



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Propiedades físico – mecánicas del ladrillo artesanal y maquinado producido  
en la ciudad de Trujillo, 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

REBAZA VÁSQUEZ, PRIMO FELICIANO.

**ASESOR:**

Mg. Ing. CASTILLO CHÁVEZ, JUAN HUMBERTO.

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL

**TRUJILLO – PERÚ**

**2018**

## **PÁGINA DEL JURADO**

---

Mg. Ing. Hilbe Santos Rojas Salazar  
PRESIDENTE

---

Mg. Ing. Marlon Gastón Farfán Córdova  
SECRETARIO

---

Mg. Ing. Juan Humberto Castillo Chávez  
VOCAL

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS**

Por su infinito amor de brindarme cada día una oportunidad más de vida para seguir luchando por mis sueños y propósitos que Él tiene preparado para mí.

### **A MI MADRE**

Mercedes Ventura Vásquez Narcizo por darme la vida y brindarme su amor y apoyo incondicional cada día guiándome por el camino del bien, para ser día a día mejor persona.

### **A MI PADRE**

Santos Faustino Rebaza Rodríguez por enseñarme a enfrentar las dificultades de la vida con demencia y responsabilidad y por su apoyo incondicional en este difícil camino de ser un profesional.

### **A MIS DEMAS FAMILIARES**

Mis primos y tíos por su confianza y apoyo incondicional en todo momento que he necesitado de ellos en este proceso de mi formación académica.

### **A MIS AMIGOS**

Por su bonita amistad, sus consejos, su confianza y alegría durante esta hermosa experiencia de adquirir conocimientos.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por bríndame una vida saludable cada día y llenarme de fortaleza para enfrentar los obstáculos que se han presentado durante toda mi vida y también por haberme dado a los padres más maravillosos del mundo.

A mis padres por bríndame sus consejos diariamente para ser mejor persona, por su apoyo incondicional durante toda mi formación académica y por su infinito amor y confianza para superarme y ser mejor profesionalmente.

Al Mg. Ing. Castillo Chávez Juan Humberto por su asesoría durante el desarrollo de este proyecto, brindándome muy buenas sugerencias en la mejora continua de la investigación.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, que me han compartido su conocimiento y experiencia profesional, permitiéndome ser una mejor persona y un gran profesional que ama su carrera.

Al Ing. Jorge Alejandro Barrantes Villanueva encargado del laboratorio de cerámicos y suelos de la Universidad Nacional de Trujillo por su apoyo en la realización de los ensayos necesarios para el desarrollo del presente proyecto.

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Primo Feliciano Rebaza Vásquez, estudiante de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 48048424; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaro bajo juramento que la tesis es de mi autoría y que toda la documentación, datos e información que en ella se presenta es veraz y auténtica.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto del contenido de la presente tesis como de información adicional aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 18 de diciembre de 2018.

---

Primo Feliciano Rebaza Vásquez

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos, de la Universidad César Vallejo de Trujillo, presento ante ustedes la tesis titulada: **“PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL Y MAQUINADO PRODUCIDO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO, 2018”**, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Agradezco por los aportes y sugerencias brindadas a lo largo del desarrollo del presente estudio y de esta manera realizar una investigación más eficiente. El trabajo mencionado determina la importancia y la influencia que tiene un proyecto de investigación de la calidad del ladrillo producido de manera artesanal y maquinado dentro de las zonas urbanas de la provincia de Trujillo, por lo que constatamos que la calidad de las unidades de albañilería es de vital importancia para construir viviendas más seguras ante eventos de la naturaleza.

---

Primo Feliciano Rebaza Vásquez

# ÍNDICE

|   |       |
|---|-------|
| <b>PÁGINA DEL JURADO</b> .....                | ii    |
| <b>DEDICATORIA</b> .....                      | iii   |
| <b>AGRADECIMIENTO</b> .....                   | iv    |
| <b>DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD</b> .....      | v     |
| <b>PRESENTACIÓN</b> .....                     | vi    |
| <b>ÍNDICE</b> .....                           | vii   |
| <b>CUADROS</b> .....                          | xi    |
| <b>FIGURAS</b> .....                          | xiv   |
| <b>RESUMEN</b> .....                          | xviii |
| <b>ABSTRACT</b> .....                         | xix   |
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....                  | 20    |
| <b>1.1. Realidad problemática:</b> .....      | 20    |
| <b>A. A nivel regional:</b> .....             | 20    |
| <b>B. A nivel local:</b> .....                | 21    |
| <b>1.1.1. Aspectos generales:</b> .....       | 22    |
| <b>Ubicación Política:</b> .....              | 22    |
| <b>Ubicación Geográfica:</b> .....            | 23    |
| <b>Límites:</b> .....                         | 25    |
| <b>Clima:</b> .....                           | 26    |
| <b>Vías de acceso:</b> .....                  | 27    |
| <b>1.1.2. Aspectos socio económico:</b> ..... | 28    |
| <b>Salud:</b> .....                           | 28    |
| <b>Educación:</b> .....                       | 28    |
| <b>Servicios:</b> .....                       | 28    |
| <b>Energía eléctrica:</b> .....               | 28    |
| <b>Agua potable:</b> .....                    | 28    |
| <b>Saneamiento:</b> .....                     | 29    |
| <b>Vivienda:</b> .....                        | 29    |
| <b>1.2. Trabajos previos:</b> .....           | 29    |
| <b>A. A nivel internacional:</b> .....        | 29    |
| <b>B. A nivel nacional:</b> .....             | 30    |

|   |    |
|---|----|
| <b>C. A nivel local:</b> .....                            | 35 |
| <b>1.3. Teorías relacionadas al tema:</b> .....           | 37 |
| <b>1.3.1. Albañilería:</b> .....                          | 37 |
| <b>Tipos de albañilería:</b> .....                        | 37 |
| <b>Por su función estructural:</b> .....                  | 37 |
| <b>Muros portantes:</b> .....                             | 37 |
| <b>Muros no portantes:</b> .....                          | 38 |
| <b>Por su distribución de refuerzo:</b> .....             | 38 |
| <b>Muros de albañilería simple o no reforzados:</b> ..... | 38 |
| <b>Muros de albañilería armada:</b> .....                 | 39 |
| <b>Muros laminares o sándwich:</b> .....                  | 40 |
| <b>Muros de albañilería confinada:</b> .....              | 40 |
| <b>1.3.2. Unidad de albañilería:</b> .....                | 41 |
| <b>Tipos de ladrillo:</b> .....                           | 42 |
| <b>Unidades macizas – solidas:</b> .....                  | 42 |
| <b>Unidades Huecas:</b> .....                             | 43 |
| <b>Unidades tubulares o pandereta:</b> .....              | 44 |
| <b>Limitaciones en su aplicación:</b> .....               | 44 |
| <b>Proceso de fabricación del ladrillo:</b> .....         | 45 |
| <b>Extracción de arcilla y arena:</b> .....               | 45 |
| <b>Mezclado de los materiales:</b> .....                  | 46 |
| <b>Moldeado del ladrillo:</b> .....                       | 46 |
| <b>Secado:</b> .....                                      | 47 |
| <b>Cargado del ladrillo al horno:</b> .....               | 47 |
| <b>Cocción de las unidades:</b> .....                     | 47 |
| <b>Descarga del horno:</b> .....                          | 48 |
| <b>Clasificación y despacho:</b> .....                    | 48 |
| <b>Propiedades físicas y mecánicas:</b> .....             | 49 |
| <b>Variación dimensional:</b> .....                       | 49 |
| <b>Alabeo:</b> .....                                      | 51 |
| <b>Absorción:</b> .....                                   | 52 |
| <b>Succión:</b> .....                                     | 53 |
| <b>Resistencia a la compresión:</b> .....                 | 54 |
| <b>Módulo de elasticidad:</b> .....                       | 56 |
| <b>1.3.3. Albañilería simple:</b> .....                   | 58 |



|   |    |
|---|----|
| <b>Resistencia a la compresión (ensayo en pila):</b> .....  | 58 |
| <b>1.4. Formulación del problema:</b> .....   | 59 |
| <b>1.5. Justificación del estudio:</b> .....  | 59 |
| <b>1.6. Hipótesis:</b> .....  | 60 |
| <b>1.7. Objetivos:</b> .....  | 61 |
| <b>A. Objetivo general:</b> .....   | 61 |
| <b>B. Objetivos específicos:</b> .....  | 61 |
| <b>II. MÉTODOS</b> .....  | 62 |
| <b>2.1. Diseño de investigación:</b> .....  | 62 |
| <b>2.2. Variables, Operacionalización:</b> .....  | 63 |
| <b>2.3. Población y muestra:</b> .....  | 65 |
| <b>2.3.1. Población:</b> .....  | 65 |
| <b>2.3.2. Muestra:</b> .....  | 65 |
| <b>2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad:</b> .....                           | 66 |
| <b>A. Técnicas:</b> .....   | 66 |
| <b>B. Instrumentos:</b> .....   | 66 |
| <b>C. Validez y confiabilidad:</b> .....  | 66 |
| <b>2.5. Métodos de análisis de datos:</b> .....   | 66 |
| <b>2.6. Aspectos éticos:</b> .....  | 67 |
| <b>III. RESULTADOS</b> .....  | 68 |
| <b>3.1. Resultados de las propiedades físico – mecánicas de la unidad de albañilería artesanal y maquinada:</b> ..... | 68 |
| <b>3.1.1. Variación dimensional:</b> .....  | 68 |
| <b>A. Procedimiento:</b> .....  | 68 |
| <b>B. Resultados:</b> .....   | 69 |
| <b>C. Resumen:</b> .....  | 73 |
| <b>3.1.2. Alabeo:</b> .....   | 74 |
| <b>A. Procedimiento:</b> .....  | 74 |
| <b>B. Resultados:</b> .....   | 75 |
| <b>C. Resumen:</b> .....  | 76 |
| <b>3.1.3. Absorción:</b> .....  | 77 |
| <b>A. Procedimiento:</b> .....  | 77 |
| <b>B. Resultados:</b> .....   | 78 |
| <b>C. Resumen:</b> .....  | 79 |
| <b>3.1.4. Succión:</b> .....  | 80 |

|  |     |
|--|-----|
| A. Procedimiento:  | 80  |
| B. Resultados:   | 81  |
| C. Resumen:  | 82  |
| 3.1.5. Resistencia a la compresión en unidad:  | 83  |
| A. Procedimiento:  | 83  |
| B. Resultados:   | 84  |
| C. Resumen:  | 102 |
| 3.2. Resultados de la propiedad mecánica de la albañilería simple artesanal y maquinada: | 103 |
| 3.2.1. Resistencia a la compresión en pila:  | 103 |
| A. Procedimiento:  | 103 |
| B. Resultados:   | 104 |
| C. Resumen:  | 113 |
| 3.3. Clasificación de los resultados de acuerdo a las normativas:                        | 114 |
| 3.3.1. Variación dimensional:  | 114 |
| 3.3.2. Alabeo:   | 116 |
| 3.3.3. Absorción:  | 118 |
| 3.3.4. Succión:  | 120 |
| 3.3.5. Resistencia a la compresión en unidad:  | 121 |
| 3.3.6. Resistencia a la compresión en pila:  | 123 |
| IV. DISCUSIÓN:   | 125 |
| 4.1. Variación dimensional:  | 125 |
| 4.2. Alabeo:   | 127 |
| 4.3. Absorción:  | 129 |
| 4.4. Succión:  | 131 |
| 4.5. Resistencia a la compresión en unidad:  | 132 |
| 4.6. Resistencia a la compresión en pila:  | 134 |
| V. CONCLUSIONES:   | 136 |
| VI. RECOMENDACIONES:   | 139 |
| VII. PROPUESTA:  | 140 |
| <b>GUÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES Y MAQUINADOS:</b>                    | 140 |
| 1. Ensayos de campo para determinar la textura del suelo:                                | 140 |
| 1.1. Ensayo del porcentaje de componentes:   | 140 |
| 2. Proceso de fabricación del ladrillo artesanal:  | 142 |
| 2.1. Extracción de la arcilla y la arena:  | 143 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 2.2.  | Mezclado de los materiales: .....                    | 144 |
| 2.3.  | Moldeado del ladrillo: .....                         | 146 |
| 2.4.  | Secado:.....   | 148 |
| 2.5.  | Cargado del ladrillo al horno: .....                 | 150 |
| 2.6.  | Cocción de las unidades: .....                       | 151 |
| 2.7.  | Descarga del horno:.....                             | 153 |
| 2.8.  | Clasificación y despacho: .....                      | 154 |
| 3.    | Proceso de fabricación del ladrillo maquinado: ..... | 155 |
| 3.1.  | Extracción de la arcilla y la arena:.....            | 156 |
| 3.2.  | Molido del material: .....                           | 157 |
| 3.3.  | Cernido del material: .....                          | 159 |
| 3.4.  | Mezclado del material: .....                         | 160 |
| 3.5.  | Molde y extrucción: .....                            | 161 |
| 3.6.  | Cortado del ladrillo: .....                          | 163 |
| 3.7.  | Secado:.....   | 164 |
| 3.8.  | Cargado del ladrillo al horno: .....                 | 165 |
| 3.9.  | Cocción de las unidades: .....                       | 166 |
| 3.10. | Descarga del horno:.....                             | 167 |
| 3.11. | Clasificación y despacho: .....                      | 168 |
| VIII. | REFERENCIAS .....                                    | 170 |
|       | ANEXOS.....  | 175 |

## CUADROS

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Cuadro 1. | Productos fabricados.....  | 20 |
| Cuadro 2. | Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales..... | 45 |
| Cuadro 3. | Propiedades generales de las unidades de albañilería.....                        | 49 |
| Cuadro 4. | Variación dimensional de las unidades de albañilería.....                        | 50 |
| Cuadro 5. | Alabeo de la unidades de albañilería.....  | 51 |
| Cuadro 6. | Absorción y coeficiente de saturación de las unidades de albañilería.....        | 53 |
| Cuadro 7. | Succión promedio de las unidades de albañilería.....                             | 54 |
| Cuadro 8. | Resistencia a la compresión característica de la unidad de albañilería.....      | 55 |
| Cuadro 9. | Resistencia característica a la compresión en pila.....                          | 58 |

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 10. Factores de corrección de $f'_m$ por esbeltez.....  | 59 |
| Cuadro 11. Variables de Operacionalización.....  | 63 |
| Cuadro 12. Variables de Operacionalización.....  | 64 |
| Cuadro 13. Número de especímenes para las unidades de albañilería.....                                 | 65 |
| Cuadro 14. Número de especímenes para la albañilería simple.....                                       | 65 |
| Cuadro 15. Número total de especímenes.....  | 66 |
| Cuadro 16. Longitud de la ladrillera 1 - artesanal.....  | 69 |
| Cuadro 17. Ancho de la ladrillera 1 - artesanal.....   | 69 |
| Cuadro 18. Altura de la ladrillera 1 - artesanal.....  | 70 |
| Cuadro 19. Longitud de la ladrillera 2 - artesanal.....  | 70 |
| Cuadro 20. Ancho de la ladrillera 2 - artesanal.....   | 71 |
| Cuadro 21. Altura de la ladrillera 2 - artesanal.....  | 71 |
| Cuadro 22. Longitud de la ladrillera 3 - maquinado.....  | 72 |
| Cuadro 23. Ancho de la ladrillera 3 - maquinado.....   | 72 |
| Cuadro 24. Altura de la ladrillera 3 - maquinado.....  | 73 |
| Cuadro 25. Resumen de resultados para cada ladrillera.....   | 73 |
| Cuadro 26. Alabeo de la ladrillera 1 - artesanal.....  | 75 |
| Cuadro 27. Alabeo de la ladrillera 2 - artesanal.....  | 75 |
| Cuadro 28. Alabeo de la ladrillera 3 - maquinado.....  | 76 |
| Cuadro 29. Resumen del alabeo promedio para cada ladrillera.....                                       | 76 |
| Cuadro 30. Absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación de la ladrillera 1 - artesanal..... | 78 |
| Cuadro 31. Absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación de la ladrillera 2 - artesanal..... | 78 |
| Cuadro 32. Absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación de la ladrillera 3 - maquinado..... | 79 |
| Cuadro 33. Resumen del promedio de los resultados de cada ladrillera.....                              | 79 |
| Cuadro 34. Succión de la ladrillera 1 - artesanal.....   | 81 |
| Cuadro 35. Succión de la ladrillera 2 - artesanal.....   | 81 |
| Cuadro 36. Succión de la ladrillera 3 - maquinado.....   | 82 |
| Cuadro 37. Resumen de succión promedio para cada ladrillera.....                                       | 82 |
| Cuadro 38. Resistencia a la compresión en unidad de ladrillera 1 - artesanal.....                      | 84 |
| Cuadro 39. Módulo de elasticidad en unidad de la ladrillera 1 - artesanal.....                         | 84 |

|  |     |
|--|-----|
| Cuadro 40. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 1 - artesanal.....     | 85  |
| Cuadro 41. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 1 - artesanal.....     | 86  |
| Cuadro 42. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 1 - artesanal.....     | 87  |
| Cuadro 43. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 1 - artesanal.....     | 88  |
| Cuadro 44. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 1 - artesanal.....     | 89  |
| Cuadro 45. Resistencia a la compresión en unidad de la ladrillera 2 - artesanal..... | 90  |
| Cuadro 46. Módulo de elasticidad en unidad de la ladrillera 2 - artesanal.....       | 90  |
| Cuadro 47. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 2 - artesanal.....     | 91  |
| Cuadro 48. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 2 - artesanal.....     | 92  |
| Cuadro 49. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 2 - artesanal.....     | 93  |
| Cuadro 50. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 2 - artesanal.....     | 94  |
| Cuadro 51. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 2 - artesanal.....     | 95  |
| Cuadro 52. Resistencia a la compresión en unidad de la ladrillera 3 - maquinado..... | 96  |
| Cuadro 53. Módulo de elasticidad en unidad de la ladrillera 3 - maquinado.....       | 96  |
| Cuadro 54. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 3 - maquinado.....     | 97  |
| Cuadro 55. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 3 - maquinado.....     | 98  |
| Cuadro 56. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 3 - maquinado.....     | 99  |
| Cuadro 57. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 3 - maquinado.....     | 100 |
| Cuadro 58. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 3 - maquinado.....     | 101 |
| Cuadro 59. Resumen de datos promedio para cada ladrillera.....                       | 102 |
| Cuadro 60. Resumen del módulo de elasticidad en unidad.....                          | 102 |
| Cuadro 61. Resistencia a la compresión en pila de la ladrillera 1 - artesanal.....   | 104 |
| Cuadro 62. Módulo de elasticidad en pila de la ladrillera 1 - artesanal.....         | 104 |
| Cuadro 63. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 1 - artesanal.....       | 105 |
| Cuadro 64. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 1 - artesanal.....       | 106 |
| Cuadro 65. Resistencia a la compresión en pila de la ladrillera 2 - artesanal.....   | 107 |
| Cuadro 66. Módulo de elasticidad en pila de la ladrillera 2 - artesanal.....         | 107 |
| Cuadro 67. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 2 - artesanal.....       | 108 |
| Cuadro 68. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 2 - artesanal.....       | 109 |
| Cuadro 69. Resistencia a la compresión en pila de la ladrillera 3 - maquinado.....   | 110 |
| Cuadro 70. Módulo de elasticidad en pila de la ladrillera 3 - maquinado.....         | 110 |
| Cuadro 71. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 3 - maquinado.....       | 111 |
| Cuadro 72. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 3 - maquinado.....       | 112 |

|   |     |
|---|-----|
| Cuadro 73. Resumen de datos promedio para cada ladrillera.....                            | 113 |
| Cuadro 74. Resumen del módulo de elasticidad en pila.....                                 | 113 |
| Cuadro 75. Clasificación de las unidades de albañilería por variación dimensional.....    | 114 |
| Cuadro 76. Clasificación de las unidades de albañilería por alabeo.....                   | 116 |
| Cuadro 77. Clasificación de las unidades de albañilería por absorción.....                | 118 |
| Cuadro 78. Clasificación de las unidades de albañilería por coeficiente de saturación.... | 119 |
| Cuadro 79. Clasificación de las unidades de albañilería por succión.....                  | 120 |
| Cuadro 80. Clasificación de las unidades de albañilería por resistencia a la compresión.. | 121 |
| Cuadro 81. Datos del módulo de elasticidad teórica y práctica para la unidad.....         | 122 |
| Cuadro 82. Cumplimiento de las pilas por resistencia a la compresión.....                 | 123 |
| Cuadro 83. Datos del módulo de elasticidad teórica y práctica en pila.....                | 124 |
| Cuadro 84. Clasificación de las unidades de albañilería por variación dimensional.....    | 125 |
| Cuadro 85. Clasificación de las unidades de albañilería por alabeo.....                   | 127 |
| Cuadro 86. Clasificación de las unidades de albañilería por absorción.....                | 129 |
| Cuadro 87. Clasificación de las unidades de albañilería por coeficiente de saturación.... | 130 |
| Cuadro 88. Clasificación de las unidades de albañilería por succión.....                  | 131 |
| Cuadro 89. Clasificación de las unidades de albañilería por resistencia a la compresión.. | 132 |
| Cuadro 90. Datos del módulo de elasticidad teórica y práctica para la unidad.....         | 133 |
| Cuadro 91. Cumplimiento de las pilas por resistencia a la compresión.....                 | 134 |
| Cuadro 92. Datos del módulo de elasticidad teórica y práctica en pila.....                | 135 |

## FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Proceso productivo en horno de 15 millares.....                                  | 21 |
| Figura 2. Trujillo metropolitano.....  | 22 |
| Figura 3. Ubicación geográfica de la Región la Libertad y de la Provincia de Trujillo..... | 23 |
| Figura 4. Ubicación del distrito de Trujillo.....  | 23 |
| Figura 5. Ubicación de las ladrilleras en estudio.....                                     | 24 |
| Figura 6. Ladrillera 1.....  | 24 |
| Figura 7. Ladrillera 2.....  | 25 |
| Figura 8. Ladrillera 3.....  | 25 |
| Figura 9. División políticos de la provincia y distrito de Trujillo.....                   | 26 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 10. Vía de acceso a la ladrillera 1 .....  | 27  |
| Figura 11. Vía de acceso a la ladrillera 2.....   | 27  |
| Figura 12. Vía de acceso a la ladrillera 3.....   | 27  |
| Figura 13. Transmisión de cargas de los muros portantes a la cimentación.....               | 37  |
| Figura 14. Modelaje de un tabique de albañilería.....                                       | 38  |
| Figura 15. Fuerza cortante admisible ( $V_a$ ).....   | 39  |
| Figura 16. Muro de albañilería armada con su respectivo refuerzo vertical y horizontal...39 |     |
| Figura 17. Sección transversal de un muro laminar.....                                      | 40  |
| Figura 18. Muro de albañilería confinada y sus requisitos mínimos.....                      | 41  |
| Figura 19. Bloques tanto de arcillo, sílico – calcáreos y de concreto.....                  | 42  |
| Figura 20. Ladrillo de arcilla y de concreto.....   | 42  |
| Figura 21. Ladrillo macizo o sólido.....  | 43  |
| Figura 22. Unidades de albañilería huecas.....  | 43  |
| Figura 23. Unidades de albañilería tubular o pandereta.....                                 | 44  |
| Figura 24. Medida de la convexidad y concavidad de la unidad de albañilería.....            | 52  |
| Figura 25. Curvas normalizadas esfuerzo vs deformación unitaria.....                        | 56  |
| Figura 26. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 1 – artesanal.....            | 85  |
| Figura 27. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 1 – artesanal.....            | 86  |
| Figura 28. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 1 – artesanal.....            | 87  |
| Figura 29. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 1 – artesanal.....            | 88  |
| Figura 30. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 1 – artesanal.....            | 89  |
| Figura 31. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 2 – artesanal.....            | 91  |
| Figura 32. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 2 – artesanal.....            | 92  |
| Figura 33. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 2 – artesanal.....            | 93  |
| Figura 34. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 2 – artesanal.....            | 94  |
| Figura 35. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 2 – artesanal.....            | 95  |
| Figura 36. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 3 – maquinado.....            | 97  |
| Figura 37. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 3 – maquinado.....            | 98  |
| Figura 38. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 3 – maquinado.....            | 99  |
| Figura 39. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 3 – maquinado.....            | 100 |
| Figura 40. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 3 – maquinado.....            | 101 |
| Figura 41. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 1 – artesanal.....              | 105 |
| Figura 42. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 1 – artesanal.....              | 106 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 43. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 2 – artesanal.....                    | 108 |
| Figura 44. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 2 – artesanal.....                    | 109 |
| Figura 45. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 3 – maquinado.....                    | 111 |
| Figura 46. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 3 – maquinado.....                    | 112 |
| Figura 47. Clasificación por variación dimensional de la ladrillera 1 – artesanal.....            | 114 |
| Figura 48. Clasificación por variación dimensional de la ladrillera 2 – artesanal.....            | 115 |
| Figura 49. Clasificación por variación dimensional de la ladrillera 3 – maquinado.....            | 115 |
| Figura 50. Clasificación por alabeo de la ladrillera 1 – artesanal.....                           | 116 |
| Figura 51. Clasificación por alabeo de la ladrillera 2 – artesanal.....                           | 117 |
| Figura 52. Clasificación por alabeo de la ladrillera 3 – maquinado.....                           | 117 |
| Figura 53. Clasificación por absorción de la ladrillera 1, 2 y 3.....                             | 118 |
| Figura 54. Clasificación por coeficiente de saturación de la ladrillera 1, 2 y 3.....             | 119 |
| Figura 55. Clasificación por succión de la ladrillera 1, 2 y 3.....                               | 120 |
| Figura 56. Clasificación por resistencia a la compresión en unidad de la ladrillera 1, 2 y 3..... | 121 |
| Figura 57. Comparación de los resultados del módulo de elasticidad teórica y práctica...          | 122 |
| Figura 58. Clasificación por resistencia a la compresión en pila de la ladrillera 1, 2 y 3...     | 123 |
| Figura 59. Comparación de los resultados del módulo de elasticidad teórica y práctica...          | 124 |
| Figura 60. Porcentaje de la composición de cada material.....                                     | 142 |
| Figura 61. Etapas del proceso de fabricación del ladrillo artesanal.....                          | 142 |
| Figura 62. Proceso de extracción del material de manera manual.....                               | 143 |
| Figura 63. Proceso de extracción del material utilizando maquinaria pesada.....                   | 144 |
| Figura 64. Preparación de la mezcla de forma manual.....  | 145 |
| Figura 65. Mezcla en reposo durante un tiempo determinado.....                                    | 146 |
| Figura 66. Proceso de moldeo de la unidad de albañilería.....                                     | 147 |
| Figura 67. Desmolde de la unidad de albañilería en el área de secado.....                         | 148 |
| Figura 68. Secado de las unidades de albañilería.....   | 149 |
| Figura 69. Volteo y filado a un costado de las unidades de albañilería.....                       | 149 |
| Figura 70. Cargado del ladrillo en camión del lugar de secado.....                                | 150 |
| Figura 71. Llenado del ladrillo en el horno.....  | 151 |
| Figura 72. Tarrajeo de la parte frontal del horno.....  | 152 |
| Figura 73. Cocción del ladrillo.....  | 152 |
| Figura 74. Descarga del ladrillo del horno.....   | 153 |



|  |     |
|--|-----|
| Figura 75. Clasificación de ladrillos.....                               | 154 |
| Figura 76. Etapas del proceso de fabricación del ladrillo maquinado..... | 155 |
| Figura 77. Extracción manual de la arcilla y la arena.....               | 156 |
| Figura 78. Extracción con maquinaria de la arcilla y la arena.....       | 157 |
| Figura 79. Tolva del molino y llenado del material.....                  | 158 |
| Figura 80. Parte baja del molino y expulsión del material.....           | 158 |
| Figura 81. Zaranda dentro del silo.....                                  | 159 |
| Figura 82. Proceso de expulsión del material grueso.....                 | 160 |
| Figura 83. Proceso de mezclado de la arena, la arcilla y el agua.....    | 161 |
| Figura 84. Proceso de mezclado final.....                                | 162 |
| Figura 85. Moldeo y estrucción.....                                      | 162 |
| Figura 86. Proceso de mezclado final, moldeo y estrucción.....           | 163 |
| Figura 87. Secado y filado del ladrillo.....                             | 164 |
| Figura 88. Filado del ladrillo en el horno .....                         | 165 |
| Figura 89. Cargado del ladrillo hacia el horno .....                     | 166 |
| Figura 90. Proceso de cocción del ladrillo.....                          | 167 |
| Figura 91. Proceso de descarga del ladrillo del horno.....               | 168 |
| Figura 92. Proceso de clasificación y despacho.....                      | 169 |

## RESUMEN

La expansión urbana en la ciudad de Trujillo está creciendo y de la misma forma las viviendas, en donde el sistema más utilizado para su construcción es la albañilería confinada que tiene como estructura principal los muros, que están compuestos por ladrillos, y por la baja economía de los pobladores se utilizan ladrillos producidos de manera artesanal sin importar su calidad. En el proyecto se plantea como finalidad evaluar las propiedades físico – mecánicas del ladrillo artesanal y maquinado producido en el sector la Hermelinda de la ciudad de Trujillo, 2018; para lo cual se consideró estudiar a tres ladrilleras de las cuales dos son de proceso de fabricación artesanal y una de proceso de fabricación maquinado, luego se procedió a identificar el proceso de fabricación del ladrillo artesanal y maquinado, desde la extracción de la materia prima hasta la clasificación y despacho del ladrillo, lo que incentivó a realizar una guía del proceso de fabricación del ladrillo tanto artesanal como maquinado; luego se tomaron como muestra doscientos diez unidades por cada ladrillera, para ensayar ciento cincuenta unidades y cinco pilas por cada ladrillera, para luego realizar los siguientes ensayos: variación dimensional, alabeo, absorción y absorción máxima, succión, resistencia a la compresión en unidad y resistencia a la compresión en pila; lo que permitió concluir que las dos ladrilleras artesanales no clasifican en ningún tipo de ladrillo y la ladrillera maquinado clasifica como ladrillo tipo I por el ensayo de la resistencia a la compresión en unidad, pero todas las ladrilleras cumplen como ladrillo King Kong artesanal de arcilla por el ensayo de resistencia a la compresión en pila y según los valores y condiciones de clasificación que establece la norma NTP E.070 de Albañilería.

**Palabras clave:** Unidades de albañilería, alvéolos, refrentado, espécimen, construcción.

## ABSTRACT

The urbane expansion at Trujillo city is growing and in the same way houses, where the more system utilized for his construction is the confined building with bricks that has like principal structure the walls, that the compounds are approximately at bricks, and they utilize bricks produced of craft way for the inhabitant's low economy without importing his quality. It comes into question like purpose to evaluate the physical properties in the project – mechanicse of the craft and machinated brick produced at the sector the Hermelinda of Trujillo city, 2018; The one that one considered himself to study to be a to three brickmakers which two are of process of craft manufacture and an one belonging to process of machinated manufacture, that next you proceeded to of identifying the manufacturing process of the craft brick and once what I motivate was machinated, from the extraction of the raw material to classification and dispatch of the brick, I eat to accomplish a guide of the manufacturing process of the brick so much craft machinated; Next they took like sign two hundred ten units for each brickmaker to test one hundred fifty units and five stacks for each brickmaker, stops next selling off the following essays: Dimensional variation, warping, absorption and maximum absorption, suction, resistance to the compression in unit and resistance to the compression in sink; It allowed what concluding that the two craft brickmakers do not classify in no type of brick and the machinated brickmaker classifies like brick type I for resistance's essay the compression in unit, but all brickmakers do their job like King Kong craft brick of clay for the essay of compression strength in sink and according to moral values and conditions of classification that NTP E.070 of Albañilería establishes the standard.

**Key words:** Units of building with bricks, alveoluses, refrentado, specimen, estruccion.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática:

#### A. A nivel regional:

Para el Programa regional de aire limpio y el Ministerio de la Producción (PRAL Y MP, 2010), en el departamento de la Libertad hay 32 ladrilleras artesanales aproximadamente que se encuentran distribuidas de la siguiente manera: En la provincia de Trujillo hay 27 ladrilleras artesanales aproximadamente, una en Huanchaco, tres en la Esperanza, dos en Laredo, once en Trujillo, cuatro en el porvenir, una en Víctor Larco Herrera., cuatro en Moche y una en Florencia; como también existe una ladrillera en la provincia de Santiago de chuco, una en la provincia de Otuzco y tres en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión.

Las personas que trabajan en la gran mayoría de las ladrilleras antes mencionadas son aproximadamente 5 personas, integrado por la familia del propietario de la ladrillera que son el padre, la madre y los hijos.

Para el quemado del ladrillo utilizan briquetas de carbón mineral, cáscara de café, llantas, aceites usados y leña; los hornos que se utilizan para el quemado del ladrillo son de forma rectangular y sin ninguna cubierta, en la parte inferior tienen canaletas por donde se realiza en encendido del horno que es llamado “tronera”; las características físicas del horno son de un metro de espesor en la parte inferior y de medio metro de espesor en la parte superior. En las ladrilleras antes mencionadas se fabrican ladrillos King Kong sólidos y de techo o tubo con las características que se muestran en el cuadro 1, y su proceso de fabricación es como se muestra en la figura 1.

Cuadro 1. Productos fabricados.

| DENOMINACIÓN | CARACTERÍSTICAS |      |       | USOS Y APLICACIONES |
|--------------|-----------------|------|-------|---------------------|
|              | Largo           | Alto | Ancho |                     |
| King Kong    | 22              | 7    | 12    | Ladrillo para muro  |
| Techo o tubo | 28              | 12   | 28    | Ladrillo para techo |

Fuente: (PRAL Y MP, 2010).

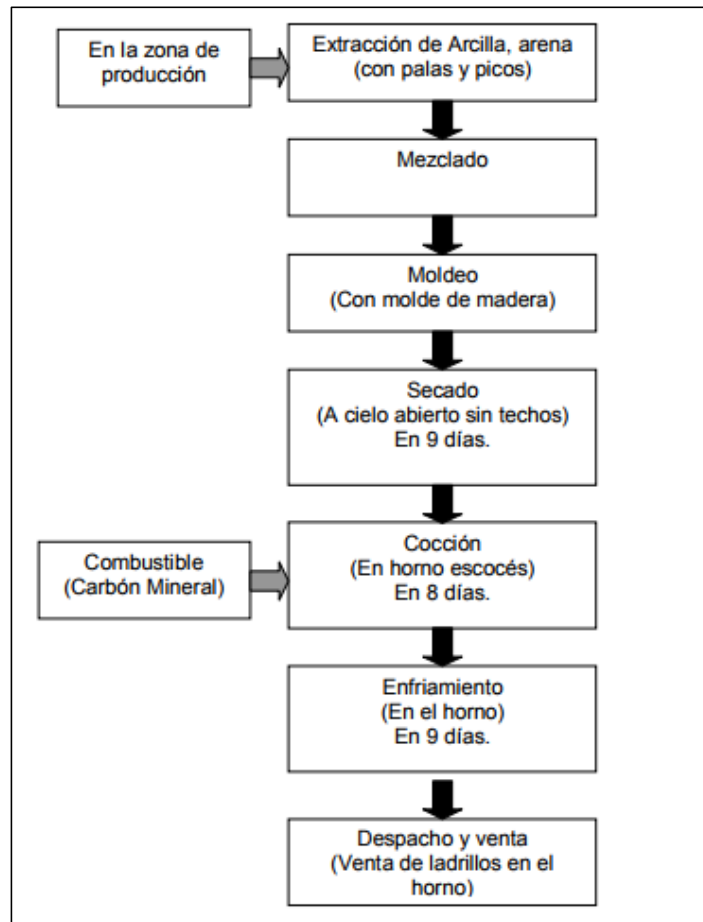


Figura 1. Proceso productivo en horno de 15 millares.  
Fuente: (PRAL Y MP, 2010).

### B. A nivel local:

En la ciudad de Trujillo, principalmente en Moche, Salaverry, El Porvenir, El milagro, etc. La expansión urbana es a gran escala, en donde la gran mayoría de las viviendas son de albañilería confinada, en la cual el material principal que compone la estructura es el ladrillo.

Por motivos económicos las personas para obtener las unidades de albañilería recurren a ladrilleras en donde se produce este material de manera artesanal, sin tener en cuenta las normas técnicas peruanas para su debido proceso de elaboración, y se producen de acuerdo a la experiencia del trabajador, por ejemplo, los materiales que se utilizan son tierra, arena y agua, los cuales no tienen un estudio de la calidad de los materiales; en el proceso de mezclado las proporciones de los materiales utilizados son variables de acuerdo a cada trabajador y su experiencia; el secado de las unidades es a cielo abierto sin ningún control; el traslado del área de secado hacia el horno de cocción se hace en un

camión sin tener los cuidados respectivos y para su cocción se colocan en cada capa de ladrillo carbón suelto sin ningún control estandarizado.

Por otro lado el proceso constructivo de las viviendas es dirigido y realizado por Maestros de obra, albañiles, operarios y en muchos de los casos por los mismos propietarios, quienes no conocen las normativas que rigen el debido proceso constructivo de dicho sistema, por no haber recibido capacitaciones técnicas alguna, lo realizan en base a sus conocimientos personales y experiencia laboral.

### 1.1.1. Aspectos generales:

#### Ubicación Política:

Según la Línea de base para el proyecto apoyo a la agenda país de ciudades sostenibles y cambio climático en Trujillo Metropolitano (SLBPAAPCS Y CCTM, 2016), la provincia de Trujillo comprende los distritos siguientes: Trujillo, Víctor Larco Herrera, La esperanza, Florencia de Mora, El Porvenir, Simbal, Poroto, Huanchaco, Laredo, Moche y Salaverry.

Trujillo metropolitano tiene una extensión de una superficie aproximada de 400 km<sup>2</sup> y está conformado por los distritos de Trujillo, Víctor Larco Herrera, La esperanza, Florencia de Mora y El Porvenir como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Trujillo metropolitano.

Fuente: SLBPAAPCS Y CCTM, 2016.

### Ubicación Geográfica:

Según (SLBPAAPCS Y CCTM, 2016), la provincia de Trujillo se encuentra ubicada en la parte Nor-occidental del Perú; en las coordenadas 08° 06' 41" latitud sur y 79° 01' 30" latitud oeste, a una altitud de 34 msnm; a 550 km. Al norte de Lima como se muestra en las figuras 3, 4 y 5.

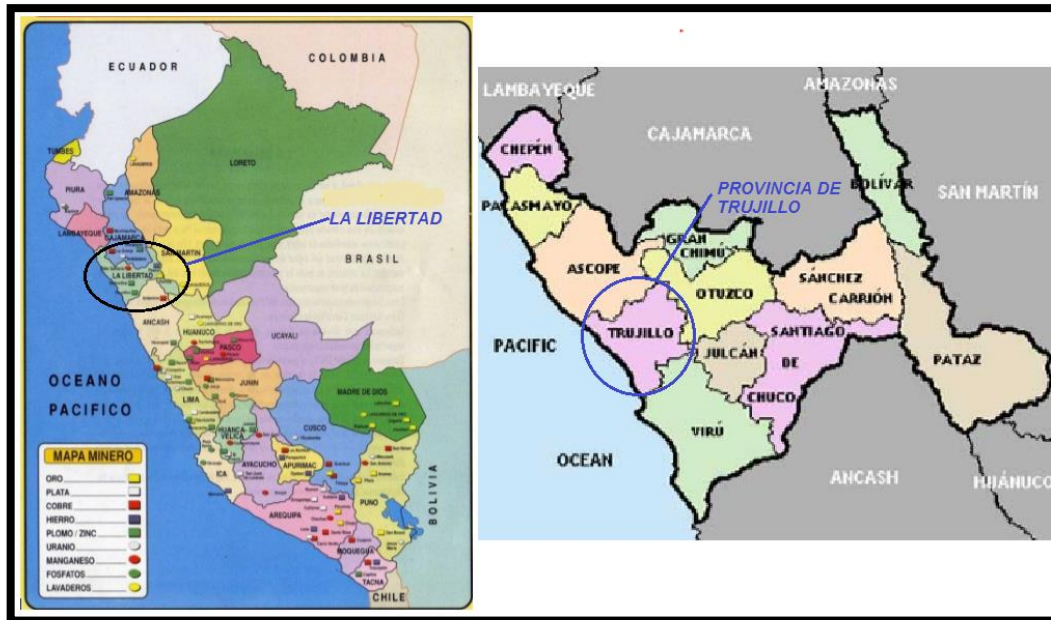


Figura 3. Ubicación geográfica de la Región la Libertad y de la Provincia de Trujillo.  
Fuente: <https://www.google.com.pe>, 2018.



Figura 4. Ubicación del distrito de Trujillo.  
Fuente: <https://www.google.com.pe>, 2018.



Figura 5. Ubicación de las ladrilleras en estudio.

Fuente: <https://www.google.com/maps>, 2018.

➤ **FÁBRICA ARTESANAL “LADRILLERA 1”**

**LOCALIDAD:** Av. Federico Villarreal # 2268, distrito de Trujillo – Trujillo – La libertad.

**PROPIETARIO:** Castañeda Briseño Segundo.

**CAPACIDAD:** 40 000.00 Und/mes.

**COORDENADAS UTM:**

Este: 79033217

Norte: 8092057



Figura 6. Ladrillera 1.

Fuente: <https://www.google.com/maps>, 2018.



➤ **FÁBRICA ARTESANAL “LADRILLERA 2”**

**LOCALIDAD:** Av. Federico Villarreal, distrito de Trujillo – Trujillo – La libertad.

**PROPIETARIO:** Rodríguez Aredo Juan.

**CAPACIDAD:** 30 000.00 Und/mes.

**COORDENADAS UTM:**

Este: 79031387

Norte: 8092831



Figura 7. Ladrillera 2.

Fuente: <https://www.google.com/maps>, 2018.

➤ **FÁBRICA MAQUINADO “LADRILLERA 3”**

**LOCALIDAD:** Sector la Hermelinda – Mz. C – lote 1, distrito de Trujillo – Trujillo – La libertad.

**PROPIETARIO:** Salazar Reyna Santos.

**CAPACIDAD:** 60 000.00 Und/mes.

**COORDENADAS UTM:**

Este: 79029661

Norte: 8092976



Figura 8. Ladrillera 3.

Fuente: <https://www.google.com/maps>, 2018.

**Límites:**

La provincia de Trujillo limita por el norte con la provincia de Ascope, por el este con las provincias de Otuzco y Julcán, por el sur con la provincia de Virú y por el oeste con el Océano Pacífico.

El distrito de Trujillo limita por el norte con los distritos de Huanchaco, la Esperanza y Florencia de Mora, por el este con los distritos del Porvenir y Laredo, por el sur con el distrito de Moche y por el oeste con el distrito de Víctor Larco Herrera, así como se muestra en la figura 9.

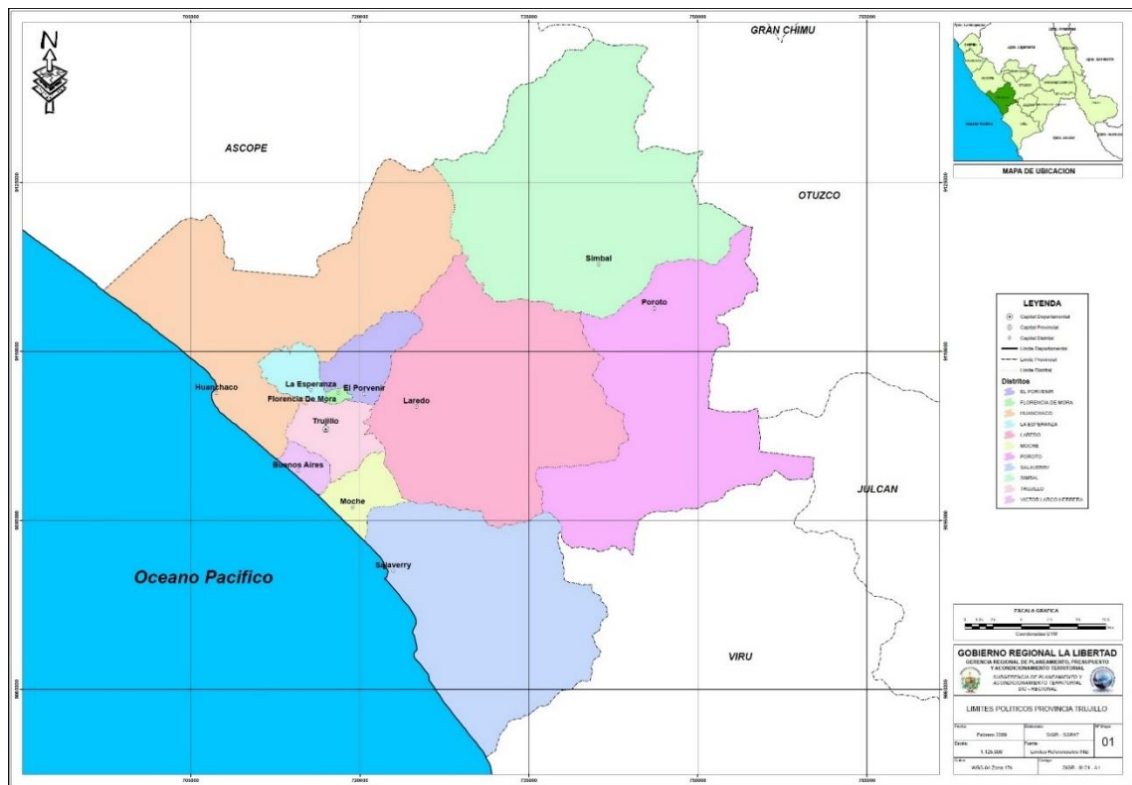


Figura 9. División políticos de la provincia y distrito de Trujillo.

