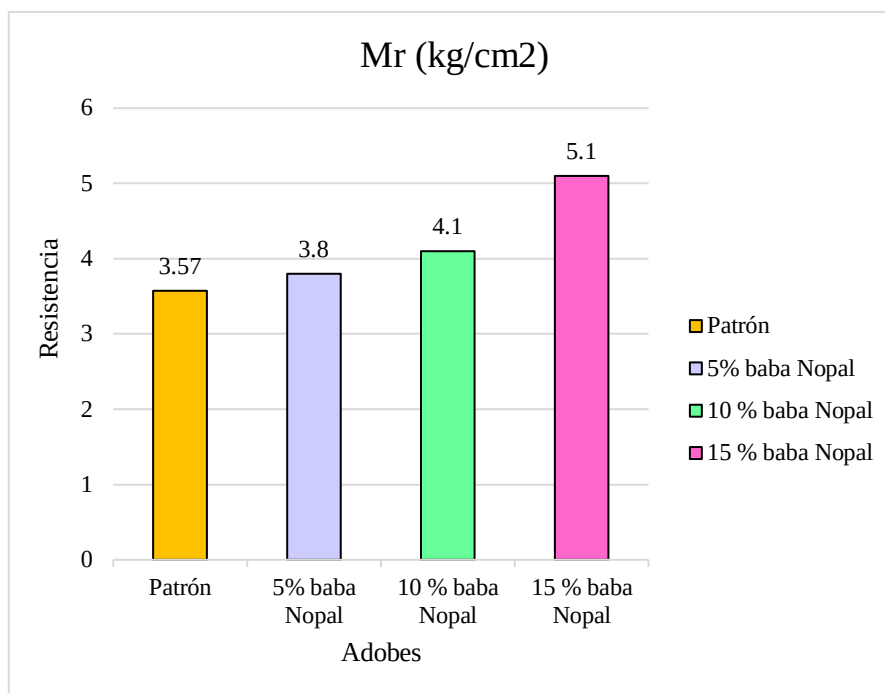


Gráfico 56. Promedios de ensayo de módulo de ruptura

De los resultados obtenidos del módulo de ruptura según el gráfico 56 se puede decir que el adobe con mejor resistencia a flexión es el de 15% de baba de nopal, ya que en comparación a la resistencia del adobe convencional de 3.57 kg/cm<sup>2</sup> es mejorada con una resistencia más alta de 5.1 kg/cm<sup>2</sup>. Dependiendo de estos resultados se afirma que el uso de baba de nopal es una buena solución para mejorar las unidades convencionales en cuanto al ensayo de flexión.

Los promedios de las cinco muestras ensayadas por tipo de adobe obtienen mejor resultado que la tesis de adobe con agregado reciclado, pues su mayor resistencia de 3.32 kg/cm<sup>2</sup> es superada por el adobe con 15% de baba de nopal, incluso por el adobe patrón de esta investigación.

Por otro lado, la tesis de diseño de adobes estabilizados con emulsión asfáltica [41], presenta como resultados de adobes tradicionales una resistencia de 1.84 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de secado y a los 45 días 2.04 kg/cm<sup>2</sup>. Esto en comparación a los resultados arrojados de adobes convencionales es superada puesto que se obtuvo 3.57 kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo el promedio de unidades en la que se utilizó emulsión asfáltica de 2.5% obtuvieron 2.04 kg/cm<sup>2</sup>; la de 5%-2.14 kg/cm<sup>2</sup>, con 7.5% - 2.55 kg/cm<sup>2</sup> y 10% - 2.65 kg/cm<sup>2</sup>. En comparación se puede decir que los resultados a flexión con baba de superan a los de emulsión asfáltica en el adobe.



## Ensayo de compresión

Este ensayo se realizó para verificar la resistencia a compresión de las unidades, de las muestras de cubos de 10 cm, los cuales se cortaron luego de realizar el ensayo de módulo de ruptura.

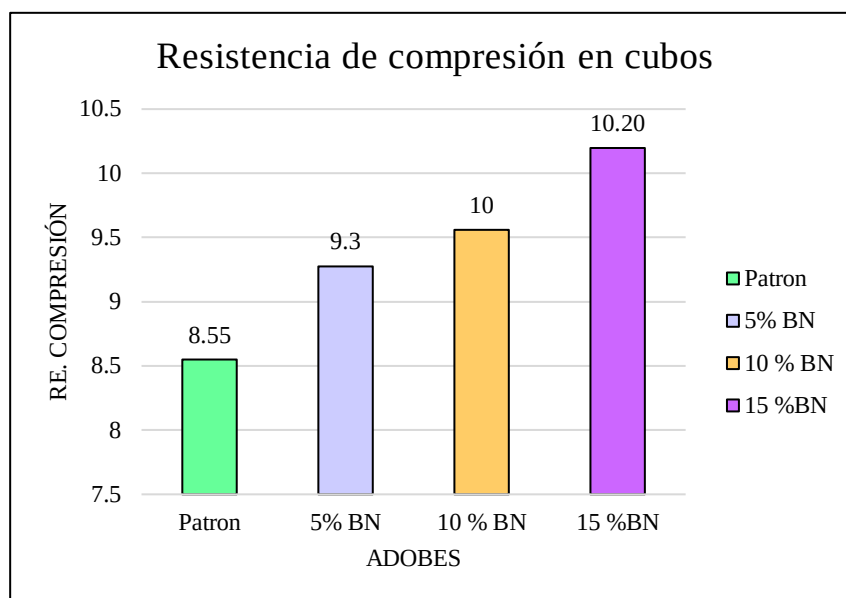


Gráfico 57. Promedios de resistencia a la compresión (Adobe patrón y con BN)

En el grafico 57 se observa la resistencia a la compresión de las muestras de adobe patrón y con baba de nopal, cabe mencionar que las unidades ensayadas fueron 6 y se tomó el promedio de las 4 mejores para comparar dicho dato con la norma E080. De esto se puede decir que el adobe patrón tiene la menor resistencia en comparación a las muestras de adobe con baba de nopal. Asimismo, la norma E080 menciona que la resistencia mínima a compresión de las 4 mejores muestras es de 10.2 kg/cm<sup>2</sup> en promedio. Es así que se puede afirmar que las muestras patrón, adobes con 5% y 10% de baba de nopal no cumplen con los estándares de la norma. El único adobe que cumple e iguala la resistencia indicada por la norma E080 es el adobe de 15% de baba de nopal, el cual obtiene 10.20 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a compresión.

En el estudio de permeabilidad en el adobe implementando agregados naturales [10], la muestra M15RP (suelo más 15% de resina de pino), en el ensayo de compresión en cubos obtiene 4.82Mpa, que en comparación a los resultados de la investigación es mucho más elevada.

## Ensayo de succión

En una primera instancia es importante mencionar que el principal ensayo para seleccionar el porcentaje más óptimo de baba de nopal, es el ensayo de absorción, pero es esencial tener claro que el adobe no es muy resistente al agua y se desmorona; entonces cabe la posibilidad que las unidades al estar sumergidas por 24 horas fallen; de esta manera no se obtendrían resultados. Por esto se consideró el ensayo succión siendo la absorción inicial de una muestra para verificar la estabilidad del adobe frente a la acción del agua, convirtiéndose en un ensayo básico para obtener los primeros resultados de las muestras de adobe con baba de nopal puesto que según los antecedentes revisados el mucilago de la planta de tuna es un buen impermeabilizante frente al agua ; de esta manera se propone analizar adobes con tres porcentajes de 5%, 10% y 15% de baba de nopal, Las muestras ensayadas fueron 5 medias unidades de adobe.

En la investigación de evaluación de la erosión y la resistencia del adobe adicionando cenizas de carbón y cal [38]. En cuanto a los ensayos de succión menciona que las muestras con 10 % y 12% de ceniza de carbón y cal; poseen mejor comportamiento frente al agua, obteniendo porcentajes de 7.79% y 8.43 %; en este caso el adobe absorbió agua sin desmoronarse. Estos porcentajes con los resultados obtenidos en mi investigación son más altos pues en el adobe con 15% BN se obtiene 0.70%, esto porque el adobe con baba de nopal cuenta con mejores propiedades de impermeabilización, con la característica de no absorber el agua y por lo tanto no desmoronarse.

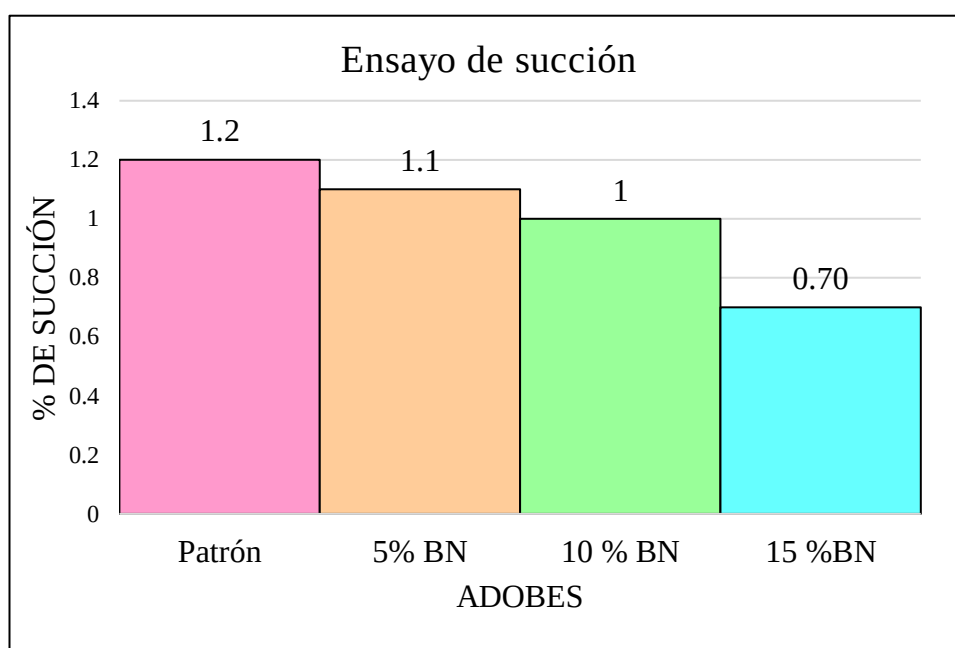


Gráfico 58. Comparación de adobes con baba de nopal

En la representación gráfica 58 se muestra los resultados del ensayo de succión de las muestras de adobe patrón y de 5%,10% y 15% de baba de nopal; dichos resultados son el promedio de cinco medias unidades de cada tipo de adobe. En la que se puede evidenciar que el porcentaje de 15% de baba de nopal tiene un mejor comportamiento frente al agua, al ser el porcentaje más bajo con un valor de 0.70%. Quiere decir que este tipo de adobe tienen mejor comportamiento porque no absorbe mucha agua, en pocas palabras es el que tiene mejores propiedades estabilizantes, en comparación al adobe patrón que obtiene 1,2% , de esta forma está absorbiendo más agua, en este caso mientras mayor sea el porcentaje de baba de nopal mejor será su comportamiento frente al agua.

### Ensayo de absorción

Al corroborar que los adobes en una primera instancia son resistentes al agua se sumergen por 24 horas, es este caso las mismas unidades utilizadas en succión, de lo obtenido se tiene el grafico 59.

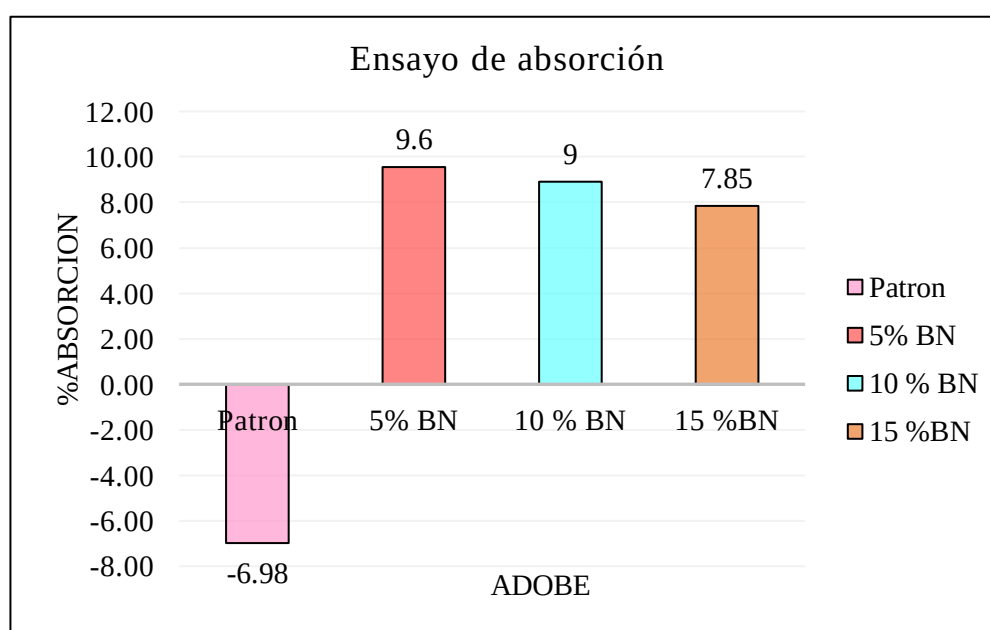


Gráfico 59. Promedio de muestras de adobe con abab de nopal por absorción

En el grafico 59 se muestra el promedio de las 5 medias unidades de cada tipo de adobe, si comparamos la unidad de adobe patrón con los adobes de baba de nopal; las unidades estabilizadas tienen un mejor comportamiento frente al agua sumergidas totalmente. En este caso el adobe patrón tiene un porcentaje de -6.98%, el cual representa pérdida de masa del adobe en este caso se produce desintegración; evidenciado con el signo negativo.

A diferencia los porcentajes de 5%, 10% y 15% de baba nopal en el adobe no sufren desintegración, pero si absorben agua, en este caso el que mejor comportamiento impermeabilizante frente al agua es el adobe con 15% de baba de nopal con 7.85%.

En cuanto al ensayo de absorción también se tiene a la tesis de Nieto y Tello [15]. Indica que sus muestras con porcentajes de 18% y 20.5 % de mucilago de tuna obtienen porcentajes de 11.43% y 10.99% de absorción de agua siendo los menores, en cambio nuestra muestra de 15% de BN obtiene 7.85% en este caso sus propiedades de impermeabilización sin desmoronarse son mejores. Cabe mencionar que aunque se use el mismo material en ambas investigaciones, la diferencia tiene que ver mucho con preparación previa de la baba de nopal, seguido de los materiales de tierra, paja, elaboración que se realice y forma de secado. Por esto se puede afirmar que en el caso de esta investigación los procesos en cuanto a elaboración y secado de adobe fueron más cuidadosos y mejores que la tesis de Nieto y Tello; evidenciado en los resultados obtenidos.

Una investigación que también tomó en cuenta evaluar porcentajes de baba de nopal y que además se puede realizar una comparación es la tesis de Baldoceda [17]. En la cual menciona resultados de absorción de muestra de 7% y 9% de savia de nopal en la que se obtuvo 1.37% y 3.98% de porcentaje de absorción respectivamente, estos porcentajes se deben a que el adobe se desborono y en consecuencia el peso se redujo. En comparación a los resultados de nuestras muestras absorben más agua, pero no se desintegran en este caso se puede corroborar que son más resistentes.

### **Ensayo de humedad y secado**

Si bien es cierto el ensayo de humedad y secado no está especificado en la norma E080 de adobe, pero si en la norma española UNE 41410, se tomó en cuenta en esta investigación para poder comparar los pesos de las unidades de adobe elaboradas con baba de nopal, el proceso consistió en sumergir totalmente en agua las unidades y secarlas en horno; todo esto se repite en cinco ciclos. Del resultado se puede decir que ninguna de las muestras resistió al desmoronamiento, pero si comparamos estos resultados la muestra de 15% de baba de nopal es la que mejor resistencia tiene, en este caso posee mejores condiciones finales en comparación a la de los demás porcentajes de baba de nopal y adobe patrón. Los cubos de adobe patrón empezaron a reducir su peso desde el segundo ciclo de humedad y secado siendo la muestra de menor resistente al agua puesto que los adobes se desintegraron

rápidamente. La unidad de adobe con el menor porcentaje de baba de nopal, en este caso el 5% tubo mejor resistencia que el adobe patrón puesto que su desintegración severa se vio reflejada desde el tercer ciclo , al igual que la muestra con 10% de este estabilizante , pero tubo pesos más elevados que la muestra anteriormente mencionada .La muestra de 15% de baba de nopal llego con desintegración severa hasta el quinto ciclo evidenciando de esta manera que es el adobe que mejor reacciona al agua en este caso es más resistente en comparación a las demás.

### **Ensayos de adobe con residuos cerámicos y baba de nopal**

Seleccionado el mejor porcentaje de baba de nopal por medio de ensayo de succión y absorción se unió con los residuos cerámicos como estabilizantes en el adobe. En este caso se combinó 15% de baba de nopal con 10%,20% y 30% de residuos cerámicos respectivamente. De estos se consideró un análisis de sus propiedades físicas y mecánicas valiéndose de la norma E080.

#### **Ensayo de variación dimensional**

Este ensayo se consideró en la investigación para evaluar las medidas del adobe, en cuanto a su largo, ancho y altura, puesto que para llevar a cabo la investigación se realizó un manipuleo, transporte, carga y descarga de las unidades de adobe. Asimismo, cabe mencionar que todos estos son factores juegan un papel importante en la regularidad de las medidas de sus lados. Asimismo, durante el proceso de secado las unidades de adobe mayormente se contraen.

El diseño de las unidades según la adobera considerada; tomando en cuenta la norma E080 son de 20cm x 40cm x 10cm, en la cual según los resultados del ensayo de variación dimensional obtenidos; ubo una disminución de las medidas para la muestra, tal como se observa en el grafico 60; en el que se aprecian el promedio de las medidas de ancho, largo y altura respectivamente.

En la investigación de adobes con agregado reciclado [16], para el adobe patrón se presentan variaciones de 0.33,0.41y 0.30 para ancho, largo y altura respectivamente los cuales se pueden considerar menores a la variación obtenida por nuestros adobes patrones de 0.10,0.42 y 0.87. Pero su mayor variación es de adobe con 80% de agregado reciclado con 0.56, 1.93 y -0.85 para las medidas indicadas y en el caso de las muestras con residuos

cerámicos más baba de nopal la mayor variación corresponde al adobe con 15% BN +20% RC con 0.34, 0.70 y 1.37 respectivamente, la cual en comparación a la variación obtenida por tesis indicada es menor; precisando de esta forma de nuestros adobes estabilizados tienen menor variación de sus medidas originales. Aunque esto no es muy significado es necesario que se cuenta con la menor variación de medidas posibles en el adobe.

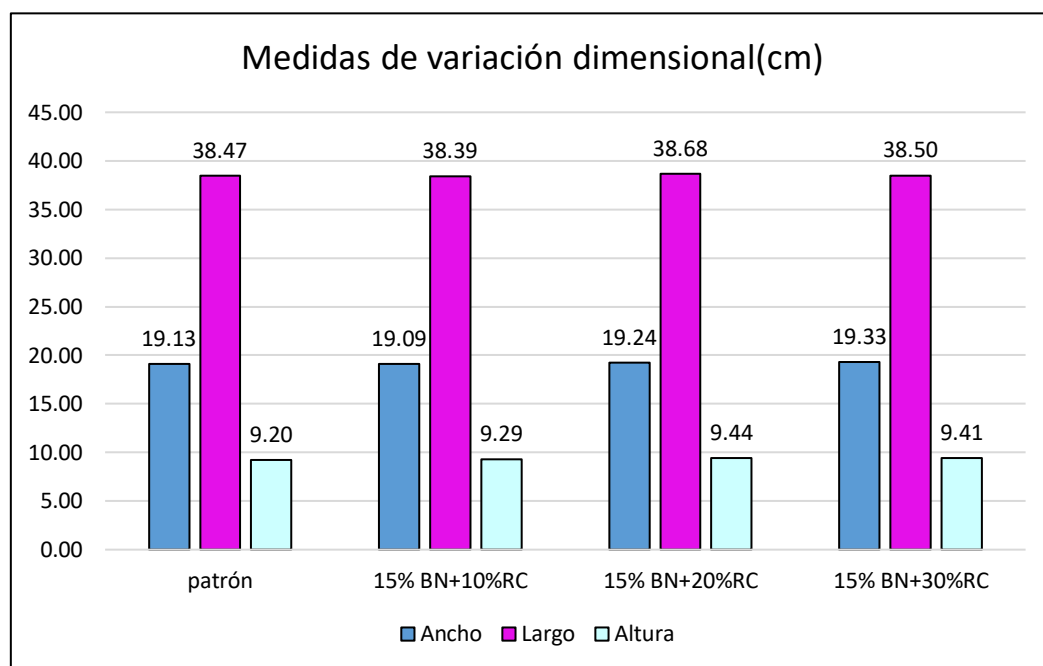


Gráfico 60. Medidas de variación dimensional de adobes

En el grafico 60 se puede observar las medidas de ancho, largo y espesor del adobe, en la que se logra evidenciar que las medidas que tienen menor variación en cuanto al ancho y al largo son del adobe de 15% de baba de nopal más 30% de residuos cerámicos; en cuanto a la altura los valores más altos lo ocupan el adobe de 15% de baba de nopal con 20% y 30% de residuos cerámicos respectivamente. En este caso se encuentran más cerca a los valores de diseño. Por otro lado, es importante aclarar el signo negativo en el porcentaje de variación es porque las medidas obtenidas en el ensayo disminuyen en relación al diseño.

### Ensayo de alabeo

Este ensayo se consideró para verificar el desgaste de las unidades de adobe, puesto que, como lo mencionado anteriormente en el ensayo de variación dimensional existieron varios factores que producen alteración en el adobe, en cuanto a las medidas se toman en (mm) y son de tipo cóncavas; dichos valores se expresan en el grafico 61.

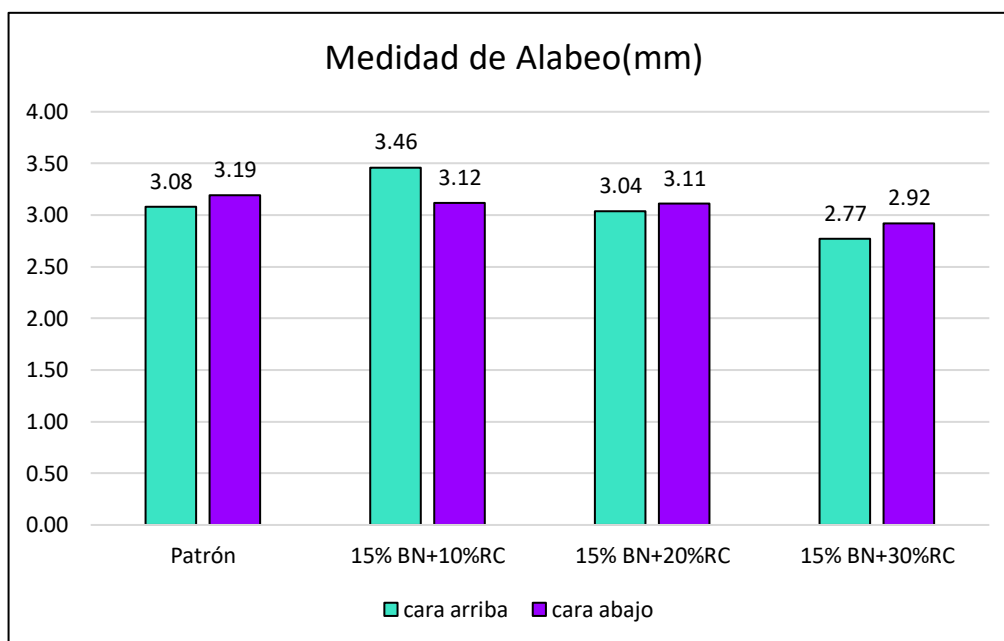


Gráfico 61. Medidas de alabeo de adobes

En el gráfico 61 se puede observar que los adobes de 15% de baba de nopal con 30% de residuos cerámicos tienen medidas menores o los demás tipos de adobe, en este caso de forma cóncava de la cara del adobe tanto arriba como abajo; es así que presentan menor variación por medidas de alabeo.

En comparación con la tesis evaluación de la resistencia del adobe estabilizado a la acción del agua adicionando jabonato de alumbre o mucílago de cactus de San Pedro [18], las medidas de alabeo que obtienen son 15mm en concavidad. En comparación a nuestro resultado la mayor medida de alabeo corresponde al adobe patrón, con el resultado de 3.19 mm, evidenciando que el adobe de mi investigación presenta mejores medidas de alabeo, también en dicha tesis se menciona que la falla a tracción del murete se debe mucho a este ensayo pues es recomendable que las medidas de concavidad o convexidad no sean mayores a 13 mm porque de ser el caso puede reducir en un 15 % la resistencia. De esto se puede afirmar que con nuestro resultado no se tendría este problema para todas las muestras de adobe.

## Ensayo de succión y absorción

Si bien es cierto este ensayo ya se realizó anteriormente con las unidades de baba de nopal, en la que se pudo elegir el mejor porcentaje de dicho material. Con el mismo fin de obtener resultados iniciales de absorción, previniendo la desintegración del adobe al ser sumergido por 24 horas. Pero a diferencia de los valores anteriores, los adobe que contienen residuos cerámicos obtuvieron ganancia de agua y ubo un poco de pérdida de masa producto de su desmoronamiento. Esto porque contienen arcilla producto de los ladrillos cerámicos utilizados; a continuación, se muestra una comparación de todas las unidades.

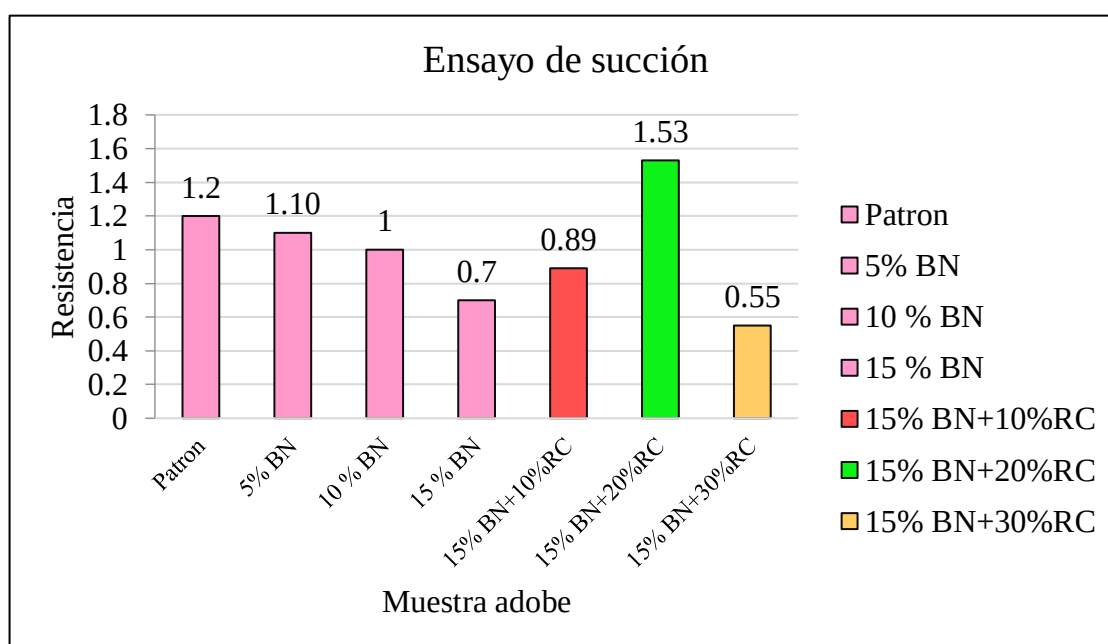


Gráfico 62. Ensayo succión de adobes con BN y RC

En el grafico 62 se muestran los resultados de porcentaje de succión de cada tipo de adobe el cual es el promedio de las 5 medias unidades. Empezando por el adobe con 15% de baba de nopal más 10% de Residuos cerámicos existe un porcentaje de 0.89% del cual se consigue decir que se tiene poca impermeabilidad, pero este valor se debe a que el adobe con estas caracterizas se desmorono perdiendo peso ; lo mismo paso con el adobe de 15% de baba de nopal más 30% de residuos cerámicos con el valor de 0.55% ; mientras que el porcentaje de 20% obtuvo mayor absorción de agua sin producir mucha desintegración a diferencia de las otras muestras .Es así que se puede afirmar que los adobes con 15% de baba de nopal solamente son los que mejor actúan con el agua.



### Ensayo de compresión en cubos

Este ensayo se consideró para poder comparar los resultados obtenidos con los adobes de baba de nopal y poder investigar si existe un incremento en cuanto a su resistencia, asimismo verificar si cumple con lo especificado en la norma E080. Cabe mencionar que las unidades son cubos de 10 cm de lado, los cuales fueron obtenidos de las unidades sobrantes de la elaboración de muretes de adobe.

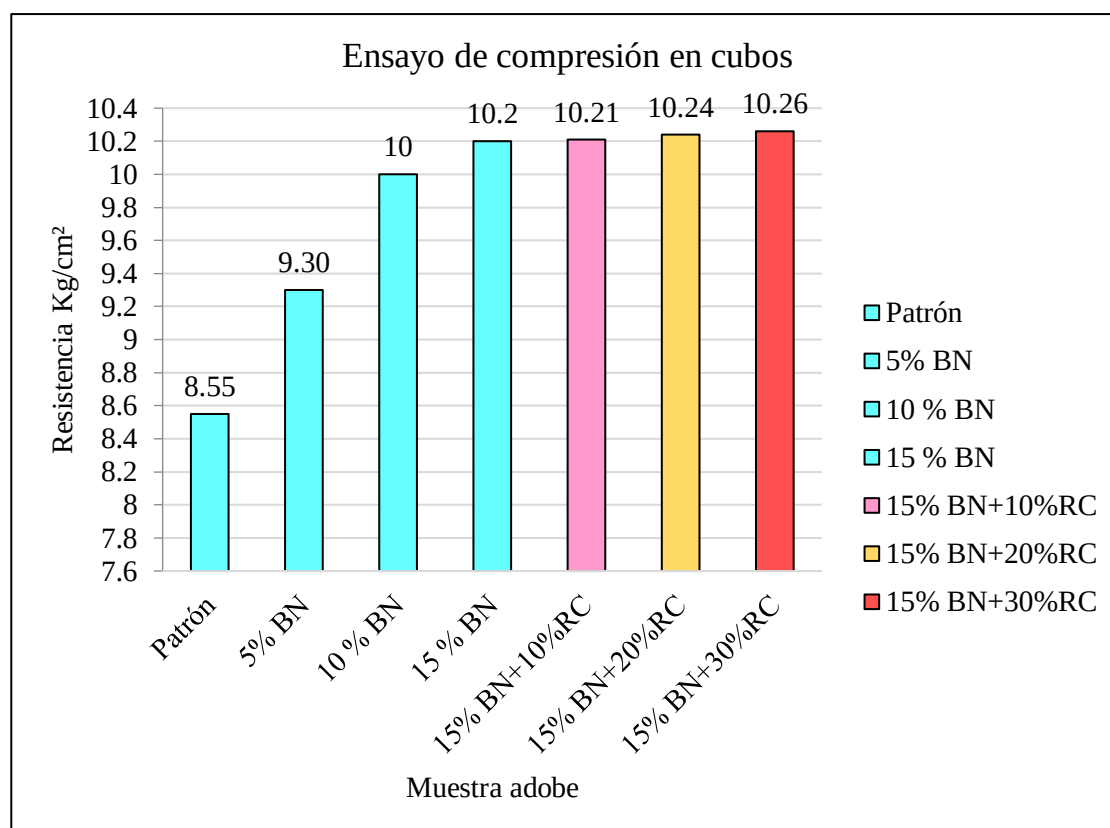


Gráfico 63. Resistencia a compresión de todas las muestras de adobe

En el gráfico 63 se observa la resistencia a la compresión de las muestras de adobe patrón, adobes con baba de nopal y la combinación de baba de nopal más residuos cerámicos con los porcentajes indicados. Si bien es cierto se muestra anteriormente en el gráfico 57 la resistencia a compresión de las primeras unidades ensayadas, las cuales fueron una pieza clave para la elección del porcentaje de 15% de baba de nopal.