Fuente: <https://www.google.com.pe>, 2018.

### Clima:

Según (SLBPAAPCS Y CCTM, 2016), la provincia de Trujillo tiene un clima seco, templado y tibio, de escasas lluvias en forma de garuas o lloviznas.

Departamento: La Libertad

LATTITUD: 08° 05' 03'' S

Provincia: Trujillo

LONGITUD: 78° 52' 28'' O

Distrito: Laredo

ALTITUD: 175 msnm

Localidad: Cerro Blanco

**Vías de acceso:**

Trujillo tiene una red vial que está comprendida y jerarquizada en tres niveles:

Vías nacionales: La panamericana norte y la Vía de evitamiento.

Vías regionales: La carretera Salaverry – Juanjuí, Salaverry – Santiago de Cao, la carretera Trujillo – Otuzco – Huamachuco.

Vías locales y metropolitanas: La ciudad posee una estructura vial interna radio céntrica, con un sistema de anillos viales.

La vía de acceso a las ladrilleras de estudio es la Av. Federico Villarreal, como se muestra en las figuras 10, 11 y 12.



Figura 10. Vía de acceso a la ladrillera 1.



Figura 11. Vía de acceso a la ladrillera 2.

Fuente: <https://www.google.com/maps>, 2018.



Figura 12. Vía de acceso a la ladrillera 3.

Fuente: <https://www.google.com/maps>, 2018.

### **1.1.2. Aspectos socio económico:**

#### **Salud:**

Según (SLBPAAPCS Y CCTM, 2016), la salud en la ciudad de Trujillo ha ido mejorando con el pasar de los años; las enfermedades más comunes son la morbilidad que se presenta en el grupo de 0 – 9 años y su primera causa es la enfermedad del sistema respiratorio; también le siguen en orden de importancia las enfermedades infecciosas y parasitarias y las enfermedades del sistema digestivo.

#### **Educación:**

Según (SLBPAAPCS Y CCTM, 2016), la educación en la provincia de Trujillo con el pasar de los años ha ido mejorando, como se muestra el registro de la tasa de analfabetismo en la provincia de Trujillo en el año 2007.

#### **Servicios:**

##### **Energía eléctrica:**

Según (SLBPAAPCS Y CCTM, 2016), en la provincia de Trujillo, específicamente en Trujillo metropolitano el promedio de gasto de energía eléctrica es de 7 millones 200 mil kW hora, lo que quiere decir que cada persona utiliza aproximadamente 7.47 kW de energía eléctrica por año.

Haciendo una escala del consumo de energía eléctrica por sector económico en Trujillo, el sector industrial tiene el mayor consumo, seguido del sector residencial y luego el sector urbano.

##### **Agua potable:**

Según (SLBPAAPCS Y CCTM, 2016), la producción de agua potable en la provincia de Trujillo está controlada por el Servicio de Entidad Prestadora de Agua y Saneamiento de la Libertad (EPS SEDALIB S. A.), el cual ha ido aumentando con una tasa de crecimiento de 4.45% con respecto al año 2013, lo que se justifica con el crecimiento de la población y concentración urbana.

**Saneamiento:**

Según (SLBPAAPCS Y CCTM, 2016), en la provincia de Trujillo el servicio de saneamiento está dado por niveles, y la tasa de cobertura del servicio está en función de la ubicación del distrito.

**Vivienda:**

Según (SLBPAAPCS Y CCTM, 2016), en el distrito de Trujillo especialmente en estos últimos años su crecimiento se está dando de forma vertical y desordenada, a pesar de que existe un plan de ordenamiento territorial. Por ejemplo las viviendas de un piso o dos en las distintas urbanizaciones están siendo demolidos para construir edificios de cinco a más pisos.

**1.2. Trabajos previos:****A. A nivel internacional:**

Pérez (2016), en su trabajo de titulación “Mejorar la calidad de los ladrillos artesanales producidos en la ciudad de Catamayo”, se planteó como objetivo, mejorar la calidad de los ladrillos artesanales de la ciudad de Catamayo. Para alcanzar sus objetivos realizó una encuesta a los productores del ladrillo artesanal y a los que se dedican a la construcción de infraestructuras con ladrillo en el sector los Tejares, consiguió una muestra de suelo de las canteras mina la Vega y mina Indiuchu para que determine las propiedades físicas, mecánicas y químicas, estudió los correctores como aserrín, tamo de arroz y bagazo para luego elaborar unidades de albañilería aplicando los correctores y determinar sus propiedades físicas y mecánicas.

En sus conclusiones determinó que las siguientes propiedades físicas y mecánicas del ladrillo producido en el sector los Tejares, Catamayo fueron: La absorción a la humedad promedio obtenida es de 22.535%, de acuerdo a la normativa ecuatoriana INEN 297-1977 determina que el ladrillo es de tipo C con una absorción máxima de 25%. Mediante el ensayo de resistencia a la compresión se determinó que los ladrillos artesanales producidos en la ciudad de Catamayo tienen un valor promedio de 4.6 MPa, según la norma Ecuatoriana INEN 297-1977 clasifica como un ladrillo hueco tipo E.

Elaboró ladrillos artesanales empleando la materia prima de las canteras antes mencionadas obteniendo una proporción adecuada, también aplicó los correctores en proporciones del 2% y 4%, y mediante los ensayos determinó las siguientes propiedades físicas y mecánicas: La absorción de los ladrillos mejorados sin corrector tuvo como promedio 11.8% y con 2% de aserrín un promedio de 15.6%, de acuerdo a la normativa ecuatoriana INEN 297-1977 determina que el ladrillo es macizo de tipo A con una absorción máxima de 16% y la resistencia a la compresión de los ladrillos mejorados sin corrector tuvo como promedio 15.5 MPa y con 2% de aserrín un promedio de 14.9 MPa, de acuerdo a la normativa ecuatoriana INEN 297-1977 determina que el ladrillo es macizo de tipo B.

### **B. A nivel nacional:**

Cruzado (2017), en su tesis titulada “Estudio de las propiedades físico – mecánicas de ladrillo elaborado artesanalmente en los caseríos: el Frutillo, la Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca”, tuvo como objetivo determinar las propiedades físico-mecánicas del ladrillo elaborado artesanalmente en los caseríos antes mencionados. Para el desarrollo de su investigación, muestreó nueve fábricas de ladrillo artesanal, seleccionando setenta unidades de albañilería de cada fábrica, para que ensaye doce unidades, dos pilas y dos muretes de cada fábrica antes mencionada y determinar sus propiedades mecánicas y físicas, para luego clasificarlos de acuerdo a la norma E-070.

Concluyó que las propiedades físico – mecánicas como la variación dimensional del ladrillo artesanal de Bambamarca de las nueve fábricas, se clasifica como ladrillo tipo V y tipo IV, según la norma Técnica E-070, siendo la de menor variación dimensional la fábrica Mayhuasi 1. El alabeo cumple para un ladrillo Clase V según la Norma Técnica E-070, teniendo menor alabeo la fábrica artesanal Frutillo 1. En la resistencia a compresión del ladrillo artesanal de Bambamarca, 08 de las 09 fábricas analizadas se clasifica como Ladrillo Clase I y la fábrica artesanal Frutillo 2 la que se clasifica como ladrillo Clase II, según la Norma Técnica E-070. La succión, tienen valores mayores que los señalados en la Norma Técnica E-070, excepto la fábrica Frutillo 2 que si cumple. La absorción si cumple teniendo porcentajes de absorción menores al recomendado en la Norma Técnica E-070, siendo el de menor absorción la fábrica artesanal Mayhuasi 2. La

resistencia a la compresión en pilas de ladrillo artesanal de Bambamarca de las fábricas Frutillo 2, Frutillo 4, Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi 1 cumplen con lo establecido en la Norma Técnica E-070, mientras que las fábricas artesanales Frutillo 1, Frutillo 3, Mayhuasi 2, Mayhuasi 3 no cumplen. En la resistencia al corte en muretes del ladrillo artesanal de Bambamarca no cumplen con lo estipulado en la Norma Técnica E-070.

Guerra (2017), en su tesis “Calidad de las unidades de albañilería de arcilla según norma E.070 en la provincia de Chiclayo”, se propuso como objetivo, Evaluar la calidad de las unidades de albañilería de arcilla según la Norma Técnica E.070. Primero identificó las ladrilleras de estudio de las cuales la ladrillera Mocce, Culpón y Ferreñafe procesan las unidades de manera artesanal y las ladrilleras Cerámicos Lambayeque y Ladrillos Chalpón procesan las unidades de forma industrial, luego determinó las características de la materia prima mediante los ensayos de análisis granulométrico, contenido de sales, contenido de humedad y límites de atterberg; luego tomando una muestra de unidades de albañilería cada ladrillera antes mencionada determinó sus propiedades físicas y mecánicas, y por último realizó el tratamiento de los datos tomados de campo y laboratorio lo que le permitió clasificar las unidades de albañilería bajo los criterios de la Norma Técnica Peruana E.070. De los resultados obtenidos concluyó que las ladrilleras artesanales Mocce y Ferreñafe no alcanzaron el valor mínimo de resistencia a la compresión, sin embargo la ladrillera artesanal Culpón obtuvo una resistencia a la compresión de  $72.58 \text{ kg/cm}^2$  y la ladrillera industrial Chalpón obtuvo un valor de  $81.63 \text{ kg/cm}^2$  clasificando ambas ladrilleras como tipo II; y la ladrillera industrial Cerámicos Lambayeque obtuvo una resistencia a la compresión de  $97.76 \text{ kg/cm}^2$  clasificando así como un ladrillo tipo III.

Rojas (2017), en su proyecto de tesis titulada “Análisis comparativo de las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico – Distrito de Santa – Ancash – 2017”, Tuvo como objetivo, Analizar comparativamente las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico en el distrito de Santa. Para su investigación tomó como muestra la ladrillera Jhossepy del distrito de Santa, en la cual identificó su proceso de producción del ladrillo luego tomó una muestra de las unidades fabricadas con arcilla y determinó sus propiedades físicas y mecánicas; luego elaboró unidades adicionando escoria de horno

eléctrico y también determinó sus propiedades físicas y mecánicas; por último hizo un análisis comparativo entre las unidades estudiadas, concluyendo que las unidades de albañilería fabricados con el aditivo de escoria de horno eléctrico tuvo mejores resultados en sus propiedades físicas y mecánicas de acuerdo a las normativas, que los ladrillos que elaboran normalmente en la ladrillera antes mencionada.

Lulichac (2015), en su tesis titulada “Determinación de las propiedades físico – mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca”, estableció como objetivo general, determinar las propiedades mecánicas y físicas de los ladrillos. Para lograr sus objetivos hizo una descripción del procedimiento para cada ensayo que realizó considerando las normas técnicas peruanas, luego de cuatro ladrilleras artesanales seleccionó ciento cuarenta y tres unidades de albañilería de cada ladrillera, para que ensaye cincuenta y ocho unidades, cinco pilas y cinco muretes de cada una de las ladrillera antes mencionada y así determinar sus propiedades físicas y mecánicas, para luego clasificarlos teniendo en cuenta la norma E-070.

Concluyó que de las cuatro ladrilleras la ladrillera Rumipampa presenta mayor variación en sus dimensiones (Longitud = 0.65%, Ancho = 1.44% y Altura = 2.37%), y la del Cerrillo Parte Alta es la que menos variación presentó en sus dimensiones (Longitud = 0.48%, Ancho = 0.43% y Alto = 1.12%). El alabeo mayor presenta la ladrillera Rumipampa con unos valores de cóncavo = 1.70 mm y convexo con 0.53 mm; y el menor la ladrillera Cerrillo Parte Alta con unos valores de cóncavo = 1.18 mm y convexo con 1.35 mm, sin embargo, todas las ladrilleras clasifican como ladrillo tipo V según la norma E.070. Ninguna de las ladrilleras estudiadas logró la resistencia mínima que exige la norma E.070; siendo la mayor resistencia 40.49 kg/cm<sup>2</sup> para la ladrillera Cerrillo parte alta, y la menor 41.50 kg/cm<sup>2</sup> en Rumipampa. En el ensayo de succión, todas las ladrilleras estudiadas sobrepasan 10 y 20 gr/200cm<sup>2</sup>/min que indica la norma E.070. Cerrillo parte alta tiene 60.23 gr/200cm<sup>2</sup>/min, Cerrillo parte baja tiene 50.26 gr/200cm<sup>2</sup>/min, Santa bárbara tiene 44.41 gr/200cm<sup>2</sup>/min y Rumipampa tiene 40.04 gr/200cm<sup>2</sup>/min .Es por ello que se recomienda que las unidades de albañilería se deben de saturar media hora antes de ser asentadas.

Anyaypoma (2015), en su tesis de título “Estudio de las características físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba”, se



planteó como objetivo, estudiar las características físico - mecánicas de los ladrillos de arcilla fabricados artesanalmente. Para el desarrollo de su proyecto de investigación muestreó dos ladrilleras escogiendo treinta unidades, tres pilas y dos muretes de cada una de las ladrilleras, para luego realizar los ensayos correspondientes tomando en cuenta los que se pueden clasificar como: la variación dimensional, el alabeo y la compresión simple, y los que no se pueden clasificar como: la succión, la absorción, los ensayos en pilas y muretes y el ensayo del mortero, lo que le permitió clasificar los ladrillos de acuerdo a la norma E – 070.

Como conclusiones determinó que la variación dimensional de las muestras, clasifican a los ladrillos como tipo IV y el alabeo de las muestras clasifican a las unidades de albañilería como tipo V según la norma E-070. La resistencia a la compresión de la ladrillera artesanal Romero es de 63.47 kg/cm<sup>2</sup> y de la ladrillera Córdoba es de 65.51 kg/cm<sup>2</sup>, clasificándoles como unos ladrillos tipo I según la norma E-070. En la succión obtuvo un valor promedio de la ladrillera artesanal Romero de 39.49 gr/cm<sup>2</sup>\*min y de la ladrillera Córdoba una valor de 32.68 gr/cm<sup>2</sup>\*min por lo tanto no cumple con la norma E-070. En la absorción se obtuvo un valor promedio de la ladrillera Romero fue de 16.72 % y de la ladrillera Córdoba fue de 15.52 %, cumpliendo con lo que recomienda la norma E-070. La resistencia a la compresión de las pilas de la ladrillera artesanal Romero fue de 1966.4 kg/cm<sup>2</sup> y de la ladrillera Córdoba fue de 1838.1 kg/cm<sup>2</sup>, lo que conlleva a tener un módulo de elasticidad menor al establecido en la norma E-070. La resistencia al corte promedio en muretes de la ladrillera artesanal Romero es de 2.4 kg/cm<sup>2</sup> y de la ladrillera Córdoba es 3.76 kg/cm<sup>2</sup>, menores a lo establecido en la norma E-070.

Ruiz (2015), en su tesis “Estudio de las propiedades físico – mecánicas de ladrillo de arcilla elaborado en el centro poblado menor de Otuzco y ladrillos industriales Rex”, se propuso como objetivo, determinar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de arcilla cocida King Kong elaborados artesanalmente en el centro poblado de Otuzco – Cajamarca y ladrillos industriales Rex de la ciudad de Lima. Para el desarrollo de su proyecto de investigación muestreó una ladrilleras artesanal y una ladrillera industrial escogiendo veinte unidades de albañilería, cinco pilas y tres muretes de cada una de las ladrilleras, para luego realizar los ensayos correspondientes tomando en cuenta los que se pueden clasificar y los que no se pueden clasificar, logrando determinar las siguientes variables: la resistencia a la compresión en unidades ( $f'_b$ ) y en pilas ( $f'_m$ ), la resistencia

al corte ( $V'm$ ), los módulos de elasticidad del ladrillo ( $E_b$ ) y de corte ( $G_m$ ), lo que le permitió clasificar los ladrillos de acuerdo a la norma E – 070.

Concluyó que la variación dimensional de los ladrillos artesanal de Miraflores del Centro Poblado menor de Otuzco fue 2.22% y de la ladrillera industrial Rex de Lima fue 0.75%. El alabeo en el ladrillo artesanal de Otuzco (convexo: 0.99, cóncavo: 0.98) y en los ladrillos industriales de Rex (convexo: 0.48, cóncavo: 0.33). La succión en el ladrillo artesanal de Otuzco fue 48.67% y en el ladrillo industrial Rex fue 28.87%. La absorción de la ladrillera de Otuzco (14.6%) y de la ladrillera industrial de Rex (12.2%). La resistencia a la compresión de las pilas del ladrillo artesanal fue (33.64 kg/cm<sup>2</sup>) y de la ladrillera industrial (63.23 kg/cm<sup>2</sup>). La resistencia al corte en muretes en la ladrillera de Otuzco fue 7.07 kg/cm<sup>2</sup> y en la ladrillera industrial de Rex fue 6.92 kg/cm<sup>2</sup>. El módulo de elasticidad fue ( $E_m = 2.28E+04$  kg/cm<sup>2</sup>) y el módulo de corte fue ( $G_m = 1.96E+04$  kg/cm<sup>2</sup>) para la ladrillera de Otuzco y para la ladrillera industrial Rex de Lima fue ( $E_m = 4.70E+04$  kg/cm<sup>2</sup>,  $G_m = 3.16E+04$  kg/cm<sup>2</sup>). Por último estableció que los ladrillos fabricados artesanalmente en Otuzco clasifican como ladrillos tipo I y los ladrillos producidos por la industria Rex de Lima clasifican como ladrillos tipo IV, según la norma E-070.

Acuña (2014), en su tesis titulada “Características técnicas del ladrillo artesanal del caserío el Frutillo – Bambamarca – Cajamarca”, se planteó como objetivo, determinar las características técnicas del ladrillo fabricado artesanalmente en el caserío el Frutillo – Bambamarca. El procedimiento que siguió fue tomar como muestra ocho ladrilleras de las setenta y cinco existentes en la zona, primero identificó el proceso que se sigue para la fabricación de las unidades de albañilería, desde la obtención de los materiales hasta la cocción de los ladrillos, para luego ver si se cumplió con el procedimiento establecido en la norma E-070 y en la norma técnica peruana (NTP) 399.613, luego tomo cincuenta ladrillos de cada una de las ladrilleras antes mencionadas, con lo que realizó los ensayos de variación dimensional, alabeo, absorción y resistencia a la compresión.

Concluyó que de los ensayos de alabeo tuvo los siguientes resultados: La ladrillera C tuvieron un alabeo de 1mm, las ladrilleras B, E, F y H tuvieron un alabeo de 2 mm y las ladrilleras A, D y G, tuvieron un alabeo de 3mm, estando dentro del rango permisible por la norma E.070. Los ensayos de resistencia a la compresión de la ladrillera A fue de (10.01Mpa), la ladrillera E (9.42 Mpa) y las ladrilleras B, H, G, C, D y F (7.79 Mpa). En

el ensayo de absorción las ladrilleras A, B, C, D, E, F, G, y H tuvieron los siguientes valores 18.53%, 16.40%, 19.67%, 15.68%, 19.02%, 17.21%, 16.67% y 15.00% respectivamente. Los ladrillos producidos artesanalmente en el caserío del Frutillo si se pueden utilizar para fines estructurales como en construcciones de servicio moderado (tipo II) y construcciones de uso general (tipo III).

Fernández (2014), en su proyecto de tesis “Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de arcilla King Kong fabricados artesanalmente en la comunidad el frutillo – Bambamarca”, se propuso como objetivo, Evaluar y verificar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería del ladrillo King Kong fabricado de manera artesanal en la comunidad de frutillo. El procedimiento que siguió para lograr su objetivo fue, identificar cuatro ladrilleras en el lugar antes mencionado de las cuales tomó como muestra 10 unidades al azar por de cada ladrillera, para que luego en el laboratorio determine sus propiedades físicas y mecánicas de cada unidad; Luego de haber realizado los ensayos establecidos concluyó que los resultados de variación dimensional, alabeo y densidad clasifican a las unidades de albañilería como aceptables para la construcción de servicios en condiciones mínimas y moderadas, y en la resistencia a la compresión, la ladrillera García obtuvo como resultado  $60.67 \text{ kg/cm}^2$ , la ladrillera Cabrera obtuvo como resultado  $57.38 \text{ kg/cm}^2$  y la ladrillera Gavidia obtuvo como resultado  $57.18 \text{ kg/cm}^2$  clasifican como ladrillo tipo I y la ladrillera Mejía obtuvo como resultado  $77.57 \text{ kg/cm}^2$  clasifica como ladrillo tipo II, sobrepasando todas las ladrilleras al valor mínimo que establece la Norma Técnica Peruana E.070 de Albañilería.

### **C. A nivel local:**

Abanto y Akarley (2014), en su tesis “Características físicas y mecánicas de unidades de albañilería ecológicas fabricadas con suelo – cemento en la ciudad de Trujillo” establecieron como objetivo, determinar las características físicas y mecánicas de unidades de albañilería ecológicas fabricadas con suelo-cemento en la ciudad de Trujillo. Para que logren su objetivo realizaron la selección del suelo y su preparación, luego realizaron los ensayos para determinar la proporción de materiales que se tenían que utilizar para la elaboración de los ladrillos, luego con una maquina prensadora Cinva Ram – modificada, fabricaron ciento cincuenta unidades de albañilería que dejaron secar

durante 28 días; por último realizaron los ensayos de unidad de albañilería, variación dimensional, alabeo, absorción y resistencia a la compresión; ensayos de pilas a compresión axial y ensayos de compresión diagonal en muretes.

Concluyeron que el suelo que utilizaron para la elaboración de los ladrillos tenía buenas propiedades, lo que le permitió no tener fisuración por contracción en el sacado de las unidades. Su rendimiento fue de una unidad de albañilería por cada cuatro minutos. Utilizando una proporción 1: 5: 0.5:1 cemento: suelo: arena: agua, en el diseño de mezcla, lograron fabricar unidades de albañilería con una resistencia a la compresión de 74.78 kg/cm<sup>2</sup>, mucho mayor a la resistencia mínima de 55 kg/cm<sup>2</sup> que establece la norma E-070, para ladrillos artesanales King Kong. El peso de los ladrillos ensayados tuvieron un promedio de 4.80 kg, logrando una mínima variación dimensional, alabeo y absorción. La resistencia a la compresión en pilas fue de 55.83 kg/cm<sup>2</sup>, mayor a la resistencia mínima de 35 kg/cm<sup>2</sup> que establece la norma E-070. La resistencia al corte diagonal en muretes tuvo un promedio de 5.0 kg/cm<sup>2</sup>.

### 1.3. Teorías relacionadas al tema:

#### 1.3.1. Albañilería:

##### Tipos de albañilería:

##### Por su función estructural:

Los tipos de albañilería por su función estructural tenemos dos los muros portantes y los muros no portantes:

##### Muros portantes:

Según la Norma Técnica E.070 (2006), los muros portantes deben ser diseñados y construidos para que las cargas que soporten, ya sea verticales y horizontales lo transmitan verticalmente a un nivel inferior o a la cimentación. Dichos muros por ser parte de la estructura principal de una edificación debe mantener una continuidad vertical; así como se muestra en la figura 13.

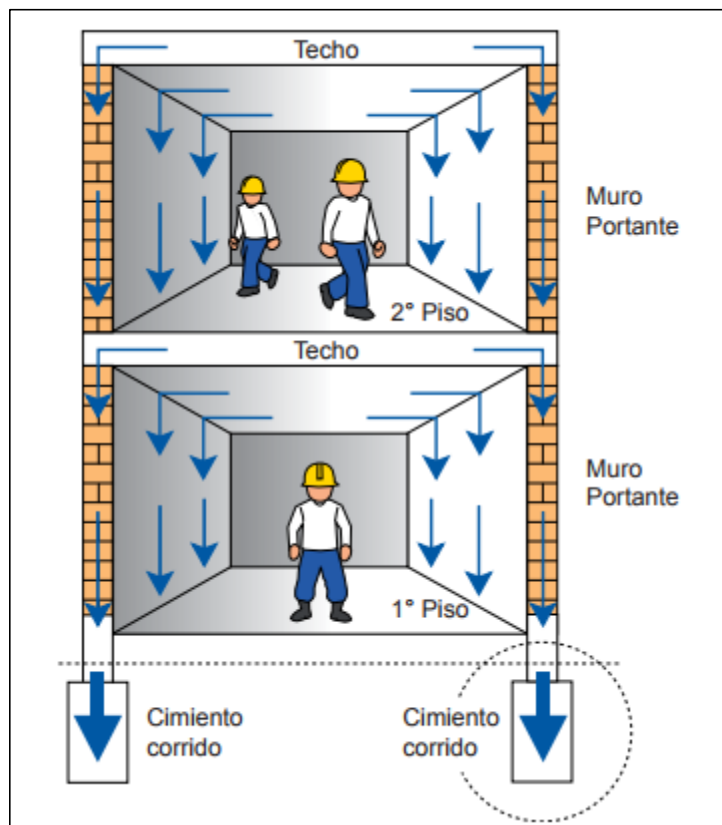


Figura 13. Transmisión de cargas de los muros portantes a la cimentación.

Fuente: Manual de construcción para maestro de obra, 2018.

### Muros no portantes:

Según la Norma Técnica E.070 (2006), los muros no portantes son aquellos que son diseñados y construidos para que soporte la carga de su propio peso y las cargas transversales a su plano. Estos muros son los parapetos, la tabiquería y los cercos, como se muestra en el modelo de la figura 14.

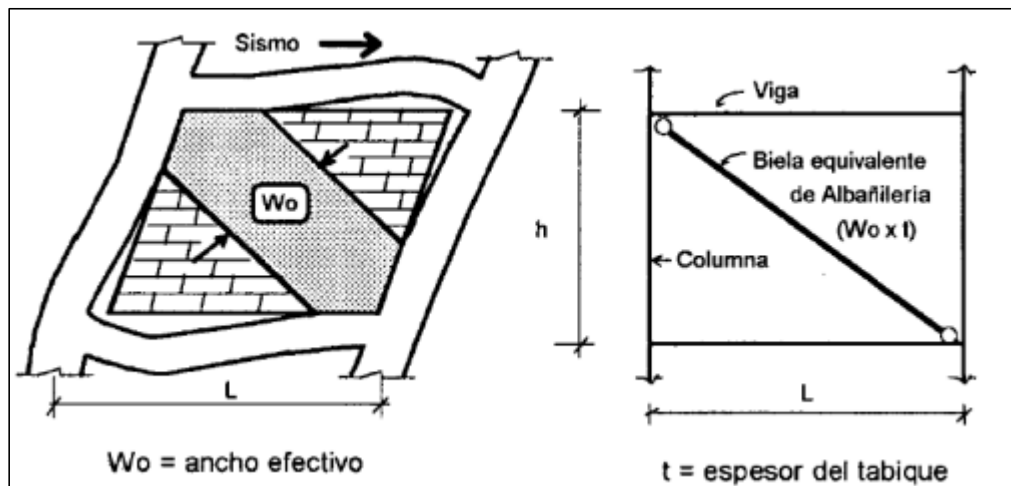


Figura 14. Modelaje de un tabique de albañilería.

Fuente: San Bartolomé, 1994.

### Por su distribución de refuerzo:

Los tipos de albañilería por su distribución de refuerzo tenemos cuatro los muros de albañilería simple o no reforzada, los muros de albañilería armada, los muros laminares o sándwich y los muros de albañilería confinada:

### Muros de albañilería simple o no reforzados:

Según la Norma Técnica E.070 (2006), los muros de albañilería simple o no reforzados son aquellos que se construyen sin ningún refuerzo tanto vertical como horizontal, pero si en caso lo tuvieran no cumplen con los requisitos mínimos establecidos en la norma Técnica E.070 para los muros reforzados.

Según San Bartolomé (1994), indica que estos sistemas de albañilería se deben construir en suelos de buena calidad, ya que dicho sistema es frágil ante los posibles asentamientos diferenciales. En la figura 15, mostramos un modelo de cómo funciona la fuerza cortante admisible en estos muros a comparación de los reforzados.

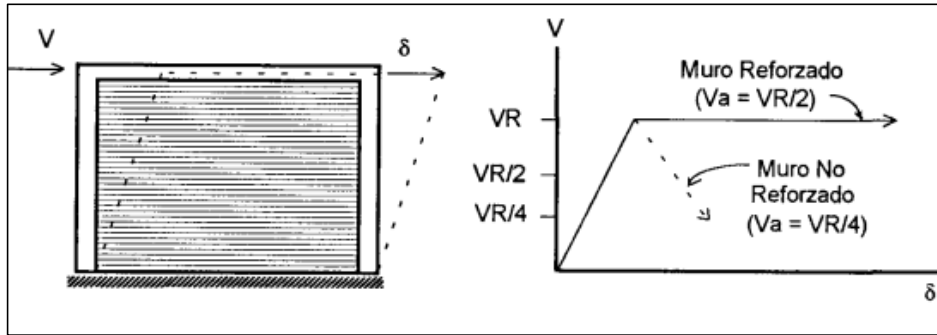


Figura 15. Fuerza cortante admisible ( $V_a$ ).

Fuente: San Bartolomé, 1994.

### Muros de albañilería armada:

Según la Norma Técnica E.070 (2006), los muros de albañilería armada son los que llevan varillas de acero distribuido vertical y horizontalmente en el interior del muro y son integradas mediante concreto fluido, de tal manera que dichas unidades de albañilería trabajan conjuntamente con el acero y el concreto para resistir los esfuerzos a los que puedan ser sometidos. A los muros de albañilería armada también se les denomina muros armados. Los requerimientos mínimos que debe cumplir un muro de albañilería armada se encuentran en el artículo 28 de la Norma Técnica E.070.

Según San Bartolomé (1994), para la construcción de muros de albañilería armada se requiere de unidades especiales, con alveolos lo suficientemente grandes que permitan colocar el refuerzo vertical y llenar el concreto líquido, y de acuerdo al diámetro del refuerzo horizontal se coloca la junta horizontal. En la figura 16 mostramos una representación gráfica de lo que es un muro de albañilería armada.

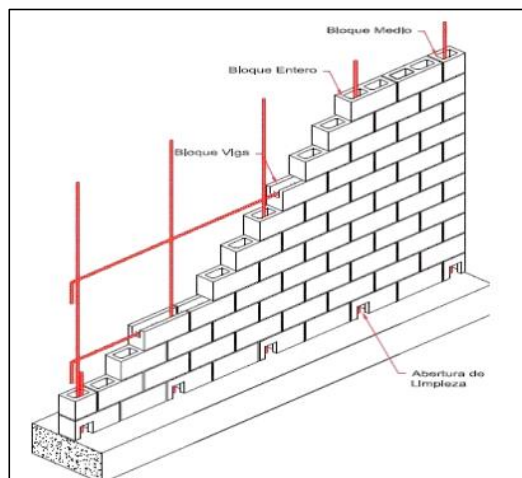


Figura 16. Muro de albañilería armada con su respectivo refuerzo vertical y horizontal.

Fuente: San Bartolomé, 1994.

### Muros laminares o sándwich:

Según San Bartolomé (1994), los muros laminares están conformados por una placa delgada de concreto, que según su espesor que puede ser de 1 a 4 pulgadas se utiliza grout o concreto normal para su relleno, este muro lleva una malla de acero central y dos muros de albañilería simple que sirven como encofrado de la placa.

Luego del vaciado del concreto y el fraguado se genera una adherencia entre la placa y los muros de albañilería, así como por el refuerzo transversal que se coloca para conectar los muros logrando una integración de todo el sistema; así como se muestra en la figura 17.

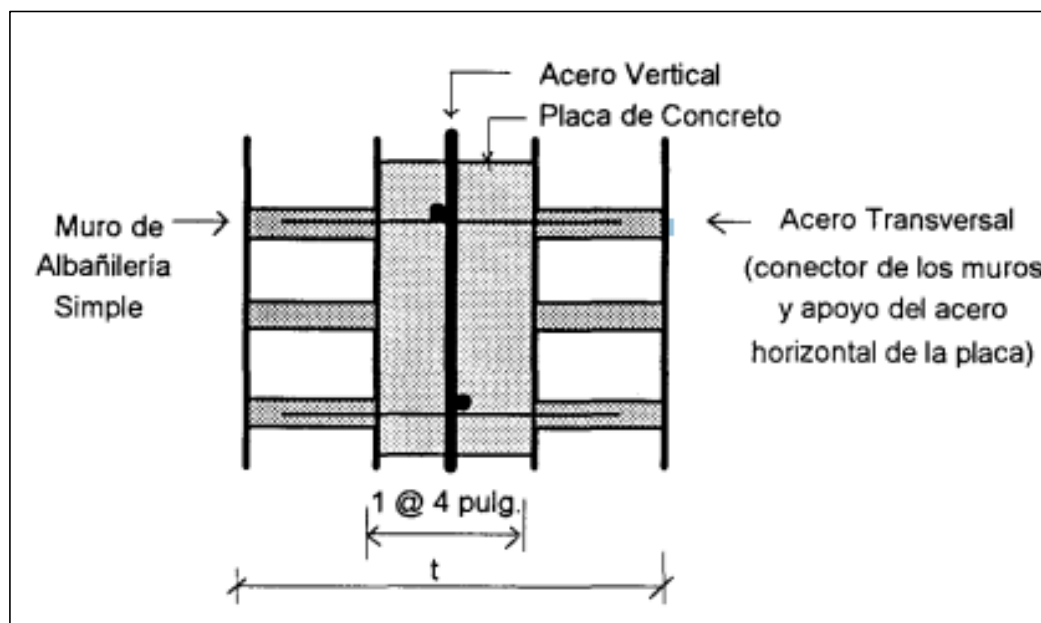


Figura 17. Sección transversal de un muro laminar.

Fuente: San Bartolomé, 1994.

### Muros de albañilería confinada:

Según la Norma Técnica E.070 (2006), la albañilería confinada es un sistema compuesto por un muro que es reforzado con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado después de la construcción del muro de albañilería. En el primer nivel la cimentación corrida de concreto se considera como confinamiento horizontal para los muros.



Según San Bartolomé (1994), el pórtico de concreto armado que confina el muro de albañilería, sirve principalmente para ductilizar y darle capacidad de deformación inelástica al sistema incrementando muy levemente su resistencia, por las razones de que la viga y columna son de dimensiones pequeñas y con escaso refuerzo. Por otro lado el pórtico funciona como un sistema de arrioste cuando la albañilería es expuesta a acciones perpendiculares a su plano. En la figura 18 mostramos un muro de albañilería confinada y su sistema que lo compone.

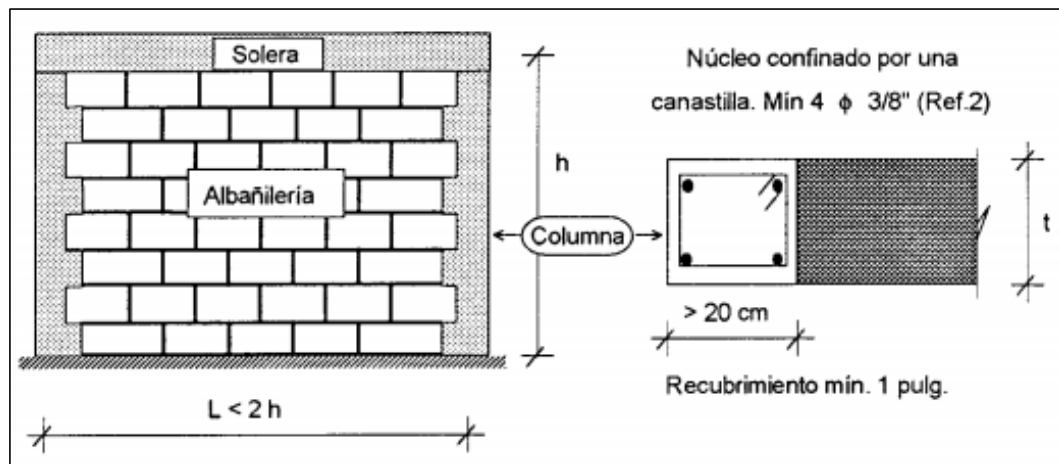


Figura 18. Muro de albañilería confinada y sus requisitos mínimos.

Fuente: San Bartolomé, 1994.

### 1.3.2. Unidad de albañilería:

Según San Bartolomé (1994), son unidades que se emplean en la construcción de albañilería y son elaboradas de arcilla las denominadas cerámicas, de arena y cal las denominadas sílico – calcáreo y las de concreto. De acuerdo a su tamaño se les denomina ladrillo a las unidades que se pueden manipular y asentar con una sola mano; y bloque, a las unidades que para manipularse y asentarse se tiene que utilizar ambas manos por su peso y tamaño, así como se muestra en las figuras 19 y 20.

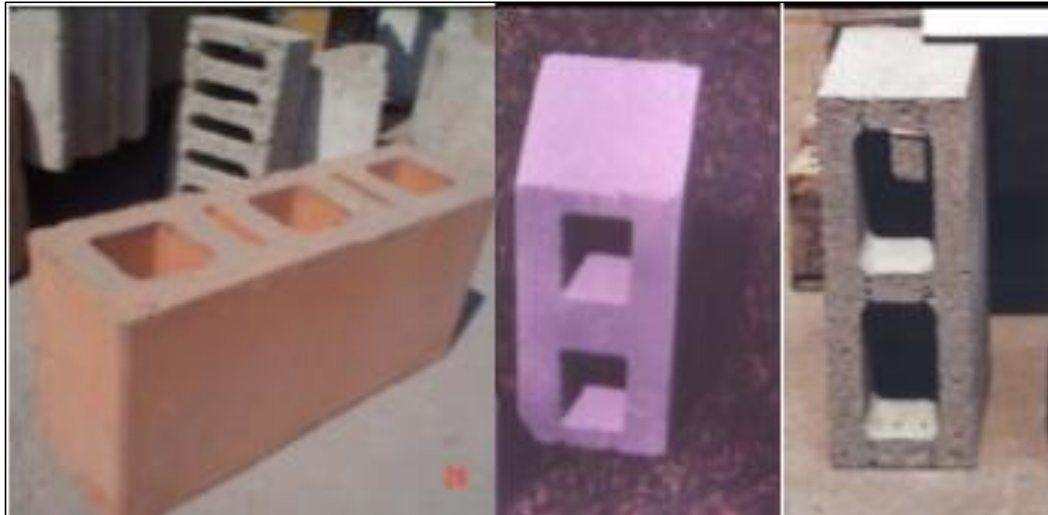


Figura 19. Bloques tanto de arcillo, sílico – calcáreos y de concreto.

Fuente: San Bartolomé, 1994.



Figura 20. Ladrillo de arcilla y de concreto.

Fuente: San Bartolomé, 1994.

### **Tipos de ladrillo:**

Las unidades de albañilería se clasifican según su porcentaje de alveolos o perforaciones que tienen ya sea en la superficie de asiento o paralelo a su superficie de asiento; así como se especifica a continuación:

#### **Unidades macizas – solidas:**

Según San Bartolomé (1994), son unidades de albañilería que tienen huecos o alveolos perpendiculares a su cara de asiento que cubren un área no mayor al 25% del área de la sección bruta, pero de acuerdo a diferentes ensayos y experimentos se concluyó que se pueden utilizar ladrillos hasta con 33% de alveolos. Estas unidades mayormente se

utilizan para la construcción de muros portantes en la albañilería, así como se muestra en la figura 21.



Figura 21. Ladrillo macizo o sólido.

Fuente: San Bartolomé, 1994.

#### **Unidades Huecas:**

Según San Bartolomé (1994), son unidades de albañilería que el área neta en la cara de asiento es menor al 75% del área bruta. En este grupo de unidades comprenden los bloques de arcillo, sílico – calcáreos y de concreto que mayormente se emplean en la construcción de albañilería armada, y todas las unidades con perforaciones mayores a las establecidas en las unidades macizas o sólidas, así como se muestra en la figura 22.



Figura 22. Unidades de albañilería huecas.

Fuente: San Bartolomé, 1994.

### **Unidades tubulares o pandereta:**

Según San Bartolomé (1994), son las unidades de albañilería que tienen sus perforaciones o alveolos en forma paralela a su cara de asiento; entre estas comprenden las unidades pandereta que se utilizan para la construcción de tabiquen y las unidades pandereta que se utiliza para la construcción de losas aligeradas, así como se muestra en la figura 23.

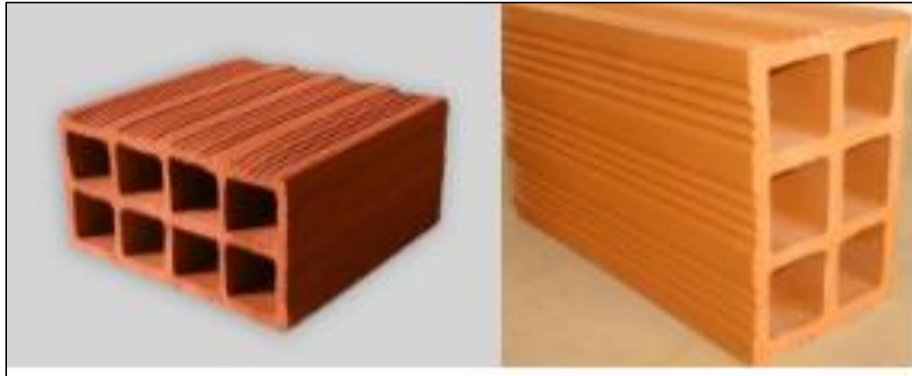


Figura 23. Unidades de albañilería tubular o pandereta.

Fuente: <http://ladrillosdelsur.pe/productos.php>,2018.

### **Limitaciones en su aplicación:**

Según Gallegos y Casabonne (2005), el comportamiento de la falla que se presentan en los ensayos de la resistencia a la compresión del espécimen, ya sea individuales o como pantalla o muro de los diferentes tipos de ladrillos, es la consecuencia en las limitaciones de su uso. Los especímenes solidos son las únicas que presentan un comportamiento dúctil, sin falla explosiva a diferencia de los otros tipos de ladrillo que si muestran fallas explosivas o frágiles.

Según la Norma Técnica E.070 (2006), para el uso o aplicación de los diferentes tipos de unidades de albañilería están sujetos a lo que se indica en el cuadro 2. La zonificación que se indica está en función a la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del 2006 ya que la E.070 todavía no es actualizada.

Cuadro 2. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.

| TIPO                 | ZONA SÍSMICA 2 Y 3                            |  | ZONA SÍSMICA 1                               |
|----------------------|---|--|--|
|                      | Muros portantes en edificios de 4 pisos a más | Muros portantes en edificios de 1 a 3 pisos  | Muros portantes en todo edificio             |
| Solido artesanal (*) | No  | Si, hasta dos pisos                          | Si   |
| Solido industrial    | Si  | Si   | Si   |
| Alveolar             | Si<br>Celdas totalmente rellenas con grout    | Si<br>Celdas parcialmente rellenas con grout | Si<br>Celdas parcialmente rellenas con grout |
| Hueca                | No  | No   | Si   |
| Tubular              | No  | No   | Si, hasta dos pisos                          |

(\*) Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentado por un ingeniero civil.

Fuente: Norma Técnica E.070, 2006.

### Proceso de fabricación del ladrillo:

Las etapas del proceso de fabricación del ladrillo tanto artesanal y maquinado las que se presentan a continuación.

### Extracción de arcilla y arena:

La arcilla y la arena que se utiliza para la producción del ladrillo se extraen de canteras que con frecuencia son zonas alejadas del lugar de producción, en algunos casos lo elaboran los ladrillos en el lugar de extracción del material hasta el proceso de sacado y luego lo cargan en camiones al lugar de cocción y despacho. Para la extracción del material se puede realizar de manera manual con picos o barretas y palas o de manera automatizada con maquinaria pesada según el requerimiento del material, para luego cargarlo en camiones al lugar de la producción según sea el caso antes expuesto.

Según la Guía de Buenas Prácticas para Ladrilleras Artesanales (GBPLA, 2010), Las medianas y grandes industria ladrilleras que producen un aproximado de 500 a mil

millares de ladrillo por mes, extraen el material de canteros con denuncia minero utilizando grandes equipos pesados para la remoción del material.

### **Mezclado de los materiales:**

Para el mezclado de los materiales como son frecuentemente la arcilla, la arena y el agua potable y en otros casos algunos aditivos se utiliza un pala y un pico, con los cuales se realiza una pre mezcla de la arcilla y la arena hasta que esta quede totalmente mezclada, luego se abre la mezcla por el centro para echar el agua, se deja unos minutos para que traspase en la mezcla para luego empezar el batido agregando agua a proporciones moderadas evitando que la mezcla quede muy seca o muy aguada. Este trabajo se realiza por lo general en las tardes para luego de terminado el mezclado cubrirlo con un plástico hasta el siguiente día que recién se realiza el moldeo.

Según la GBPLA (2010), la mezcla se deja reposar de un día para otro para que los terrones se deshagan, la mezcla obtenga mayor consistencia y tenga la textura requerida. Las impurezas de la arcilla y la arena como raíces de plantas y piedras se separan manualmente, solo en algunas ladrilleras se cierne el material para eliminar impurezas y obtener un grano más homogéneo.