En dicho gráfico se observan barras de color celeste que son datos presentados y descritos anteriormente, las barras de otro color corresponden a la combinación de dichos materiales; en pocas palabras este ensayo se consideró para poder medir la resistencia que obtienen los adobes con la incorporación de residuos cerámicos y evaluar la diferencia con

los convencionales y los que solamente cuentan con baba de nopal. Según los resultados obtenidos se puede afirmar que si existe una mejora de resistencia con residuos cerámicos.

Por otra parte, según la resistencia de  $10.2 \text{ kg/cm}^2$  indicada por la norma, las tres muestras de 10%,20% y 30% de residuos cerámicos con 15% de baba de nopal cumplen obteniendo  $10.21 \text{ kg/cm}^2$ ,  $10.24 \text{ kg/cm}^2$  y  $10.26 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente. Estos valores son el promedio de las 4 mejores muestras de un total de 6; asimismo los residuos cerámicos ayudan a ganar resistencia al adobe. Pero según lo especificado en [10], del estudio de adobes con agregados naturales la resistencia de M15RP sigue siendo mucho mayor a los resultados que se obtiene, este valor se aprecia en la discusión de compresión de adobes con baba de nopal.

### Ensayo de resistencia a la tracción de la tierra

El ensayo de resistencia a la tracción de la tierra se analizó en cilindros de adobe, por medio del ensayo brasileño, teniendo en cuenta a la norma E080 la cual menciona que el promedio de la resistencia última de las 4 mejores muestras es de  $0.81 \text{ kg/cm}^2$ , esto tomado de un total de 6, cabe mencionar que las medidas son en probetas de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura.

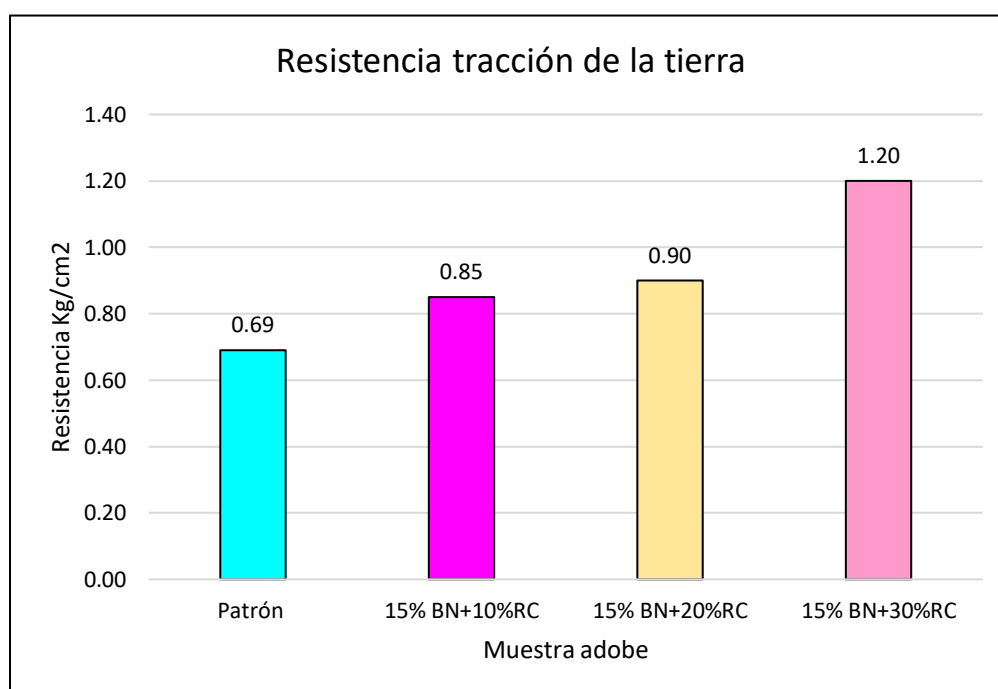


Gráfico 64. Resistencia a la tracción de la tierra de muestras de adobe

En el grafico 64 se muestra los resultados de resistencia del material(tierra) a tracción en la que se obtiene como menor resistencia al adobe patrón con  $0.69 \text{ kg/cm}^2$  y la mayor  $1.20 \text{ kg/cm}^2$ , correspondiente al adobe con 15% de baba de nopal más 30% de residuos cerámicos.

Según la norma E080 la resistencia última del promedio de las 4 mejores muestras es de  $0.81 \text{ kg/cm}^2$ . Comparando dicho valor con nuestras muestras se afirma que el adobe patrón no cumple con lo especificado en la norma; a diferencia de las unidades propuestas porque los tres porcentajes de 10%, 20% y 30% de residuos cerámicos con 15% de baba de nopal superan la resistencia indicada por la norma E080

En la investigación de Sandoval [38], sus muestras con ceniza de carbón y cal superan la resistencia especificada en la norma E080, puesto que obtiene como promedio en probetas patrón  $2.27 \text{ kg/cm}^2$ ,  $1.58 \text{ kg/cm}^2$  para muestras con 3%;  $1.94 \text{ kg/cm}^2$  para 5%;  $1.87 \text{ kg/cm}^2$  para 8%;  $2.01 \text{ kg/cm}^2$  para 10% y  $1.88 \text{ kg/cm}^2$  para 12%. De esto se puede decir que en su investigación sus muestras por tracción son más resistentes que las obtenidas en esta investigación.

### Ensayo de resistencia del mortero convencional a la tracción

Este ensayo se consideró para analizar las propiedades mecánicas del adobe, valiéndose de la norma E080; y aunque la norma especifique que no importa la calidad del adobe con el que se va realizar el espécimen; se consideró estudiar las muestras con todos los tipos de adobe presentados en la investigación; para verificar si el mortero tiene la misma adherencia o en este caso varia.

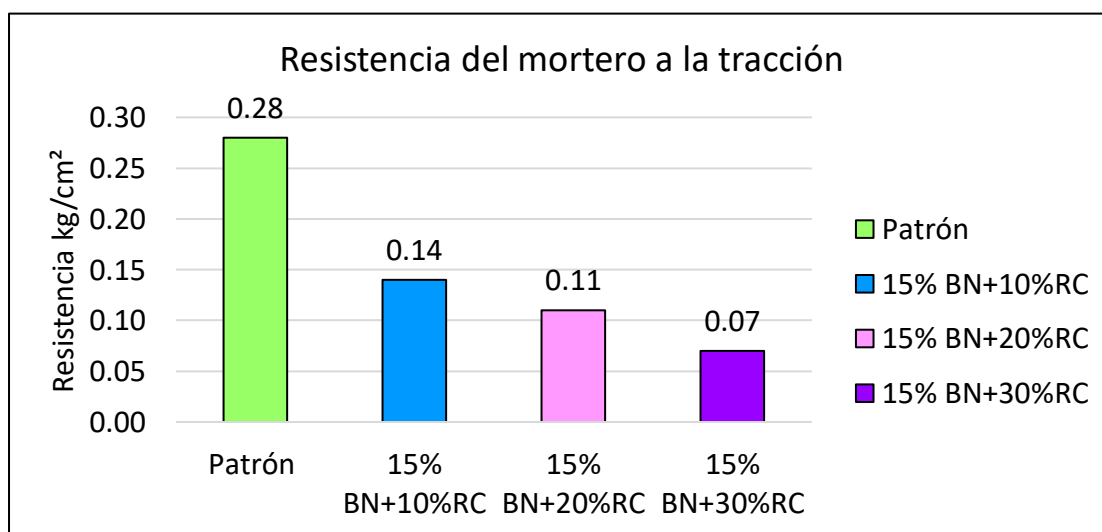


Gráfico 65. Ensayo de resistencia del mortero convencional a la tracción

En el gráfico 65 se muestra los promedios de las 4 mejores muestras de un total de 6 ensayadas. Primeramente, antes de comparar la adherencia del mortero en cada una de las muestras es importante mencionar que el mortero realizado es el convencional; en este caso el mismo para la elaboración de todos los especímenes de adobe con la tierra del sector mirador, la cual fue seleccionada. Es así que se puede evidenciar que la mayor resistencia a tracción del mortero es del espécimen elaborado con adobes patrón con  $0.28 \text{ kg/cm}^2$ , en este caso el mortero se adhiere mejor al adobe convencional, a diferencia de las unidades con baba de nopal más residuos cerámicos. Se obtiene una resistencia de  $0.14 \text{ kg/cm}^2$  para adobe con 15% de baba de nopal + 10% de residuos cerámicos,  $0.11 \text{ kg/cm}^2$  para adobe con 15% de baba de nopal + 20% de residuos cerámicos y  $0.07 \text{ kg/cm}^2$  para adobe con 15% de baba de nopal + 30% de residuos cerámicos; de esto se puede decir que mientras más es el porcentaje de residuos cerámicos menor es su adherencia con el mortero tradicional.

Asimismo, la norma E080 menciona que la resistencia mínima es de  $0.12 \text{ kg/cm}^2$  y en comparación con los resultados obtenidos de las muestras de adobe; hay muestras que son iguales o superiores a dicha resistencia; pero existe dos excepciones de resistencia  $0.11 \text{ kg/cm}^2$  y  $0.07 \text{ kg/cm}^2$  siendo más baja a la resistencia especificada en la norma.

Una investigación que analiza el mortero a la tracción es de Diaz y Puyen [18], en la que presentan como resultados que la resistencia a tracción del mortero va desde  $0.383 \text{ kg/cm}^2$  a  $0.407 \text{ kg/cm}^2$ . Frente a esto se puede decir que la resistencia obtenida en su investigación es mayor a la que se obtiene en el estudio de mortero con la tierra de Cutervo.

### **Ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta**

Este ensayo se tomó en cuenta para abordar la parte de la hipótesis que menciona las propiedades mecánicas del adobe y el objetivo de realizar los ensayos de la norma E080. Los resultados indican que la mayor resistencia la obtiene el adobe con 15% de baba de nopal más 30% de residuos cerámicos, siendo este el mayor porcentaje que mejora las propiedades del adobe.

En cuanto a la investigación de Diaz y Puyen [10] el murete elaborado con 12% de jabonato de alumbre da la mejor resistencia de  $1.79 \text{ kg/cm}^2$ ; pero la variación va desde la resistencia de  $0.69 \text{ kg/cm}^2$ ; en este caso en comparación a los resultados de la figura 66, se estaría dentro de este rango, pero no supera a la mayor de jabonato de alumbre.

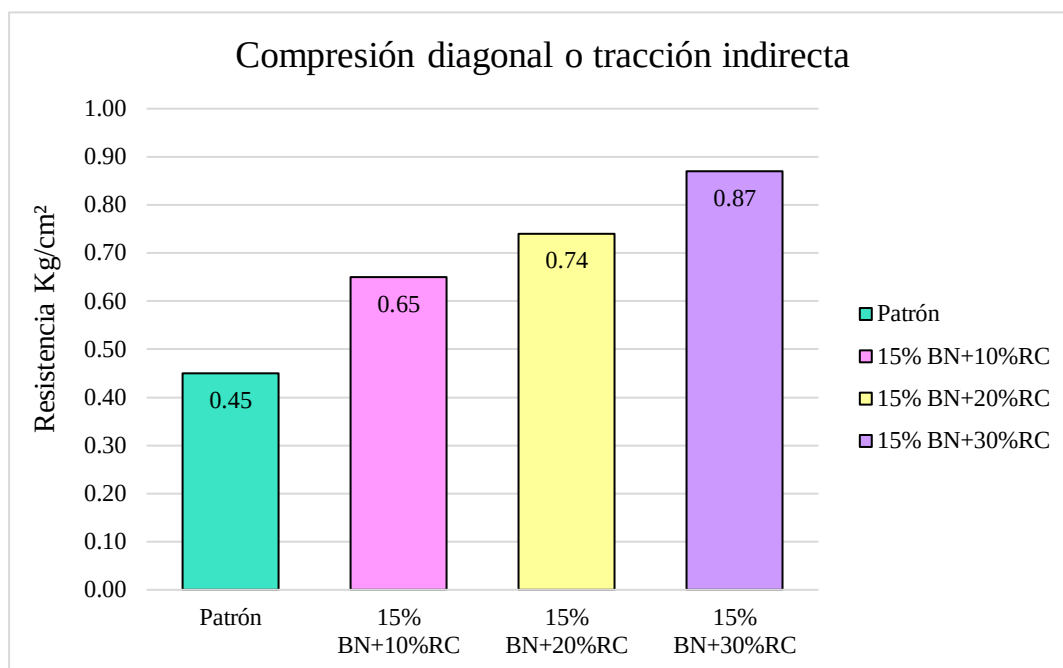


Gráfico 66. Promedio de compresión diagonal o tracción indirecta

Del grafico 66 se puede decir que, al incorporar residuos cerámicos con baba de nopal, se mejora la resistencia del murete ensayado por medio de compresión diagonal. Si bien es cierto la norma E080 menciona que la resistencia mínima de las 4 mejores muestras es de 0.25 kg/cm² que en comparación con las muestras de adobe es superada; incluso el murete con adobe patrón cumple con lo establecido por la norma con 0.45 kg/cm². Si hablamos del adobe estabilizado con los materiales propuestos se supera tanto lo establecido por la norma como el adobe patrón, siendo el mayor 0.87 kg/cm² conformada por el mayor porcentaje.

Por otro lado, es necesario mencionar que esta resistencia depende mucho de la elaboración de las muestras a ensayar en este caso se utilizó 6 muertes por tipo de adobe. Estos muretes se valen mucho del adobe, mortero utilizado, la mano de obra, secado y traslado hasta la máquina de ensayo. Pero como bien es cierto el adobe que cuenta con residuos cerámicos y baba de nopal no cuanta con buena adherencia, en este caso el pegado de adobe puede fallar mayormente por esta razón. Por esto es impórtate decir que al realizar el ensayo de tracción indirecta se pudo observar que la mayor cantidad de muretes fallaron por mortero, tal y como se evidencia en la figura 142; **lo** cual produce la disminución de resistencia. Asimismo, también se tubo falla en adobe en toda la sección diagonal del murete tal y como se observa en la figura 143; la cual vendría a ser considera una falla correcta para este tipo de ensayo; pero la menor parte de muretes obtuvieron dicha

característica. Para resolver este problema y brindar un apoyo a futuras investigaciones se opta por hacer uso de la baba de nopal en el mortero con el mejor porcentaje propuesto de 15%.



Figura 142: Falla por mortero



Figura 143: Falla diagonal en murete

### Ensayo de compresión de pilas o prismas

También se ensayó pilas de adobe a compresión de la misma forma que cubos adobes. Dichas pilas corresponden a las unidades propuestas de residuos cerámicos con baba de nopal, así como patrones con el fin de hacer comparaciones en su resistencia por compresión.

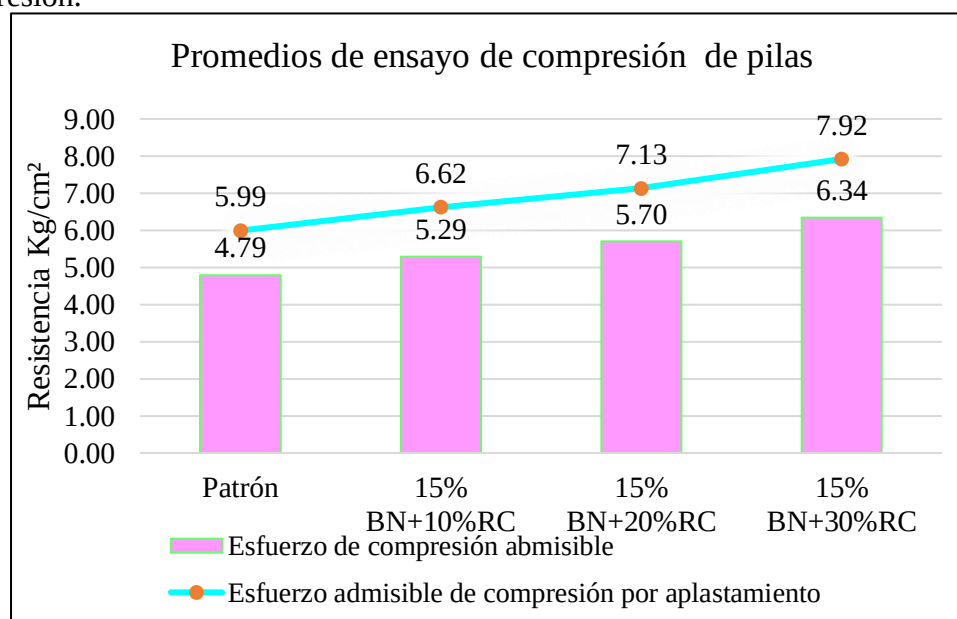


Gráfico 67. Promedio de Ensayo de compresión admisible de pilas

El grafico 67 revela los resultados de compresión de pilas de adobe en este caso según lo especificado en la norma E080. Los resultados evidencian que el adobe con 15% de baba de nopal más 30% de residuos cerámicos tiene mejor resistencia a compresión admisible y por aplastamiento con  $6.34 \text{ kg/cm}^2$  y  $7.92 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente. Siendo una resistencia más alta en comparación a las pilas con adobe patrón , pues obtiene  $4.79 \text{ kg/cm}^2$  y  $5.99 \text{ kg/cm}^2$ . Tomando lo estipulado en la norma E080 la resistencia ultima de compresión en pilas es de  $6.12 \text{ kg/cm}^2$  y en comparación con el adobe patrón la resistencia es menor a lo de la norma; para el adobe con 10% de RC y 15% de baba de nopal la resistencia de  $5.29 \text{ kg/cm}^2$  es menor ; lo mismo para el adobe con 20% de RC con  $5.70 \text{ kg/cm}^2$ . Pero el único adobe que cumple y supera a la norma es la pila con adobes de 30% de residuos cerámicos más 15 % de baba de nopal.

Comparando nuestro resultado a compresión admisible y por ende compresión por aplastamiento con la muestra de 12% de jabonato de alumbre, la cual obtiene mayor resistencia en la tesis [18]. Esta vendría a ser mucho mayor a nuestra resistencia obtenida, en este caso la tesis indica una resistencia de  $7.175 \text{ kg/cm}^2$  y  $8.96 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente en comparación a lo indicando en la gráfica 67 los valores se superan , pero cabe mencionar que no existe mucha diferencia , incluso la tesis presenta valores de mucho menores de resistencia.

### Ensayo de Resistencia al mortero con baba de nopal a la tracción

Este ensayo se realizó porque se intenta buscar un mortero que se adhiera mejor a las unidades con baba de nopal más residuos cerámicos; es por eso que se utilizó el 15% de baba de nopal, resultado que actúa mejor frente al agua

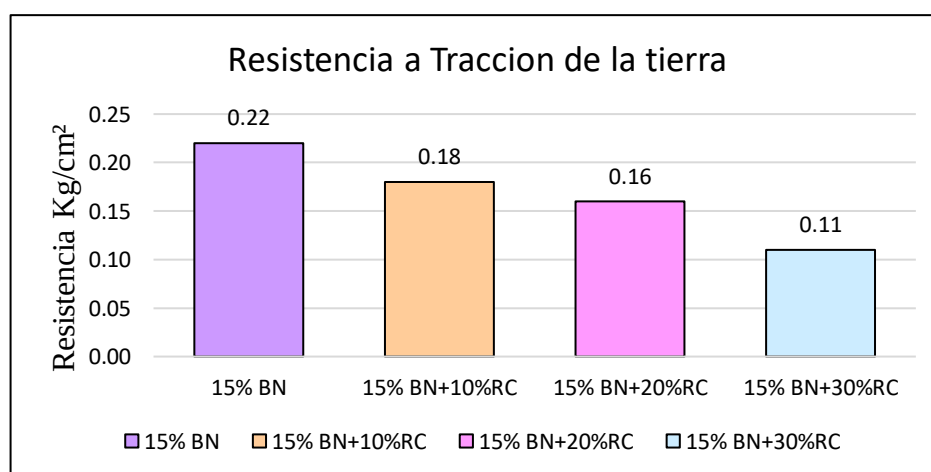


Gráfico 68. Resistencia del mortero con baba de nopal a la tracción

En el grafico 68 se muestra los promedios de las 4 mejores muestras de un total de 6 ensayadas. Primeramente, antes de comparar la adherencia del mortero en cada una de las muestras es importante mencionar que el mortero está formado con un reemplazo total de baba de nopal; con la tierra del sector mirador seleccionada. Es así que se puede evidenciar que la mayor resistencia a tracción del mortero es del espécimen elaborado con adobes de 15% de baba de nopal obteniendo  $0.22 \text{ kg/cm}^2$ , en este caso el mortero se adhiere mejor a las unidades con este material natural que a las demás unidades que también cuentan con residuos cerámicos. Por otra parte, comparando con el mortero tradicional; este mortero aumenta la resistencia de adherencia en las muestras de 10%,20% y 30% de residuos cerámicos más 15% de baba de nopal.

### **Análisis económico de la unidad de adobe convencional y la propuesta**

Se realizó la evaluación económica de todas las unidades de adobe propuestas en la investigación para poder comparar el aumento de precios, se efectuó el costo tanto de las unidades individuales como el costo por millar de adobe. Sin olvidar primeramente tener en cuenta el costo de cada componente del adobe, es decir de la baba de nopal y residuos cerámicos.

Cabe mencionar que los residuos cerámicos se obtienen sin ningún costo adicional puesto que son desechos no utilizados de ladrilleras artesanales y obras de construcción, pero el costo que se considera es de la mano de obra, proceso de traslado y triturado del material. De igual manera el material de baba de nopal se considera el costo de su obtención en este caso el procesamiento a la planta de nopal (*Opuntia ficus-indica*).

Se considera también el costo por mano de obra, porque si bien es cierto la preparación, mezclado, elaboración de adobe; se realiza por una persona experta en el trabajo y de forma especial, en este caso debe haber una integración total de los materiales para una mezcla homogénea.

El precio de las unidades estabilizadas es mayor a la unidad patrón, siendo este el más económico, seguido de las unidades con baba de nopal y luego las unidades con residuos cerámicos más baba de nopal. Cabe mencionar que mientras mayor sea el porcentaje de material mayor será el precio del adobe, asimismo también la diferencia de precios es cercana y en este caso si existe una mejora de las propiedades. En pocas palabras vale la pena realizar dicho gasto para obtener mejores viviendas con las características descritas en la investigación,



evidenciando que el menor costo corresponde al adobe patrón con 0.31 soles y la mayor 1.14 soles del mayor porcentaje de estabilizantes.

### **Análisis estadístico**

El análisis estadístico se obtuvo en esta investigación ya que se cuenta con datos cuantitativos, de este análisis se obtuvo el valor promedio conocido como media, seguido de la mediana; las cuales son las medidas de tendencia central. Esto se consiguió de cada uno de los promedios por muestra de ensayo, así como del número de muestras ensayadas por tipo de adobe, dichos valores son dos medidas que sirven para saber la forma de la curva de datos.

Asimismo, se toma en cuenta las medidas más importantes de desviación estándar, la cual simboliza la dispersión de datos con respecto a la media, en este caso mientras menor sea dicha medida el estudio de las muestras que se esté analizando es adecuado. Por otro lado, esto se ve reflejado en el coeficiente de variación el cual indica si los datos son homogéneos o heterogéneos.

Se determinó también el rango de cada una de las muestras, señalando el valor mayor y menor obtenido, esto para establecer las diferencias entre los datos obtenidos. Todas estas medidas sirvieron en la investigación para evidenciar el error de las muestras ensayadas, así como la dispersión de datos que existe entre sí.

## Conclusiones

- Se analizó las propiedades del adobe al incorporar residuos cerámicos y baba de nopal en unidades de adobe de la provincia de Cutervo, utilizando porcentajes de 10%, 20% y 30% de residuos cerámicos más 15% de baba de nopal. Obteniéndose un porcentaje de absorción inicial de 0.70%, resultando un valor menor al 1.2% obtenido por adobe patrón. Asimismo, en el ensayo de compresión diagonal los adobes con residuos cerámicos más baba de nopal obtuvieron una resistencia de 1.20 kg/cm<sup>2</sup> con respecto a la resistencia de adobe patrón que presentó una resistencia de 0.69 kg/cm<sup>2</sup>. Por otra parte, en cuanto al ensayo de compresión de pilas de adobe se obtuvo una resistencia de 6.34 kg/cm<sup>2</sup> en adobes con residuos más baba de nopal, mucho mayor a la resistencia de 4.79 kg/cm<sup>2</sup> de la pila patrón. Concluyendo de esta manera que la baba de nopal es un buen impermeabilizante contra la acción del agua y mientras más sea su dosificación mejor será la capacidad para que el adobe resista al desmoronamiento. Asimismo, al combinar los residuos cerámicos con baba de nopal se obtiene mejor resistencia de adobe superando a los convencionales normalmente realizados en la provincia de Cutervo.
- Se evaluó la composición de la tierra seleccionada por medio de tres muestras correspondientes al centro poblado de Rayme(M-1), Quince de Septiembre(M-2), y Mirador – Cutervo(M-3), todas pertenecientes a la provincia de Cutervo. Se obtuvo como conclusión que la tierra con mejores propiedades para elaborar el adobe pertenece a la tierra del sector mirador, esto porque cumplieron con lo especificado en la norma E080(ensayos en campo o in situ). Asimismo, con los ensayos en laboratorio se obtuvo porcentajes de arcilla y limo de 41.1% y porcentaje de 11.51% de índice de plasticidad; asimismo según su clasificación corresponde a suelo con arcilla A (6)-SC, el cual fue elegido para la elaboración de adobes.
- Se reconoció las propiedades de los materiales propuestos para incorporar en el Adobe. En conclusión, la baba de nopal es más viscosa que el agua, esta lectura obtenida por medio del viscosímetro rotatorio usando una resistencia mecánica. Asimismo, se analizó las propiedades de residuos cerámicos como un material fino; dentro de estos su granulometría, peso específico y pesos unitarios.
- Se obtuvo muestras de baba de nopal de la carretera Cutervo - Cochabamba, para luego realizar la extracción del mucilago de forma cuidadosa, haciendo uso del agua. De la misma forma se recolectó los residuos cerámicos de construcciones de la provincia de

Cutervo y ladrilleras de la zona para luego ser trasladados, triturados e incorporados como un agregado fino.

- Se realizó la adobera (molde de madera para ejecutar los adobes), con una elección de medidas de ancho, largo y altura según la norma E080, teniendo medidas de 20cm x 40 cm x 10 cm respectivamente.
- Se elaboró adobes de patrones y con 5%, 10% y 15% de baba de nopal con el fin de seleccionar el porcentaje más óptimo con respecto al agua, valiéndose de ensayo de absorción (en una primera instancia verificando por succión para evaluar la resistencia inicial del adobe antes de ser sumergido 24 horas), asimismo se verificó ensayos de resistencia como módulo de ruptura y compresión a cubos de estas muestras indicadas.
- En conclusión, se obtuvo que el adobe con 15% de baba de nopal obtiene mejores propiedades estabilizantes frente al agua ya que en el ensayo de succión se alcanzó un porcentaje de 0.70%, mucho menor que los adobes convencionales de Cutervo, indicando que es más impermeabilizante y no absorbe mucha agua. Asimismo, por el ensayo de absorción se obtuvo porcentaje 7.85% sin desmoronarse al estar sumergido por 24 horas. En cuanto a la resistencia de módulo de ruptura se obtuvo excelentes resultados llegando hasta una resistencia de 5.11 kg/cm<sup>2</sup>, por compresión se igualó a la norma E080 y superó la resistencia de 8.55 kg/cm<sup>2</sup> del adobe patrón, obteniendo 10.2kg/cm<sup>2</sup>.
- En cuanto al ensayo de humedad y secado se llega a la conclusión de que las muestras no fueron capaces de soportar los cinco ciclos estipulados en la norma UNE 41410 , pero la muestra que reaccionó mejor y llegó con daños severos al último ciclo; fue la de 15% de baba de nopal, asimismo es importante resaltar que en general durante los primeros ciclos las demás muestras de baba de nopal son de grado medio y ya en el tercer ciclo es alto, a diferencia la unidad patrón tuvo una desintegración severa en el tercer ciclo, empezando su falla desde el segundo.
- Luego de seleccionar el mejor porcentaje de baba de nopal se elaboraron adobes de 10%, 20% y 30% de residuos cerámicos más 15% de baba de nopal, de los cuales se realizó el traslado correspondiente y ensayos indicados.
- Se evaluó las propiedades físicas de adobe patrón y con residuos cerámicos más baba de Nopal en los porcentajes mencionados. Del ensayo de variación dimensional y alabeo se obtuvo como conclusión una disminución de las medidas con las que se realizó el diseño en todos los tipos de muestras, asimismo se indica concavidad cara arriba y abajo

de los adobes, igualmente con los resultados se revela que la menor variación en adobe corresponde a la muestra de 15% de BN+ 30% de RC con 2.77 mm y 2.92 mm en las caras de adobe respectivamente para medidas de alabeo y una variación de -3.76%, -3.34% y -5.69%; dicho valor negativo indica disminución en medidas de ancho , largo y altura respectivamente.

- En cuanto a los resultados de ensayo de succión y absorción las muestras con residuos cerámicos y baba de nopal evidenciaron que a mayor porcentaje de residuos cerámicos mayor es la absorción del agua asimismo al estar sumergidos totalmente en agua se desmoronan, de esta manera se obtuvo como conclusión que las mejores propiedades estabilizantes en el adobe frente al agua lo obtienen las muestras con baba de nopal en un porcentaje de 15%.
- Se realizaron los ensayos indicados por la norma E080, para ello se ejecutó especímenes de mortero, muretes y pilas, cubos de adobe con el sobrante de elaboración de muretes y elaboración de cilindros de adobe.
- En cuanto al ensayo de compresión para unidades con baba de nopal más residuos cerámicos, se obtiene como conclusión que la muestra con 30% de residuos cerámicos más 15% de baba de nopal superan la resistencia exigida por la norma E080, así como de las unidades convencionales con 10.3 kg/cm<sup>2</sup>.
- En conclusión, la resistencia de la tierra a la tracción máxima de 1.20 kg/cm<sup>2</sup> lo obtiene la muestra de 15% de baba de nopal + 30% de residuos cerámicos, superando a la norma la cual indica 0.81 kg/cm<sup>2</sup> como a la del adobe patrón de 0.69 kg/cm<sup>2</sup>.
- En cuanto a la resistencia del mortero a la tracción, se pudo evidenciar que en los adobes con residuos cerámicos más baba de nopal, el mortero convencional no se adhiere muy bien como en los adobes patrones siendo menores a la resistencia de 0.28 kg/cm<sup>2</sup>, incluso el adobe con 30% de residuos cerámicos obtuvo 0.07 kg/cm<sup>2</sup> , mucho menor al valor estipulado en la norma , de esta manera se puede afirmar que el ensayo de resistencia del mortero no obtiene buenos resultados para la muestra de adobe con los estabilizantes juntos.
- En el ensayo de compresión diagonal de muretes la resistencia mayor lo obtuvo el murete con 30% de residuos cerámicos más 15% de baba de nopal con 0.87 kg/cm<sup>2</sup>, superando a la norma y a la resistencia del murete patrón. En conclusión, los resultados de resistencia a tracción de muretes estabilizados obtienen buenos resultados. Por otra

parte, es preciso indicar que la mayor parte de fallas se presentaron por mortero mas no por ruptura diagonal del adobe, la cual debe ser la falla de este tipo de ensayo.