### **Moldeado del ladrillo:**

Para el moldeo y labrado del ladrillo se utilizan moldes de madera con mayor frecuencia y en algunos casos de metal, estos moldes no tienen un tamaño estandarizado ya que varían según los artesanos, la ladrillera o la región. El procedimiento del labrado del ladrillo, es que el trabajador prepara el molde según el tipo de ladrillo que realizara ya sea King Kong o pandereta, colocándole arena fina por dentro para que al momento del desmolde no se quede el ladrillo adherido al molde, luego se procede a llenar la mezcla con fuerza para generar consistencia y por ultimo realizar el desmolde en el lugar del secado.

Según la GBPLA (2010), el rendimiento de los lavadores semanales en una jornada de 8 horas diarias de lunes a sábado en un clima normal sin lluvias es: para los ladrillos King Kong el rendimiento es de 2 400 a 2 500 ladrillos por hombre y en ladrillos pandereta para tabiquería el rendimiento es de 1 200 a 1 400 ladrillos por hombre.

**Secado:**

El secado del ladrillo se realiza en grandes campos planos ya preparados para tal fin que se encuentran por lo general cerca del lugar de moldeo o labranza. Las unidades se secan por lo general a cielo abierto aprovechando el calor del sol y las ráfagas de viento, solo cuando llueve se cubren con grandes mantas de plásticas para que no lo afecte y solo en lugares donde las lluvias son frecuentes se construyen grandes cobertizos techados para el secado.

Según la GBPLA (2010), el secado se realiza hasta que la unidad pierda un 13% de humedad aproximadamente, donde el periodo puede variar de cinco a siete días según el clima que se presente. A partir del tercer día las unidades son volteadas a las caras opuestas para que el secado sea homogéneo quitándoles las partículas que se hayan adherido e este, por ultimo luego del secado se coloca en un lado del área en forma de pequeñas torres de un metro a un metro y medio de altura.

**Cargado del ladrillo al horno:**

Antes del cargado del ladrillo se realiza el armado del canal de encendido del horno, que se encuentra en la parte inferior del horno a ras del suelo en donde se colocan las briquetas de carbón en fila hacia el interior del horno con una base de tres filas de briquetas, luego dos filas y una tercera de una sola fila; luego del armado del canal de encendido del horno se empieza con el traslado de las unidades del lugar de sacado en camines. Para el filado del ladrillo en el horno, se coloca una camada de ladrillo de largo, luego se coloca una cama de carbón en polvo y luego la otra camada de ladrillos de ancho; así se continua el proceso hasta llenar el horno.

Según la GBPLA (2010), las briquetas utilizadas para el quemado del ladrillo son generalmente cilíndricas de 10 cm de diámetro por 14 cm de alto con un agujero en el centro para favorecer su encendido. Para llenar un horno de 10 millares se puede realizar en un promedio de 10 horas con cinco trabajadores: cuatro para bolear los ladrillos y uno para el armado de las mamadas.

**Cocción de las unidades:**

Después de haber concluido con la carga y apilado del ladrillo en el horno se procede a la cocción que se divide en dos procesos, que viene hacer el encendido del horno que se trata de encender las briquetas que se colocó en los canales de encendido, para ello

se puede utilizar diferentes combustibles como leña, llantas, etc. Luego del encendido viene el proceso del quemado o cocción de las unidades que puede tardar entre ocho a quince días según el tipo de ladrillo y el tamaño del horno que se tenga; el quemado termina cuando el fuego llegue hasta la parte superior del horno y se acabe todo el carbón en polvo que se colocó como juntas de las capas de los ladrillos.

Según la GBPLA (2010), el proceso de encendido puede tardar entre ocho hasta veinte y cuatro horas y el quemado puede durar entre siete y veinte días de acuerdo al tamaño del horno.

### **Descarga del horno:**

Cuando se ha terminado el proceso de la cocción de las unidades se procede a abrir el horno para que los ladrillos empiecen a enfriarse, este proceso puede durar entre cinco a siete días según sea el tamaño del horno y la demanda de venta. Luego del enfriamiento se procede a la descarga del ladrillo; con frecuencia esta descarga se hace al costado del horno de cocción por que no se tiene un lugar específico para este proceso.

Según la GBPLA (2010), el enfriamiento de las unidades es de abajo hacia arriba por causa del mismo aire que contribuyó al encendido de la combustión. La descarga del ladrillo dura un día menos que el tiempo que se empleó para su cargado.

### **Clasificación y despacho:**

Luego de la descarga del ladrillo se procede a la clasificación que se realiza por la coloración del ladrillo y también se verifica que este no tenga fisuras y grietas. En algunas ladrilleras la clasificación y despacho del ladrillo lo realizan desde el horno de cocción saltándose el proceso de descarga por el tiempo que se emplea y también la demanda del mercado.

Según la GBPLA (2010), los ladrillos se pueden clasificar como bien cocidos los cuales son de coloración rojiza intensa y homogénea, tienen un sonido metálico, son duros y presentan un grado fino y compacto en su fractura, sus aristas deben ser duras y la superficie lisa y regular; medianamente cocidos o bayos que pueden ser los menos rojizos y los crudos o no cocidos.



### Propiedades físicas y mecánicas:

Las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería son parámetros expresados en valores mínimos que las normas técnicas peruanas han considerado para controlar la calidad de ladrillo terminado que se debería obtener y comercializar para tener construcciones con capacidad de dar una respuesta positiva a cualquier evento natural.

Según Gallegos y Casabonne (2005), las principales propiedades de los ladrillos se tienen que comprender como una relación con el producto terminado, que sería la albañilería, así como se detalla en el cuadro 3.

Cuadro 3. Propiedades generales de las unidades de albañilería.

| PROPIEDADES                               | ARCILLA                |                                |
|---|------------------------|--------------------------------|
|   | Calcáreas              | No Calcáreas                   |
| Resistencia (Mpa)                         | 2 – 6                  | 6 – 100                        |
| Estabilidad volumétrica (%)               | Expansión 0.00 – 0.015 | Expansión 0.00 – 0.015         |
| Densidad (kg/m <sup>3</sup> )             | 1400 – 1700            | 1600 – 1900                    |
| Variabilidad dimensional (%)              | Grande 5 – 8           | Media reducida 3 – 5           |
| Succión (gr)                              | Muy elevada + 60       | Elevada a correcta<br>5 – 40   |
| Características para asentado             | Mala                   | Buena                          |
| Absorción máxima (%)                      | Alta 15 – 30           | Buena a muy reducida<br>1 – 20 |
| Riesgo de eflorescencia                   | Grande                 | Grande                         |
| Durabilidad                               | Mala                   | Buena a excelente              |
| Resistencia al fuego                      | Moderada               | Muy buena                      |
| Expansión térmica (x10 <sup>-6</sup> /°C) | 5 – 8                  | 4 – 6                          |

Fuente: Gallegos y Casabonne, 2005.

### Variación dimensional:

Para Parro (2015), la variación de las dimensiones en una unidad de albañilería todo ladrillo de cualquier forma mantendrá, ya que en general son sus características geométricas como largo, alto y ancho, lo que en la construcción de la albañilería

confinada se manifiesta en el aumento de las juntas de mortero mayores a las establecidas.

Según la Norma Técnica E.070 (2006), las dimensiones de una unidad de albañilería pueden variar según el tipo de ladrillo que se esté estudiando, así como se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Variación dimensional de las unidades de albañilería.

| CLASE                    | VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje) |              |               |
|--------------------------|--|--------------|---------------|
|                          | Hasta 100 mm                                     | Hasta 150 mm | Más de 150 mm |
| Ladrillo I               | ± 8  | ± 6          | ± 4           |
| Ladrillo II              | ± 7  | ± 6          | ± 4           |
| Ladrillo III             | ± 5  | ± 4          | ± 3           |
| Ladrillo IV              | ± 4  | ± 3          | ± 2           |
| Ladrillo V               | ± 3  | ± 2          | ± 1           |
| Bloque P <sup>(1)</sup>  | ± 4  | ± 3          | ± 2           |
| Bloque NP <sup>(2)</sup> | ± 7  | ± 6          | ± 4           |

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes.

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes.

Fuente: Norma Técnica E.070, 2006.

Los resultados de la variación dimensional se expresan en porcentaje, y para su cálculo se utilizan las fórmulas que se muestran a continuación, con una aproximación de 1 mm.

$$V. D. = \frac{D. E. - D. P.}{D. E.} * 100$$

Dónde:

V. D. : Variación dimensional, en (%).

D. E. : Dimensión especificada por el fabricante, en (mm).

D. P. : Dimensión promedio calculada, en (mm).

$$C. V. = \frac{\delta}{\text{Promedio}} * 100$$

Dónde:

C. V.: Coeficiente de variación, en (%).

$\delta$  : Desviación estándar.

### Alabeo:

Para San Bartolomé, Quiun y Silva (2011), el alabeo es una deformación de las caras de la unidad de albañilería que se puede apreciar por su concavidad o convexidad, y al igual que en la variación dimensional a mayor alabeo conduce a un mayor espesor de junta de mortero, como también formarse vacíos en la zona mayor alabeada disminuyendo el área de contacto con el mortero.

Según la Norma Técnica E.070 (2006), la convexidad y concavidad de la unidad de albañilería pueden variar según el tipo de ladrillo que se esté estudiando, así como se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5. Alabeo de la unidades de albañilería.

| <b>CLASE</b>             | <b>ALABEO (máxima en mm)</b> |
|--------------------------|------------------------------|
| Ladrillo I               | 10                           |
| Ladrillo II              | 8                            |
| Ladrillo III             | 6                            |
| Ladrillo IV              | 4                            |
| Ladrillo V               | 2                            |
| Bloque P <sup>(1)</sup>  | 4                            |
| Bloque NP <sup>(2)</sup> | 8                            |

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes.

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes.

Fuente: Norma Técnica E.070, 2006.

Para poder medir y así determinar la convexidad y concavidad que presenta una unidad de albañilería se toman los datos con una regla y una cuña graduada de madera así como lo establece la NTP 399.613 (2005), así como se observa en la figura 24.

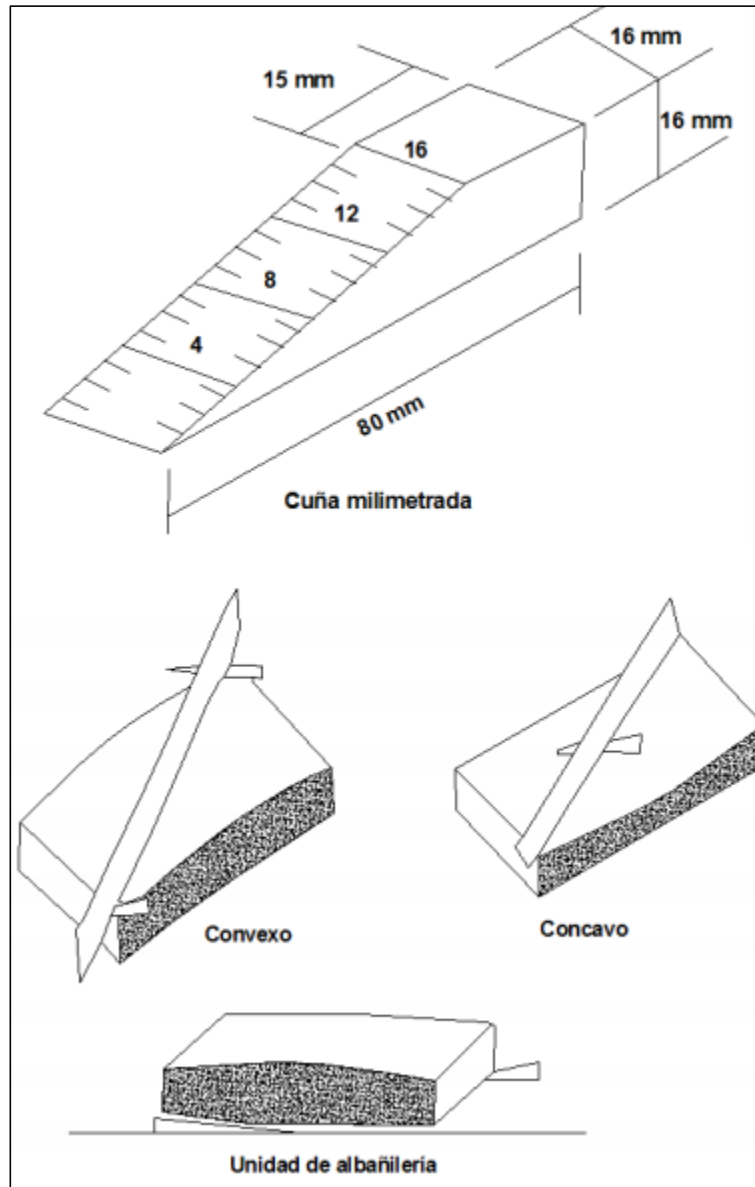


Figura 24. Medida de la convexidad y concavidad de la unidad de albañilería.

Fuente: NTP 399.613, 2005.

#### **Absorción:**

Según Gallegos y Casabonne (2005), la absorción es el sumergimiento total de la unidad de albañilería en un recipiente de agua fría durante veinticuatro horas, también

se puede determinar la absorción máxima colocando la unidad de albañilería a hervir durante cinco horas, lo que permitirá determinar el coeficiente de saturación, que viene hacer la relación entre la absorción y la absorción máxima.

Según los estudios realizados y establecidos en la Norma Técnica Peruana 331.017 (2005), la absorción y el coeficiente de saturación de las unidades de albañilería pueden variar según el tipo de ladrillo que se esté estudiando, así como se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6. Absorción y coeficiente de saturación de las unidades de albañilería.

| <b>TIPO</b> | <b>ABSORCIÓN<br/>(máx. en %)</b> | <b>COEFICIENTE DE<br/>SATURACIÓN (máximo)</b> |
|-------------|----------------------------------|---|
| <b>I</b>    | Sin límite                       | Sin límite                                    |
| <b>II</b>   | Sin límite                       | Sin límite                                    |
| <b>III</b>  | 25                               | 0.90  |
| <b>IV</b>   | 22                               | 0.88  |
| <b>V</b>    | 22                               | 0.88  |

Fuente: Norma Técnica Peruana 331.017, 2005.

Los resultados de la absorción se expresan en porcentaje, y para su cálculo se utiliza la fórmula que se muestra a continuación, según como se indica en la NPT 399.613 (2005).

$$A = \frac{P_{sat.} - P_{seco}}{P_{seco}} * 100$$

Dónde:

A : Absorción, en (%).

$P_{sat.}$  : Peso saturado, en (gr).

$P_{seco}$  : Peso seco, en (gr).

### **Succión:**

Según la norma ITINTEC 331.017 (1978), La succión es al valor de la velocidad con la que una unidad de albañilería absorbe agua en un área fijada de 200 cm<sup>2</sup> y se recomienda que para succiones mayores de 20 gramos por minuto en un área de 200

cm<sup>2</sup> es requisito indispensable que los ladrillos se saturen antes de su uso. La succión es una propiedad muy importante en las unidades de albañilería ya que cuando es muy alta, causara uniones entre mortero y ladrillo inadecuadas.

Según los estudios realizados y establecidos en la Norma Técnica Peruana 331.017 (2005), la succión de las unidades de albañilería puede variar según el tipo de ladrillo que se esté estudiando, así como se muestra en el cuadro 7.

Cuadro 7. Succión promedio de las unidades de albañilería.

| <b>TIPO</b> | <b>SUCCIÓN PROMEDIO<br/>(en gr/200cm<sup>2</sup>/min.)</b> |
|-------------|--|
| <b>I</b>    | 61   |
| <b>II</b>   | 66   |
| <b>III</b>  | 53   |
| <b>IV</b>   | No se obtuvo valores                                       |
| <b>V</b>    | 38   |

Fuente: Norma Técnica Peruana 331.017, 2005.

Los resultados de la succión se expresan en (gr/200 cm<sup>2</sup>/min.), y para su cálculo se utiliza la fórmula que se muestra a continuación, según como se indica en la NPT 399.613 (2005).

$$S = \frac{200 * (P_{suc.} - P_{seco})}{\text{Área bruta}}$$

Dónde:

S : Succión, en (gr/200 cm<sup>2</sup>/min).

$P_{suc.}$  : Peso después de la succión, en (gr).

$P_{seco}$  : Peso seco, en (gr).

### **Resistencia a la compresión:**

Según Parro (2015), la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería es la relación directa entre la carga que se aplica a una área de dicha unidad. Según San Bartolomé, Quiun y Silva (2011), la resistencia a la compresión de una unidad de albañilería de nueve centímetros de altura en más baja que la de un ladrillo de seis

centímetros de altura, por lo tanto para fines comparativos se deben analizar unidades que tengan la misma geometría.

Según la Norma Técnica E.070 (2006), la resistencia a la compresión de una unidad de albañilería puede variar según el tipo de ladrillo y el material del cual haya sido fabricado, así como se muestra en el cuadro 8.

Cuadro 8. Resistencia a la compresión característica de la unidad de albañilería.

| CLASE                    | RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f'_b$ mínimo en Mpa (kg/ cm <sup>2</sup> ) - sobre área bruta |
|--------------------------|--|
| Ladrillo I               | 4.9 (50)   |
| Ladrillo II              | 6.9 (70)   |
| Ladrillo III             | 9.3 (95)   |
| Ladrillo IV              | 12.7 (130)   |
| Ladrillo V               | 17.6 (180)   |
| Bloque P <sup>(1)</sup>  | 4.9 (50)   |
| Bloque NP <sup>(2)</sup> | 2.0 (20)   |

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes.

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes.

Fuente: Norma Técnica E.070, 2006.

Los resultados de la resistencia a la compresión de los espécimen se expresaran en kg/cm<sup>2</sup>, y para su cálculo se utiliza la fórmula que se muestra a continuación, según como se indica en la NPT 399.613 (2005).

$$f'_b = \frac{W_{m\acute{a}x.}}{A}$$

Dónde:

$f'_b$  : Resistencia a la compresión del espécimen, en (kg/cm<sup>2</sup>).

$W_{m\acute{a}x.}$  : Máxima carga indicada por la máquina de ensayo, en (kg).

A : Promedio del área bruta de la superficie de contacto, en (cm<sup>2</sup>).

### Módulo de elasticidad:

Según San Bartolomé (1994), del ensayo de compresión, si se dispone de la instrumentación adecuada se puede medir la reacción de la muestra ante la aplicación de deformación controlada, lo que permitirá obtener curvas completas de esfuerzo – deformación unitaria, así como se muestra en la figura 25, la curva normalizada para unidades de arcilla, concreto y sílice – cal. En ella se puede apreciar lo siguiente:

- Los módulos de elasticidad son medidos como la pendiente de la secante a la mitad de la resistencia última ( $1/2 f^b$ ), donde se puede estimar en  $400 f^b$  para unidades de arcilla,  $1000 f^b$  para unidades de concreto y  $800 f^b$  para unidades de sílice – cal.
- Las deformaciones unitaria correspondientes al esfuerzo de rotura ( $f^b$ ), son aproximadamente 0.6% para unidades de arcilla, 0.3% para unidades de concreto y 0.45% para unidades de sílice – cal.
- Las unidades de arcilla muestran comportamientos más frágiles que las de concreto y sílice – cal.

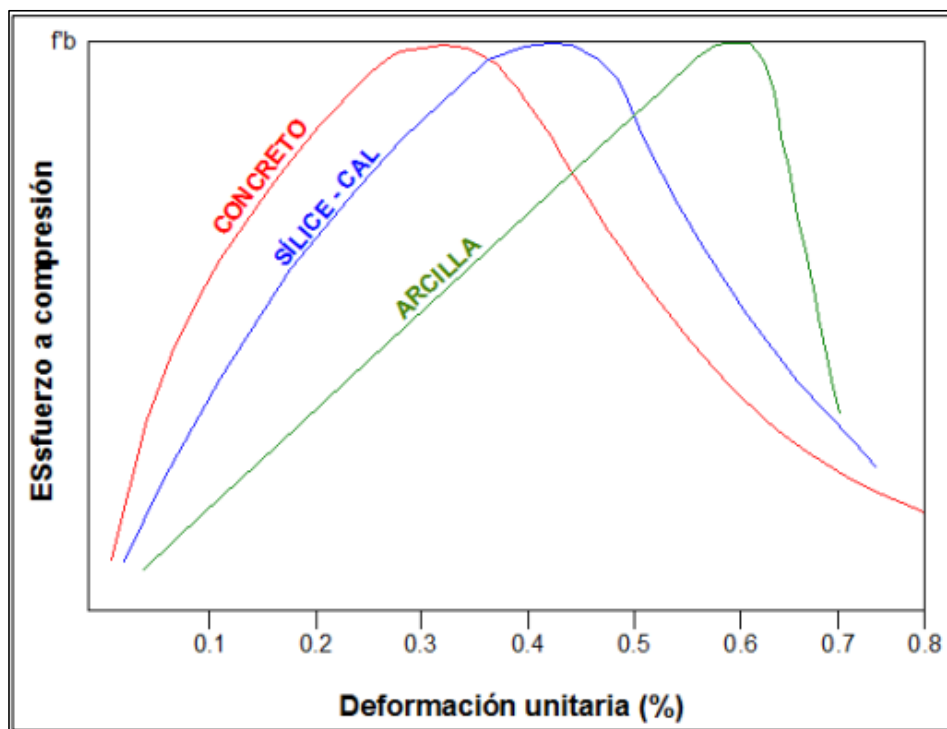


Figura 25. Curvas normalizadas esfuerzo vs deformación unitaria.

Fuente: Gallegos y Casabonne, 2005.



Los resultados de la deformación unitaria, el esfuerzo normal y el módulo de elasticidad del espécimen expresado en  $\text{kg/cm}^2$ , y para su cálculo se utiliza la fórmula que se muestra a continuación.

$$\varepsilon_u = \frac{\delta}{H}$$

Dónde:

- $\varepsilon_u$  : Deformación unitaria del espécimen.
- $\delta$  : Deformación general del espécimen, en (mm).
- H : Altura del espécimen, en (mm).

$$\sigma_n = \frac{W}{A}$$

Dónde:

- $\sigma_n$  : Esfuerzo normal del espécimen, en ( $\text{kg/cm}^2$ ).
- W : Carga estimada, en (kg).
- A : Promedio del área bruta del espécimen, en ( $\text{cm}^2$ ).

$$E_b = \frac{\sigma_n}{\varepsilon_u}$$

Dónde:

- $E_b$  : Módulo de elasticidad de la unidad, en ( $\text{kg/cm}^2$ ).
- $\sigma_n$  : Esfuerzo normal del espécimen, en ( $\text{kg/cm}^2$ ).
- $\varepsilon_u$  : Deformación unitaria del espécimen.

### 1.3.3. Albañilería simple:

#### Resistencia a la compresión (ensayo en pila):

Para Parro (2015), La pila es una probeta que resulta de la superposición de tres o más unidades de albañilería que cumpla con la relación altura – espesor entre 5 y 2. Para San Bartolomé, Quiun y Silva (2011), el ensayo a la compresión en pilas de albañilería se calcula en función al área bruta de la sección transversal y permite obtener la resistencia a compresión axial ( $f'm$ ), y en algunos casos si se cuenta con la instrumentación que permita registrar la deformación axial en la pila, se puede obtener el módulo de elasticidad de la albañilería ( $E_m$ ).

Según la Norma Técnica E.070 (2006), la resistencia a la compresión en pila puede variar según el tipo de ladrillo y el material del cual haya sido fabricado, así como se muestra en el cuadro 9.

Cuadro 9. Resistencia característica a la compresión en pila.

| MATERIA PRIMA              | DENOMINACIÓN          | PILA $f'm$ - Mpa<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------------------|-----------------------|---|
| Arcilla                    | King Kong artesanal   | 3.4 (35)                                  |
|                            | King Kong industrial  | 6.4 (65)                                  |
|                            | Rejilla industrial    | 8.3 (85)                                  |
| Sílice - cal               | King Kong normal      | 10.8 (110)                                |
|                            | Dédalo                | 9.3 (95)                                  |
|                            | Estándar y mecano (*) | 10.8 (110)                                |
| Concreto Bloque tipo P (*) |                       | 7.3 (74)                                  |
|                            |                       | 8.3 (85)                                  |
|                            |                       | 9.3 (95)                                  |
|                            |                       | 11.8 (120)                                |

(\*) Utilizados para la construcción de muros armados.

Fuente: Norma Técnica E.070, 2006.

Los resultados de la resistencia a la compresión en pila se expresaran en kg/cm<sup>2</sup>, y para su cálculo se tomaran en cuenta los valores que se muestra en el cuadro 10 y se utilizara la fórmula que se muestra a continuación, según como se indica en la NPT 399.605 (2005).

$$f'_m = C * \frac{W_{m\acute{a}x.}}{A}$$

Dónde:

$f'_m$  : Resistencia a la compresión del espécimen, en (kg/cm<sup>2</sup>).

$W_{m\acute{a}x.}$  : Máxima carga indicada por la máquina de ensayo, en (kg).

A : Promedio del área bruta de la superficie de contacto, en (cm<sup>2</sup>).

C : Coeficiente de esbeltez de acuerdo a la Norma Técnica E.70.

Cuadro 10. Factores de corrección de  $f'_m$  por esbeltez.

|                 | Coeficientes de corrección |      |      |      |      |      |
|-----------------|----------------------------|------|------|------|------|------|
| <b>Esbeltez</b> | 2.0                        | 2.5  | 3.0  | 4.0  | 4.5  | 5.0  |
| <b>Factor</b>   | 0.73                       | 0.80 | 0.91 | 0.95 | 0.98 | 1.00 |

Fuente: Norma Técnica E.070, 2006.

#### 1.4. Formulación del problema:

¿Cuáles son las propiedades físico – mecánicas del ladrillo artesanal y maquinado producido en el sector la Hermelinda de la ciudad de Trujillo, 2018?

#### 1.5. Justificación del estudio:

Este proyecto de investigación se realizara porque las unidades de albañilería que son producidos artesanalmente y maquinado se utiliza a gran magnitud en la construcción de edificaciones de albañilería confinada, especialmente en las urbanizaciones que se encuentran en desarrollo en la ciudad de Trujillo; y en la mayoría de las viviendas nos hemos percatado a simple vista que las unidades de albañilería tienes variaciones en su color, dimensiones y textura, por lo que consideramos que estas unidades de albañilería no estarían preparados para la construcción de muros estructurales.

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 establece una clasificación de las unidades de albañilería para efectos del diseño estructural, que está en función de su variación dimensional, alabeo y de la resistencia característica a la compresión, lo que

indica que las ladrilleras que producen este material estén obligadas a realizar dichos ensayos para clasificar sus unidades de albañilería, y luego venderlas según su clase; pero las ladrilleras artesanales y maquinado no realizan estos ensayos, incumpliendo con lo que establece la norma; como también sus proporciones de materiales que utilizan para la producción de las unidades de albañilería son variables en función a la experiencia de cada trabajador y productor.

En este proyecto se estudiara las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos producidos en el sector la Hermelinda de la ciudad de Trujillo, para luego verificar si cumplen con los parámetros establecidos en las normas y clasificarlos de acuerdo a estas, lo que brindara una base de datos estadísticos y ayudara a plantearse nuevos proyectos de investigación como por ejemplo: cómo podemos mejorar la calidad de este material tan indispensable en la construcción actual sin elevar su costo de producción y también estudiar las demás ladrilleras que producen este material y así contar con una base de datos más amplia de todas las ladrilleras que abastecen a los constructores en la ciudad de Trujillo y plantear nuevos métodos de la mejora del material.

Este proyecto de investigación será de gran ayuda para los constructores ya que se obtendrá una base de datos estadísticos de la calidad y la clasificación según norma del ladrillo de las ladrilleras estudiadas y; pero principalmente será de mayor provecho para las personas que producen este material ya que presentara un guía del proceso de fabricación del ladrillo artesanal y maquinado en la cual se plantearan recomendaciones de cómo mejorar el proceso de fabricación de la unidad de albañilería lo que permitirá obtener un material de mejor calidad, sin elevar su costo.

## **1.6. Hipótesis:**

Los resultados de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería ensayadas, de las ladrilleras artesanales del señor Segundo Castañeda Briceño (Ladrillera 1) y del señor Juan Rodríguez Aredo (Ladrillera 2) y de la ladrillera maquinado del señor Santos Salazar Reyna (Ladrillera 3) cumplan con los parámetros mínimos que establece la norma E.070 de Albañilería.

## **1.7. Objetivos:**

### **A. Objetivo general:**

Evaluar las propiedades físico – mecánicas del ladrillo artesanal y maquinado producido en el sector la Hermelinda de la ciudad de Trujillo, 2018.

### **B. Objetivos específicos:**

- Determinar las propiedades físico – mecánicas de la unidad de albañilería artesanal, mediante los ensayos de variación dimensional, alabeo, absorción, succión y resistencia a la compresión.
- Determinar las propiedades mecánicas de la albañilería simple artesanal, mediante el ensayo en pilas (resistencia a la compresión).
- Determinar las propiedades físico – mecánicas de la unidad de albañilería maquinada, mediante los ensayos de variación dimensional, alabeo, absorción, succión y resistencia a la compresión.
- Determinar las propiedades mecánicas de la albañilería simple maquinada, mediante el ensayo en pilas (resistencia a la compresión).
- Verificar de acuerdo las normativas, la clasificación de los ladrillos ensayados.
- Realizar una guía con el procedimiento y proporciones de materiales a usar para la fabricación de los ladrillos artesanales y maquinados.

## II. MÉTODOS

### 2.1. Diseño de investigación:

Hernández, Roberto, Collado, Roberto, Baptista y Pilar (2014), dicen que cuando el diseño de investigación no es experimental las variables en estudio no deben ser manipuladas ni alteradas, ya que no se pueden cambiar intencionalmente las variables independientes para determinar el efecto que causa en las variables dependientes, si no que se debe trabajar tal cual, mejor dicho de manera natural.

Tomando en cuenta estos términos, y cómo no se modificará de manera intencional las variables estudiadas por lo que se tomarán con su forma original sin ninguna interferencia o alteración, el diseño de la investigación es descriptiva no experimental – de clase transversal y descriptiva simple.

Se evaluarán las características físicas y mecánicas de las unidades de albañilería artesanal y maquinada cuyo esquema es:



Dónde:

$G$  = Grupo o muestra.

$O$  = Observación de las propiedades del ladrillo.

## 2.2. Variables, Operacionalización:

Cuadro 11. Variables de Operacionalización.

| <b>Variable</b>     | <b>Dimensión</b>      | <b>Definición conceptual</b>   | <b>Definición operacional</b>  | <b>Indicadores</b>                | <b>Escala de medición</b> |
|---------------------|-----------------------|--|--|-----------------------------------|---------------------------|
| Propiedades físicas | Variación dimensional | La mayor variación dimensional conduce a un mayor grosor de las juntas de mortero y a su vez reduce la resistencia a la compresión y al corte de la albañilería (San Bartolomé, 1994). | Se tomarán las medidas de los ladrillos, para ser más exactos se utilizará un fluxómetro (wincha).   | En unidades:<br>De porcentaje (%) | Cuantitativa razón        |
|                     | Alabeo                | La mayor concavidad o convexidad conduce a la formación de espacios libres ladrillo – mortero (San Bartolomé, 1994).   | Para determinar el alabeo en las unidades de albañilería se realizará con una regla metálica.  | En unidades:<br>milímetros        | Cuantitativa razón        |
|                     | Absorción             | Es la cantidad de agua que absorbe una unidad en 24 horas de inmersión (San Bartolomé, 1994).  | En un recipiente con agua se colocarán las unidades de albañilería totalmente sumergidas durante 24 horas para luego verificar su absorción. | En unidades:<br>De porcentaje (%) | Cuantitativa razón        |

Cuadro 12. Variables de Operacionalización.

| <b>Variable</b>    | <b>Dimensión</b>            | <b>Definición conceptual</b>   | <b>Definición operacional</b>   | <b>Indicadores</b>                        | <b>Escala de medición</b> |
|--------------------|-----------------------------|--|---|---|---------------------------|
| Propiedad física   | Succión                     | Es la velocidad con la que la unidad absorbe el agua del mortero (San Bartolomé, 1994).  | Se colocara un ladrillo en un recipiente en el cual se verterá agua a pocas proporciones.                                   | En unidades: Gr/(200cm <sup>2</sup> -min) | Cuantitativa razón        |
| Propiedad mecánica | Resistencia a la compresión | La resistencia a la compresión es la división a la carga máxima entre el área bruta, sea la unidad hueca o solida (San Bartolomé, 1994). | Ya sea en unidad o en pila se colocara sobre cuya superficie de asiento una capa de yeso para luego colocarlo en la prensa. | En unidades: Kg/cm <sup>2</sup>           | Cuantitativa razón        |



## 2.3. Población y muestra:

### 2.3.1. Población:

Todas las unidades de albañilería que producen las ladrilleras artesanales y maquinadas en el sector la Hermelinda de la ciudad de Trujillo.

### 2.3.2. Muestra:

Son las unidades de albañilería producidas en las ladrilleras artesanales del señor Segundo Castañeda Briceño (Ladrillera 1) y del señor Juan Rodríguez Aredo (Ladrillera 2) y de la ladrillera maquinado del señor Santos Salazar Reyna (Ladrillera 3), ubicadas en el sector la Hermelinda de la ciudad de Trujillo que se ha seleccionado a criterio propio, por su ubicación y fabricación, así como se muestra a continuación en los cuadros 13, 14 y 15.

Cuadro 13. Número de especímenes para las unidades de albañilería.

| Unidades de albañilería (NTP 399.613 – 2005) |                  | # de ladrilleras | Total de especímenes |
|--|------------------|------------------|----------------------|
| Ensayos                                      | # de especímenes |                  |                      |
| Variación dimensional                        | Mín. 10 (10)     | 3                | 30                   |
| Alabeo                                       | Mín. 10 (10)     |                  | 30                   |
| Absorción                                    | Mín. 5 (10)      |                  | 30                   |
| Succión                                      | Mín. 5 (10)      |                  | 30                   |
| Resistencia a la compresión                  | Mín. 5 (10)      |                  | 30                   |
| <b>TOTAL</b>                                 | <b>35 50</b>     |                  | <b>150</b>           |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro 14. Número de especímenes para la albañilería simple.

| Albañilería simple (NTP 399.605 – 2005) |                  |               | Subtotal de esp. | # de ladrilleras | Total de esp. |
|---|------------------|---------------|------------------|------------------|---------------|
| Ensayos                                 | # de especímenes | # de muestras |                  |                  |               |
| Resistencia a la compresión en pila     | Mín. 3 (4)       | Mín. 3 (5)    | 20               | 3                | 60            |
| <b>TOTAL</b>                            | <b>4</b>         | <b>5</b>      | <b>20</b>        |                  | <b>60</b>     |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Cuadro 15. Número total de especímenes.

| <b>Ensayos</b>        | <b># de especímenes</b> | <b># de ladrilleras</b> | <b>Total de especímenes</b> |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Unidad de albañilería | 50                      | 3                       | 150                         |
| Albañilería simple    | 20                      |                         | 60                          |
| <b>TOTAL</b>          | <b>70</b>               |                         | <b>210</b>                  |

Fuente: Elaboración propia, 2018.

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

### **A. Técnicas:**

Se utilizara la técnica de la observación, la entrevista y además también la revisión de documentos, porque me permitirán recoger los datos necesarios para su posterior procesamiento y emisión de resultados.

### **B. Instrumentos:**

Los instrumentos para la recolección de datos serán las fichas de observación, un video cámara, un fluxómetro, una regla metálica, como también las maquinarias que se utilizaran en el laboratorio para determinas las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería.

### **C. Validez y confiabilidad:**

Las técnicas utilizadas en la recolección de datos son confiables ya que nos permitirán obtener resultados reales para el estudio y la investigación, los instrumentos también fueron validados por los profesionales especialistas del laboratorio en donde se realizarán los ensayos.

## **2.5. Métodos de análisis de datos:**

Para el procesamiento de los datos y la obtención de los resultados de la investigación se utilizará el software Excel 2013, Word 2013, Auto CAD 2016 – english y power point 2013.

## **2.6. Aspectos éticos:**

La información trabajada será fiel reflejo de las documentaciones brindadas por el laboratorio utilizado para realizar los ensayos correspondientes, como también se cuenta con los permisos de los dueños de las ladrilleras que se tomaran como muestra para dicha investigación. El investigador se compromete que está bajo su responsabilidad la veracidad de los resultados que se obtuvieron en la investigación.

### **III. RESULTADOS**

#### **3.1. Resultados de las propiedades físico – mecánicas de la unidad de albañilería artesanal y maquinada:**

##### **3.1.1. Variación dimensional:**

###### **A. Procedimiento:**

Para realizar las medidas a las unidades de albañilería se utilizó una regla metálica con aproximación al milímetro.

La cantidad de especímenes que se ensayó fueron de 10 unidades enteras y secas por cada ladrillera, las cuales se limpiaron el polvo adherido a las superficies con una brocha.

Las medidas que se tomaron del ladrillo son su largo, su ancho y su altura, lo cual se colocó la unidad en un apoyo plano y nivelado, luego se tomaron cuatro puntos del lado que se deseó medir ya sea largo, ancho o altura del ladrillo de los cuales se tomaron cuatro medidas con una aproximación al milímetro.

Luego se calculó el promedio de estas medidas con una aproximación de 0.5 mm, lo que permitió calcular la variación de las dimensiones de los especímenes ensayados. Este procedimiento se aplicó para todos los lados de la unidad y todos los especímenes a ensayados.

## B. Resultados:

Cuadro 16. Longitud de la ladrillera 1 - artesanal.

| MUESTRA  | LARGO (mm) |        |        |        | LARGO PROM.   | POR CADA ESPECÍMEN |           |
|--|------------|--------|--------|--------|---------------|--------------------|-----------|
|  | L1         | L2     | L3     | L4     |               | $\delta$           | C. V. (%) |
| L1-VD-1  | 210.00     | 213.00 | 213.00 | 212.00 | 212.00        | 1.41               | 0.67      |
| L1-VD-2  | 211.00     | 212.00 | 215.00 | 212.00 | 212.50        | 1.73               | 0.82      |
| L1-VD-3  | 215.00     | 212.00 | 210.00 | 212.00 | 212.25        | 2.06               | 0.97      |
| L1-VD-4  | 211.00     | 212.00 | 212.00 | 212.00 | 211.75        | 0.50               | 0.24      |
| L1-VD-5  | 213.00     | 211.00 | 213.00 | 212.00 | 212.25        | 0.96               | 0.45      |
| L1-VD-6  | 210.00     | 211.00 | 211.00 | 211.00 | 210.75        | 0.50               | 0.24      |
| L1-VD-7  | 212.00     | 212.00 | 212.00 | 212.00 | 212.00        | 0.00               | 0.00      |
| L1-VD-8  | 213.00     | 211.00 | 213.00 | 213.00 | 212.50        | 1.00               | 0.47      |
| L1-VD-9  | 212.00     | 213.00 | 211.00 | 211.00 | 211.75        | 0.96               | 0.45      |
| L1-VD-10   | 212.00     | 211.00 | 212.00 | 213.00 | 212.00        | 0.82               | 0.39      |
| <b>PROMEDIO (mm) =</b>                             |            |        |        |        | <b>211.98</b> |                    |           |
| <b>DIMENSIÓN ESPECIFICADA D. E. (mm) =</b>         |            |        |        |        | <b>210.00</b> |                    |           |
| <b>DESVIACIÓN ESTANDAR (<math>\delta</math>) =</b> |            |        |        |        | <b>0.51</b>   |                    |           |
| <b>VARIACIÓN DIMENSIONAL V. D. (%) =</b>           |            |        |        |        | <b>-0.94</b>  |                    |           |
| <b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN C. V. (%) =</b>        |            |        |        |        | <b>0.24</b>   |                    |           |

Cuadro 17. Ancho de la ladrillera 1 - artesanal.

| MUESTRA  | ANCHO (mm) |        |        |        | ANCHO PROM.   | POR CADA ESPECÍMEN |           |
|--|------------|--------|--------|--------|---------------|--------------------|-----------|
|  | A1         | A2     | A3     | A4     |               | $\delta$           | C. V. (%) |
| L1-VD-1  | 110.00     | 108.00 | 110.00 | 108.00 | 109.00        | 1.15               | 1.06      |
| L1-VD-2  | 107.00     | 108.00 | 110.00 | 110.00 | 108.75        | 1.50               | 1.38      |
| L1-VD-3  | 110.00     | 110.00 | 108.00 | 109.00 | 109.25        | 0.96               | 0.88      |
| L1-VD-4  | 109.00     | 110.00 | 110.00 | 110.00 | 109.75        | 0.50               | 0.46      |
| L1-VD-5  | 109.00     | 110.00 | 110.00 | 108.00 | 109.25        | 0.96               | 0.88      |
| L1-VD-6  | 110.00     | 109.00 | 109.00 | 108.00 | 109.00        | 0.82               | 0.75      |
| L1-VD-7  | 110.00     | 109.00 | 110.00 | 110.00 | 109.75        | 0.50               | 0.46      |
| L1-VD-8  | 110.00     | 109.00 | 110.00 | 108.00 | 109.25        | 0.96               | 0.88      |
| L1-VD-9  | 107.00     | 110.00 | 108.00 | 108.00 | 108.25        | 1.26               | 1.16      |
| L1-VD-10   | 108.00     | 110.00 | 110.00 | 108.00 | 109.00        | 1.15               | 1.06      |
| <b>PROMEDIO (mm) =</b>                             |            |        |        |        | <b>109.13</b> |                    |           |
| <b>DIMENSIÓN ESPECIFICADA D. E. (mm) =</b>         |            |        |        |        | <b>110.00</b> |                    |           |
| <b>DESVIACIÓN ESTANDAR (<math>\delta</math>) =</b> |            |        |        |        | <b>0.44</b>   |                    |           |
| <b>VARIACIÓN DIMENSIONAL V. D. (%) =</b>           |            |        |        |        | <b>0.80</b>   |                    |           |
| <b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN C. V. (%) =</b>        |            |        |        |        | <b>0.41</b>   |                    |           |

Cuadro 18. Altura de la ladrillera 1 - artesanal.

| MUESTRA  | ALTURA (mm) |       |       |       | ALTURA PROM. | POR CADA ESPECÍMEN |           |
|--|-------------|-------|-------|-------|--------------|--------------------|-----------|
|  | H1          | H2    | H3    | H4    |              | $\delta$           | C. V. (%) |
| L1-VD-1  | 85.00       | 85.00 | 80.00 | 85.00 | 83.75        | 2.50               | 2.99      |
| L1-VD-2  | 85.00       | 85.00 | 87.00 | 85.00 | 85.50        | 1.00               | 1.17      |
| L1-VD-3  | 86.00       | 85.00 | 86.00 | 86.00 | 85.75        | 0.50               | 0.58      |
| L1-VD-4  | 85.00       | 85.00 | 86.00 | 85.00 | 85.25        | 0.50               | 0.59      |
| L1-VD-5  | 85.00       | 85.00 | 85.00 | 86.00 | 85.25        | 0.50               | 0.59      |
| L1-VD-6  | 86.00       | 85.00 | 86.00 | 86.00 | 85.75        | 0.50               | 0.58      |
| L1-VD-7  | 85.00       | 85.00 | 87.00 | 85.00 | 85.50        | 1.00               | 1.17      |
| L1-VD-8  | 86.00       | 86.00 | 85.00 | 86.00 | 85.75        | 0.50               | 0.58      |
| L1-VD-9  | 86.00       | 86.00 | 85.00 | 85.00 | 85.50        | 0.58               | 0.68      |
| L1-VD-10   | 86.00       | 86.00 | 85.00 | 86.00 | 85.75        | 0.50               | 0.58      |
| <b>PROMEDIO (mm) =</b>                             |             |       |       |       | <b>85.38</b> |                    |           |
| <b>DIMENSIÓN ESPECIFICADA D. E. (mm) =</b>         |             |       |       |       | <b>85.00</b> |                    |           |
| <b>DESVIACIÓN ESTANDAR (<math>\delta</math>) =</b> |             |       |       |       | <b>0.60</b>  |                    |           |
| <b>VARIACIÓN DIMENSIONAL V. D. (%) =</b>           |             |       |       |       | <b>-0.44</b> |                    |           |
| <b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN C. V. (%) =</b>        |             |       |       |       | <b>0.71</b>  |                    |           |

Cuadro 19. Longitud de la ladrillera 2 - artesanal.