- En el ensayo de compresión de pilas la única muestra que cumplen con la resistencia a compresión tanto admisible como aplastamiento es la pila de 15% de baba de nopal más 30% de residuos cerámicos con  $6.34 \text{ kg/cm}^2$  y  $7.92 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente , en este caso sobrepasa a la norma pero cabe mencionar que las muestras de pila patrón y con menos cantidad de residuos cerámicos más baba de nopal no llegan a superar dicha resistencia indicada de la norma E080.Llegando a la conclusión de que no se obtuvo gran variación de resistencia en este ensayo.
- El ensayo de resistencia del mortero con baba de nopal, nos lleva a la conclusión que la adherencia de las unidades con residuos cerámicos más baba de nopal se adhieren mejor que con el mortero convencional, asimismo en las unidades que solo cuentan con baba de nopal la resistencia es mayor con  $0.22 \text{ kg/cm}^2$ , de esta manera hacer uso de baba de nopal en el mortero ayuda aumentar la resistencia en cuanto a la adherencia en las unidades.
- Se evaluó económicamente la unidad convencional y las unidades propuestas, llegando a la conclusión que el precio de las unidades estabilizadas es mayor a la unidad patrón, seguido las unidades con baba de nopal y luego las unidades con residuos cerámicos más baba de nopal. Cabe mencionar que mientras mayor sea el porcentaje del material mayor será el precio del adobe, asimismo también la diferencia de precios es cercana teniendo una diferencia de 0.87 soles.
- En conclusión, por el análisis estadístico se obtuvo la dispersión de cada uno de los ensayos, pues la mayoría cuenta con un buen estudio, puesto que la gran parte de valores obtiene una desviación estándar baja, asimismo en el ensayo de absorción es justificable obtener datos heterogéneos y dispersión mayor porque el adobe en cuando a la acción del agua tiende a desmoronarse en este caso se valió mucho del estudio por medio de observación durante el proceso de ensayo.

## Recomendaciones

- Se recomienda usar unidades de adobe solamente con baba de nopal para comunidades donde exista precipitaciones frecuentes. Asimismo, unidades con la combinación de residuos cerámicos en lugares donde se tenga clima cálido o variable.
- Se debe hacer uso de los pies para elaborar la mezcla de adobe con el fin de que esta quede totalmente homogénea, realizándose de forma cuidadosa porque de esto va depender mucho sus características posteriores
- Se debe tener en cuenta la preparación de la tierra de adobe por lo menos 24 horas antes de incorporar los demás materiales para ganar humedad en dicho material en este caso tenga una hidratación previa.
- Se tiene que asegurar que el molde (adobera), sea de madera con las medidas exactas del adobe, tanto en ancho, largo y altura. Las paredes de este molde deben ser lisos y de preferencia con un ángulo de 90°, previniendo de esta manera una variación de dimensiones pues esto perjudica a la junta de mortero al pegar las unidades.
- Es importante que las medidas del adobe sean según lo especificado en la norma E080, de esta forma cuenten con un largo que sea dos veces el ancho para adobes rectangulares y en el caso de tener unidades cuadradas el lado debe ser como máximo 40 cm.
- Se tiene que tomar en cuenta que el suelo con el que se va elaborar el adobe debe estar libre de impurezas o gruesos y la suficiente cantidad de arcilla en la tierra, pues este vendría a ser el material más importante en el adobe. Es por este material que se puede amasar la mezcla en contacto con el agua, tomando un comportamiento plástico que al secarse adquiera una resistencia, lo que permite que el adobe sea usado como un material de contracción. Frente a esto se debe tener en cuenta esencialmente las pruebas de los anexos de la norma E080 puesto que son las más rápidas de realizar en campo.
- Para la elaboración de la baba de nopal se recomienda primeramente el uso de guantes para poder retirar las espinas, asimismo cuando se corte los pedazos del nopal estos deben tener el menor espesor posible para facilitar el surgimiento de la baba con el agua, de forma más rápida, asimismo se debe dejar en reposo con agua más días para obtener una baba más viscosa.
- Se recomienda tomar en cuenta las investigaciones de adobe porque se ayudará a mejorar las viviendas en zonas rurales, en las cuales se haga uso del adobe, contando con mejores características de resistencia.

- Se debe tomar en cuenta la propuesta de esta investigación, ya que al usar residuos cerámicos que son producto de ladrilleras y desechos de construcciones civiles, se estaría ayudando a minimizar el impacto provocado por dichos materiales. Asimismo, son obtenidos sin ningún costo, como la baba de nopal pues es un material natural que no causa contaminación.
- Para futuras investigaciones se recomienda seguir con los ensayos de mortero, buscando un material que obtenga buenas resistencias de adherencia para las unidades de adobe, mejorando así la construcción de viviendas.
- Se recomienda también realizar un estudio baba de nopal como un recubrimiento en las paredes de viviendas rurales pues es un buen impermeabilizante.
- Se motiva a continuar realizando investigaciones de adobe, de esta manera ayudar a solucionar los problemas aun existentes en muchas zonas rurales. Puesto que este material no es muy complejo y económico de gran durabilidad. Siendo muy aceptado en el sector construcción por su sencillez de instalación para realizar viviendas de adobe.
- Para futuras investigaciones de adobe se recomienda hacer uso de materiales naturales o reutilizar otro tipo de material, con el fin de no crear contaminación al ambiente, sino que sea una manera de reducir estas cantidades que no tienen ninguna utilización posterior.

## Referencias

- [1] C. R. Castro Pesantes, «Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del adobe, Perú 2020: una revisión de la literatura científica,» Trujillo, 2020.
- [2] INEI, Perfil Sociodemográfico del Perú, Lima, 2019.
- [3] W. E. Chafloque Castro y L. A. Benites Gutiérrez, «Reaprovechamiento de residuos de construcción y demolición en el casco urbano de Chiclayo,» Trujillo, 2019.
- [4] INEI, Características de las viviendas particulares y los hogares, Lima, 2018.
- [5] E. J. Salinas Valdéz, «“Vivienda económica en adobe de 02 pisos”,» Lima, 2017.
- [6] V. Benites Zapata, «Adobe estabilizado con extracto de cabuya (*furcraea andina*),» Piura, 2017.
- [7] INEI, «Censos Nacionales 2017,» Perú, 2017.
- [8] INDECI, «Precipitaciones pluviales en el distrito de Cutervo – Cajamarca,» COEN, CAJAMARCA, 2019.
- [9] Andina, «Lluvias intensas en Cajamarca causan colapso de dos rústicas viviendas,» 23 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://andina.pe/agencia/noticia-lluvias-intensas-cajamarca-causan-colapso-dos-rusticas-viviendas-749416.aspx>.
- [10] I. García Gómez, «“Estudio de permeabilidad en el adobe implementando agregados naturales”,» México, 2017.
- [11] A. Vásquez Hernandez, L. F. Botero Botero y D. Carvajal Arango, «Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional,» *Ingeniería y Ciencia* , vol. 11, nº 21, pp. 197-220, 2015.
- [12] J. L. Pinzón Orjuela y A. K. Benítez Urrego, «Desarrollo de recubrimiento natural (Nopal) para Fachadas en viviendas en adobe de la Candelaria,» Colombia, 2018.
- [13] P. Mejía Pacheco, «Bloques de tierra comprimida con agregados de residuos de construcción y demolición como sustitución de los agregados tradicionales en la ciudad de Saraguro, Loja, Ecuador,» Ecuador, 2018.
- [14] M. Ureña, S. Llumitasig y A. Tamaño, «Study of compressive strength in artisanal adobe stabilized ized,» *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia*, vol. 42, nº 3, pp. 112-117, 2019.



- [15] L. A. Nieto Palomino y E. F. Tello Perez, «Adobe estabilizado con mucílago de penca de tuna, resistentes al contacto con el agua para la construcción de viviendas populares empleados en la sierra del Perú,» Lima, 2019.
- [16] H. W. Luque Mamani, «Análisis de las propiedades físico mecánicas del Adobe con incorporación de agregados reciclados en la Ciudad de Juliaca, Puno 2022,» CALLAO, 2022.
- [17] V. S. Baldoceda Allca, «Aplicación de la savia de nopal como impermeabilizador en construcciones de adobe en el barrio Cecilio Limaymanta de Tarma – Junín,» Tarma, 2019.
- [18] C. D. Díaz Ramírez y V. E. E. Puyen Lamas, «Evaluación de la resistencia del adobe estabilizado a la acción del agua adicionando jabonado de alumbre o mucílago de cactus de San Pedro,» Chiclayo, 2019.
- [19] Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, «Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, » Peru, 2017.
- [20] INACAL, «Ntp 339.128 granulometria por tamizado y por sedimentacion 2019,» Lima, 2019.
- [21] INACAL, Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global, Lima, 2013.
- [22] INACAL, Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo NTP 339.129, Lima, 1999.
- [23] INACAL, Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo NTP 339.127:1998, Lima, 1998.
- [24] INACAL, AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por, Lima, 2013.
- [25] INACAL, Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo, Lima, 1999.
- [26] INACAL, Metodo para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS) NTP. 399.134, 1999, Lima, 2017.
- [27] INACAL, N.T.P. 400.022, AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino., Lima, 2013.

- [28] INACAL, NTP-400.017, Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados, Lima, 2011.
- [29] INACAL, Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería NTP. 399.613, 2017, Lima, 1999.
- [30] INACAL, NTP 331.202. Elementos de suelos sin cocer. Adobe estabilizado con asfalto para muros, Lima, 2017.
- [31] A. E. d. N. Certificación, «Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.,» Madrid, 2008.
- [32] ASTM C-496 Método de ensayo. Determinación de la resistencia a tracción indirecta de especímenes cilíndricos de concreto. (Ensayo Brasileño), 2017.
- [33] INACAL, N.T.P. 399.605. Unidades de albañilería. método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería., Lima, 2003.
- [34] L. Vargas Rodríguez, G. Arroyo Figueroa, C. H. Herrera Méndez, A. Pérez Nieto, M. I. García Vieyra y J. R. Rodríguez Núñez, «Propiedades físicas del mucílago de nopal,» *Acta Universitaria*, vol. 26, nº 1, pp. 8-11, Febrero 2016.
- [35] . J. Pérez González, « Laboratorio de Reología y Física de la Materia Blanda,» 2019. [En línea].
- [36] MAFRE, «Tipos de ladrillos cerámicos,» 25 julio 2021.
- [37] C. Crespo Villalaz, Mecánica de suelos y suelos cimentaciones, Mexico: Editorial Limusa, S.A. DE C.V.GRUPO NORIEGA EDITORES , 2004.
- [38] G. D. Sandoval Alvarado, «Evaluación de la erosión y la resistencia del adobe adicionado con cenizas de carbón y cal,» Chiclayo, 2021.
- [39] A. Montelo Fonseca , Ingeniería de Pavimentos para Carrete, 2th ed. Colombia, Colombia, 2002.
- [40] Ofilab, «Ofilab: PRECISIÓN & TECNOLOGÍA,» [En línea]. Available: <https://ofilab.com.pe/>.
- [41] J. M. Arteaga Paucar y L. A. Loja Saula, «Diseño de adobes estabilizados con emulsión asfáltica,» Cuenca-Ecuador, 2018.

## Anexos

### Anexo 1- Análisis económico

Tabla 1. 1. Costo unitario de millar de adobe patrón

|                     |                                    |                  |                 |                   |                                    |
|---------------------|------------------------------------|------------------|-----------------|-------------------|------------------------------------|
| <b>10</b>           | <b>Adobe normalmente realizado</b> |                  |                 |                   | <b>Costo por millar S/. 304.74</b> |
| Unidad              | millar                             |                  |                 |                   |                                    |
| <b>Rendimiento</b>  | millar/d                           | <b>0.50</b>      |                 |                   |                                    |
| <b>Recursos</b>     | <b>Und</b>                         | <b>Cuadrilla</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Precio S/.</b> | <b>Parcial S/.</b>                 |
| <b>Mano de Obra</b> |                                    |                  |                 |                   |                                    |
| Operario adobe      | hh                                 | 1.00             | 16.000          | 10.00             | 160.00                             |
| Peón adobe          | hh                                 | 1.00             | 16.000          | 8.00              | 128.00                             |
|                     |                                    |                  |                 |                   | 288.00                             |
| <b>Materiales</b>   |                                    |                  |                 |                   |                                    |
| agua Adobe          | m3                                 |                  | 0.0080          | 0.33              | 0.00                               |
| tierra              | m3                                 |                  | 8.000           | 1.00              | 8.00                               |
| Paja                | kg                                 |                  | 1.000           | 0.10              | 0.10                               |
|                     |                                    |                  |                 |                   | 8.10                               |
| <b>Equipos</b>      |                                    |                  |                 |                   |                                    |
| Herramientas adobe  | % M.O.                             | -                | 3.00            | 288.00            | 8.64                               |
|                     |                                    |                  |                 |                   | 8.64                               |

Tabla 1. 2. Costo unitario de millar de adobe con 5% de baba de nopal

|                     |                                       |                  |                 |                   |                                    |
|---------------------|---------------------------------------|------------------|-----------------|-------------------|------------------------------------|
| <b>11</b>           | <b>Adobe con 5 % de baba de nopal</b> |                  |                 |                   | <b>Costo por millar S/. 342.54</b> |
| Unidad              | millar                                |                  |                 |                   |                                    |
| <b>Rendimiento</b>  | millar/d                              | <b>0.50</b>      |                 |                   |                                    |
| <b>Recursos</b>     | <b>Und</b>                            | <b>Cuadrilla</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Precio S/.</b> | <b>Parcial S/.</b>                 |
| <b>Mano de Obra</b> |                                       |                  |                 |                   |                                    |
| Operario adobe      | hh                                    | 1.00             | 16.000          | 10.00             | 160.00                             |
| Peón adobe          | hh                                    | 1.00             | 16.000          | 8.00              | 128.00                             |
|                     |                                       |                  |                 |                   | 288.00                             |
| <b>Materiales</b>   |                                       |                  |                 |                   |                                    |
| agua Adobe          | m3                                    |                  | 0.0080          | 0.33              | 0.00                               |
| tierra              | m3                                    |                  | 8.000           | 1.00              | 8.00                               |
| Nopales             | lt                                    |                  | 1200            | 0.03              | 37.80                              |
| Paja                | kg                                    |                  | 1               | 0.10              | 0.10                               |
|                     |                                       |                  |                 |                   | 45.90                              |
| <b>Equipos</b>      |                                       |                  |                 |                   |                                    |
| Herramientas adobe  | % M.O.                                | -                | 3.00            | 288.00            | 8.64                               |
|                     |                                       |                  |                 |                   | 8.64                               |

Tabla 1. 3. Costo unitario de millar de adobe con 10% de baba de nopal

| 12                  | Adobe con 10 % de baba de nopal |           |          |            | Costo por millar S/. | 380.34 |
|---------------------|---------------------------------|-----------|----------|------------|----------------------|--------|
| Unidad              | millar                          |           |          |            |                      |        |
| <b>Rendimiento</b>  | millar/d                        | 0.50      |          |            |                      |        |
| Recursos            | Und                             | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/.          |        |
| <b>Mano de Obra</b> |                                 |           |          |            |                      |        |
| Operario adobe      | hh                              | 1.00      | 16.000   | 10.00      | 160.00               |        |
| Peón adobe          | hh                              | 1.00      | 16.000   | 8.00       | 128.00               |        |
|                     |                                 |           |          |            |                      | 288.00 |
| <b>Materiales</b>   |                                 |           |          |            |                      |        |
| agua Adobe          | m3                              |           | 0.0080   | 0.33       | 0.00                 |        |
| tierra              | m3                              |           | 8.000    | 1.00       | 8.00                 |        |
| Nopales             | lt                              |           | 2400     | 0.03       | 75.60                |        |
| Paja                | kg                              |           | 1        | 0.10       | 0.10                 |        |
|                     |                                 |           |          |            |                      | 83.70  |
| <b>Equipos</b>      |                                 |           |          |            |                      |        |
| Herramientas adobe  | % M.O.                          | -         | 3.00     | 288.00     | 8.64                 |        |
|                     |                                 |           |          |            |                      | 8.64   |

Tabla 1. 4. Costo unitario de millar de adobe con 15% de baba de nopal

| 13                  | Adobe con 15 % de baba de nopal |           |              |            | Costo por millar S/. | 418.14 |
|---------------------|---------------------------------|-----------|--------------|------------|----------------------|--------|
| Unidad              | millar                          |           |              |            |                      |        |
| <b>Rendimiento</b>  | millar/d                        | 0.50      |              |            |                      |        |
| Recursos            | Und                             | Cuadrilla | Cantida<br>d | Precio S/. | Parcial S/.          |        |
| <b>Mano de Obra</b> |                                 |           |              |            |                      |        |
| Operario adobe      | hh                              | 1.00      | 16.000       | 10.00      | 160.00               |        |
| Peón adobe          | hh                              | 1.00      | 16.000       | 8.00       | 128.00               |        |
|                     |                                 |           |              |            |                      | 288.00 |
| <b>Materiales</b>   |                                 |           |              |            |                      |        |
| agua Adobe          | m3                              |           | 0.0080       | 0.33       | 0.00                 |        |
| tierra              | m3                              |           | 8.000        | 1.00       | 8.00                 |        |
| Nopales             | lt                              |           | 3600         | 0.03       | 113.40               |        |
| Paja                | kg                              |           | 1            | 0.10       | 0.10                 |        |
|                     |                                 |           |              |            |                      | 121.50 |
| <b>Equipos</b>      |                                 |           |              |            |                      |        |
| Herramientas adobe  | % M.O.                          | -         | 3.00         | 288.00     | 8.64                 |        |
|                     |                                 |           |              |            |                      | 8.64   |

Tabla 1. 5. Costo unitario de millar de adobe con 15% de baba de nopal más 10% de residuos cerámicos

|                              |                                                                 |                  |                 |                   |                                    |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|-------------------|------------------------------------|
| <b>14</b>                    | <b>Adobe con 15 % de baba de nopal y 10% residuos ceramicos</b> |                  |                 |                   | <b>Costo por millar S/. 659.58</b> |
| Unidad<br><b>Rendimiento</b> | millar<br>millar/d <b>0.50</b>                                  |                  |                 |                   |                                    |
| <b>Recursos</b>              | <b>Und</b>                                                      | <b>Cuadrilla</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Precio S/.</b> | <b>Parcial S/.</b>                 |
| <b>Mano de Obra</b>          |                                                                 |                  |                 |                   |                                    |
| Operario adobe               | hh                                                              | 1.00             | 16.000          | 10.00             | 160.00                             |
| Peón adobe                   | hh                                                              | 1.00             | 16.000          | 8.00              | 128.00                             |
|                              |                                                                 |                  |                 |                   | <b>288.00</b>                      |
| <b>Materiales</b>            |                                                                 |                  |                 |                   |                                    |
| agua Adobe                   | m3                                                              |                  | 0.0080          | 0.33              | 0.00                               |
| tierra                       | m3                                                              |                  | 8.000           | 1.00              | 8.00                               |
| Nopales                      | lt                                                              |                  | 3600            | 0.03              | 113.40                             |
| Residuos cerámicos           | kg                                                              |                  | 1200.000        | 0.20              | 241.44                             |
| Paja                         | kg                                                              |                  | 1.000           | 0.10              | 0.10                               |
|                              |                                                                 |                  |                 |                   | <b>362.94</b>                      |
| <b>Equipos</b>               |                                                                 |                  |                 |                   |                                    |
| Herramientas adobe           | % M.O.                                                          | -                | 3.00            | 288.00            | 8.64                               |
|                              |                                                                 |                  |                 |                   | <b>8.64</b>                        |

Tabla 1. 6. Costo unitario de millar de adobe con 15% de baba de nopal más 20% de residuos cerámicos

|                              |                                                                  |                  |                 |                   |                                    |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|-------------------|------------------------------------|
| <b>15</b>                    | <b>Adobe con 15 % de baba de nopal y 20 % residuos ceramicos</b> |                  |                 |                   | <b>Costo por millar S/. 900.92</b> |
| Unidad<br><b>Rendimiento</b> | millar<br>millar/d <b>0.50</b>                                   |                  |                 |                   |                                    |
| <b>Recursos</b>              | <b>Und</b>                                                       | <b>Cuadrilla</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Precio S/.</b> | <b>Parcial S/.</b>                 |
| <b>Mano de Obra</b>          |                                                                  |                  |                 |                   |                                    |
| Operario adobe               | hh                                                               | 1.00             | 16.000          | 10.00             | 160.00                             |
| Peón adobe                   | hh                                                               | 1.00             | 16.000          | 8.00              | 128.00                             |
|                              |                                                                  |                  |                 |                   | <b>288.00</b>                      |
| <b>Materiales</b>            |                                                                  |                  |                 |                   |                                    |
| agua Adobe                   | m3                                                               |                  | 0.0080          | 0.33              | 0.00                               |
| tierra                       | m3                                                               |                  | 8.000           | 1.00              | 8.00                               |
| Nopales                      | lt                                                               |                  | 3600            | 0.03              | 113.40                             |
| Residuos cerámicos           | kg                                                               |                  | 2400.000        | 0.20              | 482.88                             |
| Paja                         | kg                                                               |                  | 1.000           | 0.10              | 0.10                               |
|                              |                                                                  |                  |                 |                   | <b>604.28</b>                      |
| <b>Equipos</b>               |                                                                  |                  |                 |                   |                                    |
| Herramientas adobe           | % M.O.                                                           | -                | 3.00            | 288.00            | 8.64                               |
|                              |                                                                  |                  |                 |                   | <b>8.64</b>                        |

Tabla 1. 7. Costo unitario de millar de adobe con 15% de baba de nopal más 30% de residuos cerámicos

|                     |                                                                 |                  |                 |                   |                                     |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------------------------|
| <b>16</b>           | <b>Adobe con 15 % de baba de nopal y 30% residuos ceramicos</b> |                  |                 |                   | <b>Costo por millar S/. 1142.46</b> |
| Unidad              | millar                                                          |                  |                 |                   |                                     |
| <b>Rendimiento</b>  | millar/d                                                        | <b>0.50</b>      |                 |                   |                                     |
| <b>Recursos</b>     | <b>Und</b>                                                      | <b>Cuadrilla</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Precio S/.</b> | <b>Parcial S/.</b>                  |
| <b>Mano de Obra</b> |                                                                 |                  |                 |                   |                                     |
| Operario adobe      | hh                                                              | 1.00             | 16.000          | 10.00             | 160.00                              |
| Peón adobe          | hh                                                              | 1.00             | 16.000          | 8.00              | 128.00                              |
|                     |                                                                 |                  |                 |                   | 288.00                              |
| <b>Materiales</b>   |                                                                 |                  |                 |                   |                                     |
| agua Adobe          | m3                                                              |                  | 0.0080          | 0.33              | 0.00                                |
| tierra              | m3                                                              |                  | 8.000           | 1.00              | 8.00                                |
| Nopales             | lt                                                              |                  | 3600            | 0.03              | 113.40                              |
| Residuos cerámicos  | kg                                                              |                  | 3600.000        | 0.20              | 724.32                              |
| Paja                | kg                                                              |                  | 1.000           | 0.10              | 0.10                                |
|                     |                                                                 |                  |                 |                   | 845.82                              |
| <b>Equipos</b>      |                                                                 |                  |                 |                   |                                     |
| Herramientas adobe  | % M.O.                                                          | -                | 3.00            | 288.00            | 8.64                                |
|                     |                                                                 |                  |                 |                   | 8.64                                |

Tabla 1. 8. Costo unitario de transporte de baba de nopal

|                     |                                    |                  |                 |                   |                                 |
|---------------------|------------------------------------|------------------|-----------------|-------------------|---------------------------------|
| <b>17</b>           | <b>Transporte de baba de nopal</b> |                  |                 |                   | <b>Costo por litro S/. 0.06</b> |
| Unidad              | litro                              |                  |                 |                   |                                 |
| <b>Rendimiento</b>  | litro/d                            | <b>1000.00</b>   |                 |                   |                                 |
| <b>Recursos</b>     | <b>Und</b>                         | <b>Cuadrilla</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Precio S/.</b> | <b>Parcial S/.</b>              |
| <b>Mano de Obra</b> |                                    |                  |                 |                   |                                 |
| Conductor           | hh                                 | 1.00             | 0.008           | 2.00              | 0.02                            |
|                     |                                    |                  |                 |                   | 0.02                            |
| <b>Materiales</b>   |                                    |                  |                 |                   |                                 |
|                     |                                    |                  |                 |                   |                                 |
| <b>Equipos</b>      |                                    |                  |                 |                   |                                 |
| Carguera nopal      | hm                                 | 1                | 0.008           | 5.00              | 0.04                            |
|                     |                                    |                  |                 |                   | 0.04                            |

Tabla 1. 9. Costo unitario de transporte de residuos cerámicos

|              |                  |           |          |                  |             |
|--------------|------------------|-----------|----------|------------------|-------------|
| 18           | Transporte de RC |           |          | Costo por kg S/. | 0.09        |
| Unidad       | Kg               |           |          |                  |             |
| Rendimiento  | Kg/d             | 700.00    |          |                  |             |
| Recursos     | Und              | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/.       | Parcial S/. |
| Mano de Obra |                  |           |          |                  |             |
| Conductor    | hh               | 1.00      | 0.011    | 2.00             | 0.02        |
|              |                  |           |          |                  | 0.02        |
| Materiales   |                  |           |          |                  |             |
|              |                  |           |          |                  |             |
|              |                  |           |          |                  |             |
| Equipos      |                  |           |          |                  |             |
| Cargera RC   | hm               | 1         | 0.011    | 6.00             | 0.07        |
|              |                  |           |          |                  | 0.07        |

## Anexo 2-Cuadros

Cuadro 2. 1. Población censada en Perú (2017)

| PERÚ: POBLACIÓN CENSADA, OMITIDA Y TOTAL, SEGÚN CENSOS REALIZADOS, 1940 - 2017 |            |           |            |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|------------|
| Año                                                                            | Población  |           |            |
|                                                                                | Censada    | Omitida   | Total      |
| 1940                                                                           | 6 207 967  | 815 144   | 7 023 111  |
| 1961                                                                           | 9 906 746  | 513 611   | 10 420 357 |
| 1972                                                                           | 13 538 208 | 583 356   | 14 121 564 |
| 1981                                                                           | 17 005 210 | 757 021   | 17 762 231 |
| 1993                                                                           | 22 048 356 | 591 087   | 22 639 443 |
| 2007                                                                           | 27 412 157 | 808 607   | 28 220 764 |
| 2017                                                                           | 29 381 884 | 1 855 501 | 31 237 385 |

Fuente: INEI - Censos Nacionales de población y vivienda

Cuadro 2.2. Representación de viviendas en el Perú según tipo material

**PERÚ: VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, SEGÚN MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES, 1993-2017**  
(Absoluto y porcentaje)

| Material predominante en las paredes exteriores | Censo 1993       |              | Censo 2007       |              | Censo 2017       |              | Variación intercensal 2007-2017 |             | Incremento anual | Tasa de crecimiento promedio anual |
|-------------------------------------------------|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|---------------------------------|-------------|------------------|------------------------------------|
|                                                 | Absoluto         | %            | Absoluto         | %            | Absoluto         | %            | Absoluto                        | %           |                  |                                    |
| <b>Total</b>                                    | <b>4 427 517</b> | <b>100,0</b> | <b>6 400 131</b> | <b>100,0</b> | <b>7 698 900</b> | <b>100,0</b> | <b>1 298 769</b>                | <b>20,3</b> | <b>129 877</b>   | <b>1,9</b>                         |
| Ladrillo o bloque de cemento                    | 1 581 355        | 35,7         | 2 991 627        | 46,7         | 4 298 274        | 55,8         | 1 306 647                       | 43,7        | 130 665          | 3,7                                |
| Piedra o sillar con cal o cemento               | 54 247           | 1,2          | 33 939           | 0,5          | 43 170           | 0,6          | 9 231                           | 27,2        | 923              | 2,4                                |
| Adobe o tapia                                   | 1 917 885        | 43,3         | 2 229 715        | 34,8         | 2 148 494        | 27,9         | -81 221                         | -3,6        | -8 122           | -0,4                               |
| Quincha (caña con barro)                        | 207 543          | 4,7          | 183 862          | 2,9          | 164 538          | 2,1          | -19 324                         | -10,5       | -1 932           | -1,1                               |
| Piedra con barro                                | 136 964          | 3,1          | 106 823          | 1,7          | 77 593           | 1,0          | -29 230                         | -27,4       | -2 923           | -3,1                               |
| Madera (pona, tornillo etc.)                    | 310 379          | 7,0          | 617 742          | 9,7          | 727 778          | 9,5          | 110 036                         | 17,8        | 11 004           | 1,7                                |
| Otro material 1/                                | 219 144          | 4,9          | 236 423          | 3,7          | 239 053          | 3,1          | 2 630                           | 1,1         | 263              | 0,1                                |

Fuente: INDECI-Cajamarca

Cuadro 2.3 Censos Nacionales-Cutervo /Calculo población 2022

| AREA # 0606               |  | Cajamarca, provincia: Cutervo |                |                |
|---------------------------|--|-------------------------------|----------------|----------------|
| P: Área concepto encuesta |  | Casos                         | %              | Acumulado %    |
| Urbano encuesta           |  | 23 598                        | 18,75%         | 18,75%         |
| Rural encuesta            |  | 102 235                       | 81,25%         | 100,00%        |
| <b>Total</b>              |  | <b>125 833</b>                | <b>100,00%</b> | <b>100,00%</b> |

Fuente: INEI –Censos Nacionales de población y vivienda

| CALCULO DE POBLACION PARA EL AÑO 2022-INTERES SIMPLE |         |               |            |
|------------------------------------------------------|---------|---------------|------------|
| <b>CÁLCULO</b>                                       |         |               |            |
| $P_f = P_o \times (1 + r * t)$                       |         |               |            |
| <b>DATOS</b>                                         |         |               |            |
| pa                                                   | 102,235 | hab           |            |
| r                                                    | 1.00    | %             |            |
| t                                                    | 5       | años          |            |
| <b>Pf =</b>                                          |         | <b>107347</b> | <b>hab</b> |

Fuente: Elaboración propia



Cuadro 2.4. Evaluación de daños Cajamarca-Cutervo (2019)

Actualizado al 23 de abril de 2019, a las 17:10 horas

| UBICACIÓN       | VIDA Y SALUD          |                  | VIVIENDAS Y LOCALES PÚBLICOS |                   | VÍAS DE COMUNICACIÓN    | AGRICULTURA                      |                             |
|-----------------|-----------------------|------------------|------------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
|                 | FAMILIAS DAMNIFICADAS | FAMILIA AFECTADA | VIVIENDAS COLAPSADAS         | VIVIENDA AFECTADA | CARRETERA AFECTADA (Km) | CANAL DE RIEGO AFECTADO (Km) (*) | COBERTURA NATURAL (Has) (*) |
| DPTO. CAJAMARCA |                       |                  |                              |                   |                         |                                  |                             |
| PROV. CUTERVO   |                       |                  |                              |                   |                         |                                  |                             |
| DIST. CUTERVO   | 2                     | 4                | 2                            | 4                 | 0.20                    | x                                | x                           |

**Nota:** (\*) En proceso de evaluación.  
Barrio Magisterial (01 vivienda colapsada y 01 vivienda afectada).  
Localidad Camse (01 vivienda colapsada).  
Localidad Huichud (03 viviendas afectadas).  
Viviendas de material rustico (adobe y calamina).

Fuentes: INDECI

Anexo 3-Panel fotográfico

Foto 1: viviendas de adobe de Cutervo





Fuente: propia

Fotos 2: viviendas afectadas



Fuente: Noticias Cutervo



Foto 3: Residuos de construcción en Cutervo



**Fuente:** Propia

Foto 4: Muestras de tierra



foto 5: Caída de bola de tierra en ensayo de humedad



Fotos 6: Baba de nopal





Foto 7: Residuos recolectados

Foto 8: imágenes de ensayos en laboratorio  
Granulometría (RC)

Nº30



Nº50



Nº100



Fondo



Foto 9: Peso Unitario Suelto y compactado



Foto 10. Peso específico



Foto 11: Módulo de ruptura







Foto12: Ensayo succión adobes con adobe de nopal y patrones



Foto 13: Ensayo absorción baba de nopal

Patrón



5% BN



10% BN



15% BN



Foto14: Ensayo a compresión de adobes con baba de nopal







Foto 15: Tracción de probetas de barro



Foto 16: Compresión de muretes adobe patrón y con RC más BN



Foto 17: Tracción diagonal de muretes





## Anexo 4-Ensayos



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



**Tesista** : Segura Sánchez Paola Abigail

**Escuela** : Ingeniería Civil Ambiental

**Tesis** : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022

**Lugar** : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Rng. Cajamarca

**Fecha de emisión** : Chiclayo, 03 de Septiembre del 2022

**ENSAYO** : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

**NORMA DE REFERENCIA** : N.T.P. 399.126 : 1999  
: N.T.P. 399.131  
: N.T.P. 399.127 : 1998

Muestra: M-1

Muestra: Centro poblado de Rayme

| Análisis Granulométrico por tamizado |               |                       |                       |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|-----------------------|
| N° Tamiz                             | Abertura (mm) | % Acumulados Retenido | % Acumulados Que pasa |
| 3"                                   | 75.000        | 0.0                   | 100.0                 |
| 2"                                   | 50.000        | 0.0                   | 100.0                 |
| 1 1/2"                               | 37.500        | 0.0                   | 100.0                 |
| 1"                                   | 25.000        | 0.0                   | 100.0                 |
| 3/4"                                 | 19.000        | 0.0                   | 100.0                 |
| 1/2"                                 | 12.500        | 0.0                   | 100.0                 |
| 3/8"                                 | 9.500         | 0.0                   | 100.0                 |
| 1/4"                                 | 6.300         | 0.0                   | 100.0                 |
| N° 4                                 | 4.750         | 5.0                   | 95.0                  |
| N° 10                                | 2.000         | 10.0                  | 90.0                  |
| N° 20                                | 0.850         | 18.3                  | 81.7                  |
| N° 50                                | 0.300         | 47.6                  | 52.4                  |
| N° 100                               | 0.150         | 57.7                  | 42.3                  |
| N° 200                               | 0.075         | 63.5                  | 36.5                  |

| Distribución granulométrica |                  |       |      |
|-----------------------------|------------------|-------|------|
| % Grava                     | G.G. %           | 0.0   | 5.0  |
|                             | G.F. %           | 5.0   |      |
|                             | A.G. %           | 5.0   |      |
| % Arena                     | A.M. %           | 19.8  | 58.5 |
|                             | A.F. %           | 33.7  |      |
|                             | % Arcilla y Limo | 36.5  |      |
| <b>Total</b>                |                  | 100.0 |      |

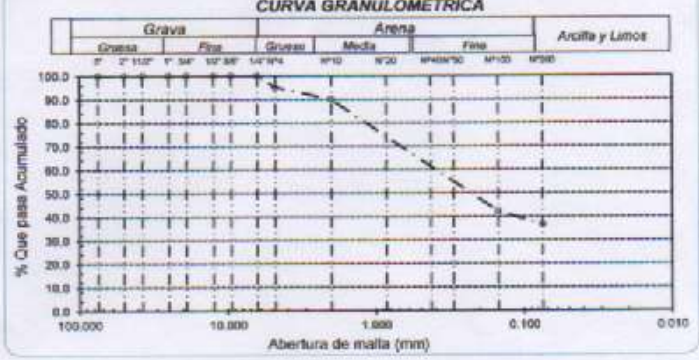
  

| Contenido de Humedad |     |
|----------------------|-----|
|                      | 5.2 |

| Ensayo de Límite de Atterberg |                 |     |
|-------------------------------|-----------------|-----|
| Límite líquido (LL)           | 30.79           | (%) |
| Límite Plástico (LP)          | 19.73           | (%) |
| Índice Plástico (IP)          | 11.06           | (%) |
| Clasificación (S.U.C.S.)      | SC              |     |
| Descripción del suelo         | Arena arcillosa |     |
| Clasificación (AASH/TO)       | A-6 (0)         |     |
| Descripción                   | MALO            |     |









UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MÓGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

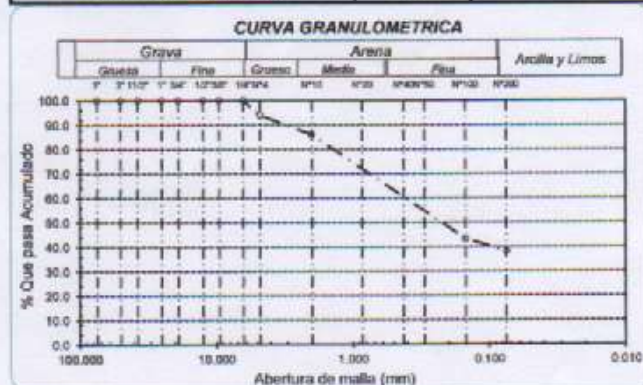


Tesis: Segura Sánchez Paola Abigail  
Escuela: Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis: Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Lugar: Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca  
Fecha de emisión: Chiclayo, 03 de Septiembre del 2022

ENSAYO: SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
NORMA DE REFERENCIA: N.T.P. 399.128 : 1999  
N.T.P. 399.131  
N.T.P. 399.127: 1998

Calicata: C-01 extra: QUINCE DE SEPTIEMBRE(M-2)

| Análisis Granulométrico por tamizado |               |                       |          |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|----------|
| N° Tamiz                             | Abertura (mm) | % Acumulados Retenido | Que pasa |
| 3"                                   | 75.000        | 0.0                   | 100.0    |
| 2"                                   | 50.000        | 0.0                   | 100.0    |
| 1 1/2"                               | 37.500        | 0.0                   | 100.0    |
| 1"                                   | 25.000        | 0.0                   | 100.0    |
| 3/4"                                 | 19.000        | 0.0                   | 100.0    |
| 1/2"                                 | 12.500        | 0.0                   | 100.0    |
| 3/8"                                 | 9.500         | 0.0                   | 100.0    |
| 1/4"                                 | 6.300         | 0.0                   | 100.0    |
| N° 4                                 | 4.750         | 6.1                   | 93.9     |
| N° 10                                | 2.000         | 13.9                  | 86.1     |
| N° 20                                | 0.850         | 22.6                  | 77.4     |
| N° 50                                | 0.300         | 43.9                  | 56.1     |
| N° 100                               | 0.150         | 56.7                  | 43.3     |
| N° 200                               | 0.075         | 61.8                  | 38.2     |
| Distribución granulométrica          |               |                       |          |
| % Grava                              | G.G. %        | 0.0                   | 6.1      |
|                                      | G.F. %        | 6.1                   |          |
|                                      | A.G. %        | 7.8                   |          |
| % Arena                              | A.M. %        | 18.2                  | 55.7     |
|                                      | A.F. %        | 28.7                  |          |
|                                      |               |                       |          |
| % Arcilla y Limo                     |               | 38.2                  | 38.2     |
| Total                                |               | 100.0                 |          |
| Contenido de Humedad                 |               | 6.5                   |          |
| CURVA DE FLUIDEZ                     |               |                       |          |
| $y = -2.151 \ln(x) + 34.054$         |               |                       |          |
|                                      |               |                       |          |
| Ensayo de Límite de Atterberg        |               |                       |          |
| Límite líquido (LL)                  |               | 27.73                 | (%)      |
| Límite Plástico (LP)                 |               | 14.07                 | (%)      |
| Índice Plástico (IP)                 |               | 13.66                 | (%)      |
| Clasificación (S.U.C.S.)             |               | SC                    |          |
| Descripción del suelo                |               | Arena arcillosa       |          |
| Clasificación (A.S.H.T.O.)           |               | A-6 (1)               |          |
| Descripción                          |               | MALO                  |          |







UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



**Analista:** Segura Sánchez Paola Abigail

**Escuela:** Ingeniería Civil Ambiental

**Tesis:** Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022

**Lugar:** Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca

**Fecha de emisión:** Chiclaya, 03 de Septiembre del 2022

**ENSAYO:** SUELO Método de ensayo para el análisis granulométrico

SUELO Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo

**NORMA DE REFERENCIA:** SUELOS Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

N.T.P. 399.128: 1999

N.T.P. 399.131

N.T.P. 399.127: 1998

**Muestra: M-3 Muestra: Sector Mirador Cutervo(M-3)**

**Análisis Granulométrico por tamizado**

| N° Tamiz | Abertura (mm) | % Acumulados Retenido | % Acumulados Que pasa |
|----------|---------------|-----------------------|-----------------------|
| 3"       | 75.000        | 0.0                   | 100.0                 |
| 2"       | 50.000        | 0.0                   | 100.0                 |
| 1 1/2"   | 37.500        | 0.0                   | 100.0                 |
| 1"       | 25.000        | 0.0                   | 100.0                 |
| 3/4"     | 19.000        | 0.0                   | 100.0                 |
| 1/2"     | 12.500        | 0.0                   | 100.0                 |
| 3/8"     | 9.500         | 0.0                   | 100.0                 |
| 1/4"     | 6.300         | 0.0                   | 100.0                 |
| N° 4     | 4.750         | 5.8                   | 94.2                  |
| N° 10    | 2.000         | 10.6                  | 89.2                  |
| N° 20    | 0.850         | 16.9                  | 83.1                  |
| N° 50    | 0.300         | 42.0                  | 58.0                  |
| N° 100   | 0.150         | 53.3                  | 46.7                  |
| N° 200   | 0.075         | 58.9                  | 41.1                  |

**Distribución granulométrica**

| % Grava          | G.G. % | G.F. % | A.G. % | A.M. % | A.F. % |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                  | 0.0    | 5.8    | 5.0    | 16.1   | 32.0   |
| % Arena          |        |        |        |        |        |
| % Arcilla y Limo |        | 41.1   | 41.1   |        |        |
| <b>Total</b>     |        |        | 100.0  |        |        |

**Contenido de Humedad**

|  |     |
|--|-----|
|  | 6.1 |
|--|-----|

**CURVA DE FLUIDEZ**

$y = -10.85 \ln(x) + 65.721$



**Ensayo de Límite de Atterberg**

|                          |                 |     |
|--------------------------|-----------------|-----|
| Límite líquido (LL)      | 30.80           | (%) |
| Límite Plástico (LP)     | 19.29           | (%) |
| Índice Plástico (IP)     | 11.51           | (%) |
| Clasificación (S.U.C.S.) | SC              |     |
| Descripción del suelo    | Arena arcillosa |     |
| Clasificación (AASHTO)   | A-6 (1)         |     |
| Descripción              | MALO            |     |

**CURVA GRANULOMETRICA**







USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Segura Sánchez Paola Abigail  
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Lugar : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de emisión : Chiclayo, 02 de Septiembre del 2022

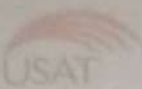
ENSAYO : Peso específico relativo de sólidos ( $G_s$ )-Material que pasa la malla N° 4  
REFERENCIA : NTP 339.131 ASTM D - 854

|                                                                                 |    | M-1    | M-2    | M-3    |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|--------|--------|--------|--|--|--|
|                                                                                 |    | N°1    | N°2    | N°3    |  |  |  |
| 1. N° de fiola                                                                  |    |        |        |        |  |  |  |
| 2. Peso de la fiola                                                             | g. | 465.9  | 465.9  | 465.9  |  |  |  |
| 3. Peso de la muestra de suelo - seco                                           | g. | 352.1  | 359.1  | 364.1  |  |  |  |
| 4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola (2+3)                    | g. | 818.0  | 825.0  | 830.0  |  |  |  |
| 5. Peso de la muestra + Fiola + agua                                            | g. | 1113.0 | 1120.0 | 1126.0 |  |  |  |
| 6. Peso de la fiola + peso de agua                                              | g. | 911.0  | 911.0  | 911.0  |  |  |  |
| 7. Peso específico relativo de sólidos ( $G_s$ ) $(3)/((3+6)-5) \text{ g/cm}^3$ |    | 2.35   | 2.39   | 2.44   |  |  |  |

OBSERVACIONES :



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Segura Sánchez Paola Abigail  
**Solicitante** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
**Lugar** : Dist. Cutervo , Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 01 de Septiembre del 2022

**Ensayo** : Contenido de Humedad de un Suelo  
**Referencia** : NTP 339.127 o ASTM D2216

Muestras : Provincia de cutervo  
Datos

|                                       |       | M-1   | M-2   | M-3   |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 1.- N° de Recipiente                  | (gr.) | 20    | 207   | 48    |
| 2.- Peso Suelo humedo+Recipiente      | (gr.) | 95.15 | 65.22 | 81.55 |
| 3.- Peso de muestra seca + Recipiente | (gr.) | 91.11 | 62.23 | 77.32 |
| 4.- Peso de Agua (2)-(3)              | (gr.) | 4.04  | 2.99  | 4.23  |
| 5.- Peso de recipiente                | (gr.) | 28.8  | 26.0  | 23.7  |
| 6.- Peso Suelo Seco (3)-(5)           | (%)   | 62.34 | 36.28 | 53.67 |
| 7.-% de Contenido de humedad          | (%)   | 6.48  | 8.24  | 7.88  |

Observaciones :

0



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

**Tesista** : Segura Sánchez Paola Abigail  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
**Lugar** : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 01 de Septiembre del 2022

**Ensayo** : Peso unitario del agregado fino

**Referencia** : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

**Muestra** : Provincia de cutervo

**1.- PESO UNITARIO SUELTO**

|                                            |                      | M-1     | M-2     | M-3     |
|--------------------------------------------|----------------------|---------|---------|---------|
| 1.- Peso de la muestra suelta + recipiente | (gr.)                | 245     | 249     | 258     |
| 2.- Peso del recipiente                    | (gr.)                | 35.0    | 35.0    | 35.0    |
| 3.- Peso del material                      |                      | 210     | 214     | 223     |
| 4.- Constante ó Volumen                    | (m <sup>3</sup> )    | 0.00014 | 0.00014 | 0.00014 |
| 5.- Peso unitario suelto húmedo            | (kg/m <sup>3</sup> ) | 1515    | 1544    | 1609    |

**2.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

|                                            |                      | M-1     | M-2     | M-3     |
|--------------------------------------------|----------------------|---------|---------|---------|
| 1.- Peso de la muestra suelta + recipiente | (gr.)                | 261     | 266     | 272     |
| 2.- Peso del recipiente                    | (gr.)                | 35.0    | 35.0    | 35.0    |
| 3.- Peso del material                      |                      | 226     | 231     | 237     |
| 4.- Constante ó Volumen                    | (m <sup>3</sup> )    | 0.00014 | 0.00014 | 0.00014 |
| 5.- Peso unitario compactado húmedo        | (kg/m <sup>3</sup> ) | 1631    | 1667    | 1710    |

**Observaciones :**







Certificado INDECOP N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: lemswyceir@gmail.com

Solicitante : SEGURA SÁNCHEZ PAOLA ABIGAIL  
 Proyecto / Obra : TESIS "ELABORACIÓN DE ADOBES INCORPORANDO RESIDUOS CERÁMICOS Y BABA DE NOPAL PARA VIVIENDAS RURALES DE LA PROVINCIA DE CUTERVO, 2022".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Jueves, 15 de setiembre del 2022

ENSAYO : ESTABILIZANTES LÍQUIDOS. Determinación de la densidad.

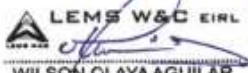
NORMA : NTP 311.167 1976 (revisada el 2017)

MATERIAL : BABA DE NOPAL

|                        |        |              |
|------------------------|--------|--------------|
| <b>DENSIDAD A 25°C</b> | (g/ml) | <b>0.989</b> |
|------------------------|--------|--------------|

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

| Bingham 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                | Rheocalc T 2.1.54<br>Brookfield AMETEK                               |                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Data Report                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                |                                                                      |                                 |
| <b>Sample Run Information:</b> <b>Sample Name:</b> Fa\ Fb\ Fc\ Fd\ Opuntia_11<br><br><div style="text-align: center;"> <b>Run Time:</b> 5/10/2022 12:24:00<br/> <b>Instrument S/N:</b> 86043770<br/> <b>Torque Range:</b> RV<br/><br/> <b>Tester Login:</b> Administrator </div>                                                   |                |                                                                      |                                 |
| <b>Test Method:</b> <b>Test Name:</b> Opuntia<br><br><div style="text-align: center;"> <b>Saved on:</b> 5/10/2022 12:23:00<br/> <b>Spindle:</b> ULA </div>                                                                                                                                                                         |                |                                                                      |                                 |
| Step<br>(#)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Speed<br>(RPM) | Data<br>Type                                                         | Data Int<br>(hh:mm:ss)          |
| End<br>Type                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | End<br>Op      | End<br>Value                                                         | Density<br>(g/cm <sup>3</sup> ) |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 215.00         | Multi Pt                                                             | 00:00:01.0                      |
| Time                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | =              | 15.0                                                                 | sec                             |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 220.00         | Multi Pt                                                             | 00:00:01.0                      |
| Time                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | =              | 15.0                                                                 | sec                             |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 230.00         | Multi Pt                                                             | 00:00:01.0                      |
| Time                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | =              | 15.0                                                                 | sec                             |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 240.00         | Multi Pt                                                             | 00:00:01.0                      |
| Time                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | =              | 15.0                                                                 | sec                             |
| <b>Results:</b><br><br><div style="text-align: right; padding-right: 50px;"> <b>Time at 00:00:15.0</b>                      15.1 sec<br/> <b>Time at 00:00:30.0</b>                      30.1 sec<br/> <b>Time at 00:00:45.0</b>                      45.1 sec<br/> <b>Time at 00:01:00.0</b>                      60.1 sec </div> |                |                                                                      |                                 |
| <b>Math Model:</b> <b>Bingham</b><br><br><div style="text-align: right; padding-right: 50px;"> Plastic Viscosity = -2.17 cP<br/> Yield Stress = 1.48 Pa<br/> Confidence of Fit = 93.2 %<br/> Note: Points 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 28, 29, 30 were not used. </div>        |                |                                                                      |                                 |
| Page 1 of 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                | Report Generated on: 5/10/2022<br>Report Generated by: Administrator |                                 |

| Casson2                                                                                                                                                                                                              |                | Rheocalc T 2.1.54<br><small>Brookfield AMETEK</small> |                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------|------------------------|
| Data Report                                                                                                                                                                                                          |                |                                                       |                        |
| <b>Sample Run Information:</b> <b>Sample Name:</b> Fal Fbl Fcl Fdl Opuntia_12                                                                                                                                        |                |                                                       |                        |
| Run Time: 5/10/2022 12:26:00<br>Instrument S/N: 86043770<br>Torque Range: RV<br><br>Tester Login: Administrator                                                                                                      |                |                                                       |                        |
| <b>Test Method:</b> <b>Test Name:</b> Opuntia                                                                                                                                                                        |                |                                                       |                        |
| Saved on: 5/10/2022 12:26:00<br>Spindle: ULA                                                                                                                                                                         |                |                                                       |                        |
| Step<br>(#)                                                                                                                                                                                                          | Speed<br>(RPM) | Data<br>Type                                          | Data Int<br>(hh:mm:ss) |
| End<br>Type                                                                                                                                                                                                          | End<br>Op      | End<br>Value                                          | Density<br>(g/cm³)     |
| 1                                                                                                                                                                                                                    | 215.00         | Multi Pt                                              | 00:00:01.0             |
| Time                                                                                                                                                                                                                 | =              | 15.0 sec                                              | 1.000                  |
| 2                                                                                                                                                                                                                    | 220.00         | Multi Pt                                              | 00:00:01.0             |
| Time                                                                                                                                                                                                                 | =              | 15.0 sec                                              | 1.000                  |
| 3                                                                                                                                                                                                                    | 230.00         | Multi Pt                                              | 00:00:01.0             |
| Time                                                                                                                                                                                                                 | =              | 15.0 sec                                              | 1.000                  |
| 4                                                                                                                                                                                                                    | 240.00         | Multi Pt                                              | 00:00:01.0             |
| Time                                                                                                                                                                                                                 | =              | 15.0 sec                                              | 1.000                  |
| <b>Results:</b>                                                                                                                                                                                                      |                |                                                       |                        |
|                                                                                                                                                                                                                      |                | Time at 00:00:15.0                                    | 15.1 sec               |
|                                                                                                                                                                                                                      |                | Time at 00:00:30.0                                    | 30.1 sec               |
|                                                                                                                                                                                                                      |                | Time at 00:00:45.0                                    | 45.1 sec               |
|                                                                                                                                                                                                                      |                | Time at 00:01:00.0                                    | 60.1 sec               |
| <b>Math Model:</b> <b>Casson</b>                                                                                                                                                                                     |                |                                                       |                        |
| Plastic Viscosity = 5.31 cP<br>Yield Stress = 4.65 Pa<br>Confidence of Fit = 93 %<br>Note: Points 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 were not used. |                |                                                       |                        |
| Page 1 of 5                                                                                                                                                                                                          |                | Report Generated on: 5/10/2022                        |                        |
|                                                                                                                                                                                                                      |                | Report Generated by: Administrator                    |                        |

| Heschel                                                                |             | Rheocalc T 2.1.54 |                     |                    |            |                   |                              |                                    |                              |
|------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|---------------------|--------------------|------------|-------------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| Data Report                                                            |             |                   |                     |                    |            |                   |                              |                                    |                              |
| Brookfield AMETEK                                                      |             |                   |                     |                    |            |                   |                              |                                    |                              |
| <b>Sample Run Information:</b> Sample Name: Fal Fbl Fcl Fdl Opuntia_14 |             |                   |                     |                    |            |                   |                              |                                    |                              |
| Run Time: 5/10/2022 12:40:00                                           |             |                   |                     |                    |            |                   |                              |                                    |                              |
| Instrument S/N: 86043770                                               |             |                   |                     |                    |            |                   |                              |                                    |                              |
| Torque Range: RV                                                       |             |                   |                     |                    |            |                   |                              |                                    |                              |
| Tester Login: Administrator                                            |             |                   |                     |                    |            |                   |                              |                                    |                              |
| <b>Test Method:</b> Test Name: Opuntia                                 |             |                   |                     |                    |            |                   |                              |                                    |                              |
| Saved on: 5/10/2022 12:40:00                                           |             |                   |                     |                    |            |                   |                              |                                    |                              |
| Spindle: ULA                                                           |             |                   |                     |                    |            |                   |                              |                                    |                              |
| Step (#)                                                               | Speed (RPM) | Data Type         | Data Int (hh:mm:ss) | End Type           | End Op     | End Value         | Density (g/cm <sup>3</sup> ) |                                    |                              |
| 1                                                                      | 230.00      | Multi Pt          | 00:00:01.0          | Time               | =          | 15.0 sec          | 1.000                        |                                    |                              |
| 2                                                                      | 235.00      | Multi Pt          | 00:00:01.0          | Time               | =          | 15.0 sec          | 1.000                        |                                    |                              |
| 3                                                                      | 240.00      | Multi Pt          | 00:00:01.0          | Time               | =          | 15.0 sec          | 1.000                        |                                    |                              |
| 4                                                                      | 245.00      | Multi Pt          | 00:00:01.0          | Time               | =          | 15.0 sec          | 1.000                        |                                    |                              |
| <b>Results:</b>                                                        |             |                   |                     |                    |            |                   |                              |                                    |                              |
|                                                                        |             |                   |                     | Time at 00:00:15.0 |            | 15.1 sec          |                              |                                    |                              |
|                                                                        |             |                   |                     | Time at 00:00:30.0 |            | 30.1 sec          |                              |                                    |                              |
|                                                                        |             |                   |                     | Time at 00:00:45.0 |            | 45.1 sec          |                              |                                    |                              |
|                                                                        |             |                   |                     | Time at 00:01:00.0 |            | 60.1 sec          |                              |                                    |                              |
| <b>Data:</b>                                                           |             |                   |                     |                    |            |                   |                              |                                    |                              |
| Step (#)                                                               | Point (#)   | Time (hh:mm:ss)   | Viscosity (cP)      | Speed (RPM)        | Torque (%) | Shear Stress (Pa) | Shear Rate (1/s)             | Temp (°C)                          | Density (g/cm <sup>3</sup> ) |
| 1                                                                      | 1           | 00:00:01.1        | 3.92                | 230.00             | 14.1       | 1.10              | 281.3                        | 15.6                               | 1.000                        |
| Page 1 of 5                                                            |             |                   |                     |                    |            |                   |                              |                                    |                              |
|                                                                        |             |                   |                     |                    |            |                   |                              | Report Generated on: 5/10/2022     |                              |
|                                                                        |             |                   |                     |                    |            |                   |                              | Report Generated by: Administrator |                              |

| <b>NCA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>Data Report</b> | <b>Rheocalc T 2.1.54</b><br><small>Brookfield AMETEK</small> |                        |                |              |                        |                                 |           |              |                                 |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------|----------------|--------------|------------------------|---------------------------------|-----------|--------------|---------------------------------|---|--------|----------|------------|------|---|----------|-------|---|--------|----------|------------|------|---|----------|-------|---|--------|----------|------------|------|---|----------|-------|---|--------|----------|------------|------|---|----------|-------|---|--------|----------|------------|------|---|----------|-------|
| <b>Sample Run Information:</b> <b>Sample Name:</b> Fa) Fb) Fc) Fd) Opuntia_8<br><br><div style="text-align: center;"> <b>Run Time:</b> 5/10/2022 12:11:00<br/> <b>Instrument S/N:</b> 86043770<br/> <b>Torque Range:</b> RV<br/><br/> <b>Tester Login:</b> Administrator         </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                    |                                                              |                        |                |              |                        |                                 |           |              |                                 |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |
| <b>Test Method:</b> <b>Test Name:</b> Opuntia<br><br><div style="text-align: center;"> <b>Saved on:</b> 5/10/2022 12:11:00<br/> <b>Spindle:</b> ULA         </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |                                                              |                        |                |              |                        |                                 |           |              |                                 |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.9em;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Step<br/>(#)</th> <th style="text-align: center;">Speed<br/>(RPM)</th> <th style="text-align: center;">Data<br/>Type</th> <th style="text-align: center;">Data Int<br/>(hh:mm:ss)</th> <th style="text-align: center;">End<br/>Type</th> <th style="text-align: center;">End<br/>Op</th> <th style="text-align: center;">End<br/>Value</th> <th style="text-align: center;">Density<br/>(g/cm<sup>3</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">210.00</td><td style="text-align: center;">Multi Pt</td><td style="text-align: center;">00:00:01.0</td><td style="text-align: center;">Time</td><td style="text-align: center;">=</td><td style="text-align: center;">15.0 sec</td><td style="text-align: center;">1.000</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">220.00</td><td style="text-align: center;">Multi Pt</td><td style="text-align: center;">00:00:01.0</td><td style="text-align: center;">Time</td><td style="text-align: center;">=</td><td style="text-align: center;">15.0 sec</td><td style="text-align: center;">1.000</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3</td><td style="text-align: center;">230.00</td><td style="text-align: center;">Multi Pt</td><td style="text-align: center;">00:00:01.0</td><td style="text-align: center;">Time</td><td style="text-align: center;">=</td><td style="text-align: center;">15.0 sec</td><td style="text-align: center;">1.000</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td style="text-align: center;">240.00</td><td style="text-align: center;">Multi Pt</td><td style="text-align: center;">00:00:01.0</td><td style="text-align: center;">Time</td><td style="text-align: center;">=</td><td style="text-align: center;">15.0 sec</td><td style="text-align: center;">1.000</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">5</td><td style="text-align: center;">250.00</td><td style="text-align: center;">Multi Pt</td><td style="text-align: center;">00:00:01.0</td><td style="text-align: center;">Time</td><td style="text-align: center;">=</td><td style="text-align: center;">15.0 sec</td><td style="text-align: center;">1.000</td></tr> </tbody> </table> |                    |                                                              | Step<br>(#)            | Speed<br>(RPM) | Data<br>Type | Data Int<br>(hh:mm:ss) | End<br>Type                     | End<br>Op | End<br>Value | Density<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 1 | 210.00 | Multi Pt | 00:00:01.0 | Time | = | 15.0 sec | 1.000 | 2 | 220.00 | Multi Pt | 00:00:01.0 | Time | = | 15.0 sec | 1.000 | 3 | 230.00 | Multi Pt | 00:00:01.0 | Time | = | 15.0 sec | 1.000 | 4 | 240.00 | Multi Pt | 00:00:01.0 | Time | = | 15.0 sec | 1.000 | 5 | 250.00 | Multi Pt | 00:00:01.0 | Time | = | 15.0 sec | 1.000 |
| Step<br>(#)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Speed<br>(RPM)     | Data<br>Type                                                 | Data Int<br>(hh:mm:ss) | End<br>Type    | End<br>Op    | End<br>Value           | Density<br>(g/cm <sup>3</sup> ) |           |              |                                 |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 210.00             | Multi Pt                                                     | 00:00:01.0             | Time           | =            | 15.0 sec               | 1.000                           |           |              |                                 |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 220.00             | Multi Pt                                                     | 00:00:01.0             | Time           | =            | 15.0 sec               | 1.000                           |           |              |                                 |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 230.00             | Multi Pt                                                     | 00:00:01.0             | Time           | =            | 15.0 sec               | 1.000                           |           |              |                                 |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 240.00             | Multi Pt                                                     | 00:00:01.0             | Time           | =            | 15.0 sec               | 1.000                           |           |              |                                 |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 250.00             | Multi Pt                                                     | 00:00:01.0             | Time           | =            | 15.0 sec               | 1.000                           |           |              |                                 |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |
| <b>Results:</b><br><br><div style="text-align: right; margin-right: 50px;"> <b>Time at 00:00:15.0</b>              15.1 sec<br/> <b>Time at 00:00:30.0</b>              30.1 sec<br/> <b>Time at 00:00:45.0</b>              45.1 sec<br/> <b>Time at 00:01:00.0</b>              60.1 sec<br/> <b>Time at 00:01:15.0</b>              75.1 sec         </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                    |                                                              |                        |                |              |                        |                                 |           |              |                                 |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>Page 1 of 6</span> <div style="text-align: right;">             Report Generated on: 5/10/2022<br/>             Report Generated by: Administrator           </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                    |                                                              |                        |                |              |                        |                                 |           |              |                                 |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |   |        |          |            |      |   |          |       |

|                    |                                                                                                                                                                                        |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Math Model:</b> | <b>NCA/CMA Casson</b><br><br>Plastic Viscosity = 1 cP<br>Yield Stress = 0.154 Pa<br>Confidence of Fit = 96.6 %<br>Note: Points 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 were not used. |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| POWER                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                        |                      |                                |                     |                   |                                                                          | Rheocalc T 2.1.54<br>Brookfield AMETEK |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--|
| Data Report                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                        |                      |                                |                     |                   |                                                                          |                                        |  |
| <b>Sample Run Information:</b> <b>Sample Name:</b> Fa\ Fb\ Fc\ Fd\ Opuntia_9<br><br><div style="margin-left: 40px;"> <b>Run Time:</b> 5/10/2022 12:16:00<br/> <b>Instrument S/N:</b> 86043770<br/> <b>Torque Range:</b> RV<br/><br/> <b>Tester Login:</b> Administrator </div>                                 |                        |                      |                                |                     |                   |                                                                          |                                        |  |
| <b>Test Method:</b> <b>Test Name:</b> Opuntia<br><br><div style="margin-left: 40px;"> <b>Saved on:</b> 5/10/2022 12:16:00<br/> <b>Spindle:</b> ULA </div>                                                                                                                                                      |                        |                      |                                |                     |                   |                                                                          |                                        |  |
| <b>Step<br/>(#)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Speed<br/>(RPM)</b> | <b>Data<br/>Type</b> | <b>Data Int<br/>(hh:mm:ss)</b> | <b>End<br/>Type</b> | <b>End<br/>Op</b> | <b>End<br/>Value</b>                                                     | <b>Density<br/>(g/cm<sup>3</sup>)</b>  |  |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 215.00                 | Multi Pt             | 00:00:01.0                     | Time                | =                 | 15.0 sec                                                                 | 1.000                                  |  |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 220.00                 | Multi Pt             | 00:00:01.0                     | Time                | =                 | 15.0 sec                                                                 | 1.000                                  |  |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 230.00                 | Multi Pt             | 00:00:01.0                     | Time                | =                 | 15.0 sec                                                                 | 1.000                                  |  |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 240.00                 | Multi Pt             | 00:00:01.0                     | Time                | =                 | 15.0 sec                                                                 | 1.000                                  |  |
| <b>Results:</b><br><br><div style="margin-left: 100px;"> <b>Time at 00:00:15.0</b>                      15.1 sec<br/> <b>Time at 00:00:30.0</b>                      30.1 sec<br/> <b>Time at 00:00:45.0</b>                      45.1 sec<br/> <b>Time at 00:01:00.0</b>                      60.1 sec </div> |                        |                      |                                |                     |                   |                                                                          |                                        |  |
| <b>Math Model:</b> <b>Power Law</b><br><br><div style="margin-left: 40px;"> Consistency Index = 36.1 cP<br/> Flow Index = 0.56<br/> Confidence of Fit = 96.8 %<br/> Note: Points 3, 13, 14, 15, 17, 31 were not used. </div>                                                                                   |                        |                      |                                |                     |                   |                                                                          |                                        |  |
| Page 1 of 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                        |                      |                                |                     |                   | Report Generated on: 5/10/2022<br><br>Report Generated by: Administrator |                                        |  |