| MUESTRA  | LARGO (mm) |        |        |        | LARGO PROM.   | POR CADA ESPECÍMEN |           |
|--|------------|--------|--------|--------|---------------|--------------------|-----------|
|  | L1         | L2     | L3     | L4     |               | $\delta$           | C. V. (%) |
| L2-VD-1  | 212.00     | 209.00 | 209.00 | 204.00 | 208.50        | 3.32               | 1.59      |
| L2-VD-2  | 208.00     | 210.00 | 205.00 | 210.00 | 208.25        | 2.36               | 1.13      |
| L2-VD-3  | 204.00     | 208.00 | 205.00 | 208.00 | 206.25        | 2.06               | 1.00      |
| L2-VD-4  | 205.00     | 206.00 | 207.00 | 206.00 | 206.00        | 0.82               | 0.40      |
| L2-VD-5  | 210.00     | 208.00 | 208.00 | 207.00 | 208.25        | 1.26               | 0.60      |
| L2-VD-6  | 209.00     | 208.00 | 207.00 | 210.00 | 208.50        | 1.29               | 0.62      |
| L2-VD-7  | 206.00     | 208.00 | 209.00 | 207.00 | 207.50        | 1.29               | 0.62      |
| L2-VD-8  | 208.00     | 210.00 | 210.00 | 208.00 | 209.00        | 1.15               | 0.55      |
| L2-VD-9  | 209.00     | 210.00 | 207.00 | 209.00 | 208.75        | 1.26               | 0.60      |
| L2-VD-10   | 209.00     | 207.00 | 206.00 | 208.00 | 207.50        | 1.29               | 0.62      |
| <b>PROMEDIO (mm) =</b>                             |            |        |        |        | <b>207.85</b> |                    |           |
| <b>DIMENSIÓN ESPECIFICADA D. E. (mm) =</b>         |            |        |        |        | <b>210.00</b> |                    |           |
| <b>DESVIACIÓN ESTANDAR (<math>\delta</math>) =</b> |            |        |        |        | <b>1.03</b>   |                    |           |
| <b>VARIACIÓN DIMENSIONAL V. D. (%) =</b>           |            |        |        |        | <b>1.02</b>   |                    |           |
| <b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN C. V. (%) =</b>        |            |        |        |        | <b>0.49</b>   |                    |           |

Cuadro 20. Ancho de la ladrillera 2 - artesanal.

| MUESTRA  | ANCHO (mm) |        |        |        | ANCHO PROM.   | POR CADA ESPECÍMEN |           |
|--|------------|--------|--------|--------|---------------|--------------------|-----------|
|  | A1         | A2     | A3     | A4     |               | $\delta$           | C. V. (%) |
| L2-VD-1  | 106.00     | 106.00 | 105.00 | 103.00 | 105.00        | 1.41               | 1.35      |
| L2-VD-2  | 107.00     | 106.00 | 102.00 | 101.00 | 104.00        | 2.94               | 2.83      |
| L2-VD-3  | 105.00     | 105.00 | 103.00 | 102.00 | 103.75        | 1.50               | 1.45      |
| L2-VD-4  | 105.00     | 106.00 | 105.00 | 103.00 | 104.75        | 1.26               | 1.20      |
| L2-VD-5  | 107.00     | 105.00 | 106.00 | 105.00 | 105.75        | 0.96               | 0.91      |
| L2-VD-6  | 105.00     | 107.00 | 105.00 | 106.00 | 105.75        | 0.96               | 0.91      |
| L2-VD-7  | 103.00     | 105.00 | 104.00 | 103.00 | 103.75        | 0.96               | 0.92      |
| L2-VD-8  | 107.00     | 104.00 | 107.00 | 105.00 | 105.75        | 1.50               | 1.42      |
| L2-VD-9  | 106.00     | 105.00 | 106.00 | 107.00 | 106.00        | 0.82               | 0.77      |
| L2-VD-10   | 107.00     | 110.00 | 106.00 | 105.00 | 107.00        | 2.16               | 2.02      |
| <b>PROMEDIO (mm) =</b>                             |            |        |        |        | <b>105.15</b> |                    |           |
| <b>DIMENSIÓN ESPECIFICADA D. E. (mm) =</b>         |            |        |        |        | <b>105.00</b> |                    |           |
| <b>DESVIACIÓN ESTANDAR (<math>\delta</math>) =</b> |            |        |        |        | <b>1.09</b>   |                    |           |
| <b>VARIACIÓN DIMENSIONAL V. D. (%) =</b>           |            |        |        |        | <b>-0.14</b>  |                    |           |
| <b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN C. V. (%) =</b>        |            |        |        |        | <b>1.03</b>   |                    |           |

Cuadro 21. Altura de la ladrillera 2 - artesanal.

| MUESTRA  | ALTURA (mm) |       |       |       | ALTURA PROM. | POR CADA ESPECÍMEN |           |
|--|-------------|-------|-------|-------|--------------|--------------------|-----------|
|  | H1          | H2    | H3    | H4    |              | $\delta$           | C. V. (%) |
| L2-VD-1  | 86.00       | 86.00 | 85.00 | 85.00 | 85.50        | 0.58               | 0.68      |
| L2-VD-2  | 86.00       | 85.00 | 86.00 | 85.00 | 85.50        | 0.58               | 0.68      |
| L2-VD-3  | 85.00       | 84.00 | 85.00 | 85.00 | 84.75        | 0.50               | 0.59      |
| L2-VD-4  | 84.00       | 86.00 | 87.00 | 84.00 | 85.25        | 1.50               | 1.76      |
| L2-VD-5  | 85.00       | 84.00 | 86.00 | 84.00 | 84.75        | 0.96               | 1.13      |
| L2-VD-6  | 86.00       | 85.00 | 87.00 | 86.00 | 86.00        | 0.82               | 0.95      |
| L2-VD-7  | 86.00       | 85.00 | 87.00 | 87.00 | 86.25        | 0.96               | 1.11      |
| L2-VD-8  | 86.00       | 84.00 | 85.00 | 86.00 | 85.25        | 0.96               | 1.12      |
| L2-VD-9  | 86.00       | 84.00 | 85.00 | 87.00 | 85.50        | 1.29               | 1.51      |
| L2-VD-10   | 84.00       | 84.00 | 87.00 | 88.00 | 85.75        | 2.06               | 2.40      |
| <b>PROMEDIO (mm) =</b>                             |             |       |       |       | <b>85.45</b> |                    |           |
| <b>DIMENSIÓN ESPECIFICADA D. E. (mm) =</b>         |             |       |       |       | <b>85.00</b> |                    |           |
| <b>DESVIACIÓN ESTANDAR (<math>\delta</math>) =</b> |             |       |       |       | <b>0.48</b>  |                    |           |
| <b>VARIACIÓN DIMENSIONAL V. D. (%) =</b>           |             |       |       |       | <b>-0.53</b> |                    |           |
| <b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN C. V. (%) =</b>        |             |       |       |       | <b>0.57</b>  |                    |           |

Cuadro 22. Longitud de la ladrillera 3 - maquinado.

| MUESTRA  | LARGO (mm) |        |        |        | LARGO PROM.   | POR CADA ESPECÍMEN |           |
|--|------------|--------|--------|--------|---------------|--------------------|-----------|
|  | L1         | L2     | L3     | L4     |               | $\delta$           | C. V. (%) |
| L3-VD-1  | 218.00     | 213.00 | 210.00 | 211.00 | 213.00        | 3.56               | 1.67      |
| L3-VD-2  | 212.00     | 213.00 | 215.00 | 214.00 | 213.50        | 1.29               | 0.60      |
| L3-VD-3  | 217.00     | 218.00 | 220.00 | 216.00 | 217.75        | 1.71               | 0.78      |
| L3-VD-4  | 217.00     | 220.00 | 217.00 | 218.00 | 218.00        | 1.41               | 0.65      |
| L3-VD-5  | 217.00     | 218.00 | 218.00 | 218.00 | 217.75        | 0.50               | 0.23      |
| L3-VD-6  | 218.00     | 218.00 | 216.00 | 217.00 | 217.25        | 0.96               | 0.44      |
| L3-VD-7  | 220.00     | 218.00 | 217.00 | 219.00 | 218.50        | 1.29               | 0.59      |
| L3-VD-8  | 217.00     | 216.00 | 218.00 | 218.00 | 217.25        | 0.96               | 0.44      |
| L3-VD-9  | 217.00     | 215.00 | 218.00 | 218.00 | 217.00        | 1.41               | 0.65      |
| L3-VD-10   | 217.00     | 218.00 | 218.00 | 217.00 | 217.50        | 0.58               | 0.27      |
| <b>PROMEDIO (mm) =</b>                             |            |        |        |        | <b>216.75</b> |                    |           |
| <b>DIMENSIÓN ESPECIFICADA D. E. (mm) =</b>         |            |        |        |        | <b>215.00</b> |                    |           |
| <b>DESVIACIÓN ESTANDAR (<math>\delta</math>) =</b> |            |        |        |        | <b>1.90</b>   |                    |           |
| <b>VARIACIÓN DIMENSIONAL V. D. (%) =</b>           |            |        |        |        | <b>-0.81</b>  |                    |           |
| <b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN C. V. (%) =</b>        |            |        |        |        | <b>0.88</b>   |                    |           |

Cuadro 23. Ancho de la ladrillera 3 - maquinado.

| MUESTRA  | ANCHO (mm) |        |        |        | ANCHO PROM.   | POR CADA ESPECÍMEN |           |
|--|------------|--------|--------|--------|---------------|--------------------|-----------|
|  | A1         | A2     | A3     | A4     |               | $\delta$           | C. V. (%) |
| L3-VD-1  | 113.00     | 113.00 | 111.00 | 113.00 | 112.50        | 1.00               | 0.89      |
| L3-VD-2  | 113.00     | 111.00 | 113.00 | 113.00 | 112.50        | 1.00               | 0.89      |
| L3-VD-3  | 111.00     | 111.00 | 113.00 | 113.00 | 112.00        | 1.15               | 1.03      |
| L3-VD-4  | 111.00     | 111.00 | 112.00 | 112.00 | 111.50        | 0.58               | 0.52      |
| L3-VD-5  | 113.00     | 111.00 | 113.00 | 112.00 | 112.25        | 0.96               | 0.85      |
| L3-VD-6  | 112.00     | 112.00 | 110.00 | 111.00 | 111.25        | 0.96               | 0.86      |
| L3-VD-7  | 112.00     | 113.00 | 111.00 | 110.00 | 111.50        | 1.29               | 1.16      |
| L3-VD-8  | 113.00     | 112.00 | 114.00 | 113.00 | 113.00        | 0.82               | 0.72      |
| L3-VD-9  | 113.00     | 112.00 | 112.00 | 112.00 | 112.25        | 0.50               | 0.45      |
| L3-VD-10   | 113.00     | 112.00 | 113.00 | 112.00 | 112.50        | 0.58               | 0.51      |
| <b>PROMEDIO (mm) =</b>                             |            |        |        |        | <b>112.13</b> |                    |           |
| <b>DIMENSIÓN ESPECIFICADA D. E. (mm) =</b>         |            |        |        |        | <b>115.00</b> |                    |           |
| <b>DESVIACIÓN ESTANDAR (<math>\delta</math>) =</b> |            |        |        |        | <b>0.56</b>   |                    |           |
| <b>VARIACIÓN DIMENSIONAL V. D. (%) =</b>           |            |        |        |        | <b>2.50</b>   |                    |           |
| <b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN C. V. (%) =</b>        |            |        |        |        | <b>0.50</b>   |                    |           |



Cuadro 24. Altura de la ladrillera 3 - maquinado.

| MUESTRA  | ALTURA (mm) |       |       |       | ALTURA PROM. | POR CADA ESPECÍMEN |             |
|--|-------------|-------|-------|-------|--------------|--------------------|-------------|
|  | H1          | H2    | H3    | H4    |              | $\delta$           | C. V. (%)   |
| L3-VD-1  | 93.00       | 94.00 | 93.00 | 93.00 | 93.25        | <b>0.50</b>        | <b>0.54</b> |
| L3-VD-2  | 92.00       | 93.00 | 93.00 | 93.00 | 92.75        | <b>0.50</b>        | <b>0.54</b> |
| L3-VD-3  | 93.00       | 93.00 | 92.00 | 91.00 | 92.25        | <b>0.96</b>        | <b>1.04</b> |
| L3-VD-4  | 93.00       | 92.00 | 93.00 | 92.00 | 92.50        | <b>0.58</b>        | <b>0.62</b> |
| L3-VD-5  | 92.00       | 92.00 | 91.00 | 91.00 | 91.50        | <b>0.58</b>        | <b>0.63</b> |
| L3-VD-6  | 93.00       | 91.00 | 92.00 | 92.00 | 92.00        | <b>0.82</b>        | <b>0.89</b> |
| L3-VD-7  | 91.00       | 92.00 | 91.00 | 93.00 | 91.75        | <b>0.96</b>        | <b>1.04</b> |
| L3-VD-8  | 93.00       | 91.00 | 93.00 | 92.00 | 92.25        | <b>0.96</b>        | <b>1.04</b> |
| L3-VD-9  | 92.00       | 93.00 | 90.00 | 91.00 | 91.50        | <b>1.29</b>        | <b>1.41</b> |
| L3-VD-10   | 93.00       | 93.00 | 91.00 | 93.00 | 92.50        | <b>1.00</b>        | <b>1.08</b> |
| <b>PROMEDIO (mm) =</b>                             |             |       |       |       | <b>92.23</b> |                    |             |
| <b>DIMENSIÓN ESPECIFICADA D. E. (mm) =</b>         |             |       |       |       | <b>95.00</b> |                    |             |
| <b>DESVIACIÓN ESTANDAR (<math>\delta</math>) =</b> |             |       |       |       | <b>0.56</b>  |                    |             |
| <b>VARIACIÓN DIMENSIONAL V. D. (%) =</b>           |             |       |       |       | <b>2.92</b>  |                    |             |
| <b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN C. V. (%) =</b>        |             |       |       |       | <b>0.61</b>  |                    |             |

**C. Resumen:**

Cuadro 25. Resumen de resultados para cada ladrillera.

| DIMENSIONES                                      |               | LADRILLERAS |        |        |
|--|---------------|-------------|--------|--------|
|  |               | L1          | L2     | L3     |
| <b>PROMEDIO (mm)</b>                             | <b>Largo</b>  | 211.98      | 207.85 | 216.75 |
|  | <b>Ancho</b>  | 109.13      | 105.15 | 112.13 |
|  | <b>Altura</b> | 85.38       | 85.45  | 92.23  |
| <b>DIMENSIÓN ESPECIFICADA D. E. (mm)</b>         | <b>Largo</b>  | 210.00      | 210.00 | 215.00 |
|  | <b>Ancho</b>  | 110.00      | 105.00 | 115.00 |
|  | <b>Altura</b> | 85.00       | 85.00  | 95.00  |
| <b>DESVIACIÓN ESTANDAR (<math>\delta</math>)</b> | <b>Largo</b>  | 0.51        | 1.03   | 1.90   |
|  | <b>Ancho</b>  | 0.44        | 1.09   | 0.56   |
|  | <b>Altura</b> | 0.60        | 0.48   | 0.56   |
| <b>VARIACIÓN DIMENSIONAL V. D. (%)</b>           | <b>Largo</b>  | -0.94       | 1.02   | -0.81  |
|  | <b>Ancho</b>  | 0.80        | -0.14  | 2.50   |
|  | <b>Altura</b> | -0.44       | -0.53  | 2.92   |
| <b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN C. V. (%)</b>        | <b>Largo</b>  | 0.24        | 0.49   | 0.88   |
|  | <b>Ancho</b>  | 0.41        | 1.03   | 0.50   |
|  | <b>Altura</b> | 0.71        | 0.57   | 0.61   |

### **3.1.2. Alabeo:**

#### **A. Procedimiento:**

Para determinar el alabeo en las unidades de albañilería se utilizaron como herramientas una regla de acero graduada a un milímetro y dos cuñas también graduadas a un milímetro.

Las unidades empleadas para este ensayo se tomaron las mismas que se emplearon para el ensayo de variación dimensional.

Para medir la concavidad o convexidad de una de las caras de un espécimen primero se colocó la unidad sobre una superficie lisa y plana, luego para medir la cara superior se utilizó la regla metálica como referencia diagonal de esquina a esquina de la unidad, para luego con las cuñas medir la concavidad y convexidad de la cara del ladrillo.

Luego para medir la otra cara se utilizó la base lisa que permitió identificar si la unidad es cóncava y convexa y utilizando las cuñas se determinó su medida.

Por último se anotaron los datos que permitieron calcular el alabeo de la unidad de albañilería.

Se utilizó el mismo procedimiento para los demás especímenes a ensayados.

**B. Resultados:**

Cuadro 26. Alabeo de la ladrillera 1 - artesanal.

| MUESTRA           | CARA A        |               | CARA B        |               | ALABEO PROMEDIO |               |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|
|                   | CÓNC.<br>(mm) | CONV.<br>(mm) | CÓNC.<br>(mm) | CONV.<br>(mm) | CÓNC.<br>(mm)   | CONV.<br>(mm) |
| L1-A-1            | 0.00          | 0.50          | 0.00          | 0.50          | 0.00            | 0.50          |
| L1-A-2            | 0.50          | 0.00          | 0.50          | 0.00          | 0.50            | 0.00          |
| L1-A-3            | 0.00          | 1.00          | 0.00          | 0.70          | 0.00            | 0.85          |
| L1-A-4            | 0.50          | 0.00          | 0.50          | 0.00          | 0.50            | 0.00          |
| L1-A-5            | 0.70          | 0.00          | 0.70          | 0.00          | 0.70            | 0.00          |
| L1-A-6            | 0.00          | 0.50          | 0.50          | 0.50          | 0.25            | 0.50          |
| L1-A-7            | 0.50          | 0.50          | 0.00          | 0.50          | 0.25            | 0.50          |
| L1-A-8            | 0.00          | 0.50          | 0.00          | 0.50          | 0.00            | 0.50          |
| L1-A-9            | 1.00          | 0.00          | 0.50          | 0.00          | 0.75            | 0.00          |
| L1-A-10           | 0.50          | 0.00          | 0.50          | 0.00          | 0.50            | 0.00          |
| <b>PROMEDIO =</b> |               |               |               |               | <b>0.35</b>     | <b>0.29</b>   |

Cuadro 27. Alabeo de la ladrillera 2 - artesanal.

| MUESTRA           | CARA A        |               | CARA B        |               | ALABEO PROMEDIO |               |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|
|                   | CÓNC.<br>(mm) | CONV.<br>(mm) | CÓNC.<br>(mm) | CONV.<br>(mm) | CÓNC.<br>(mm)   | CONV.<br>(mm) |
| L2-A-1            | 1.50          | 2.00          | 0.00          | 2.00          | 0.75            | 2.00          |
| L2-A-2            | 0.00          | 2.50          | 0.00          | 1.00          | 0.00            | 1.75          |
| L2-A-3            | 0.00          | 2.00          | 0.00          | 2.00          | 0.00            | 2.00          |
| L2-A-4            | 1.50          | 2.00          | 1.50          | 2.00          | 1.50            | 2.00          |
| L2-A-5            | 2.00          | 0.00          | 2.00          | 1.50          | 2.00            | 0.75          |
| L2-A-6            | 0.00          | 1.70          | 0.00          | 1.70          | 0.00            | 1.70          |
| L2-A-7            | 1.70          | 0.00          | 1.50          | 0.50          | 1.60            | 0.25          |
| L2-A-8            | 1.50          | 0.00          | 1.50          | 1.50          | 1.50            | 0.75          |
| L2-A-9            | 1.00          | 2.50          | 1.00          | 1.80          | 1.00            | 2.15          |
| L2-A-10           | 2.00          | 0.00          | 2.00          | 0.00          | 2.00            | 0.00          |
| <b>PROMEDIO =</b> |               |               |               |               | <b>1.04</b>     | <b>1.34</b>   |

Cuadro 28. Alabeo de la ladrillera 3 - maquinado.

| MUESTRA           | CARA A        |               | CARA B        |               | ALABEO PROMEDIO |               |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|
|                   | CÓNC.<br>(mm) | CONV.<br>(mm) | CÓNC.<br>(mm) | CONV.<br>(mm) | CÓNC.<br>(mm)   | CONV.<br>(mm) |
| L3-A-1            | 0.00          | 1.50          | 0.00          | 1.00          | 0.00            | 1.25          |
| L3-A-2            | 0.00          | 1.00          | 1.00          | 0.00          | 0.50            | 0.50          |
| L3-A-3            | 3.00          | 0.00          | 0.00          | 3.00          | 1.50            | 1.50          |
| L3-A-4            | 1.50          | 0.00          | 1.50          | 0.00          | 1.50            | 0.00          |
| L3-A-5            | 0.50          | 2.00          | 0.50          | 2.00          | 0.50            | 2.00          |
| L3-A-6            | 1.50          | 0.00          | 1.50          | 0.00          | 1.50            | 0.00          |
| L3-A-7            | 0.00          | 2.00          | 0.00          | 2.00          | 0.00            | 2.00          |
| L3-A-8            | 1.50          | 0.00          | 1.50          | 0.00          | 1.50            | 0.00          |
| L3-A-9            | 1.50          | 1.00          | 1.50          | 0.50          | 1.50            | 0.75          |
| L3-A-10           | 0.50          | 0.50          | 0.50          | 0.50          | 0.50            | 0.50          |
| <b>PROMEDIO =</b> |               |               |               |               | <b>0.90</b>     | <b>0.85</b>   |

**C. Resumen:**

Cuadro 29. Resumen del alabeo promedio para cada ladrillera.

| LADRILLERAS | ALABEO PROMEDIO EN<br>(mm) |         |
|-------------|----------------------------|---------|
|             | CÓNCAVO                    | CONVEXO |
| L1          | 0.35                       | 0.29    |
| L2          | 1.04                       | 1.34    |
| L3          | 0.90                       | 0.85    |

### **3.1.3. Absorción:**

#### **A. Procedimiento:**

Para la realización de este ensayo se utilizó una balanza con una capacidad no menor a 3000 gr y una aproximación de 0.5gr, un recipiente grande de metal en donde se colocaran los especímenes con el agua fría, también otro recipiente de metal especial para hervir los especímenes y el horno para el secado de los especímenes.

En primer lugar se colocaron a secar los especímenes durante 24 horas lo que permitió obtener el peso seco.

Luego del secado por el tamaño del recipiente que hicieron en partes pequeñas los ladrillos y se colocaron dentro del recipiente y luego se llenó de agua potable fría hasta que cubran todos los especímenes y se dejaron en ese estado durante 24 horas.

Pasado ese tiempo se retiraron las muestras y se secaron con un paño para luego controlar su peso durante los cinco minutos siguientes.

Para el siguiente procedimiento se utilizaron los mismos especímenes utilizados para el agua fría, se colocaron las unidades dentro del recipiente de metal en el cual se hirvió durante 5 horas.

Pasado el tiempo especificado se retiraron los especímenes del recipiente y se secaron con un paño para luego pesarlos durante los cinco minutos siguientes, y así calcular los resultados que se muestran a continuación.