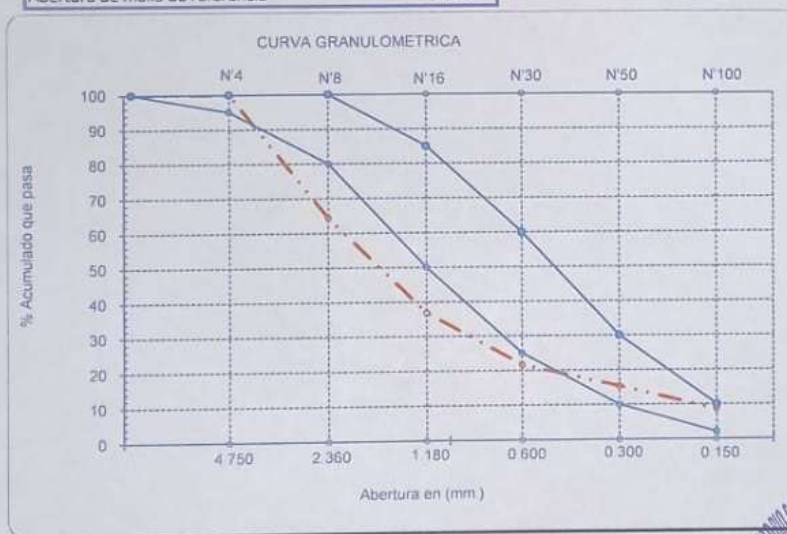
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

**Tesista** : Segura Sánchez Paola Abigail  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
**Lugar** : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 11 de septiembre del 2022

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino  
Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

**Muestra** : Residuos cerámicos  
P. Inicial H. : 305.0  
P. Inicial S. : 300.0  
% de Humedad = 1.67

| Malla                           |        | Peso   | (%)  | (%) Acum. | (%) Acum. | Especificaciones: |     |
|---------------------------------|--------|--------|------|-----------|-----------|-------------------|-----|
| Pulg.                           | (mm.)  | Ret.   | Ret. | Ret.      | Que Pasa  |                   |     |
| 1/2"                            | 12.700 | 0      | 0.0  | 0.0       | 100.0     | 100               | 100 |
| 3/8"                            | 9.500  | 0      | 0.0  | 0.0       | 100.0     | 100               | 100 |
| Nº 04                           | 4.750  | 0.33   | 0.1  | 0.1       | 99.9      | 95                | 100 |
| Nº 08                           | 2.360  | 106.39 | 35.5 | 35.6      | 64.4      | 80                | 100 |
| Nº 16                           | 1.180  | 82.69  | 27.6 | 63.1      | 36.9      | 50                | 85  |
| Nº 30                           | 0.600  | 45.52  | 15.2 | 78.3      | 21.7      | 25                | 60  |
| Nº 50                           | 0.300  | 19.18  | 6.4  | 84.7      | 15.3      | 10                | 30  |
| Nº 100                          | 0.150  | 20.3   | 6.8  | 91.5      | 8.5       | 2                 | 10  |
| Fondo                           |        | 25.5   | 8.5  | 100.0     | 0.0       |                   |     |
| Módulo de Fineza                |        | 3.533  |      |           |           |                   |     |
| Abertura de malla de referencia |        | 9.500  |      |           |           |                   |     |



*[Handwritten signature]*







UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



**Tesista** : Segura Sánchez Paola Abigail  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
**Lugar** : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 11 de septiembre del 2022

**Ensayo** : Peso unitario del agregado fino  
**Referencia** : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

**Muestra** : Residuos cerámicos

**1.- PESO UNITARIO SUELTO**

|                                            |                      |          |          |          |
|--------------------------------------------|----------------------|----------|----------|----------|
| 1.- Peso de la muestra suelta + recipiente | (gr.)                | 13309.00 | 13377.00 | 13437.00 |
| 2.- Peso del recipiente                    | (gr.)                | 8660.00  | 8660.00  | 8660.00  |
| 3.- Peso del material                      |                      | 4649     | 4717     | 4777     |
| 4.- Constante ó Volumen                    | (m <sup>3</sup> )    | 0.00     | 0.00     | 0.00     |
| 5.- Peso unitario suelto húmedo            | (kg/m <sup>3</sup> ) | 1196     | 1213     | 1228     |
| 6.- Peso unitario suelto Húmedo (Promedio) | (kg/m <sup>3</sup> ) |          | 1212     |          |
| 7.- Peso unitario suelto seco (Promedio)   | (kg/m <sup>3</sup> ) |          | 1192     |          |

**2.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

|                                                |                      |          |          |          |
|------------------------------------------------|----------------------|----------|----------|----------|
| 1.- Peso de la muestra suelta + recipiente     | (gr.)                | 14179.00 | 14119.00 | 14146.00 |
| 2.- Peso del recipiente                        | (gr.)                | 8660.00  | 8660.00  | 8660.00  |
| 3.- Peso del material                          |                      | 5519     | 5459     | 5486     |
| 4.- Constante ó Volumen                        | (m <sup>3</sup> )    | 0.00     | 0.00     | 0.00     |
| 5.- Peso unitario compactado húmedo            | (kg/m <sup>3</sup> ) | 1419     | 1404     | 1411     |
| 6.- Peso unitario compactado húmedo (Promedio) | (kg/m <sup>3</sup> ) |          | 1411     |          |
| 7.- Peso unitario compactado seco (Promedio)   | (kg/m <sup>3</sup> ) |          | 1388     |          |

**Ensayo** : Contenido de humedad del agregado fino  
**Referencia** : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

**C.- CONTENIDO DE HUMEDAD**

|                                     |       |               |
|-------------------------------------|-------|---------------|
| A.- Peso de muestra húmeda          | (gr.) | <b>305.02</b> |
| B.- Peso de muestra seca            | (gr.) | <b>300</b>    |
| C.- Peso de recipiente              | (gr.) | 0.0           |
| D.- Contenido de humedad            | (%)   | 1.7           |
| E.- Contenido de humedad (promedio) | (%)   | <b>1.67</b>   |

*Paula*





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Segura Sánchez Paola Abigail  
**Solicitante** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
**Lugar** : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 11 de septiembre del 2022

**Ensayo** : Peso específico y Absorción del agregado fino

**Referencia** : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

**Muestra** : Residuos cerámicos

**I.- Datos.**

|                                                                  |     |               |               |
|------------------------------------------------------------------|-----|---------------|---------------|
| 1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua | (g) | <b>1001.6</b> | <b>1001.6</b> |
| 2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco                 | (g) | 713.42        | 713.42        |
| 3.- Peso del Agua                                                | (g) | 288.15        | 288.15        |
| 4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco           | (g) | 690.61        | 690.61        |
| 5.- Peso del Frasco                                              | (g) | <b>213.4</b>  | <b>213.4</b>  |
| 6.- Peso de la Arena Secada al Horno                             | (g) | <b>477.2</b>  | <b>477.2</b>  |
| 7.- Volumen del frasco                                           | (g) | 500           | 500           |

**II.- Resultados**

|                                      |                      |              |
|--------------------------------------|----------------------|--------------|
| A.- PESO ESPECIFICO DE MASA          | (g/cm <sup>3</sup> ) | <b>2.252</b> |
| B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO | (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.360        |
| C.- PESO ESPECIFICO APARENTE         | (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.524        |
| D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN          | (%)                  | <b>4.78</b>  |

*Leij*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Paola Abigail Segura Sánchez

Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental

Proyecto : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022

Lugar : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.

Fecha de presentación : Chiclayo, 3 de octubre del 2022

Norma : N.T.P. 399.613 - 2017  
NTP 331.202

Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. Módulo de rotura (Ensayo de Flexión)  
ELEMENTOS DE SUELOS SIN COCER. Adobe estabilizado con asfalto para muros.

| Muestra<br>N° | Denominación de Especimen | Fecha de<br>Elaboración | Fecha de<br>Ensayo | Carga<br>(N) | Antigüedad<br>del<br>Especimen | Módulo de<br>Rotura<br>(MPa) | Módulo de<br>Rotura<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de Rotura<br>(Kg/cm <sup>2</sup> )<br>Promedio |
|---------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|--------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 01            | ADOBE CONVENSIONAL        | 05/09/2022              | 03/10/2022         | 901          | 28                             | 0.3                          | 3.46                                         | 3.57                                                  |
| 02            | ADOBE CONVENSIONAL        | 05/09/2022              | 03/10/2022         | 970          | 28                             | 0.4                          | 3.73                                         |                                                       |
| 03            | ADOBE CONVENSIONAL        | 05/09/2022              | 03/10/2022         | 1069         | 28                             | 0.4                          | 3.95                                         |                                                       |
| 04            | ADOBE CONVENSIONAL        | 05/09/2022              | 03/10/2022         | 970          | 28                             | 0.4                          | 3.58                                         |                                                       |
| 05            | ADOBE CONVENSIONAL        | 05/09/2022              | 03/10/2022         | 1039         | 28                             | 0.3                          | 3.11                                         |                                                       |

OBSERVACIONES :



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Paola Abigail Segura Sánchez

Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental

Proyecto : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022

Lugar : Dist.Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.

Fecha de presentación : Chiclayo, 3 de octubre del 2022

Norma : N.T.P. 399.513 - 2017  
NTP 331.202

Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. Módulo de rotura (Ensayo de Flexión)

ELEMENTOS DE SUELOS SIN COCER. Adobe estabilizado con asfalto para muros.

| Muestra<br>N° | Denominación de Espécimen     | Fecha de    | Fecha de   | Carga<br>(N) | Antigüedad<br>del<br>Espécimen | Módulo de<br>Rotura<br>(MPa) | Módulo de<br>Rotura<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de Rotura<br>(Kg/cm <sup>2</sup> )<br>Promedio |
|---------------|-------------------------------|-------------|------------|--------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|               |                               | Elaboración | Ensayo     |              |                                |                              |                                              |                                                       |
| 01            | ADOBE con 5% DE BABA DE NOPAL | 05/09/2022  | 03/10/2022 | 1080         | 28                             | 0.3                          | 3.54                                         | 3.80                                                  |
| 02            | ADOBE con 5% DE BABA DE NOPAL | 05/09/2022  | 03/10/2022 | 1080         | 28                             | 0.4                          | 3.84                                         |                                                       |
| 03            | ADOBE con 5% DE BABA DE NOPAL | 05/09/2022  | 03/10/2022 | 1106         | 28                             | 0.4                          | 3.84                                         |                                                       |
| 04            | ADOBE con 5% DE BABA DE NOPAL | 05/09/2022  | 03/10/2022 | 1118         | 28                             | 0.4                          | 3.76                                         |                                                       |
| 05            | ADOBE con 5% DE BABA DE NOPAL | 05/09/2022  | 03/10/2022 | 1118         | 28                             | 0.4                          | 4.05                                         |                                                       |

| Muestra<br>N° | Denominación de Espécimen      | Fecha de    | Fecha de   | Carga<br>(N) | Antigüedad<br>del<br>Espécimen | Módulo de<br>Rotura<br>(MPa) | Módulo de<br>Rotura<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de Rotura<br>(Kg/cm <sup>2</sup> )<br>Promedio |
|---------------|--------------------------------|-------------|------------|--------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|               |                                | Elaboración | Ensayo     |              |                                |                              |                                              |                                                       |
| 01            | ADOBE CON 10% DE BABA DE NOPAL | 05/09/2022  | 03/10/2022 | 1168         | 28                             | 0.4                          | 4.09                                         | 4.10                                                  |
| 02            | ADOBE CON 10% DE BABA DE NOPAL | 05/09/2022  | 03/10/2022 | 1138         | 28                             | 0.4                          | 3.87                                         |                                                       |
| 03            | ADOBE CON 10% DE BABA DE NOPAL | 05/09/2022  | 03/10/2022 | 1180         | 28                             | 0.4                          | 4.25                                         |                                                       |
| 04            | ADOBE CON 10% DE BABA DE NOPAL | 05/09/2022  | 03/10/2022 | 1188         | 28                             | 0.4                          | 4.03                                         |                                                       |
| 05            | ADOBE CON 10% DE BABA DE NOPAL | 05/09/2022  | 03/10/2022 | 1267         | 28                             | 0.4                          | 4.26                                         |                                                       |

| Muestra<br>N° | Denominación de Espécimen      | Fecha de    | Fecha de   | Carga<br>(N) | Antigüedad<br>del<br>Espécimen | Módulo de<br>Rotura<br>(MPa) | Módulo de<br>Rotura<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de Rotura<br>(Kg/cm <sup>2</sup> )<br>Promedio |
|---------------|--------------------------------|-------------|------------|--------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|               |                                | Elaboración | Ensayo     |              |                                |                              |                                              |                                                       |
| 01            | ADOBE CON 15% DE BABA DE NOPAL | 05/09/2022  | 03/10/2022 | 1435         | 28                             | 0.5                          | 5.41                                         | 5.10                                                  |
| 02            | ADOBE CON 15% DE BABA DE NOPAL | 05/09/2022  | 03/10/2022 | 1435         | 28                             | 0.5                          | 4.73                                         |                                                       |
| 03            | ADOBE CON 15% DE BABA DE NOPAL | 05/09/2022  | 03/10/2022 | 1484         | 28                             | 0.5                          | 5.47                                         |                                                       |
| 04            | ADOBE CON 15% DE BABA DE NOPAL | 05/09/2022  | 03/10/2022 | 1475         | 28                             | 0.5                          | 5.24                                         |                                                       |
| 05            | ADOBE CON 15% DE BABA DE NOPAL | 05/09/2022  | 03/10/2022 | 1386         | 28                             | 0.5                          | 4.83                                         |                                                       |

OBSERVACIONES :







UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Paola Abigail Segura Sánchez  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Cutervo, Cajamarca  
Fecha : Chiclayo, 4 de octubre del 2022

ENSAYO : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del material tierra a la compresión ( Ensayos de compresión en cubos).

REFERENCIA : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

| Muestra N° | Denominación de la unidad | Area bruta (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|------------|---------------------------|-------------------------------|------------|--------------------------------------|
| 01         | ADOBE PATRON              | 100                           | 910        | 7.78                                 |
| 02         | ADOBE PATRON              | 100                           | 943        | 8.47                                 |
| 03         | ADOBE PATRON              | 100                           | 894        | 8.67                                 |
| 04         | ADOBE PATRON              | 100                           | 907        | 8.70                                 |
| 05         | ADOBE PATRON              | 100                           | 903        | 8.36                                 |
| 06         | ADOBE PATRON              | 100                           | 963        | 8.32                                 |
| Promedio   |                           |                               |            | 8.55                                 |

NOTA:

- Ensayo realizado en cubos de adobe

OBSERVACIONES :





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Paola Abigail Segura Sánchez  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Cutervo, Cajamarca  
Fecha : Chiclayo, 4 de octubre del 2022

ENSAYO : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del material tierra a la compresión ( Ensayos de compresión en cubos).

REFERENCIA : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

| Muestra<br>Nº | Denominación de Adobe      | Área bruta<br>(cm <sup>2</sup> ) | Carga<br>(kg) | F <sub>b</sub><br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|---------------|----------------------------|----------------------------------|---------------|-----------------------------------------|
| 01            | Adobes 5% de baba de nopal | 100                              | 910           | 9.10                                    |
| 02            | Adobes 5% de baba de nopal | 100                              | 943           | 9.43                                    |
| 03            | Adobes 5% de baba de nopal | 100                              | 894           | 8.94                                    |
| 04            | Adobes 5% de baba de nopal | 100                              | 907           | 9.07                                    |
| 05            | Adobes 5% de baba de nopal | 100                              | 903           | 9.03                                    |
| 06            | Adobes 5% de baba de nopal | 100                              | 963           | 9.63                                    |
| Promedio      |                            |                                  |               | 9.3                                     |

NOTA:  
- Ensayo realizado en cubos de adobe

OBSERVACIONES :





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Paola Abigail Segura Sánchez  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Cutervo, Cajamarca  
Fecha : Chiclayo, 4 de octubre del 2022

ENSAYO : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del material tierra a la compresión ( Ensayos de compresión en cubos).

REFERENCIA : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

| Muestra N° | Denominación de Adobe        | Área bruta (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|------------|------------------------------|-------------------------------|------------|--------------------------------------|
| 01         | Adobes 10 % de baba de nopal | 100                           | 925        | 9                                    |
| 02         | Adobes 10 % de baba de nopal | 100                           | 970        | 10                                   |
| 03         | Adobes 10 % de baba de nopal | 100                           | 895        | 9                                    |
| 04         | Adobes 10 % de baba de nopal | 100                           | 961        | 10                                   |
| 05         | Adobes 10 % de baba de nopal | 100                           | 968        | 10                                   |
| 06         | Adobes 10 % de baba de nopal | 100                           | 889        | 9                                    |
| Promedio   |                              |                               |            | 10                                   |

NOTA:  
- Ensayo realizado en cubos de adobe

OBSERVACIONES :







UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Paola Abigail Segura Sánchez  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Cutervo, Cajamarca  
Fecha : Chiclayo, 4 de octubre del 2022

ENSAYO : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del material tierra a la compresión ( Ensayos de compresión en cubos).

REFERENCIA : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

| Muestra N° | Denominación de Adobe        | Area bruta (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|------------|------------------------------|-------------------------------|------------|--------------------------------------|
| 01         | Adobes 15 % de baba de nopal | 100                           | 945        | 9                                    |
| 02         | Adobes 15 % de baba de nopal | 100                           | 1006       | 10                                   |
| 03         | Adobes 15 % de baba de nopal | 100                           | 930        | 9                                    |
| 04         | Adobes 15 % de baba de nopal | 100                           | 982        | 10                                   |
| 05         | Adobes 15 % de baba de nopal | 100                           | 1103       | 11                                   |
| 06         | Adobes 15 % de baba de nopal | 100                           | 988        | 10                                   |

|          |       |
|----------|-------|
| Promedio | 10.20 |
|----------|-------|

NOTA:

- Ensayo realizado cubos de adobe

OBSERVACIONES :





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Paola Abigail Segura Sánchez  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Cutervo, Cajamarca  
Fecha : Chiclayo, 10 de noviembre del 2022

ENSAYO : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del material tierra a la compresión ( Ensayos de compresión en cubos).

REFERENCIA : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

| Muestra<br>Nº | Denominación de la unidad                 | Área bruta<br>(cm <sup>2</sup> ) | Carga<br>(kg) | F <sub>b</sub><br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|---------------|-------------------------------------------|----------------------------------|---------------|-----------------------------------------|
| 01            | ADOBE DE 15% DE BABA DE NOPAL Y 10% DE RC | 100                              | 998           | 10                                      |
| 02            | ADOBE DE 15% DE BABA DE NOPAL Y 10% DE RC | 100                              | 1022          | 10                                      |
| 03            | ADOBE DE 15% DE BABA DE NOPAL Y 10% DE RC | 100                              | 1020          | 10                                      |
| 04            | ADOBE DE 15% DE BABA DE NOPAL Y 10% DE RC | 100                              | 1024          | 10                                      |
| 05            | ADOBE DE 15% DE BABA DE NOPAL Y 10% DE RC | 100                              | 1018          | 10                                      |
| 06            | ADOBE DE 15% DE BABA DE NOPAL Y 10% DE RC | 100                              | 996           | 10                                      |

|          |       |
|----------|-------|
| Promedio | 10.21 |
|----------|-------|

NOTA:  
- Ensayo realizado en cubos de adobe

OBSERVACIONES :







UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Paola Abigail Segura Sánchez  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Cutervo, Cajamarca  
Fecha : Chiclayo, 10 de noviembre del 2022

ENSAYO : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del material tierra a la compresión ( Ensayos de compresión en cubos).

REFERENCIA : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

| Muestra<br>Nº | Denominación de la unidad                 | Area bruta<br>(cm <sup>2</sup> ) | Carga<br>(kg) | F <sub>b</sub><br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|---------------|-------------------------------------------|----------------------------------|---------------|-----------------------------------------|
| 01            | ADOBE DE 15% DE BABA DE NOPAL Y 30% DE RC | 100                              | 1020          | 10                                      |
| 02            | ADOBE DE 15% DE BABA DE NOPAL Y 30% DE RC | 100                              | 1028          | 10                                      |
| 03            | ADOBE DE 15% DE BABA DE NOPAL Y 30% DE RC | 100                              | 1026          | 10                                      |
| 04            | ADOBE DE 15% DE BABA DE NOPAL Y 30% DE RC | 100                              | 1025          | 10                                      |
| 05            | ADOBE DE 15% DE BABA DE NOPAL Y 30% DE RC | 100                              | 1025          | 10                                      |
| 06            | ADOBE DE 15% DE BABA DE NOPAL Y 30% DE RC | 100                              | 1000          | 10                                      |

Promedio 10.3

NOTA:

- Ensayo realizado en cubos de adobe

OBSERVACIONES :





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Paola Abigail Segura Sánchez  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Cutervo, Cajamarca  
Fecha : Chiclayo, 10 de noviembre del 2022

ENSAYO : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del material tierra a la compresión ( Ensayos de compresión en cubos).

REFERENCIA : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

| Muestra<br>Nº | Denominación de la unidad                 | Área bruta<br>(cm <sup>2</sup> ) | Carga<br>(kg) | F <sub>b</sub><br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|---------------|-------------------------------------------|----------------------------------|---------------|-----------------------------------------|
| 01            | ADOBE DE 15% DE BABA DE NOPAL Y 20% DE RC | 100                              | 1010          | 10                                      |
| 02            | ADOBE DE 15% DE BABA DE NOPAL Y 20% DE RC | 100                              | 1024          | 10                                      |
| 03            | ADOBE DE 15% DE BABA DE NOPAL Y 20% DE RC | 100                              | 1022          | 10                                      |
| 04            | ADOBE DE 15% DE BABA DE NOPAL Y 20% DE RC | 100                              | 1024          | 10                                      |
| 05            | ADOBE DE 15% DE BABA DE NOPAL Y 20% DE RC | 100                              | 1025          | 10                                      |
| 06            | ADOBE DE 15% DE BABA DE NOPAL Y 20% DE RC | 100                              | 1000          | 10                                      |

|          |       |
|----------|-------|
| Promedio | 10.24 |
|----------|-------|

NOTA:  
- Ensayo realizado en cubos de adobe

OBSERVACIONES :





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Solicitante : Segura Sánchez Paola Abigail  
Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022.  
Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de ensayo : Miércoles, 5 de octubre del 2022.

Código : 399.613 : 2017  
: UNE 41410  
Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de de ladrillos de arcilla usados en albañilería.  
: Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques  
Norma : Método de ensayo.  
Ensayo : Rapidez inicial de absorción (Succión).

| Muestra N° | Denominación ó Descripción de la muestra | Succión (g/200cm <sup>2</sup> /min) | Succión (%) |
|------------|------------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| 01         | Adobe patron -Cutervo                    | 35.00                               | 1.35        |
| 02         | Adobe patron -Cutervo                    | 11.50                               | 0.46        |
| 03         | Adobe patron -Cutervo                    | 31.50                               | 1.23        |
| 04         | Adobe patron -Cutervo                    | 47.50                               | 1.93        |
| 05         | Adobe patron -Cutervo                    | 23.25                               | 0.92        |
| Promedio   |                                          | 29.8                                | 1.2         |

**OBSERVACIONES :**

-La identificación, muestreo y ensayo realizada por el solicitante.





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Solicitante : Segura Sánchez Paola Abigail  
Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de ensayo : Miércoles, 5 de octubre del 2022.

Código : 399.613 : 2017

: UNE 41410

Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de de ladrillos de arcilla usados en albañilería.

: Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques

Norma : Método de ensayo.

Ensayo : Rapidez inicial de absorción (Succión).

| Muestra N° | Denominación ó Descripción de la muestra | Succión (g/200cm <sup>2</sup> /min) | Succión (%) |
|------------|------------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| 01         | Adobe con 5% de baba de nopal            | 31.00                               | 1.14        |
| 02         | Adobe con 5% de baba de nopal            | 30.50                               | 1.19        |
| 03         | Adobe con 5% de baba de nopal            | 22.50                               | 0.83        |
| 04         | Adobe con 5% de baba de nopal            | 35.50                               | 1.36        |
| 05         | Adobe con 5% de baba de nopal            | 27.50                               | 1.03        |
| Promedio   |                                          | 29.4                                | 1.1         |

OBSERVACIONES :

-La identificación, muestreo y ensayo realizada por el solicitante.







UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Solicitante : Segura Sánchez Paola Abigail  
Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca  
Fecha de ensayo : Miércoles, 5 de octubre del 2022.

Código : 389.613 : 2017

: UNE 41410

Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de de ladrillos de arcilla usados en albañilería.

: Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques

Norma : Método de ensayo.

Ensayo : Rapidez inicial de absorción (Succión).

| Muestra N° | Denominación ó Descripción de la muestra | Succión (g/200cm <sup>2</sup> /min) | Succión (%) |
|------------|------------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| 01         | Adobe con 10% de baba de nopal           | 22.50                               | 0.84        |
| 02         | Adobe con 10% de baba de nopal           | 18.50                               | 0.70        |
| 03         | Adobe con 10% de baba de nopal           | 23.00                               | 0.84        |
| 04         | Adobe con 10% de baba de nopal           | 44.00                               | 1.63        |
| 05         | Adobe con 10% de baba de nopal           | 28.50                               | 0.99        |
| Promedio   |                                          | 27.3                                | 1.0         |

OBSERVACIONES :

-La identificación, muestreo y ensayo realizada por el solicitante.





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Solicitante : Segura Sánchez Paola Abigail  
Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022.  
Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de ensayo : Miércoles, 5 de octubre del 2022.

Código : 399.613 : 2017

: UNE 41410

Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de de ladrillos de arcilla usados en albañilería.

: Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques

Norma : Método de ensayo.

Ensayo : Rapidez inicial de absorción (Succión).

| Muestra N° | Denominación ó Descripción de la muestra | Succión (g/200cm <sup>2</sup> /min) | Succión (%) |
|------------|------------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| 01         | Adobe con 15% de baba de nopal           | 17.50                               | 0.64        |
| 02         | Adobe con 15% de baba de nopal           | 26.50                               | 1.04        |
| 03         | Adobe con 15% de baba de nopal           | 14.50                               | 0.54        |
| 04         | Adobe con 15% de baba de nopal           | 9.00                                | 0.33        |
| 05         | Adobe con 15% de baba de nopal           | 29.50                               | 1.12        |
| Promedio   |                                          | 19.4                                | 0.7         |

OBSERVACIONES :

-La identificación, muestreo y ensayo realizada por el solicitante.



|                                                                                   |                                                         |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO         |  |
|                                                                                   | FACULTAD DE INGENIERÍA                                  |                                                                                     |
|                                                                                   | ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL                   |                                                                                     |
|                                                                                   | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES |                                                                                     |

Solicitante : Segura Sánchez Paola Abigail  
 Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
 Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
 Fecha de ensayo : Martes, 8 de Noviembre del 2022.

Código : 399.613 : 2017  
 : UNE 41410  
 Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.  
 : Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques  
 Norma : Método de ensayo.  
 Ensayo : Rapidez inicial de absorción (Succión).

| Muestra N° | Denominación ó Descripción de la muestra                   | Succión (g/200cm <sup>2</sup> /min) | Succión (%) |
|------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| 01         | Adobe con 15% de baba de nopal y 10% de residuos ceramicos | 29.00                               | 1.17        |
| 02         | Adobe con 15% de baba de nopal y 10% de residuos ceramicos | 19.00                               | 0.73        |
| 03         | Adobe con 15% de baba de nopal y 10% de residuos ceramicos | 22.50                               | 0.94        |
| 04         | Adobe con 15% de baba de nopal y 10% de residuos ceramicos | 26.00                               | 0.98        |
| 05         | Adobe con 15% de baba de nopal y 10% de residuos ceramicos | 16.00                               | 0.65        |
| Promedio   |                                                            | 22.5                                | 0.9         |

## OBSERVACIONES :

-La identificación, muestreo y ensayo realizada por el solicitante.






UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Solicitante : Segura Sánchez Paola Abigail  
Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de ensayo : Martes, 8 de Noviembre del 2022.

Código : 399.613 : 2017  
: UNE 41410  
Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de de ladrillos de arcilla usados en albañilería.  
: Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques  
Norma : Método de ensayo.  
Ensayo : Rapidez inicial de absorción (Succión).

| Muestra N° | Denominación ó Descripción de la muestra                   | Succión (g/200cm <sup>2</sup> /min) | Succión (%) |
|------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| 01         | Adobe con 15% de baba de nopal y 20% de residuos ceramicos | 20.00                               | 0.74        |
| 02         | Adobe con 15% de baba de nopal y 20% de residuos ceramicos | 65.50                               | 2.58        |
| 03         | Adobe con 15% de baba de nopal y 20% de residuos ceramicos | 18.50                               | 0.73        |
| 04         | Adobe con 15% de baba de nopal y 20% de residuos ceramicos | 27.00                               | 1.09        |
| 05         | Adobe con 15% de baba de nopal y 20% de residuos ceramicos | 64.00                               | 2.53        |
| Promedio   |                                                            | 39.0                                | 1.5         |

OBSERVACIONES :

-La identificación, muestreo y ensayo realizada por el solicitante.







UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Solicitante : Segura Sánchez Paola Abigail  
Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca  
Fecha de ensayo : Martes, 8 de Noviembre del 2022.

Código : 399.613 : 2017

: UNE 41410

Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de de ladrillos de arcilla usados en albañilería.

: Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques

Norma : Método de ensayo.

Ensayo : Rapidez inicial de absorción (Succión).

| Muestra N° | Denominación ó Descripción de la muestra                   | Succión (g/200cm <sup>2</sup> /min) | Succión (%) |
|------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| 01         | Adobe con 15% de baba de nopal y 30% de residuos ceramicos | 12.50                               | 0.53        |
| 02         | Adobe con 15% de baba de nopal y 30% de residuos ceramicos | 19.00                               | 0.73        |
| 03         | Adobe con 15% de baba de nopal y 30% de residuos ceramicos | 13.50                               | 0.56        |
| 04         | Adobe con 15% de baba de nopal y 30% de residuos ceramicos | 10.00                               | 0.37        |
| 05         | Adobe con 15% de baba de nopal y 30% de residuos ceramicos | 14.50                               | 0.58        |
| Promedio   |                                                            | 13.9                                | 0.6         |

OBSERVACIONES :

-La identificación, muestreo y ensayo realizada por el solicitante.




**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES**


Tesista : Segura Sánchez Paola Abigail  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
 Ubicación : Dist. Cutervo , Prov. Cutervo , Reg. Cajamarca  
 Fecha : jueves, 6 de Octubre del 2022  
 ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Porcentaje de Absorción  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

| Muestra<br>Nº | Denominación de la unidad | G4<br>(g) | G3<br>(g) | A<br>(%)     |
|---------------|---------------------------|-----------|-----------|--------------|
| 01            | Adobe Patron              | 4300      | 5172      | -16.86       |
| 02            | Adobe Patron              | 5300      | 4975      | 6.53         |
| 03            | Adobe Patron              | 5300      | 5109      | 3.74         |
| 04            | Adobe Patron              | 3900      | 4935      | -20.97       |
| 05            | Adobe Patron              | 4700      | 5074      | -7.36        |
| Promedio      |                           |           |           | <b>-6.98</b> |

**DONDE:**

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 24 HORAS DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.  
 G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.  
 A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

**OBSERVACIONES :**

*Segura*





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Segura Sánchez Paola Abigail  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Dist. Cutervo , Prov. Cutervo , Reg. Cajamarca  
Fecha : jueves, 6 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Porcentaje de Absorción

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

| Muestra<br>N° | Denominación de la unidad     | G4<br>(g) | G3<br>(g) | A<br>(%) |
|---------------|-------------------------------|-----------|-----------|----------|
| 01            | Adobe con 5% de baba de nopal | 6100      | 5440      | 12.1     |
| 02            | Adobe con 5% de baba de nopal | 5300      | 5119      | 3.5      |
| 03            | Adobe con 5% de baba de nopal | 5600      | 5449      | 2.8      |
| 04            | Adobe con 5% de baba de nopal | 5900      | 5208      | 13.3     |
| 05            | Adobe con 5% de baba de nopal | 6200      | 5343      | 16.0     |

Promedio : **9.6**

DONDE

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 24 HORAS DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

OBSERVACIONES :




**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES**


**Tesista** : Segura Sánchez Paola Abigail  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
**Ubicación** : Dist. Cutervo , Prov. Cutervo , Reg. Cajamarca  
  
**Fecha** : jueves, 6 de Octubre del 2022  
  
**ENSAYO** : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Porcentaje de Absorción  
  
**REFERENCIA** : NORMA N.T.P. 399.613 - 2005

| Muestra<br>N° | Denominación de la unidad      | G4<br>(g) | G3<br>(g) | A<br>(%) |
|---------------|--------------------------------|-----------|-----------|----------|
| 01            | Adobe con 10% de baba de nopal | 6000      | 5375      | 11.6     |
| 02            | Adobe con 10% de baba de nopal | 5500      | 5271      | 4.3      |
| 03            | Adobe con 10% de baba de nopal | 6700      | 5451      | 22.9     |
| 04            | Adobe con 10% de baba de nopal | 5700      | 5407      | 5.4      |
| 05            | Adobe con 10% de baba de nopal | 5800      | 5786      | 0.2      |
| Promedio      |                                |           |           | 8.9      |

**DONDE:**

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 24 HORAS DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.  
 G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.  
 A : ES LA ABSORCIÓN DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

**OBSERVACIONES :**




UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Segura Sánchez Paola Abigail  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Dist. Cutervo , Prov. Cutervo , Reg. Cajamarca  
Fecha : jueves, 6 de Octubre del 2022  
ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Porcentaje de Absorción  
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

| Muestra<br>N° | Denominación de la unidad      | G4<br>(g) | G3<br>(g) | A<br>(%) |
|---------------|--------------------------------|-----------|-----------|----------|
| 01            | Adobe con 15% de baba de nopal | 5900      | 5446      | 8.3      |
| 02            | Adobe con 15% de baba de nopal | 5200      | 5076      | 2.4      |
| 03            | Adobe con 15% de baba de nopal | 6100      | 5365      | 13.7     |
| 04            | Adobe con 15% de baba de nopal | 6000      | 5440      | 10.3     |
| 05            | Adobe con 15% de baba de nopal | 5500      | 5265      | 4.5      |
| Promedio      |                                |           |           | 7.8      |

DONDE:

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 24 HORAS DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

OBSERVACIONES :






**LEMS W&C EIRL**

Certificado INDECOPI N°00137754 RNP Servicios 99908569

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: lemswacir@gmail.com

Solicitante : PAOLA ABIGAIL SEGURA SANCHEZ  
 Proyecto / Obra : TESIS "ELABORACION DE ADOBES INCORPORANDO RESIDUOS CERÁMICOS Y BABA DE NOPAL PARA VIVIENDAS RURALES DE LA PROVINCIA DE CUTERVO, 2022".  
 Ubicación : Dist Cutervo, Prov Cutervo, Depart Cajamarca  
 Fecha de ensayo : Jueves, 06 de octubre del 2022

Norma : NTP 331.202 1979 (revisada el 2017).

Ensayo : ELEMENTOS DE SUELO SIN COCER. Adobe estabilizado con asfalto para muros. Métodos de ensayo.

Ensayo : Humedecido y secado.

| Muestra N° | Identificación | Tiempo sumergido en agua por Ciclo | Tiempo de secado en horno (60°C) | W1 (g) | W5 (g) | D (%) |
|------------|----------------|------------------------------------|----------------------------------|--------|--------|-------|
| 01         | MUESTRA PATRÓN | 4h                                 | 43 h                             | 1184   | 80     | 93    |
| 02         | MUESTRA PATRÓN | 4h                                 | 43 h                             | 1390   | 110    | 92    |
| 03         | MUESTRA PATRÓN | 4h                                 | 43 h                             | 1419   | 70     | 95    |
| 04         | MUESTRA PATRÓN | 4h                                 | 43 h                             | 1001   | 90     | 91    |
| 05         | MUESTRA PATRÓN | 4h                                 | 43 h                             | 1185   | 100    | 92    |

Nota:

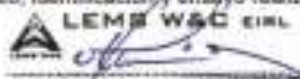
W1: Peso del espécimen después del primer ciclo.

W5: Peso del espécimen después del quinto ciclo.

D : Desgaste expresado en porcentaje.

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904


**LEMS W&C EIRL**

Certificado INDECOPI N°00137704, RNP Servicio 50806580

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo – Lambayeque

R.U.C. 20460781334

Email: lemswycarl@gmail.com

Solicitante : PAOLA ABIGAIL SEGURA SANCHEZ  
 Proyecto / Obra : TESIS "ELABORACION DE ADOBES INCORPORANDO RESIDUOS CERÁMICOS Y BABA DE NOPAL PARA VIVIENDAS RURALES DE LA PROVINCIA DE CUTERVO, 2022".  
 Ubicación : Dist Cutervo, Prov Cutervo, Depart Cajamarca  
 Fecha de ensayo : Jueves, 06 de octubre del 2022  
Norma : NTP 331.202 1979 (revisada el 2017).  
Ensayo : ELEMENTOS DE SUELO SIN COCER. Adobe estabilizado con asfalto para muros. Métodos de ensayo.  
Ensayo : Humedecido y secado.

| Muestra N° | Identificación              | Tiempo sumergido en agua por Ciclo | Tiempo de secado en horno (80°C) | W1 (g) | W5 (g) | D (%) |
|------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------|--------|-------|
| 01         | MUESTRA 5% DE BABA DE NOPAL | 4h                                 | 43 h                             | 966    | 42     | 96    |
| 02         | MUESTRA 5% DE BABA DE NOPAL | 4h                                 | 43 h                             | 975    | 120    | 88    |
| 03         | MUESTRA 5% DE BABA DE NOPAL | 4h                                 | 43 h                             | 1037   | 174    | 83    |
| 04         | MUESTRA 5% DE BABA DE NOPAL | 4h                                 | 43 h                             | 894    | 110    | 88    |
| 05         | MUESTRA 5% DE BABA DE NOPAL | 4h                                 | 43 h                             | 1013   | 98     | 90    |

Nota:

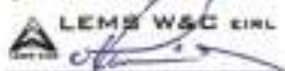
W1: Peso del espécimen después del primer ciclo.

W5: Peso del espécimen después del quinto ciclo.

D: Desgaste expresado en porcentaje.

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.

  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAJOS DE MATERIALES Y SUELOS



  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CEP. 244904



**LEMS W&C EIRL**  
 Certificado INDECOPI N° 05137704 RNP Servicio 5080580

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
 Chiclayo – Lambayeque  
 R.U.C. 20480781334  
 Email: lemswyc@igmail.com

Solicitante : PAOLA ABIGAIL SEGURA SANCHEZ  
 Proyecto / Obra : TESIS "ELABORACION DE ADOBES INCORPORANDO RESIDUOS CERÁMICOS Y BABA DE NOPAL PARA VIVIENDAS RURALES DE LA PROVINCIA DE CUTERVO, 2022".  
 Ubicación : Dist Cutervo, Prov Cutervo, Depart Cajamarca  
 Fecha de ensayo : Jueves, 06 de octubre del 2022

Norma : NTP 331.202 1979 (revisada el 2017).  
Ensayo : ELEMENTOS DE SUELO SIN COCER. Adobe estabilizado con asfalto para muros. Métodos de ensayo.  
Ensayo : Humedecido y seco.

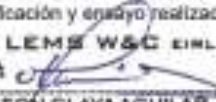
| Muestra N° | Identificación               | Tiempo sumergido en agua por Ciclo | Tiempo de secado en horno (80°C) | W1 (g) | W5 (g) | D (%) |
|------------|------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------|--------|-------|
| 01         | MUESTRA 10% DE BABA DE NOPAL | 4h                                 | 43 h                             | 1007   | 160    | 84    |
| 02         | MUESTRA 10% DE BABA DE NOPAL | 4h                                 | 43 h                             | 807    | 145    | 82    |
| 03         | MUESTRA 10% DE BABA DE NOPAL | 4h                                 | 43 h                             | 1061   | 189    | 82    |
| 04         | MUESTRA 10% DE BABA DE NOPAL | 4h                                 | 43 h                             | 836    | 152    | 82    |
| 05         | MUESTRA 10% DE BABA DE NOPAL | 4h                                 | 43 h                             | 1071   | 152    | 86    |

Nota:

W1: Peso del espécimen después del primer ciclo.  
 W5: Peso del espécimen después del quinto ciclo.  
 D: Desgaste expresado en porcentaje.

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.

  
**WILSON CLAYÁ AGUILAR**  
 TEC. ENGENIERO DE MATERIALES Y SUELOS



  
**Miguel Ángel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904





**LEMS W&C EIRL**  
 Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios 50806589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
 Chontayán - I. Santhayay  
 R.U.C. 20480781334  
 Email: lemswyc@i@gmail.com

Solicitante : PAOLA ABIGAIL SEGURA SANCHEZ  
 Proyecto / Obra : TESIS "ELABORACION DE ADOBES INCORPORANDO RESIDUOS CERÁMICOS Y BABA DE NOPAL PARA VIVIENDAS RURALES DE LA PROVINCIA DE CUTERVO, 2022".  
 Ubicación : Dist Cutervo, Prov Cutervo, Depart Cajamarca  
 Fecha de ensayo : Jueves, 06 de octubre del 2022  
Norma : NTP 331.202 1979 (revisada el 2017).  
Ensayo : ELEMENTOS DE SUELO SIN COCER. Adobe estabilizado con asfalto para muros. Métodos de ensayo.  
Ensayo : Humedecido y secado.

| Muestra N° | Identificación               | Tiempo sumergido en agua por Ciclo | Tiempo de secado en horno (60°C) | W1 (g) | W5 (g) | D (%) |
|------------|------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------|--------|-------|
| 01         | MUESTRA 15% DE BABA DE NOPAL | 4h                                 | 43 h                             | 1020   | 70     | 93    |
| 02         | MUESTRA 15% DE BABA DE NOPAL | 4h                                 | 43 h                             | 985    | 85     | 91    |
| 03         | MUESTRA 15% DE BABA DE NOPAL | 4h                                 | 43 h                             | 996    | 65     | 93    |
| 04         | MUESTRA 15% DE BABA DE NOPAL | 4h                                 | 43 h                             | 996    | 75     | 92    |
| 05         | MUESTRA 15% DE BABA DE NOPAL | 4h                                 | 43 h                             | 1033   | 90     | 91    |

Nota:

W1: Peso del espécimen después del primer ciclo.

W5: Peso del espécimen después del quinto ciclo.

D : Desgaste expresado en porcentaje.

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.

**LEMS W&C EIRL**  
  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENGENYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Segura Sánchez Paola Abigail  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Dist. Cutervo , Prov. Cutervo , Reg. Cajamarca  
Fecha : jueves, 6 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

| Muestra<br>N° | Descripción de la unidad | LARGO<br>(mm)<br>(e) | ANCHO<br>(mm)<br>(l) | ALTO<br>(mm)<br>(h) |
|---------------|--------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| 01            | Adobe Patron             | 385.00               | 192.75               | 92.00               |
| 02            |                          | 385.00               | 190.75               | 93.25               |
| 03            |                          | 384.50               | 190.00               | 92.00               |
| 04            |                          | 384.00               | 191.75               | 90.50               |
| 05            |                          | 385.00               | 191.50               | 92.25               |
| 06            |                          | 385.00               | 191.75               | 92.63               |
| 07            |                          | 384.75               | 190.38               | 92.63               |
| 08            |                          | 384.25               | 190.88               | 91.25               |
| 09            |                          | 384.50               | 191.63               | 91.38               |
| 10            |                          | 385.00               | 191.63               | 92.44               |
|               | PROMEDIO                 | 384.70               | 191.30               | 92.03               |
|               | VARIACIÓN (%)            | -3.83%               | -4.35%               | -7.97%              |
|               | C.V.                     | 0.10%                | 0.42%                | 0.87%               |

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Segura Sánchez Paola Abigail  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Dist. Cutervo , Prov. Cutervo , Reg. Cajamarca  
Fecha : Jueves, 20 de octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

| Muestra<br>Nº | Descripción de la unidad                                    | LARGO<br>(mm)<br>(e) | ANCHO<br>(mm)<br>(l) | ALTO<br>(mm)<br>(h) |
|---------------|-------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| 01            | Adobes con 15% baba de nopal y 10% de<br>residuos ceramicos | 384.00               | 190.50               | 90.50               |
| 02            |                                                             | 384.25               | 192.50               | 95.00               |
| 03            |                                                             | 382.50               | 190.00               | 91.75               |
| 04            |                                                             | 385.00               | 190.00               | 93.50               |
| 05            |                                                             | 384.13               | 191.50               | 92.75               |
| 06            |                                                             | 383.38               | 191.25               | 93.38               |
| 07            |                                                             | 383.75               | 190.00               | 92.63               |
| 08            |                                                             | 384.56               | 190.75               | 93.13               |
| 09            |                                                             | 383.75               | 191.38               | 93.06               |
| 10            |                                                             | 383.56               | 190.63               | 93.00               |
|               | PROMEDIO                                                    | 383.89               | 190.85               | 92.87               |
|               | VARIACIÓN (%)                                               | -4.03%               | -4.58%               | -7.13%              |
|               | C.V.                                                        | 0.18%                | 0.43%                | 1.26%               |

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Segura Sánchez Paola Abigail  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Dist. Cutervo , Prov. Cutervo , Reg. Cajamarca  
Fecha : Jueves, 20 de octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

| Muestra<br>Nº | Descripción de la unidad                                    | LARGO<br>(mm)<br>(e) | ANCHO<br>(mm)<br>(l) | ALTO<br>(mm)<br>(h) |
|---------------|-------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| 01            | Adobes con 15% baba de nopal y 20% de<br>residuos ceramicos | 385.00               | 190.00               | 96.25               |
| 02            |                                                             | 389.50               | 195.00               | 96.50               |
| 03            |                                                             | 387.00               | 192.50               | 93.75               |
| 04            |                                                             | 386.25               | 191.50               | 92.50               |
| 05            |                                                             | 385.50               | 192.00               | 94.50               |
| 06            |                                                             | 388.25               | 193.75               | 95.13               |
| 07            |                                                             | 386.63               | 192.00               | 93.13               |
| 08            |                                                             | 385.88               | 191.75               | 93.50               |
| 09            |                                                             | 386.88               | 192.88               | 94.81               |
| 10            |                                                             | 387.44               | 192.88               | 94.13               |
| PROMEDIO      |                                                             | 386.83               | 192.43               | 94.42               |
| VARIACIÓN (%) |                                                             | -3.29%               | -3.79%               | -5.58%              |
| C.V.          |                                                             | 0.34%                | 0.70%                | 1.37%               |

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.







UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Segura Sánchez Paola Abigail  
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Dist. Cutervo , Prov. Cutervo , Reg. Cajamarca  
Fecha : Jueves, 20 de octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

| Muestra<br>N° | Descripción de la unidad                                    | LARGO<br>(mm)<br>(e) | ANCHO<br>(mm)<br>(l) | ALTO<br>(mm)<br>(h) |
|---------------|-------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| 01            | Adobes con 15% baba de nopal y 30% de<br>residuos ceramicos | 386.25               | 194.00               | 95.75               |
| 02            |                                                             | 384.75               | 193.25               | 93.50               |
| 03            |                                                             | 385.00               | 193.25               | 96.50               |
| 04            |                                                             | 384.50               | 193.25               | 92.00               |
| 05            |                                                             | 385.00               | 193.25               | 93.00               |
| 06            |                                                             | 384.88               | 193.25               | 95.00               |
| 07            |                                                             | 384.75               | 193.25               | 94.25               |
| 08            |                                                             | 384.75               | 193.25               | 92.50               |
| 09            |                                                             | 384.94               | 193.25               | 94.00               |
| 10            |                                                             | 384.81               | 193.25               | 94.63               |
| PROMEDIO      |                                                             | 384.96               | 193.33               | 94.11               |
| VARIACIÓN (%) |                                                             | -3.76%               | -3.34%               | -5.89%              |
| C.V.          |                                                             | 0.12%                | 0.12%                | 1.51%               |

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Solicitante : Segura Sánchez Paola Abigail  
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Cutervo, Cajamarca  
Fecha : Chiclayo, 6 de octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES: Método de ensayo para el Alabeo  
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399 613 : 2005

| ALABEO EN ADOBE       |                  |         |            |         |
|-----------------------|------------------|---------|------------|---------|
| MUESTRA<br># / CÓDIGO | ADOBE PATRON(0%) |         |            |         |
|                       | CARA ARRIBA      |         | CARA ABAJO |         |
|                       | CONCAVO          | CONVEXO | CONCAVO    | CONVEXO |
|                       | mm               |         | mm         |         |
| M - 1                 | 1.90             | 0.00    | 2.90       | 0.00    |
| M - 2                 | 3.60             | 0.00    | 3.30       | 0.00    |
| M - 3                 | 3.10             | 0.00    | 3.50       | 0.00    |
| M - 4                 | 3.10             | 0.00    | 3.10       | 0.00    |
| M - 5                 | 3.50             | 0.00    | 3.10       | 0.00    |
| M - 6                 | 2.75             | 0.00    | 3.10       | 0.00    |
| M - 7                 | 3.35             | 0.00    | 3.40       | 0.00    |
| M - 8                 | 3.10             | 0.00    | 3.30       | 0.00    |
| M - 9                 | 3.30             | 0.00    | 3.10       | 0.00    |
| M-10                  | 3.13             | 0.00    | 3.10       | 0.00    |
| PROMEDIO              | 3.08             | 0.00    | 3.19       | 0.00    |
| D.EST. (%)            | 0.48             | 0.00    | 0.18       | 0.00    |

OBSERVACIONES :



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Solicitante : Segura Sánchez Paola Abigail  
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Cutervo, Cajamarca  
Fecha : Jueves, 20 de octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES: Método de ensayo para el Alabeo  
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

| ALABEO EN ADOBE |                                                        |         |            |         |
|-----------------|--------------------------------------------------------|---------|------------|---------|
| MUESTRA         | % Desflec.                                             |         |            |         |
|                 | Adobes 15% baba de nopal con 10% de residuos cerámicos |         |            |         |
|                 | CARA ARRIBA                                            |         | CARA ABAJO |         |
|                 | CONCAVO                                                | CONVEXO | CONCAVO    | CONVEXO |
| # / CÓDIGO      | mm                                                     |         | mm         |         |
| M - 1           | 1.90                                                   | 0.00    | 2.40       | 0.00    |
| M - 2           | 3.60                                                   | 0.00    | 3.90       | 0.00    |
| M - 3           | 3.10                                                   | 0.00    | 3.50       | 0.00    |
| M - 4           | 3.10                                                   | 0.00    | 2.80       | 0.00    |
| M - 5           | 3.50                                                   | 0.00    | 2.80       | 0.00    |
| M - 6           | 2.75                                                   | 0.00    | 3.15       | 0.00    |
| M - 7           | 3.35                                                   | 0.00    | 3.70       | 0.00    |
| M - 8           | 3.10                                                   | 0.00    | 3.15       | 0.00    |
| M - 9           | 3.30                                                   | 0.00    | 2.80       | 0.00    |
| M - 10          | 3.13                                                   | 0.00    | 2.98       | 0.00    |
| PROMEDIO        | 3.08                                                   | 0.00    | 3.12       | 0.00    |
| D.EST. (%)      | 0.48                                                   | 0.00    | 0.45       | 0.00    |

OBSERVACIONES :




**UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES**

Solicitante : Segura Sánchez Paola Abigail  
 Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
 Ubicación : Cutervo, Cajamarca  
 Fecha : Jueves, 20 de octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES: Método de ensayo para el Alabeo  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

| ALABEO EN ADOBE |                                                        |         |            |         |
|-----------------|--------------------------------------------------------|---------|------------|---------|
| MUESTRA         | % Dosific                                              |         |            |         |
|                 | Adobes 15% baba de nopal con 20% de residuos cerámicos |         |            |         |
|                 | CARA ARRIBA                                            |         | CARA ABAJO |         |
|                 | CONCAVO                                                | CONVEXO | CONCAVO    | CONVEXO |
| # / CÓDIGO      | mm                                                     |         | mm         |         |
| M - 1           | 3.50                                                   | 0.00    | 3.20       | 0.00    |
| M - 2           | 3.33                                                   | 0.00    | 3.70       | 0.00    |
| M - 3           | 3.50                                                   | 0.00    | 3.60       | 0.00    |
| M - 4           | 2.40                                                   | 0.00    | 2.90       | 0.00    |
| M - 5           | 2.50                                                   | 0.00    | 2.10       | 0.00    |
| M - 6           | 3.41                                                   | 0.00    | 3.45       | 0.00    |
| M - 7           | 3.41                                                   | 0.00    | 3.65       | 0.00    |
| M - 8           | 2.95                                                   | 0.00    | 3.25       | 0.00    |
| M - 9           | 2.45                                                   | 0.00    | 2.50       | 0.00    |
| M-10            | 2.96                                                   | 0.00    | 2.78       | 0.00    |
| PROMEDIO        | 3.04                                                   | 0.00    | 3.11       | 0.00    |
| D.EST. (%)      | 0.45                                                   | 0.00    | 0.52       | 0.00    |

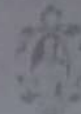
OBSERVACIONES :








UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Solicitante : Segura Sánchez Paola Abigail  
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo. 2022  
Ubicación : Cutervo, Cajamarca  
Fecha : Jueves, 20 de octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES: Método de ensayo para el Alabeo  
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

| ALABEO EN ADOBE |                                                        |            |
|-----------------|--------------------------------------------------------|------------|
| % Dosific.      | Adobes 15% baba de nopal con 30% de residuos cerámicos |            |
| MUESTRA         | CARA ARRIBA                                            | CARA ABAJO |
|                 | CONCAVO                                                | CONCAVO    |
| # / CÓDIGO      | mm                                                     | mm         |
| M - 1           | 2.90                                                   | 2.50       |
| M - 2           | 2.63                                                   | 3.45       |
| M - 3           | 2.35                                                   | 2.70       |
| M - 4           | 3.20                                                   | 2.95       |
| M - 5           | 2.83                                                   | 2.90       |
| M - 6           | 2.76                                                   | 2.98       |
| M - 7           | 2.49                                                   | 3.08       |
| M - 8           | 2.78                                                   | 2.83       |
| M - 9           | 3.01                                                   | 2.93       |
| M-10            | 2.79                                                   | 2.94       |
| PROMEDIO        | 2.77                                                   | 2.92       |
| D. EST. (%)     | 0.25                                                   | 0.24       |

OBSERVACIONES :





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESISTA: Segura Sánchez Paola Abigail  
UNIVERSIDAD : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Proyecto : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Lugar : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de emisión : Chiclayo, 17 de noviembre del 2022

Título : Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción del concreto en muestras cilíndricas

Código : ASTM C-496/E080

Título

Método de ensayo. Determinación de la resistencia a tracción indirecta de especímenes cilíndricos de concreto. (Ensayo Ensayo Brasileño)

NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

$$f'c = [(2 \times P) / (3.1416 \times d^2 \times h)]$$

| Código             | Identificación | Fecha de Vaciado | Fecha de Ensayo | Días | Diámetro (d) (cm) | Altura (h) (cm) | Carga (P) (Kg) | f'c (Kg/cm²) |
|--------------------|----------------|------------------|-----------------|------|-------------------|-----------------|----------------|--------------|
| P1                 | Adobe -Patron  | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 14.30             | 28              | 390            | 0.62         |
| P2                 | Adobe -Patron  | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 15.00             | 28.6            | 517            | 0.77         |
| P3                 | Adobe -Patron  | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 14.60             | 28.3            | 387            | 0.60         |
| P4                 | Adobe -Patron  | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 14.70             | 29              | 454            | 0.68         |
| P5                 | Adobe -Patron  | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 14.80             | 28.8            | 452            | 0.68         |
| P6                 | Adobe -Patron  | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 14.92             | 28.6            | 420            | 0.63         |
| Promedio 4 mejores |                |                  |                 |      |                   |                 |                | 0.69         |

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESISTA: Segura Sánchez Paola Abigail  
UNIVERSIDAD : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Proyecto : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Lugar : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Mayo del 2022

Título : Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción del concreto en muestras cilíndricas

Código : ASTM C-496/E080

Título

Método de ensayo. Determinación de la resistencia a tracción indirecta de especímenes cilíndricos de concreto. (Ensayo Ensayo Brasileño)  
NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.  $f'_{ct} = \frac{2xP}{3.1416 \times d^2 \times h}$

| Código             | Identificación                   | Fecha de Vaciado | Fecha de Ensayo | Días | Diámetro (d) (cm) | Altura (h) (cm) | Carga (P) (Kg) | f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------------------|----------------------------------|------------------|-----------------|------|-------------------|-----------------|----------------|--------------------------------------|
| 1                  | Adobe con 15% de BN y 10 % de RC | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 15.00             | 28              | 515            | 0.78                                 |
| 2                  | Adobe con 15% de BN y 10 % de RC | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 14.60             | 28              | 587            | 0.91                                 |
| 3                  | Adobe con 15% de BN y 10 % de RC | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 14.90             | 29              | 546            | 0.80                                 |
| 4                  | Adobe con 15% de BN y 10 % de RC | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 14.70             | 28.6            | 551            | 0.83                                 |
| 5                  | Adobe con 15% de BN y 10 % de RC | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 15.00             | 28.8            | 567            | 0.83                                 |
| 6                  | Adobe con 15% de BN y 10 % de RC | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 14.80             | 28.6            | 549            | 0.82                                 |
| Promedio 4 mejores |                                  |                  |                 |      |                   |                 |                | 0.85                                 |

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

: Chiclayo, 17 de noviemt







UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESISTA: Segura Sánchez Paola Abigail  
UNIVERSIDAD : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Proyecto : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Lugar : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Mayo del 2022

Título : Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción del concreto en muestras cilíndricas

Código : ASTM C-496/E080

Título

Método de ensayo. Determinación de la resistencia a tracción indirecta de especímenes cilíndricos de concreto. (Ensayo Ensayo Brasileño)

NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

$$f_c = [(2xP)/(3.1416 \times d^2 \times h)]$$

| Código             | Identificación                   | Fecha de Vaciado | Fecha de Ensayo | Días | Diámetro (d) (cm) | Altura (h) (cm) | Carga (P) (Kg) | f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------------------|----------------------------------|------------------|-----------------|------|-------------------|-----------------|----------------|--------------------------------------|
| 1                  | Adobe con 15% de BN y 20 % de RC | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 14.80             | 28              | 560            | 0.86                                 |
| 2                  | Adobe con 15% de BN y 20 % de RC | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 15.00             | 28.6            | 585            | 0.86                                 |
| 3                  | Adobe con 15% de BN y 20 % de RC | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 14.90             | 28.8            | 621            | 0.92                                 |
| 4                  | Adobe con 15% de BN y 20 % de RC | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 15.00             | 28.6            | 578            | 0.86                                 |
| 5                  | Adobe con 15% de BN y 20 % de RC | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 14.84             | 29              | 608            | 0.90                                 |
| 6                  | Adobe con 15% de BN y 20 % de RC | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 14.80             | 28.6            | 599            | 0.90                                 |
| Promedio 4 mejores |                                  |                  |                 |      |                   |                 |                | 0.90                                 |

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



**TESISTA:** Segura Sánchez Paola Abigail  
**UNIVERSIDAD:** Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Proyecto:** Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
**Lugar:** Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
**Fecha de emisión:** Chiclayo, 13 de Mayo del 2022

**Título:** Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción del concreto en muestras cilíndricas

**Código:** ASTM C-496/E080

**Título:**

Método de ensayo, Determinación de la resistencia a tracción indirecta de especímenes cilíndricos de concreto. (Ensayo Ensayo Brasileño)

**NORMA E.080** Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

$$f_c = [2xP] / [3.1416 \times d \times h]$$

| Código             | Identificación                   | Fecha de Vaciado | Fecha de Ensayo | Días | Diámetro (d) (cm) | Altura (h) (cm) | Carga (P) (Kg) | f <sub>c</sub> (Kg/cm²) |
|--------------------|----------------------------------|------------------|-----------------|------|-------------------|-----------------|----------------|-------------------------|
| 1                  | Adobe con 15% De Bn y 30 % de RC | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 14.80             | 28              | 898            | 1.38                    |
| 2                  | Adobe con 15% De Bn y 30 % de RC | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 15.00             | 28.6            | 639            | 0.95                    |
| 3                  | Adobe con 15% De Bn y 30 % de RC | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 14.90             | 28.8            | 760            | 1.13                    |
| 4                  | Adobe con 15% De Bn y 30 % de RC | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 15.00             | 28.6            | 769            | 1.14                    |
| 5                  | Adobe con 15% De Bn y 30 % de RC | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 14.80             | 29              | 700            | 1.08                    |
| 6                  | Adobe con 15% De Bn y 30 % de RC | 20/10/2022       | 17/11/2022      | 28   | 14.80             | 28.6            | 764            | 1.15                    |
| Promedio 4 mejores |                                  |                  |                 |      |                   |                 |                | 1.20                    |

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.





RNP Servicios 50608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswycerl@gmail.com

Solicitante : SEGURA SÁNCHEZ PAOLA ABIGAIL  
Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo , Reg. Cajamarca.  
Fecha de apertura : 17/11/2022

Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la Resistencia del mortero a la tracción.  
Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

| Muestra N°      | Descripción de la muestra. | Fecha<br>Ensayo | Carga<br>(Kgf) | Largo<br>(Cm) | Ancho<br>(Cm) | Altura<br>(Cm) | $\delta$<br>Kg/Cm <sup>2</sup> |
|-----------------|----------------------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|--------------------------------|
| 01              | Adobe Patrón               | 11/12/2022      | 229            | 38.9          | 18.9          | 9.3            | 0.16                           |
| 02              | Adobe Patrón               | 11/12/2022      | 419            | 38.9          | 19.0          | 9.4            | 0.28                           |
| 03              | Adobe Patrón               | 11/12/2022      | 239            | 39.0          | 18.6          | 9.2            | 0.16                           |
| 04              | Adobe Patrón               | 11/12/2022      | 467            | 39.0          | 18.9          | 9.2            | 0.32                           |
| 05              | Adobe Patrón               | 11/12/2022      | 393            | 39.0          | 19.1          | 9.1            | 0.26                           |
| 06              | Adobe Patrón               | 11/12/2022      | 385            | 38.9          | 18.8          | 9.2            | 0.26                           |
| OBSERVACIONES : |                            |                 |                |               |               |                | promedio 0.28                  |

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



RNP Servicios S0608589

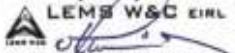
Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswycerl@gmail.com

Solicitante : SEGURA SÁNCHEZ PAOLA ABIGAIL  
Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo , Reg. Cajamarca.  
Fecha de apertura : 25/04/2023

Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la Resistencia del mortero a la tracción.  
Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

| Muestra<br>N°            | Descripción de la muestra.                              | Fecha      | Carga | Largo | Ancho | Altura | $\delta$           |
|--------------------------|---------------------------------------------------------|------------|-------|-------|-------|--------|--------------------|
|                          |                                                         | Ensayo     | (Kgf) | (Cm)  | (Cm)  | (Cm)   | Kg/Cm <sup>2</sup> |
| 01                       | Adobe con 10% de Residuos cerámicos y 15% baba de nopal | 10/05/2023 | 220   | 38.5  | 18.8  | 9.1    | 0.15               |
| 02                       | Adobe con 10% de Residuos cerámicos y 15% baba de nopal | 10/05/2023 | 219   | 38.5  | 18.8  | 9.2    | 0.12               |
| 03                       | Adobe con 10% de Residuos cerámicos y 15% baba de nopal | 10/05/2023 | 222   | 38.5  | 18.8  | 9.2    | 0.13               |
| 04                       | Adobe con 10% de Residuos cerámicos y 15% baba de nopal | 10/05/2023 | 223   | 38.5  | 18.9  | 9.1    | 0.13               |
| 05                       | Adobe con 10% de Residuos cerámicos y 15% baba de nopal | 10/05/2023 | 187   | 38.5  | 18.9  | 9.1    | 0.13               |
| 06                       | Adobe con 10% de Residuos cerámicos y 15% baba de nopal | 10/05/2023 | 209   | 38.5  | 18.8  | 9.1    | 0.14               |
| OBSERVACIONES : promedio |                                                         |            |       |       |       |        | 0.14               |

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904





RNP Servicios S0608589

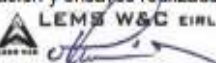
Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswycerl@gmail.com

Solicitante : SEGURA SÁNCHEZ PAOLA ABIGAIL  
Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de apertura : 25/04/2023

Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la Resistencia del mortero a la tracción.  
Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

| Muestra N°      | Descripción de la muestra.                              | Fecha<br>Ensayo | Carga<br>(Kgf) | Largo<br>(Cm) | Ancho<br>(Cm) | Altura<br>(Cm) | $\delta$<br>Kg/Cm <sup>2</sup> |
|-----------------|---------------------------------------------------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|--------------------------------|
| 01              | Adobe con 20% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023      | 153            | 38.7          | 18.9          | 9.2            | 0.10                           |
| 02              | Adobe con 20% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023      | 156            | 38.7          | 19.0          | 9.4            | 0.11                           |
| 03              | Adobe con 20% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023      | 159            | 38.7          | 18.9          | 9.3            | 0.11                           |
| 04              | Adobe con 20% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023      | 178            | 38.7          | 18.8          | 9.3            | 0.12                           |
| 05              | Adobe con 20% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023      | 158            | 38.7          | 18.7          | 9.2            | 0.11                           |
| 06              | Adobe con 20% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023      | 155            | 38.7          | 18.8          | 9.2            | 0.11                           |
| OBSERVACIONES : |                                                         |                 |                |               |               | promedio       | 0.11                           |

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904





RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswycerl@gmail.com

Solicitante : SEGURA SÁNCHEZ PAOLA ABIGAIL  
Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo , Reg. Cajamarca.  
Fecha de apertura : 25/04/2023

Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la Resistencia del mortero a la tracción.  
Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

| Muestra N°               | Descripción de la muestra.                              | Fecha Ensayo | Carga (Kgf) | Largo (Cm) | Ancho (Cm) | Altura (Cm) | $\delta$ Kg/Cm <sup>2</sup> |
|--------------------------|---------------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|-------------|-----------------------------|
| 01                       | Adobe con 30% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023   | 125         | 38.9       | 18.9       | 9.3         | 0.08                        |
| 02                       | Adobe con 30% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023   | 76          | 38.9       | 18.8       | 9.1         | 0.05                        |
| 03                       | Adobe con 30% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023   | 85          | 38.9       | 18.9       | 9.2         | 0.06                        |
| 04                       | Adobe con 30% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023   | 85          | 38.9       | 18.8       | 9.2         | 0.06                        |
| 05                       | Adobe con 30% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023   | 81          | 38.9       | 18.2       | 9.1         | 0.06                        |
| 06                       | Adobe con 30% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023   | 101         | 38.9       | 18.8       | 9.2         | 0.07                        |
| OBSERVACIONES : promedio |                                                         |              |             |            |            |             | 0.07                        |

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyceirt@gmail.com

Solicitante : SEGURA SÁNCHEZ PAOLA ABIGAIL  
Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo , Reg. Cajamarca.  
Fecha de apertura : 25/05/2023

Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la Resistencia del mortero a la tracción.  
Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.  
Mortero con baba de nopal

| Muestra N°      | Descripción de la muestra.  | Fecha Ensayo | Carga (Kgf) | Largo (Cm) | Ancho (Cm) | Altura (Cm) | $\delta$ Kg/Cm <sup>2</sup> |
|-----------------|-----------------------------|--------------|-------------|------------|------------|-------------|-----------------------------|
| 01              | Adobe con 15% baba de nopal | 25/05/2023   | 250         | 38.6       | 18.7       | 9.2         | 0.17                        |
| 02              | Adobe con 15% baba de nopal | 25/05/2023   | 227         | 38.6       | 18.7       | 9.2         | 0.16                        |
| 03              | Adobe con 15% baba de nopal | 25/05/2023   | 314         | 38.6       | 18.6       | 9.2         | 0.22                        |
| 04              | Adobe con 15% baba de nopal | 25/05/2023   | 263         | 38.6       | 18.7       | 9.2         | 0.18                        |
| 05              | Adobe con 15% baba de nopal | 25/05/2023   | 225         | 38.6       | 18.7       | 9.2         | 0.16                        |
| 06              | Adobe con 15% baba de nopal | 25/05/2023   | 420         | 38.6       | 18.8       | 9.2         | 0.29                        |
| OBSERVACIONES : |                             |              |             |            |            | promedio    | 0.22                        |

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyceir@gmail.com

Solicitante : SEGURA SÁNCHEZ PAOLA ABIGAIL  
Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de apertura : 25/05/2023

Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la Resistencia del mortero a la tracción.  
Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.  
Mortero con baba de nopal

| Muestra<br>N° | Descripción de la muestra.                              | Fecha      | Carga | Largo | Ancho | Altura | $\delta$           |
|---------------|---------------------------------------------------------|------------|-------|-------|-------|--------|--------------------|
|               |                                                         | Ensayo     | (Kgf) | (Cm)  | (Cm)  | (Cm)   | Kg/Cm <sup>2</sup> |
| 01            | Adobe con 10% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023 | 313   | 38.7  | 18.8  | 9.2    | 0.21               |
| 02            | Adobe con 10% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023 | 168   | 38.9  | 19.0  | 9.4    | 0.11               |
| 03            | Adobe con 10% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023 | 213   | 38.7  | 18.8  | 9.3    | 0.15               |
| 04            | Adobe con 10% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023 | 271   | 38.8  | 18.8  | 9.3    | 0.19               |
| 05            | Adobe con 10% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023 | 241   | 38.7  | 18.2  | 9.2    | 0.17               |
| 06            | Adobe con 10% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023 | 191   | 38.7  | 18.8  | 9.2    | 0.13               |
| promedio      |                                                         |            |       |       |       |        | 0.18               |

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo - Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswycerl@gmail.com

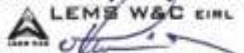
Solicitante : SEGURA SÁNCHEZ PAOLA ABIGAIL  
Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo , Reg. Cajamarca.  
Fecha de apertura : 25/05/2023

Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la Resistencia del mortero a la tracción.  
Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.  
Mortero con baba de nopal

| Muestra<br>N° | Descripción de la muestra.                              | Fecha      | Carga | Largo | Ancho | Altura   | $\delta$           |
|---------------|---------------------------------------------------------|------------|-------|-------|-------|----------|--------------------|
|               |                                                         | Ensayo     | (Kgf) | (Cm)  | (Cm)  | (Cm)     | Kg/Cm <sup>2</sup> |
| 01            | Adobe con 20% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023 | 220   | 38.6  | 18.9  | 9.2      | 0.15               |
| 02            | Adobe con 20% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023 | 219   | 38.6  | 18.8  | 9.4      | 0.16               |
| 03            | Adobe con 20% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023 | 222   | 38.6  | 18.8  | 9.3      | 0.15               |
| 04            | Adobe con 20% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023 | 223   | 38.6  | 18.8  | 9.3      | 0.15               |
| 05            | Adobe con 20% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023 | 229   | 38.6  | 18.8  | 9.2      | 0.16               |
| 06            | Adobe con 20% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023 | 220   | 38.6  | 18.8  | 9.2      | 0.15               |
|               |                                                         |            |       |       |       | promedio | 0.16               |

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



RNP Servicios S0608589

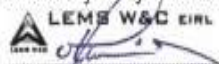
Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo - Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswycir@gmail.com

Solicitante : SEGURA SÁNCHEZ PAOLA ABIGAIL  
Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
Fecha de apertura : 25/05/2023

Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la Resistencia del mortero a la tracción.  
Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.  
Mortero con baba de nopal

| Muestra N°      | Descripción de la muestra.                              | Fecha Ensayo | Carga (Kgr) | Largo (Cm) | Ancho (Cm) | Altura (Cm) | $\delta$ Kg/Cm <sup>2</sup> |
|-----------------|---------------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|-------------|-----------------------------|
| 01              | Adobe con 30% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023   | 220         | 38.6       | 18.9       | 9.2         | 0.11                        |
| 02              | Adobe con 30% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023   | 219         | 38.6       | 18.9       | 9.4         | 0.11                        |
| 03              | Adobe con 30% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023   | 222         | 38.6       | 18.9       | 9.3         | 0.09                        |
| 04              | Adobe con 30% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023   | 223         | 38.6       | 18.9       | 9.3         | 0.09                        |
| 05              | Adobe con 30% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023   | 169         | 38.6       | 18.9       | 9.2         | 0.12                        |
| 06              | Adobe con 30% de Residuos ceramicos y 15% baba de nopal | 25/05/2023   | 163         | 38.6       | 18.9       | 9.2         | 0.11                        |
| OBSERVACIONES : |                                                         |              |             |            |            | promedio    | 0.11                        |

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TÉC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904





Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios 50506589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyceir@gmail.com

Solicitante : Segura Sánchez Paola Abigail  
Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo , Reg. Cajamarca.  
Fecha : 17 de noviembre del 2022  
Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del murete a compresión.  
Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

| Muestra                   | Espesor<br>cm | Longitud<br>cm | Altura<br>cm | Área<br>cm <sup>2</sup> | Altura/espesor | P<br>kgf | Resistencia<br>Compresión diagonal<br>kgf/cm <sup>2</sup> |
|---------------------------|---------------|----------------|--------------|-------------------------|----------------|----------|-----------------------------------------------------------|
| Adobe patron              | 19.3          | 65.0           | 65.0         | 1254.50                 | 3.4            | 418      | 0.33                                                      |
| Adobe patron              | 18.9          | 65.0           | 65.0         | 1228.50                 | 3.4            | 438      | 0.36                                                      |
| Adobe patron              | 19.1          | 65.0           | 65.0         | 1241.50                 | 3.4            | 486      | 0.39                                                      |
| Adobe patron              | 19.1          | 65.0           | 65.0         | 1243.13                 | 3.4            | 486      | 0.39                                                      |
| Adobe patron              | 19.1          | 65.0           | 65.0         | 1241.50                 | 3.4            | 560      | 0.45                                                      |
| Adobe patron              | 17.0          | 65.0           | 65.0         | 1106.63                 | 3.8            | 606      | 0.55                                                      |
| Promedio de las 4 mejores |               |                |              |                         |                |          | 0.45                                                      |

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

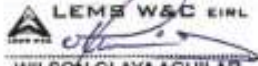
Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswycerl@gmail.com

Solicitante : Segura Sánchez Paola Abigail  
Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca  
Fecha : 17 de noviembre del 2022  
Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del murete a compresión.  
Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

| Muestra                          | Espesor<br>cm | Longitud<br>cm | Altura<br>cm | Área<br>cm <sup>2</sup> | Altura/espesor | P<br>kgf | Resistencia<br>Compresión<br>diagonal<br>kgf/cm <sup>2</sup> |
|----------------------------------|---------------|----------------|--------------|-------------------------|----------------|----------|--------------------------------------------------------------|
| Adobe con 15% De Bn y 10 % de RC | 19.2          | 65.0           | 65.0         | 1246.38                 | 3.4            | 648      | 0.52                                                         |
| Adobe con 15% De Bn y 10 % de RC | 19.0          | 65.0           | 65.0         | 1231.75                 | 3.4            | 996      | 0.81                                                         |
| Adobe con 15% De Bn y 10 % de RC | 19.1          | 65.0           | 65.0         | 1238.25                 | 3.4            | 773      | 0.62                                                         |
| Adobe con 15% De Bn y 10 % de RC | 18.9          | 65.0           | 65.0         | 1230.13                 | 3.4            | 609      | 0.50                                                         |
| Adobe con 15% De Bn y 10 % de RC | 18.8          | 65.0           | 65.0         | 1222.00                 | 3.5            | 667      | 0.55                                                         |
| Adobe con 15% De Bn y 10 % de RC | 19.0          | 65.0           | 65.0         | 1236.63                 | 3.4            | 759      | 0.61                                                         |
| Promedio de las 4 mejores        |               |                |              |                         |                |          | 0.65                                                         |

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

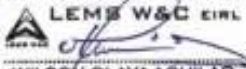
Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswycelr@gmail.com

Solicitante : Segura Sánchez Paola Abigail  
Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo , Reg. Cajamarca.  
Fecha : 17 de noviembre del 2022  
Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del murete a compresión.  
Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

| Muestra                          | Espesor<br>cm | Longitud<br>cm | Altura<br>cm | Área<br>cm <sup>2</sup> | Altura/espesor | P<br>kgf | Resistencia<br>Compresión<br>diagonal<br>kgf/cm <sup>2</sup> |
|----------------------------------|---------------|----------------|--------------|-------------------------|----------------|----------|--------------------------------------------------------------|
| Adobe con 15% De Bn y 20 % de RC | 20.0          | 65.0           | 65.0         | 1300.00                 | 3.3            | 776      | 0.60                                                         |
| Adobe con 15% De Bn y 20 % de RC | 18.9          | 65.0           | 65.0         | 1230.13                 | 3.4            | 956      | 0.78                                                         |
| Adobe con 15% De Bn y 20 % de RC | 18.9          | 65.0           | 65.0         | 1225.25                 | 3.4            | 998      | 0.81                                                         |
| Adobe con 15% De Bn y 20 % de RC | 18.7          | 65.0           | 65.0         | 1212.25                 | 3.5            | 903      | 0.74                                                         |
| Adobe con 15% De Bn y 20 % de RC | 19.0          | 65.0           | 65.0         | 1235.00                 | 3.4            | 930      | 0.75                                                         |
| Adobe con 15% De Bn y 20 % de RC | 19.1          | 65.0           | 65.0         | 1239.88                 | 3.4            | 947      | 0.76                                                         |
| Promedio de las 4 mejores        |               |                |              |                         |                |          | 0.74                                                         |

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904





Certificado INDECOPIN°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

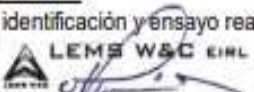
Email: lemswycelr@gmail.com

Solicitante : Segura Sánchez Paola Abigail  
 Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022  
 Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.  
 Fecha : 17 de noviembre del 2022  
 Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del murete a compresión.  
 Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

| Muestra                          | Espesor<br>cm | Longitud<br>cm | Altura<br>cm | Área<br>cm <sup>2</sup> | Altura/espesor | P<br>kgf | Resistencia<br>Compresión<br>diagonal<br>kgf/cm <sup>2</sup> |
|----------------------------------|---------------|----------------|--------------|-------------------------|----------------|----------|--------------------------------------------------------------|
| Adobe con 15% De Bn y 30 % de RC | 20.0          | 65.0           | 65.0         | 1300.00                 | 3.3            | 989      | 0.76                                                         |
| Adobe con 15% De Bn y 30 % de RC | 18.5          | 65.0           | 65.0         | 1204.13                 | 3.5            | 1026     | 0.85                                                         |
| Adobe con 15% De Bn y 30 % de RC | 19.0          | 65.0           | 65.0         | 1235.00                 | 3.4            | 1054     | 0.85                                                         |
| Adobe con 15% De Bn y 30 % de RC | 18.6          | 65.0           | 65.0         | 1205.75                 | 3.5            | 1023     | 0.85                                                         |
| Adobe con 15% De Bn y 30 % de RC | 18.9          | 65.0           | 65.0         | 1226.88                 | 3.4            | 1061     | 0.86                                                         |
| Adobe con 15% De Bn y 30 % de RC | 19.1          | 65.0           | 65.0         | 1239.88                 | 3.4            | 1113     | 0.90                                                         |
| Promedio de las 4 mejores        |               |                |              |                         |                |          | 0.87                                                         |

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

  
 **Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : Segura Sánchez Paola Abigail

Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022

Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.

Fecha de ensayo : 18/11/2022

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.  
: ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del murete a compresión.

Referencia : N.T.P. 399.605  
: NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

| Muestra | IDENTIFICACIÓN    | Fecha de vaciado | Fecha de ensayo | Edad   | lp   | tp   | hp   | Área               | hplp | Carga | $f_m$ | Factor  | $f_{mt}$ | Esfuerzo de compresión admisible | Esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento |
|---------|-------------------|------------------|-----------------|--------|------|------|------|--------------------|------|-------|-------|---------|----------|----------------------------------|----------------------------------------------------|
| Nº      |                   | (Días)           | (Días)          | (Días) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm <sup>2</sup> ) |      | (N)   | (Mpa) | Correc. | (Mpa)    | (kg/cm <sup>2</sup> )            | (kg/cm <sup>2</sup> )                              |
| 01      | Prisma 1 - Patrón | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 192  | 650  | 74084              | 3.38 | 30264 | 0.41  | 1.110   | 0.45     | 4.86                             | 6.07                                               |
| 02      | Prisma 2 - Patrón | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 191  | 650  | 73523              | 3.40 | 30401 | 0.41  | 1.112   | 0.46     | 4.92                             | 6.16                                               |
| 03      | Prisma 3 - Patrón | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 191  | 650  | 73770              | 3.40 | 24957 | 0.34  | 1.112   | 0.38     | 4.03                             | 5.03                                               |
| 04      | Prisma 4 - Patrón | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 192  | 650  | 73852              | 3.39 | 25123 | 0.34  | 1.111   | 0.38     | 4.05                             | 5.06                                               |
| 05      | Prisma 5 - Patrón | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 191  | 650  | 73537              | 3.40 | 30333 | 0.41  | 1.112   | 0.46     | 4.91                             | 6.14                                               |
| 06      | Prisma 6 - Patrón | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 192  | 650  | 73806              | 3.39 | 27762 | 0.38  | 1.112   | 0.42     | 4.48                             | 5.60                                               |

#### OBSERVACIONES:

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : Segura Sánchez Paola Abigail

Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022

Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.

Fecha de ensayo : 18/11/2022

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.  
ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del murete a compresión.

Referencia : N.T.P. 399.605  
NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

| Muestra | IDENTIFICACIÓN                   | Fecha de vaciado | Fecha de ensayo | Edad   | lp   | tp   | hp   | Área               | hp/tp | Carga | $f_m$ | Factor  | $f_{mt}$ | Esfuerzo de compresión admisible | Esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento |
|---------|----------------------------------|------------------|-----------------|--------|------|------|------|--------------------|-------|-------|-------|---------|----------|----------------------------------|----------------------------------------------------|
| Nº      |                                  | (Días)           | (Días)          | (Días) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm <sup>2</sup> ) |       | (N)   | (Mpa) | Correc. | (Mpa)    | (kg/cm <sup>2</sup> )            | (kg/cm <sup>2</sup> )                              |
| 01      | Adobe con 15% de BN y 10 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 192  | 650  | 73944              | 3.38  | 29538 | 0.40  | 1.111   | 0.44     | 4.75                             | 5.94                                               |
| 02      | Adobe con 15% de BN y 10 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 192  | 650  | 73819              | 3.39  | 31667 | 0.43  | 1.111   | 0.48     | 5.10                             | 6.38                                               |
| 03      | Adobe con 15% de BN y 10 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 192  | 650  | 73830              | 3.39  | 32746 | 0.44  | 1.111   | 0.49     | 5.28                             | 6.59                                               |
| 04      | Adobe con 15% de BN y 10 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 191  | 650  | 73622              | 3.40  | 33943 | 0.46  | 1.112   | 0.51     | 5.49                             | 6.86                                               |
| 05      | Adobe con 15% de BN y 10 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 192  | 650  | 73862              | 3.39  | 30656 | 0.42  | 1.111   | 0.46     | 4.94                             | 6.17                                               |
| 06      | Adobe con 15% de BN y 10 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 191  | 650  | 73734              | 3.40  | 32854 | 0.45  | 1.112   | 0.50     | 5.30                             | 6.63                                               |

**OBSERVACIONES:**

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
WILSON OLAYA AGUILAR  
I.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : Segura Sánchez Paola Abigail

Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022

Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca.

Fecha de ensayo : 18/11/2022

 Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.  
 : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del murete a compresión.

Referencia : N.T.P. 399.605

: NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

| Muestra | IDENTIFICACIÓN                   | Fecha de vaciado | Fecha de ensayo | Edad   | lp   | tp   | hp   | Área               | hp/tp | Carga | $f_m$ | Factor  | $f_{mt}$ | Esfuerzo de compresión admisible | Esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento |
|---------|----------------------------------|------------------|-----------------|--------|------|------|------|--------------------|-------|-------|-------|---------|----------|----------------------------------|----------------------------------------------------|
| Nº      |                                  | (Días)           | (Días)          | (Días) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm <sup>2</sup> ) |       | (N)   | (Mpa) | Correc. | (Mpa)    | (kg/cm <sup>2</sup> )            | (kg/cm <sup>2</sup> )                              |
| 01      | Adobe con 15% De BN y 20 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 191  | 650  | 73735              | 3.40  | 35130 | 0.48  | 1.112   | 0.53     | 5.67                             | 7.09                                               |
| 02      | Adobe con 15% De BN y 20 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 386  | 192  | 650  | 73982              | 3.39  | 34973 | 0.47  | 1.111   | 0.53     | 5.62                             | 7.03                                               |
| 03      | Adobe con 15% De BN y 20 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 386  | 192  | 650  | 74035              | 3.39  | 34335 | 0.46  | 1.111   | 0.52     | 5.52                             | 6.90                                               |
| 04      | Adobe con 15% De BN y 20 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 386  | 192  | 650  | 73985              | 3.39  | 35865 | 0.48  | 1.111   | 0.54     | 5.77                             | 7.21                                               |
| 05      | Adobe con 15% De BN y 20 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 192  | 650  | 73840              | 3.39  | 35051 | 0.47  | 1.111   | 0.53     | 5.65                             | 7.06                                               |
| 06      | Adobe con 15% De BN y 20 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 191  | 650  | 73774              | 3.40  | 35414 | 0.48  | 1.112   | 0.53     | 5.71                             | 7.14                                               |

**OBSERVACIONES:**

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



Solicitante : Segura Sánchez Paola Abigail

Proyecto / Obra : Elaboración de adobes incorporando residuos cerámicos y baba de nopal para viviendas rurales de la provincia de Cutervo, 2022

Ubicación : Dist. Cutervo, Prov. Cutervo, Reg. Cajamarca

Fecha de ensayo : 18/11/2022

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.  
 : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del murete a compresión.

Referencia : N.T.P. 399.605  
 : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

| Muestra | IDENTIFICACIÓN                   | Fecha de vaciado | Fecha de ensayo | Edad   | lp   | tp   | hp   | Área               | hp/tp | Carga | $f_m$ | Factor  | $f_{mt}$ | Esfuerzo de compresión admisible | Esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento |
|---------|----------------------------------|------------------|-----------------|--------|------|------|------|--------------------|-------|-------|-------|---------|----------|----------------------------------|----------------------------------------------------|
| Nº      |                                  | (Días)           | (Días)          | (Días) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm <sup>2</sup> ) |       | (N)   | (Mpa) | Correc. | (Mpa)    | (kg/cm <sup>2</sup> )            | (kg/cm <sup>2</sup> )                              |
| 01      | Adobe con 15% de BN y 30 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 194  | 650  | 74626              | 3.35  | 38514 | 0.52  | 1.108   | 0.57     | 6.12                             | 7.65                                               |
| 02      | Adobe con 15% de BN y 30 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 194  | 650  | 74465              | 3.36  | 37562 | 0.50  | 1.109   | 0.56     | 5.99                             | 7.48                                               |
| 03      | Adobe con 15% de BN y 30 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 194  | 650  | 74487              | 3.36  | 40290 | 0.54  | 1.108   | 0.60     | 6.42                             | 8.02                                               |
| 04      | Adobe con 15% de BN y 30 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 194  | 650  | 74501              | 3.36  | 39407 | 0.53  | 1.109   | 0.59     | 6.28                             | 7.85                                               |
| 05      | Adobe con 15% de BN y 30 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 194  | 650  | 74544              | 3.35  | 39848 | 0.53  | 1.108   | 0.59     | 6.34                             | 7.93                                               |
| 06      | Adobe con 15% de BN y 30 % de RC | 21/10/2022       | 18/11/2022      | 28     | 385  | 194  | 650  | 74596              | 3.35  | 39632 | 0.53  | 1.108   | 0.59     | 6.30                             | 7.88                                               |

**OBSERVACIONES:**

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 REC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## Anexo 5-Análisis estadístico

### Ensayo de módulo de ruptura

| Medidas de dispersión Mr.-patrón |       |
|----------------------------------|-------|
| Media                            | 3.57  |
| Error típico                     | 0.14  |
| Mediana                          | 3.58  |
| Desviación estándar              | 0.31  |
| Varianza de la muestra           | 0.10  |
| Curtosis                         | 0.53  |
| Coeficiente de asimetría         | -0.48 |
| Rango                            | 0.84  |
| Mínimo                           | 3.11  |
| Máximo                           | 3.95  |
| Suma                             | 17.83 |
| Cuenta                           | 5.00  |
| Coeficiente de variación         | 8.78% |

| Medidas de dispersión Mr.5%BN |       |
|-------------------------------|-------|
| Media                         | 3.80  |
| Error típico                  | 0.08  |
| Mediana                       | 3.84  |
| Desviación estándar           | 0.18  |
| Varianza de la muestra        | 0.03  |
| Curtosis                      | 1.39  |
| Coeficiente de asimetría      | -0.24 |
| Rango                         | 0.50  |
| Mínimo                        | 3.54  |
| Máximo                        | 4.05  |
| Suma                          | 19.02 |
| Cuenta                        | 5.00  |
| Coeficiente de variación      | 4.76% |

| Medidas de dispersión Mr.10 %BN |       |
|---------------------------------|-------|
| Media                           | 4.10  |
| Error típico                    | 0.07  |
| Mediana                         | 4.09  |
| Desviación estándar             | 0.16  |
| Varianza de la muestra          | 0.03  |
| Curtosis                        | -0.89 |
| Coeficiente de asimetría        | -0.50 |
| Rango                           | 0.38  |
| Mínimo                          | 3.87  |
| Máximo                          | 4.26  |
| Suma                            | 20.51 |
| Cuenta                          | 5.00  |
| Coeficiente de variación        | 3.94% |

| Medidas de dispersión Mr.15 %BN |       |
|---------------------------------|-------|
| Media                           | 5.10  |
| Error típico                    | 0.17  |
| Mediana                         | 5.24  |
| Desviación estándar             | 0.39  |
| Varianza de la muestra          | 0.15  |
| Curtosis                        | -2.88 |
| Coeficiente de asimetría        | -0.44 |
| Rango                           | 0.84  |
| Mínimo                          | 4.63  |
| Máximo                          | 5.47  |
| Suma                            | 25.48 |
| Cuenta                          | 5.00  |
| Coeficiente de variación        | 7.66% |

### Ensayo de compresión en cubos

| Medidas de dispersión compresión patrón |       |
|-----------------------------------------|-------|
| Media                                   | 8.38  |
| Error típico                            | 0.14  |
| Mediana                                 | 8.42  |
| Desviación estándar                     | 0.33  |
| Varianza de la muestra                  | 0.11  |
| Curtosis                                | 2.13  |
| Coefficiente de asimetría               | -1.32 |
| Rango                                   | 0.92  |
| Mínimo                                  | 7.78  |
| Máximo                                  | 8.70  |
| Suma                                    | 50.30 |
| Cuenta                                  | 6.00  |
| Coefficiente de variación               | 3.99% |

| Medidas de dispersión compresión 5% BN |       |
|----------------------------------------|-------|
| Media                                  | 9.20  |
| Error típico                           | 0.11  |
| Mediana                                | 9.09  |
| Desviación estándar                    | 0.27  |
| Varianza de la muestra                 | 0.07  |
| Curtosis                               | -0.51 |
| Coefficiente de asimetría              | 1.02  |
| Rango                                  | 0.69  |
| Mínimo                                 | 8.94  |
| Máximo                                 | 9.63  |
| Suma                                   | 55.20 |
| Cuenta                                 | 6.00  |
| Coefficiente de variación              | 2.92% |

| Medidas de dispersión compresión 10% BN |       |
|-----------------------------------------|-------|
| Media                                   | 9.35  |
| Error típico                            | 0.15  |
| Mediana                                 | 9.43  |
| Desviación estándar                     | 0.37  |
| Varianza de la muestra                  | 0.14  |
| Curtosis                                | -2.43 |
| Coefficiente de asimetría               | -0.35 |
| Rango                                   | 0.81  |
| Mínimo                                  | 8.89  |
| Máximo                                  | 9.70  |
| Suma                                    | 56.08 |
| Cuenta                                  | 6.00  |
| Coefficiente de variación               | 3.95% |

| Medidas de dispersión compresión 15% BN |       |
|-----------------------------------------|-------|
| Media                                   | 9.92  |
| Error típico                            | 0.25  |
| Mediana                                 | 9.85  |
| Desviación estándar                     | 0.61  |
| Varianza de la muestra                  | 0.37  |
| Curtosis                                | 2.28  |
| Coefficiente de asimetría               | 1.32  |
| Rango                                   | 1.73  |
| Mínimo                                  | 9.30  |
| Máximo                                  | 11.03 |
| Suma                                    | 59.54 |
| Cuenta                                  | 6.00  |
| Coefficiente de variación               | 6.16% |

| Medidas de dispersión compresión 15% + 10%RC |       |
|----------------------------------------------|-------|
| Media                                        | 10.13 |
| Error típico                                 | 0.05  |
| Mediana                                      | 10.19 |
| Desviación estándar                          | 0.13  |
| Varianza de la muestra                       | 0.02  |
| Curtosis                                     | -1.81 |
| Coefficiente de asimetría                    | -0.87 |
| Rango                                        | 0.28  |
| Mínimo                                       | 9.96  |
| Máximo                                       | 10.24 |
| Suma                                         | 60.78 |
| Cuenta                                       | 6.00  |
| Coefficiente de variación                    | 1.24% |

| Medidas de dispersión compresión 15% + 20%RC |       |
|----------------------------------------------|-------|
| Media                                        | 10.18 |
| Error típico                                 | 0.04  |
| Mediana                                      | 10.23 |
| Moda                                         | 10.24 |
| Desviación estándar                          | 0.10  |
| Varianza de la muestra                       | 0.01  |
| Curtosis                                     | 0.40  |
| Coefficiente de asimetría                    | -1.32 |
| Rango                                        | 0.25  |
| Mínimo                                       | 10.00 |
| Máximo                                       | 10.25 |
| Suma                                         | 61.05 |
| Cuenta                                       | 6.00  |
| Coefficiente de variación                    | 1.01% |

**Ensayo de succión**

| Medidas de dispersión succión patrón |        |
|--------------------------------------|--------|
| Media                                | 1.18   |
| Error típico                         | 0.24   |
| Mediana                              | 1.23   |
| Desviación estándar                  | 0.54   |
| Varianza de la muestra               | 0.29   |
| Curtosis                             | 0.43   |
| Coefficiente de asimetría            | 0.10   |
| Rango                                | 1.46   |
| Mínimo                               | 0.46   |
| Máximo                               | 1.93   |
| Suma                                 | 5.89   |
| Cuenta                               | 5.00   |
| Coefficiente de variación            | 45.96% |

| Medidas de dispersión succión 5% BN |        |
|-------------------------------------|--------|
| Media                               | 1.11   |
| Error típico                        | 0.09   |
| Mediana                             | 1.14   |
| Desviación estándar                 | 0.20   |
| Varianza de la muestra              | 0.04   |
| Curtosis                            | 0.49   |
| Coefficiente de asimetría           | -0.35  |
| Rango                               | 0.54   |
| Mínimo                              | 0.83   |
| Máximo                              | 1.36   |
| Suma                                | 5.55   |
| Cuenta                              | 5.00   |
| Coefficiente de variación           | 17.96% |

| Medidas de dispersión succión 10% BN |        |
|--------------------------------------|--------|
| Media                                | 1.00   |
| Error típico                         | 0.16   |
| Mediana                              | 0.84   |
| Desviación estándar                  | 0.37   |
| Varianza de la muestra               | 0.13   |
| Curtosis                             | 3.58   |
| Coefficiente de asimetría            | 1.83   |
| Rango                                | 0.93   |
| Mínimo                               | 0.70   |
| Máximo                               | 1.63   |
| Suma                                 | 5.00   |
| Cuenta                               | 5.00   |
| Coefficiente de variación            | 36.56% |

| Medidas de dispersión succión 15% BN |        |
|--------------------------------------|--------|
| Media                                | 0.74   |
| Error típico                         | 0.15   |
| Mediana                              | 0.64   |
| Desviación estándar                  | 0.34   |
| Varianza de la muestra               | 0.11   |
| Curtosis                             | -2.24  |
| Coefficiente de asimetría            | 0.13   |
| Rango                                | 0.79   |
| Mínimo                               | 0.33   |
| Máximo                               | 1.12   |
| Suma                                 | 3.68   |
| Cuenta                               | 5.00   |
| Coefficiente de variación            | 45.78% |

| Medidas de dispersión succión 15% BN+10 RC |        |
|--------------------------------------------|--------|
| Media                                      | 0.89   |
| Error típico                               | 0.09   |
| Mediana                                    | 0.94   |
| Desviación estándar                        | 0.21   |
| Varianza de la muestra                     | 0.04   |
| Curtosis                                   | -1.22  |
| Coefficiente de asimetría                  | 0.11   |
| Rango                                      | 0.52   |
| Mínimo                                     | 0.65   |
| Máximo                                     | 1.17   |
| Suma                                       | 4.46   |
| Cuenta                                     | 5.00   |
| Coefficiente de variación                  | 23.30% |

| Medidas de dispersión succión 15% BN+30 RC |        |
|--------------------------------------------|--------|
| Media                                      | 0.55   |
| Error típico                               | 0.06   |
| Mediana                                    | 0.56   |
| Desviación estándar                        | 0.13   |
| Varianza de la muestra                     | 0.02   |
| Curtosis                                   | 1.54   |
| Coefficiente de asimetría                  | -0.14  |
| Rango                                      | 0.36   |
| Mínimo                                     | 0.37   |
| Máximo                                     | 0.73   |
| Suma                                       | 2.76   |
| Cuenta                                     | 5.00   |
| Coefficiente de variación                  | 23.31% |



**Ensayo de absorción**

| Medidas de dispersión absorción patrón |          |
|----------------------------------------|----------|
| Media                                  | -6.98    |
| Error típico                           | 5.44     |
| Mediana                                | -7.36    |
| Desviación estándar                    | 12.16    |
| Varianza de la muestra                 | 147.76   |
| Curtosis                               | -2.60    |
| Coefficiente de asimetría              | 0.00     |
| Rango                                  | 27.51    |
| Mínimo                                 | -20.97   |
| Máximo                                 | 6.53     |
| Suma                                   | -34.92   |
| Cuenta                                 | 5.00     |
| Coefficiente de variación              | -174.03% |

| Medidas de dispersión absorción 5%BN |        |
|--------------------------------------|--------|
| Media                                | 9.55   |
| Error típico                         | 2.69   |
| Mediana                              | 12.13  |
| Desviación estándar                  | 6.02   |
| Varianza de la muestra               | 36.22  |
| Curtosis                             | -2.82  |
| Coefficiente de asimetría            | -0.36  |
| Rango                                | 13.27  |
| Mínimo                               | 2.77   |
| Máximo                               | 16.04  |
| Suma                                 | 47.77  |
| Cuenta                               | 5.00   |
| Coefficiente de variación            | 63.00% |

| Medidas de dispersión absorción 10 %BN |        |
|----------------------------------------|--------|
| Media                                  | 8.91   |
| Error típico                           | 3.95   |
| Mediana                                | 5.42   |
| Desviación estándar                    | 8.83   |
| Varianza de la muestra                 | 77.91  |
| Curtosis                               | 1.21   |
| Coefficiente de asimetría              | 1.20   |
| Rango                                  | 22.67  |
| Mínimo                                 | 0.24   |
| Máximo                                 | 22.91  |
| Suma                                   | 44.55  |
| Cuenta                                 | 5.00   |
| Coefficiente de variación              | 99.07% |

| Medidas de dispersión absorción 15 %BN |        |
|----------------------------------------|--------|
| Media                                  | 7.85   |
| Error típico                           | 2.01   |
| Mediana                                | 8.34   |
| Desviación estándar                    | 4.50   |
| Varianza de la muestra                 | 20.28  |
| Curtosis                               | -1.34  |
| Coefficiente de asimetría              | 0.08   |
| Rango                                  | 11.26  |
| Mínimo                                 | 2.44   |
| Máximo                                 | 13.70  |
| Suma                                   | 39.24  |
| Cuenta                                 | 5.00   |
| Coefficiente de variación              | 57.39% |

## Ensayo de Variación dimensional

| Medidas de dispersión VD-Largo Adobe patrón |        |
|---------------------------------------------|--------|
| Media                                       | 38.47  |
| Error típico                                | 0.01   |
| Mediana                                     | 38.49  |
| Moda                                        | 38.49  |
| Desviación estándar                         | 0.04   |
| Varianza de la muestra                      | 0.00   |
| Curtosis                                    | -0.51  |
| Coefficiente de asimetría                   | -0.87  |
| Rango                                       | 0.10   |
| Mínimo                                      | 38.40  |
| Máximo                                      | 38.50  |
| Suma                                        | 384.70 |
| Cuenta                                      | 10.00  |
| Coefficiente de variación                   | 0.10%  |

| Medidas de dispersión VD-Ancho Adobe patrón |        |
|---------------------------------------------|--------|
| Media                                       | 19.13  |
| Error típico                                | 0.03   |
| Mediana                                     | 19.16  |
| Moda                                        | 19.16  |
| Desviación estándar                         | 0.08   |
| Varianza de la muestra                      | 0.01   |
| Curtosis                                    | 0.01   |
| Coefficiente de asimetría                   | 0.02   |
| Rango                                       | 0.27   |
| Mínimo                                      | 19.00  |
| Máximo                                      | 19.28  |
| Suma                                        | 191.30 |
| Cuenta                                      | 10.00  |
| Coefficiente de variación                   | 0.42%  |

| Medidas de dispersión VD-Altura Adobe patrón |       |
|----------------------------------------------|-------|
| Media                                        | 9.20  |
| Error típico                                 | 0.03  |
| Mediana                                      | 9.21  |
| Moda                                         | 9.21  |
| Desviación estándar                          | 0.08  |
| Varianza de la muestra                       | 0.01  |
| Curtosis                                     | 0.16  |
| Coefficiente de asimetría                    | -0.55 |
| Rango                                        | 0.27  |
| Mínimo                                       | 9.05  |
| Máximo                                       | 9.33  |
| Suma                                         | 92.03 |
| Cuenta                                       | 10.00 |
| Coefficiente de variación                    | 0.87% |

| Medidas de dispersión VD-Largo 15% BN+10 RC |        |
|---------------------------------------------|--------|
| Media                                       | 38.39  |
| Error típico                                | 0.02   |
| Mediana                                     | 38.39  |
| Moda                                        | 38.39  |
| Desviación estándar                         | 0.07   |
| Varianza de la muestra                      | 0.00   |
| Curtosis                                    | 1.15   |
| Coefficiente de asimetría                   | -0.47  |
| Rango                                       | 0.25   |
| Mínimo                                      | 38.25  |
| Máximo                                      | 38.50  |
| Suma                                        | 383.89 |
| Cuenta                                      | 10.00  |
| Coefficiente de variación                   | 0.18%  |

| Medidas de dispersión VD-Ancho 15% BN+10 RC |        |
|---------------------------------------------|--------|
| Media                                       | 19.09  |
| Error típico                                | 0.03   |
| Mediana                                     | 19.07  |
| Moda                                        | 19.07  |
| Desviación estándar                         | 0.08   |
| Varianza de la muestra                      | 0.01   |
| Curtosis                                    | 0.32   |
| Coefficiente de asimetría                   | 0.80   |
| Rango                                       | 0.25   |
| Mínimo                                      | 19.00  |
| Máximo                                      | 19.25  |
| Suma                                        | 190.85 |
| Cuenta                                      | 10.00  |
| Coefficiente de variación                   | 0.43%  |

| Medidas de dispersión VD-Altura 15% BN+10 RC |       |
|----------------------------------------------|-------|
| Media                                        | 9.29  |
| Error típico                                 | 0.04  |
| Mediana                                      | 9.30  |
| Moda                                         | 9.30  |
| Desviación estándar                          | 0.12  |
| Varianza de la muestra                       | 0.01  |
| Curtosis                                     | 2.01  |
| Coefficiente de asimetría                    | -0.40 |
| Rango                                        | 0.45  |
| Mínimo                                       | 9.05  |
| Máximo                                       | 9.50  |
| Suma                                         | 92.87 |
| Cuenta                                       | 10.00 |
| Coefficiente de variación                    | 1.26% |

| Medidas de dispersión VD-Largo 15% BN+20 RC |        |
|---------------------------------------------|--------|
| Media                                       | 38.68  |
| Error típico                                | 0.04   |
| Mediana                                     | 38.68  |
| Moda                                        | 38.68  |
| Desviación estándar                         | 0.13   |
| Varianza de la muestra                      | 0.02   |
| Curtosis                                    | 0.54   |
| Coefficiente de asimetría                   | 0.74   |
| Rango                                       | 0.45   |
| Mínimo                                      | 38.50  |
| Máximo                                      | 38.95  |
| Suma                                        | 386.83 |
| Cuenta                                      | 10.00  |
| Coefficiente de variación                   | 0.34%  |

| Medidas de dispersión VD-Ancho 15% BN+20 RC |        |
|---------------------------------------------|--------|
| Media                                       | 19.24  |
| Error típico                                | 0.04   |
| Mediana                                     | 19.23  |
| Moda                                        | 19.23  |
| Desviación estándar                         | 0.13   |
| Varianza de la muestra                      | 0.02   |
| Curtosis                                    | 1.13   |
| Coefficiente de asimetría                   | 0.23   |
| Rango                                       | 0.50   |
| Mínimo                                      | 19.00  |
| Máximo                                      | 19.50  |
| Suma                                        | 192.43 |
| Cuenta                                      | 10.00  |
| Coefficiente de variación                   | 0.70%  |

| Medidas de dispersión VD-Altura 15% BN+20 RC |       |
|----------------------------------------------|-------|
| Media                                        | 9.44  |
| Error típico                                 | 0.04  |
| Mediana                                      | 9.43  |
| Moda                                         | 9.43  |
| Desviación estándar                          | 0.13  |
| Varianza de la muestra                       | 0.02  |
| Curtosis                                     | -0.64 |
| Coefficiente de asimetría                    | 0.34  |
| Rango                                        | 0.40  |
| Mínimo                                       | 9.25  |
| Máximo                                       | 9.65  |
| Suma                                         | 94.42 |
| Cuenta                                       | 10.00 |
| Coefficiente de variación                    | 1.37% |

| Medidas de dispersión VD-Largo 15% BN+30 RC |        |
|---------------------------------------------|--------|
| Media                                       | 38.50  |
| Error típico                                | 0.02   |
| Mediana                                     | 38.48  |
| Moda                                        | 38.48  |
| Desviación estándar                         | 0.05   |
| Varianza de la muestra                      | 0.00   |
| Curtosis                                    | 7.55   |
| Coefficiente de asimetría                   | 2.58   |
| Rango                                       | 0.17   |
| Mínimo                                      | 38.45  |
| Máximo                                      | 38.63  |
| Suma                                        | 384.96 |
| Cuenta                                      | 10.00  |
| Coefficiente de variación                   | 0.12%  |

| Medidas de dispersión VD-Ancho 15% BN+30 RC |        |
|---------------------------------------------|--------|
| Media                                       | 19.33  |
| Error típico                                | 0.01   |
| Mediana                                     | 19.33  |
| Moda                                        | 19.33  |
| Desviación estándar                         | 0.02   |
| Varianza de la muestra                      | 0.00   |
| Curtosis                                    | 10.00  |
| Coefficiente de asimetría                   | 3.16   |
| Rango                                       | 0.07   |
| Mínimo                                      | 19.33  |
| Máximo                                      | 19.40  |
| Suma                                        | 193.33 |
| Cuenta                                      | 10.00  |
| Coefficiente de variación                   | 0.12%  |

| Medidas de dispersión VD-Altura 15% BN+30 RC |       |
|----------------------------------------------|-------|
| Media                                        | 9.41  |
| Error típico                                 | 0.04  |
| Mediana                                      | 9.41  |
| Moda                                         | 9.41  |
| Desviación estándar                          | 0.14  |
| Varianza de la muestra                       | 0.02  |
| Curtosis                                     | -0.65 |
| Coefficiente de asimetría                    | 0.18  |
| Rango                                        | 0.45  |
| Mínimo                                       | 9.20  |
| Máximo                                       | 9.65  |
| Suma                                         | 94.11 |
| Cuenta                                       | 10.00 |
| Coefficiente de variación                    | 1.51% |

## Ensayo de alabeo

| Medidas de dispersión Alabeo Cara arriba Adobe patrón |       | Medidas de dispersión Alabeo-Cara arriba 15% BN+10 RC |       | Medidas de dispersión Alabeo-Cara arriba 15% BN+20 RC |       | Medidas de dispersión Alabeo-Cara arriba 15% BN+30 RC |       |
|-------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------|-------|
| Media                                                 | 3.08  | Media                                                 | 3.46  | Media                                                 | 3.04  | Media                                                 | 2.77  |
| Error típico                                          | 0.15  | Error típico                                          | 0.23  | Error típico                                          | 0.14  | Error típico                                          | 0.08  |
| Mediana                                               | 3.11  | Mediana                                               | 3.10  | Mediana                                               | 3.14  | Mediana                                               | 2.78  |
| Moda                                                  | 3.10  | Moda                                                  | 3.10  | Moda                                                  | 3.50  | Moda                                                  | 2.78  |
| Desviación estándar                                   | 0.48  | Desviación estándar                                   | 0.74  | Desviación estándar                                   | 0.45  | Desviación estándar                                   | 0.25  |
| Varianza de la muestra                                | 0.23  | Varianza de la muestra                                | 0.55  | Varianza de la muestra                                | 0.21  | Varianza de la muestra                                | 0.06  |
| Curtosis                                              | 4.21  | Curtosis                                              | 0.55  | Curtosis                                              | -1.70 | Curtosis                                              | 0.24  |
| Coefficiente de asimetría                             | -1.82 | Coefficiente de asimetría                             | 1.18  | Coefficiente de asimetría                             | -0.46 | Coefficiente de asimetría                             | -0.08 |
| Rango                                                 | 1.70  | Rango                                                 | 2.30  | Rango                                                 | 1.10  | Rango                                                 | 0.85  |
| Mínimo                                                | 1.90  | Mínimo                                                | 2.70  | Mínimo                                                | 2.40  | Mínimo                                                | 2.35  |
| Máximo                                                | 3.60  | Máximo                                                | 5.00  | Máximo                                                | 3.50  | Máximo                                                | 3.20  |
| Suma                                                  | 30.83 | Suma                                                  | 34.61 | Suma                                                  | 30.41 | Suma                                                  | 27.73 |
| Cuenta                                                | 10.00 | Cuenta                                                | 10.00 | Cuenta                                                | 10.00 | Cuenta                                                | 10.00 |
| Coefficiente de variación                             | 16%   | Coefficiente de variación                             | 21%   | Coefficiente de variación                             | 15%   | Coefficiente de variación                             | 8.84% |

| Medidas de dispersión Alabeo Cara abajo Adobe patrón |       | Medidas de dispersión Alabeo-Cara arriba 15% BN+10 RC |       | Medidas de dispersión Alabeo-Cara arriba 15% BN+20 RC |       | Medidas de dispersión Alabeo-Cara arriba 15% BN+30 RC |       |
|------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------|-------|
| Media                                                | 3.19  | Media                                                 | 3.12  | Media                                                 | 3.11  | Media                                                 | 2.92  |
| Error típico                                         | 0.06  | Error típico                                          | 0.15  | Error típico                                          | 0.17  | Error típico                                          | 0.08  |
| Mediana                                              | 3.10  | Mediana                                               | 3.06  | Mediana                                               | 3.23  | Mediana                                               | 2.93  |
| Moda                                                 | 3.10  | Moda                                                  | 3.06  | Moda                                                  | 3.23  | Moda                                                  | 2.93  |
| Desviación estándar                                  | 0.18  | Desviación estándar                                   | 0.46  | Desviación estándar                                   | 0.53  | Desviación estándar                                   | 0.25  |
| Varianza de la muestra                               | 0.03  | Varianza de la muestra                                | 0.22  | Varianza de la muestra                                | 0.29  | Varianza de la muestra                                | 0.06  |
| Curtosis                                             | -0.34 | Curtosis                                              | -0.54 | Curtosis                                              | -0.38 | Curtosis                                              | 2.37  |
| Coefficiente de asimetría                            | 0.33  | Coefficiente de asimetría                             | 0.37  | Coefficiente de asimetría                             | -0.73 | Coefficiente de asimetría                             | 0.57  |
| Rango                                                | 0.60  | Rango                                                 | 1.50  | Rango                                                 | 1.60  | Rango                                                 | 0.95  |
| Mínimo                                               | 2.90  | Mínimo                                                | 2.40  | Mínimo                                                | 2.10  | Mínimo                                                | 2.50  |
| Máximo                                               | 3.50  | Máximo                                                | 3.90  | Máximo                                                | 3.70  | Máximo                                                | 3.45  |
| Suma                                                 | 31.90 | Suma                                                  | 31.18 | Suma                                                  | 31.13 | Suma                                                  | 29.24 |
| Cuenta                                               | 10.00 | Cuenta                                                | 10.00 | Cuenta                                                | 10.00 | Cuenta                                                | 10.00 |
| Coefficiente de variación                            | 6%    | Coefficiente de variación                             | 15%   | Coefficiente de variación                             | 17%   | Coefficiente de variación                             | 8%    |

### Ensayo de resistencia a la tracción de la tierra

| Medidas de dispersión compresión Adobe patrón |      | Medidas de dispersión compresión 15% BN +10% RC |      |
|-----------------------------------------------|------|-------------------------------------------------|------|
| Media                                         | 0.66 | Media                                           | 0.83 |
| Error típico                                  | 0.03 | Error típico                                    | 0.02 |
| Mediana                                       | 0.65 | Mediana                                         | 0.83 |
| Moda                                          | 0.65 | Moda                                            | 0.83 |
| Desviación estándar                           | 0.06 | Desviación estándar                             | 0.05 |
| Varianza de la muestra                        | 0.00 | Varianza de la muestra                          | 0.00 |
| Curtosis                                      | 1.25 | Curtosis                                        | 2.60 |
| Coefficiente de asimetría                     | 1.12 | Coefficiente de asimetría                       | 1.27 |
| Rango                                         | 0.17 | Rango                                           | 0.13 |
| Mínimo                                        | 0.60 | Mínimo                                          | 0.78 |
| Máximo                                        | 0.77 | Máximo                                          | 0.91 |
| Suma                                          | 3.96 | Suma                                            | 4.99 |
| Cuenta                                        | 6.00 | Cuenta                                          | 6.00 |
| Coefficiente de variación                     | 9%   | Coefficiente de variación                       | 5%   |

| Medidas de dispersión compresión 15% BN +20% RC |       | Medidas de dispersión compresión 15% BN +30% RC |      |
|-------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------|------|
| Media                                           | 0.89  | Media                                           | 1.13 |
| Error típico                                    | 0.01  | Error típico                                    | 0.06 |
| Mediana                                         | 0.89  | Mediana                                         | 1.13 |
| Moda                                            | 0.89  | Moda                                            | 1.13 |
| Desviación estándar                             | 0.03  | Desviación estándar                             | 0.14 |
| Varianza de la muestra                          | 0.00  | Varianza de la muestra                          | 0.02 |
| Curtosis                                        | -1.41 | Curtosis                                        | 2.17 |
| Coefficiente de asimetría                       | -0.03 | Coefficiente de asimetría                       | 0.83 |
| Rango                                           | 0.06  | Rango                                           | 0.43 |
| Mínimo                                          | 0.86  | Mínimo                                          | 0.95 |
| Máximo                                          | 0.92  | Máximo                                          | 1.38 |
| Suma                                            | 5.32  | Suma                                            | 6.81 |
| Cuenta                                          | 6     | Cuenta                                          | 6.00 |
| Coefficiente de variación                       | 3%    | Coefficiente de variación                       | 12%  |

### Ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta

| Medidas de dispersión compresión Adobe patrón |      |
|-----------------------------------------------|------|
| Media                                         | 0.41 |
| Error típico                                  | 0.03 |
| Mediana                                       | 0.39 |
| Moda                                          | 0.39 |
| Desviación estándar                           | 0.08 |
| Varianza de la muestra                        | 0.01 |
| Curtosis                                      | 1.31 |
| Coefficiente de asimetría                     | 1.22 |
| Rango                                         | 0.21 |
| Mínimo                                        | 0.33 |
| Máximo                                        | 0.55 |
| Suma                                          | 2.47 |
| Cuenta                                        | 6.00 |
| Coefficiente de variación                     | 19%  |

| Medidas de dispersión compresión 15% BN +10% RC |      |
|-------------------------------------------------|------|
| Media                                           | 0.60 |
| Error típico                                    | 0.05 |
| Mediana                                         | 0.58 |
| Moda                                            | 0.58 |
| Desviación estándar                             | 0.11 |
| Varianza de la muestra                          | 0.01 |
| Curtosis                                        | 2.25 |
| Coefficiente de asimetría                       | 1.43 |
| Rango                                           | 0.31 |
| Mínimo                                          | 0.50 |
| Máximo                                          | 0.81 |
| Suma                                            | 3.61 |
| Cuenta                                          | 6.00 |
| Coefficiente de variación                       | 19%  |

| Medidas de dispersión compresión 15% BN +20% RC |       |
|-------------------------------------------------|-------|
| Media                                           | 0.74  |
| Error típico                                    | 0.03  |
| Mediana                                         | 0.76  |
| Moda                                            | 0.76  |
| Desviación estándar                             | 0.08  |
| Varianza de la muestra                          | 0.01  |
| Curtosis                                        | 4.12  |
| Coefficiente de asimetría                       | -1.84 |
| Rango                                           | 0.22  |
| Mínimo                                          | 0.60  |
| Máximo                                          | 0.81  |
| Suma                                            | 4.45  |
| Cuenta                                          | 6.00  |
| Coefficiente de variación                       | 10%   |

| Medidas de dispersión compresión 15% BN +30% RC |       |
|-------------------------------------------------|-------|
| Media                                           | 0.85  |
| Error típico                                    | 0.02  |
| Mediana                                         | 0.85  |
| Moda                                            | 0.85  |
| Desviación estándar                             | 0.05  |
| Varianza de la muestra                          | 0.00  |
| Curtosis                                        | 3.55  |
| Coefficiente de asimetría                       | -1.52 |
| Rango                                           | 0.14  |
| Mínimo                                          | 0.76  |
| Máximo                                          | 0.90  |
| Suma                                            | 5.08  |
| Cuenta                                          | 6.00  |
| Coefficiente de variación                       | 5%    |

## Ensayo de compresión de pilas o prismas

| Medidas de dispersión compresión Adobe patrón |       | Medidas de dispersión compresión 15% BN +10% RC |       | Medidas de dispersión compresión 15% BN +20% RC |       | Medidas de dispersión compresión 15% BN +30% RC |       |
|-----------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------|-------|
| Media                                         | 4.54  | Media                                           | 5.14  | Media                                           | 5.66  | Media                                           | 5.66  |
| Error típico                                  | 0.17  | Error típico                                    | 0.11  | Error típico                                    | 0.03  | Error típico                                    | 0.03  |
| Mediana                                       | 4.67  | Mediana                                         | 5.19  | Mediana                                         | 5.66  | Mediana                                         | 5.66  |
| Moda                                          | 4.67  | Moda                                            | 5.19  | Moda                                            | 5.66  | Moda                                            | 5.66  |
| Desviación estándar                           | 0.42  | Desviación estándar                             | 0.27  | Desviación estándar                             | 0.09  | Desviación estándar                             | 0.09  |
| Varianza de la muestra                        | 0.18  | Varianza de la muestra                          | 0.07  | Varianza de la muestra                          | 0.01  | Varianza de la muestra                          | 0.01  |
| Curtosis                                      | -2.34 | Curtosis                                        | -0.77 | Curtosis                                        | 0.98  | Curtosis                                        | 0.98  |
| Coefficiente de asimetría                     | -0.46 | Coefficiente de asimetría                       | -0.34 | Coefficiente de asimetría                       | -0.62 | Coefficiente de asimetría                       | -0.62 |
| Rango                                         | 0.90  | Rango                                           | 0.74  | Rango                                           | 0.25  | Rango                                           | 0.25  |
| Mínimo                                        | 4.03  | Mínimo                                          | 4.75  | Mínimo                                          | 5.52  | Mínimo                                          | 5.52  |
| Máximo                                        | 4.92  | Máximo                                          | 5.49  | Máximo                                          | 5.77  | Máximo                                          | 5.77  |
| Suma                                          | 27.24 | Suma                                            | 30.86 | Suma                                            | 33.94 | Suma                                            | 33.94 |
| Cuenta                                        | 6.00  | Cuenta                                          | 6.00  | Cuenta                                          | 6.00  | Cuenta                                          | 6.00  |
| Coefficiente de variación                     | 9%    | Coefficiente de variación                       | 5%    | Coefficiente de variación                       | 2%    | Coefficiente de variación                       | 2%    |

| Medidas de dispersión compresión Adobe patrón |       | ADOBE DE 15% DE BABA DE NOPAL Y 10% DE RC |       | Medidas de dispersión compresión 15% BN +20% RC |       | Medidas de dispersión compresión 15% BN +30% RC |       |
|-----------------------------------------------|-------|-------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------|-------|
| Media                                         |       | Columna 1                                 |       | Media                                           | 7.07  | Media                                           | 7.80  |
| Error típico                                  | 0.22  | Media                                     | 6.43  | Error típico                                    | 0.04  | Error típico                                    | 0.08  |
| Mediana                                       | 5.83  | Error típico                              | 0.14  | Mediana                                         | 7.08  | Mediana                                         | 7.86  |
| Moda                                          | 5.83  | Mediana                                   | 6.49  | Moda                                            | 7.08  | Moda                                            | 7.86  |
| Desviación estándar                           | 0.53  | Moda                                      | 6.49  | Desviación estándar                             | 0.11  | Desviación estándar                             | 0.20  |
| Varianza de la muestra                        | 0.28  | Desviación estándar                       | 0.34  | Varianza de la muestra                          | 0.01  | Varianza de la muestra                          | 0.04  |
| Curtosis                                      | -2.34 | Varianza de la muestra                    | 0.11  | Curtosis                                        | 0.98  | Curtosis                                        | -0.13 |
| Coefficiente de asimetría                     | -0.46 | Curtosis                                  | -0.77 | Coefficiente de asimetría                       | -0.62 | Coefficiente de asimetría                       | -0.87 |
| Rango                                         | 1.12  | Coefficiente de asimetría                 | -0.34 | Rango                                           | 0.31  | Rango                                           | 0.54  |
| Mínimo                                        | 5.03  | Rango                                     | 0.92  | Mínimo                                          | 6.90  | Mínimo                                          | 7.48  |
| Máximo                                        | 6.16  | Mínimo                                    | 5.94  | Máximo                                          | 7.21  | Máximo                                          | 8.02  |
| Suma                                          | 34.05 | Máximo                                    | 6.86  | Suma                                            | 42.43 | Suma                                            | 46.82 |
| Cuenta                                        | 6.00  | Suma                                      | 38.57 | Cuenta                                          | 6.00  | Cuenta                                          | 6.00  |
| Coefficiente de variación                     | 9%    | Cuenta                                    | 6.00  | Coefficiente de variación                       | 2%    | Coefficiente de variación                       | 3%    |
|                                               |       | Coefficiente de variación                 | 5%    |                                                 |       |                                                 |       |

## Ensayo de Resistencia al mortero a la tracción

| Medidas de dispersión compresión Adobe patrón |       | ADOBE DE 15% DE BABA DE NOPAL Y 10% DE RC |       | Medidas de dispersión compresión 15% BN +20% RC |      | Medidas de dispersión compresión 15% BN +30% RC |      |
|-----------------------------------------------|-------|-------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------|------|
| Media                                         | 0.24  | Media                                     | 0.14  | Media                                           | 0.11 | Media                                           | 0.06 |
| Error típico                                  | 0.03  | Error típico                              | 0.00  | Error típico                                    | 0.00 | Error típico                                    | 0.00 |
| Mediana                                       | 0.26  | Mediana                                   | 0.13  | Mediana                                         | 0.11 | Mediana                                         | 0.06 |
| Moda                                          | 0.26  | Moda                                      | 0.13  | Moda                                            | 0.11 | Moda                                            | 0.06 |
| Desviación estándar                           | 0.07  | Desviación estándar                       | 0.01  | Desviación estándar                             | 0.01 | Desviación estándar                             | 0.01 |
| Varianza de la muestra                        | 0.00  | Varianza de la muestra                    | 0.00  | Varianza de la muestra                          | 0.00 | Varianza de la muestra                          | 0.00 |
| Curtosis                                      | -1.62 | Curtosis                                  | -0.96 | Curtosis                                        | 4.56 | Curtosis                                        | 1.92 |
| Coefficiente de asimetría                     | -0.58 | Coefficiente de asimetría                 | 0.63  | Coefficiente de asimetría                       | 2.07 | Coefficiente de asimetría                       | 1.50 |
| Rango                                         | 0.16  | Rango                                     | 0.03  | Rango                                           | 0.02 | Rango                                           | 0.03 |
| Mínimo                                        | 0.16  | Mínimo                                    | 0.12  | Mínimo                                          | 0.10 | Mínimo                                          | 0.05 |
| Máximo                                        | 0.32  | Máximo                                    | 0.15  | Máximo                                          | 0.12 | Máximo                                          | 0.08 |
| Suma                                          | 1.45  | Suma                                      | 0.81  | Suma                                            | 0.66 | Suma                                            | 0.38 |
| Cuenta                                        | 6.00  | Cuenta                                    | 6.00  | Cuenta                                          | 6.00 | Cuenta                                          | 6.00 |
| Coefficiente de variación                     | 27%   | Coefficiente de variación                 | 8%    | Coefficiente de variación                       | 6%   | Coefficiente de variación                       | 19%  |

| Medidas de dispersión Mortero BN Adobe 15% BN |      | Medidas de dispersión Mortero BN Adobe 15% BN +10%RC |       | Medidas de dispersión Mortero BN Adobe 15% BN +20%RC |      | Medidas de dispersión Mortero BN Adobe 15% BN +30%RC |       |
|-----------------------------------------------|------|------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------|-------|
| Media                                         | 0.20 | Media                                                | 0.16  | Media                                                | 0.15 | Media                                                | 0.10  |
| Error típico                                  | 0.02 | Error típico                                         | 0.02  | Error típico                                         | 0.00 | Error típico                                         | 0.00  |
| Mediana                                       | 0.18 | Mediana                                              | 0.16  | Mediana                                              | 0.15 | Mediana                                              | 0.11  |
| Moda                                          | 0.18 | Moda                                                 | 0.16  | Moda                                                 | 0.15 | Moda                                                 | 0.11  |
| Desviación estándar                           | 0.05 | Desviación estándar                                  | 0.04  | Desviación estándar                                  | 0.00 | Desviación estándar                                  | 0.01  |
| Varianza de la muestra                        | 0.00 | Varianza de la muestra                               | 0.00  | Varianza de la muestra                               | 0.00 | Varianza de la muestra                               | 0.00  |
| Curtosis                                      | 2.17 | Curtosis                                             | -0.94 | Curtosis                                             | 0.34 | Curtosis                                             | -1.84 |
| Coefficiente de asimetría                     | 1.55 | Coefficiente de asimetría                            | 0.28  | Coefficiente de asimetría                            | 1.24 | Coefficiente de asimetría                            | -0.88 |
| Rango                                         | 0.13 | Rango                                                | 0.10  | Rango                                                | 0.01 | Rango                                                | 0.03  |
| Mínimo                                        | 0.16 | Mínimo                                               | 0.11  | Mínimo                                               | 0.15 | Mínimo                                               | 0.09  |
| Máximo                                        | 0.29 | Máximo                                               | 0.21  | Máximo                                               | 0.16 | Máximo                                               | 0.12  |
| Suma                                          | 1.18 | Suma                                                 | 0.96  | Suma                                                 | 0.93 | Suma                                                 | 0.63  |
| Cuenta                                        | 6.00 | Cuenta                                               | 6.00  | Cuenta                                               | 6.00 | Cuenta                                               | 6.00  |
| Coefficiente de variación                     | 26%  | Coefficiente de variación                            | 23%   | Coefficiente de variación                            | 3%   | Coefficiente de variación                            | 11%   |