## B. Resultados:

Cuadro 30. Absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación de la ladrillera 1 - artesanal.

| MUESTRA            | PESO (gr) |                |                 | ABS. (%)     | ABS. MÁX. (%) | COEF. DE SAT. |
|--------------------|-----------|----------------|-----------------|--------------|---------------|---------------|
|                    | SECO      | 24 Hrs. (Sat.) | 5 Hrs. (Ebull.) |              |               |               |
| L1-AB-1            | 255.77    | 288.21         | 290.00          | 12.68        | 13.38         | 0.95          |
| L1-AB-2            | 154.88    | 176.98         | 177.65          | 14.27        | 14.70         | 0.97          |
| L1-AB-3            | 186.25    | 210.82         | 212.14          | 13.19        | 13.90         | 0.95          |
| L1-AB-4            | 201.23    | 226.21         | 227.23          | 12.41        | 12.92         | 0.96          |
| L1-AB-5            | 187.23    | 211.67         | 213.14          | 13.05        | 13.84         | 0.94          |
| L1-AB-6            | 232.12    | 261.76         | 264.21          | 12.77        | 13.82         | 0.92          |
| L1-AB-7            | 199.33    | 227.21         | 228.21          | 13.99        | 14.49         | 0.97          |
| L1-AB-8            | 178.23    | 201.34         | 203.14          | 12.97        | 13.98         | 0.93          |
| L1-AB-9            | 232.14    | 261.34         | 262.31          | 12.58        | 13.00         | 0.97          |
| L1-AB-10           | 219.30    | 246.84         | 247.32          | 12.56        | 12.78         | 0.98          |
| <b>PROMEDIO =</b>  |           |                |                 | <b>13.05</b> | <b>13.68</b>  | <b>0.95</b>   |
| <b>δ =</b>         |           |                |                 | <b>0.62</b>  | <b>0.65</b>   | <b>0.02</b>   |
| <b>C. V. (%) =</b> |           |                |                 | <b>4.76</b>  | <b>4.77</b>   | <b>2.00</b>   |

Cuadro 31. Absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación de la ladrillera 2 - artesanal.

| MUESTRA            | PESO (gr) |                |                 | ABS. (%)     | ABS. MÁX. (%) | COEF. DE SAT. |
|--------------------|-----------|----------------|-----------------|--------------|---------------|---------------|
|                    | SECO      | 24 Hrs. (Sat.) | 5 Hrs. (Ebull.) |              |               |               |
| L2-AB-1            | 259.43    | 294.61         | 295.84          | 13.56        | 14.03         | 0.97          |
| L2-AB-2            | 92.62     | 105.44         | 106.56          | 13.84        | 15.05         | 0.92          |
| L2-AB-3            | 151.24    | 172.11         | 173.17          | 13.80        | 14.50         | 0.95          |
| L2-AB-4            | 153.45    | 172.68         | 174.69          | 12.53        | 13.84         | 0.91          |
| L2-AB-5            | 186.47    | 212.45         | 213.65          | 13.93        | 14.58         | 0.96          |
| L2-AB-6            | 196.48    | 224.69         | 225.45          | 14.36        | 14.74         | 0.97          |
| L2-AB-7            | 168.12    | 192.11         | 194.22          | 14.27        | 15.52         | 0.92          |
| L2-AB-8            | 174.62    | 198.87         | 201.11          | 13.89        | 15.17         | 0.92          |
| L2-AB-9            | 212.36    | 242.32         | 244.11          | 14.11        | 14.95         | 0.94          |
| L2-AB-10           | 194.32    | 222.42         | 224.12          | 14.46        | 15.34         | 0.94          |
| <b>PROMEDIO =</b>  |           |                |                 | <b>13.87</b> | <b>14.77</b>  | <b>0.94</b>   |
| <b>δ =</b>         |           |                |                 | <b>0.55</b>  | <b>0.55</b>   | <b>0.02</b>   |
| <b>C. V. (%) =</b> |           |                |                 | <b>3.95</b>  | <b>3.69</b>   | <b>2.48</b>   |

Cuadro 32. Absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación de la ladrillera 3 - maquinado.

| MUESTRA            | PESO (gr) |                |                 | ABS. (%)     | ABS. MÁX. (%) | COEF. DE SAT. |
|--------------------|-----------|----------------|-----------------|--------------|---------------|---------------|
|                    | SECO      | 24 Hrs. (Sat.) | 5 Hrs. (Ebull.) |              |               |               |
| <b>L3-AB-1</b>     | 167.90    | 187.23         | 188.23          | 11.51        | 12.11         | 0.95          |
| <b>L3-AB-2</b>     | 169.23    | 187.95         | 189.23          | 11.06        | 11.82         | 0.94          |
| <b>L3-AB-3</b>     | 122.01    | 137.05         | 138.23          | 12.33        | 13.29         | 0.93          |
| <b>L3-AB-4</b>     | 165.23    | 185.23         | 186.23          | 12.10        | 12.71         | 0.95          |
| <b>L3-AB-5</b>     | 186.24    | 210.23         | 211.32          | 12.88        | 13.47         | 0.96          |
| <b>L3-AB-6</b>     | 210.36    | 234.26         | 235.23          | 11.36        | 11.82         | 0.96          |
| <b>L3-AB-7</b>     | 196.23    | 221.34         | 222.45          | 12.80        | 13.36         | 0.96          |
| <b>L3-AB-8</b>     | 176.23    | 197.65         | 198.37          | 12.15        | 12.56         | 0.97          |
| <b>L3-AB-9</b>     | 196.08    | 221.23         | 222.64          | 12.83        | 13.55         | 0.95          |
| <b>L3-AB-10</b>    | 146.94    | 165.98         | 166.47          | 12.96        | 13.29         | 0.97          |
| <b>PROMEDIO =</b>  |           |                |                 | <b>12.20</b> | <b>12.80</b>  | <b>0.95</b>   |
| $\delta =$         |           |                |                 | <b>0.69</b>  | <b>0.69</b>   | <b>0.01</b>   |
| <b>C. V. (%) =</b> |           |                |                 | <b>5.66</b>  | <b>5.38</b>   | <b>1.48</b>   |

### C. Resumen:

Cuadro 33. Resumen del promedio de los resultados de cada ladrillera.

| LADRILLERAS | ABSORCIÓN (%) | ABSORCIÓN MÁX. (%) | COEF. DE SATURACIÓN |
|-------------|---------------|--------------------|---------------------|
| <b>L1</b>   | 13.05         | 13.68              | 0.95                |
| <b>L2</b>   | 13.87         | 14.77              | 0.94                |
| <b>L3</b>   | 12.20         | 12.80              | 0.95                |

### **3.1.4. Succión:**

#### **A. Procedimiento:**

Para realizar el ensayo de succión se utilizaron un recipiente de vidrio con poca profundidad aproximadamente de 5 cm con una base plana, dos planchas de vidrio que sirvieron como soportes en el recipiente para la unidad de albañilería, una balanza con capacidad de 3000gr y una aproximación de 0.5gr, una regla metálica para medir las dimensiones del ladrillo, una franela para secar los especímenes después de la succión y un horno para secar las unidades de albañilería.

El procedimiento que se siguió para este ensayo, en primer lugar se limpió todas las impurezas que tuvieron cada uno de las unidades.

Se midió las dimensiones de la cara de asiento de cada uno de los especímenes preparados para este ensayo para obtener su área de contacto con el agua, luego se colocaron a secar durante 24 horas para obtener el peso seco de cada unidad.

Luego de transcurrido el secado se procedió a realizar la succión de la unidad para esto se colocó el recipiente en una lugar plano en el cual se llenó el agua y luego se colocaron las planchas de vidrio antes mencionadas para luego llenar más agua hasta una altura de 3 mm aproximadamente sobre las planchas.

Después se colocó la unidad dentro del recipiente ya preparado y se dejó durante un minuto y cuando la unidad absorbía el agua antes del minuto se colocaba más agua cuidadosamente tratando de mantener los 3 mm de profundidad.

Por último se retiró el espécimen y se secó con un paño para ser pesado en los 2 minutos siguientes; este procedimiento se realizó para los demás especímenes considerados en este ensayo, obteniendo así los resultados que a continuación se muestran.



## B. Resultados:

Cuadro 34. Succión de la ladrillera 1 - artesanal.

| MUESTRA            | DIMENCIONES<br>(cm) |       | PESO (gr) |      | Pm - Ps<br>(gr) | ÁREA DE<br>ASIENTO<br>(cm <sup>2</sup> ) | SUCCIÓN<br>(gr/200cm <sup>2</sup> /<br>min.) |
|--------------------|---------------------|-------|-----------|------|-----------------|--|--|
|                    | L                   | A     | Ps        | Pm   |                 |  |  |
| L1-S-1             | 21.20               | 10.90 | 2886      | 2926 | 40.00           | 231.08                                   | 34.62  |
| L1-S-2             | 21.25               | 10.88 | 2887      | 2930 | 43.00           | 231.20                                   | 37.20  |
| L1-S-3             | 21.23               | 10.93 | 2938      | 2977 | 39.00           | 232.04                                   | 33.61  |
| L1-S-4             | 21.18               | 10.98 | 2867      | 2907 | 40.00           | 232.56                                   | 34.40  |
| L1-S-5             | 21.23               | 10.93 | 2768      | 2809 | 41.00           | 232.04                                   | 35.34  |
| L1-S-6             | 21.08               | 10.90 | 2874      | 2912 | 38.00           | 229.77                                   | 33.08  |
| L1-S-7             | 21.20               | 10.98 | 2798      | 2837 | 39.00           | 232.78                                   | 33.51  |
| L1-S-8             | 21.30               | 10.93 | 2795      | 2832 | 37.00           | 232.81                                   | 31.79  |
| L1-S-9             | 21.10               | 10.83 | 2810      | 2847 | 37.00           | 228.51                                   | 32.38  |
| L1-S-10            | 21.30               | 10.90 | 2809      | 2847 | 38.00           | 232.17                                   | 32.73  |
| <b>PROMEDIO =</b>  |                     |       |           |      |                 |  | <b>33.87</b>                                 |
| <b>δ =</b>         |                     |       |           |      |                 |  | <b>1.59</b>                                  |
| <b>C. V. (%) =</b> |                     |       |           |      |                 |  | <b>4.69</b>                                  |

Cuadro 35. Succión de la ladrillera 2 - artesanal.

| MUESTRA            | DIMENCIONES<br>(cm) |       | PESO (gr) |      | Pm - Ps<br>(gr) | ÁREA DE<br>ASIENTO<br>(cm <sup>2</sup> ) | SUCCIÓN<br>(gr/200cm <sup>2</sup> /<br>min.) |
|--------------------|---------------------|-------|-----------|------|-----------------|--|--|
|                    | L                   | A     | Ps        | Pm   |                 |  |  |
| L2-S-1             | 20.85               | 10.50 | 2737      | 2912 | 175.00          | 218.93                                   | 159.87                                       |
| L2-S-2             | 20.83               | 10.40 | 2738      | 2912 | 174.00          | 216.63                                   | 160.64                                       |
| L2-S-3             | 20.63               | 10.38 | 2738      | 2912 | 174.00          | 214.14                                   | 162.51                                       |
| L2-S-4             | 20.60               | 10.48 | 2794      | 2964 | 170.00          | 215.89                                   | 157.49                                       |
| L2-S-5             | 20.83               | 10.58 | 2714      | 2891 | 177.00          | 220.38                                   | 160.63                                       |
| L2-S-6             | 20.85               | 10.58 | 2789      | 2967 | 178.00          | 220.59                                   | 161.38                                       |
| L2-S-7             | 20.75               | 10.38 | 2784      | 2974 | 190.00          | 215.39                                   | 176.43                                       |
| L2-S-8             | 20.90               | 10.58 | 2769      | 2967 | 198.00          | 221.12                                   | 179.09                                       |
| L2-S-9             | 20.88               | 10.60 | 2768      | 2948 | 180.00          | 221.33                                   | 162.65                                       |
| L2-S-10            | 20.75               | 10.70 | 2797      | 2954 | 157.00          | 222.03                                   | 141.43                                       |
| <b>PROMEDIO =</b>  |                     |       |           |      |                 |  | <b>162.21</b>                                |
| <b>δ =</b>         |                     |       |           |      |                 |  | <b>10.29</b>                                 |
| <b>C. V. (%) =</b> |                     |       |           |      |                 |  | <b>6.34</b>                                  |

Cuadro 36. Succión de la ladrillera 3 - maquinado.

| MUESTRA            | DIMENSIONES<br>(cm) |       | PESO (gr) |      | Pm - Ps<br>(gr) | ÁREA DE<br>ASIENTO<br>(cm <sup>2</sup> ) | SUCCIÓN<br>(gr/200cm <sup>2</sup> /<br>min.) |
|--------------------|---------------------|-------|-----------|------|-----------------|--|--|
|                    | L                   | A     | Ps        | Pm   |                 |  |  |
| L3-S-1             | 21.30               | 11.25 | 2355      | 2389 | 34.00           | 239.63                                   | 28.38  |
| L3-S-2             | 21.35               | 11.25 | 2272      | 2310 | 38.00           | 240.19                                   | 31.64  |
| L3-S-3             | 21.78               | 11.20 | 2938      | 2977 | 39.00           | 243.94                                   | 31.98  |
| L3-S-4             | 21.80               | 11.15 | 2867      | 2903 | 36.00           | 243.07                                   | 29.62  |
| L3-S-5             | 21.78               | 11.23 | 2768      | 2804 | 36.00           | 244.59                                   | 29.44  |
| L3-S-6             | 21.73               | 11.13 | 2765      | 2801 | 36.00           | 241.85                                   | 29.77  |
| L3-S-7             | 21.85               | 11.15 | 2748      | 2786 | 38.00           | 243.63                                   | 31.20  |
| L3-S-8             | 21.73               | 11.30 | 2810      | 2847 | 37.00           | 245.55                                   | 30.14  |
| L3-S-9             | 21.70               | 11.23 | 2786      | 2824 | 38.00           | 243.69                                   | 31.19  |
| L3-S-10            | 21.75               | 11.25 | 2758      | 2794 | 36.00           | 244.69                                   | 29.43  |
| <b>PROMEDIO =</b>  |                     |       |           |      |                 |  | <b>30.28</b>                                 |
| <b>δ =</b>         |                     |       |           |      |                 |  | <b>1.16</b>                                  |
| <b>C. V. (%) =</b> |                     |       |           |      |                 |  | <b>3.84</b>                                  |

**C. Resumen:**

Cuadro 37. Resumen de succión promedio para cada ladrillera.

| LADRILLERAS | SUCCIÓN<br>(gr/200cm <sup>2</sup> /min.) | DESV.<br>ESTANDAR (δ) | COEF. DE<br>VARIACIÓN (%) |
|-------------|--|-----------------------|---------------------------|
| L1          | 33.87                                    | 1.59                  | 4.69                      |
| L2          | 162.21                                   | 10.29                 | 6.34                      |
| L3          | 30.28                                    | 1.16                  | 3.84                      |

### **3.1.5. Resistencia a la compresión en unidad:**

#### **A. Procedimiento:**

Para este ensayo se necesitaron un recipiente, una espátula, una brocha y la maquina en donde se realiza el ensayo.

En la preparación de las muestras en primer lugar se limpiaron las impurezas con una brocha, para luego realizar el refrentado del espécimen.

Para realizar este trabajo se preparó una mezcla de yeso con agua potable en el recipiente antes mencionado, luego se colocó la mezcla en la cara de asiento superior de la unidad tratando de que quede con una superficie plana y nivelada, luego se dejó enfriar por unos minutos para realizar el mismo procedimiento en la otra cara de asiento del espécimen, este proceso se realizó 48 horas antes de que se realizara el ensayo de compresión.

Por último se trasladó los especímenes al laboratorio de ensayos en donde antes de colocarlo a la máquina de ensayo se tuvo que tomar las medidas de las dimensiones de cada una de las unidades por que la maquina lo requería para su procesamiento, luego se colocó cada uno de los especímenes en la maquinada cuidadosamente y se procedió a la rotura, obteniendo así los resultados que a continuación presentamos.

## B. Resultados:

Cuadro 38. Resistencia a la compresión en unidad de ladrillera 1 - artesanal.

| MUESTRA               | DIMENSIONES<br>(cm) |       | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) | PESO<br>(Kg) | f <sup>b</sup><br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|---------------------|-------|----------------------------|--------------|---|
|                       | LARGO               | ANCHO |                            |              |   |
| <b>L1-RCU-1</b>       | 21.00               | 11.00 | 231.00                     | 8838.06      | 38.26                                   |
| <b>L1-RCU-2</b>       | 21.50               | 11.50 | 247.25                     | 9126.00      | 36.91                                   |
| <b>L1-RCU-3</b>       | 21.50               | 11.30 | 242.95                     | 10242.77     | 42.16                                   |
| <b>L1-RCU-4</b>       | 21.20               | 11.00 | 233.20                     | 9542.54      | 40.92                                   |
| <b>L1-RCU-5</b>       | 21.10               | 11.40 | 240.54                     | 9542.22      | 39.67                                   |
| <b>L1-RCU-6</b>       | 21.40               | 11.20 | 239.68                     | 10143.26     | 42.32                                   |
| <b>L1-RCU-7</b>       | 20.80               | 11.00 | 228.80                     | 9799.50      | 42.83                                   |
| <b>L1-RCU-8</b>       | 21.00               | 11.30 | 237.30                     | 9613.02      | 40.51                                   |
| <b>L1-RCU-9</b>       | 21.20               | 11.40 | 241.68                     | 9645.45      | 39.91                                   |
| <b>L1-RCU-10</b>      | 21.00               | 11.00 | 231.00                     | 9785.16      | 42.36                                   |
| <b>PRMEDIO =</b>      |                     |       |                            |              | <b>40.59</b>                            |
| <b>δ =</b>            |                     |       |                            |              | <b>1.94</b>                             |
| <b>PROMEDIO - δ =</b> |                     |       |                            |              | <b>38.64</b>                            |
| <b>C. V. (%) =</b>    |                     |       |                            |              | <b>0.05</b>                             |

Cuadro 39. Módulo de elasticidad en unidad de la ladrillera 1 - artesanal.

| MUESTRA          | PESO<br>(Kg)   | H<br>(mm)    | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) | Def.<br>(mm) | Def.<br>Unit. | Esf.<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | MÓDULO DE<br>ELASTICIDAD<br>Eb (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|------------------|----------------|--------------|----------------------------|--------------|---------------|-------------------------------|--|
| <b>L1-RCU-1</b>  | 8838.06        | 85.00        | 231.00                     | 1.92         | 0.023         | 38.26                         | 1693.80  |
| <b>L1-RCU-2</b>  | 9126.00        | 86.00        | 247.25                     | 3.45         | 0.040         | 36.91                         | 920.08   |
| <b>L1-RCU-3</b>  | 10242.77       | 86.00        | 242.95                     | 3.78         | 0.044         | 42.16                         | 959.20   |
| <b>L1-RCU-4</b>  | 9542.54        | 85.00        | 233.20                     | 2.88         | 0.034         | 40.92                         | 1207.71  |
| <b>L1-RCU-5</b>  | 9542.22        | 86.00        | 240.54                     | 2.90         | 0.034         | 39.67                         | 1176.42  |
| <b>L1-RCU-6</b>  | 10143.26       | 84.00        | 239.68                     | 3.12         | 0.037         | 42.32                         | 1139.38  |
| <b>L1-RCU-7</b>  | 9799.50        | 85.00        | 228.80                     | 2.46         | 0.029         | 42.83                         | 1479.90  |
| <b>L1-RCU-8</b>  | 9613.02        | 86.00        | 237.30                     | 2.34         | 0.027         | 40.51                         | 1488.83  |
| <b>L1-RCU-9</b>  | 9645.45        | 85.00        | 241.68                     | 2.46         | 0.029         | 39.91                         | 1379.00  |
| <b>L1-RCU-10</b> | 9785.16        | 84.00        | 231.00                     | 2.67         | 0.032         | 42.36                         | 1332.67  |
| <b>PROMEDIO</b>  | <b>9627.80</b> | <b>85.20</b> | <b>237.34</b>              | <b>2.80</b>  | <b>0.033</b>  | <b>40.59</b>                  | <b>1277.70</b>                                       |

Cuadro 40. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 1 – artesanal.

| FABR.<br>LADR. 1 | L1-RCU-1  |        |                         | L1-RCU-2  |        |                         |
|------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|
|                  | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) |
|                  | 1.92      | 85     | 231.00                  | 3.45      | 86     | 247.25                  |

| PESO (Kg) | L1-RCU-1  |            |                            | L1-RCU-2  |            |                            |
|-----------|-----------|------------|----------------------------|-----------|------------|----------------------------|
|           | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0         | 0.00      | 0.000      | 0.00                       | 0.00      | 0.000      | 0.00                       |
| 1000      | 0.22      | 0.003      | 4.33                       | 0.38      | 0.004      | 4.04                       |
| 2000      | 0.43      | 0.005      | 8.66                       | 0.76      | 0.009      | 8.09                       |
| 3000      | 0.65      | 0.008      | 12.99                      | 1.13      | 0.013      | 12.13                      |
| 4000      | 0.87      | 0.010      | 17.32                      | 1.51      | 0.018      | 16.18                      |
| 5000      | 1.09      | 0.013      | 21.65                      | 1.89      | 0.022      | 20.22                      |
| 6000      | 1.30      | 0.015      | 25.97                      | 2.27      | 0.026      | 24.27                      |
| 7000      | 1.52      | 0.018      | 30.30                      | 2.65      | 0.031      | 28.31                      |
| 8000      | 1.74      | 0.020      | 34.63                      | 3.02      | 0.035      | 32.36                      |
| 9000      | 1.96      | 0.023      | 38.96                      | 3.40      | 0.040      | 36.40                      |
| 9200      |           |            |                            | 3.48      | 0.040      | 37.21                      |



Figura 26. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 1 – artesanal.

Cuadro 41. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 1 – artesanal.

| FABR.<br>LADR. 1 | L1-RCU-3  |        |                         | L1-RCU-4  |        |                         |
|------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|
|                  | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) |
|                  | 3.78      | 86     | 242.95                  | 2.88      | 85     | 233.20                  |

| PESO (Kg) | L1-RCU-3  |            |                            | L1-RCU-4  |            |                            |
|-----------|-----------|------------|----------------------------|-----------|------------|----------------------------|
|           | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0         | 0.00      | 0.000      | 0.00                       | 0.00      | 0.000      | 0.00                       |
| 1000      | 0.37      | 0.004      | 4.12                       | 0.30      | 0.004      | 4.29                       |
| 2000      | 0.74      | 0.009      | 8.23                       | 0.60      | 0.007      | 8.58                       |
| 3000      | 1.11      | 0.013      | 12.35                      | 0.91      | 0.011      | 12.86                      |
| 4000      | 1.48      | 0.017      | 16.46                      | 1.21      | 0.014      | 17.15                      |
| 5000      | 1.85      | 0.021      | 20.58                      | 1.51      | 0.018      | 21.44                      |
| 6000      | 2.21      | 0.026      | 24.70                      | 1.81      | 0.021      | 25.73                      |
| 7000      | 2.58      | 0.030      | 28.81                      | 2.11      | 0.025      | 30.02                      |
| 8000      | 2.95      | 0.034      | 32.93                      | 2.41      | 0.028      | 34.31                      |
| 9000      | 3.32      | 0.039      | 37.04                      | 2.72      | 0.032      | 38.59                      |
| 10000     | 3.69      | 0.043      | 41.16                      | 3.02      | 0.036      | 42.88                      |
| 10300     | 3.80      | 0.044      | 42.40                      |           |            |                            |

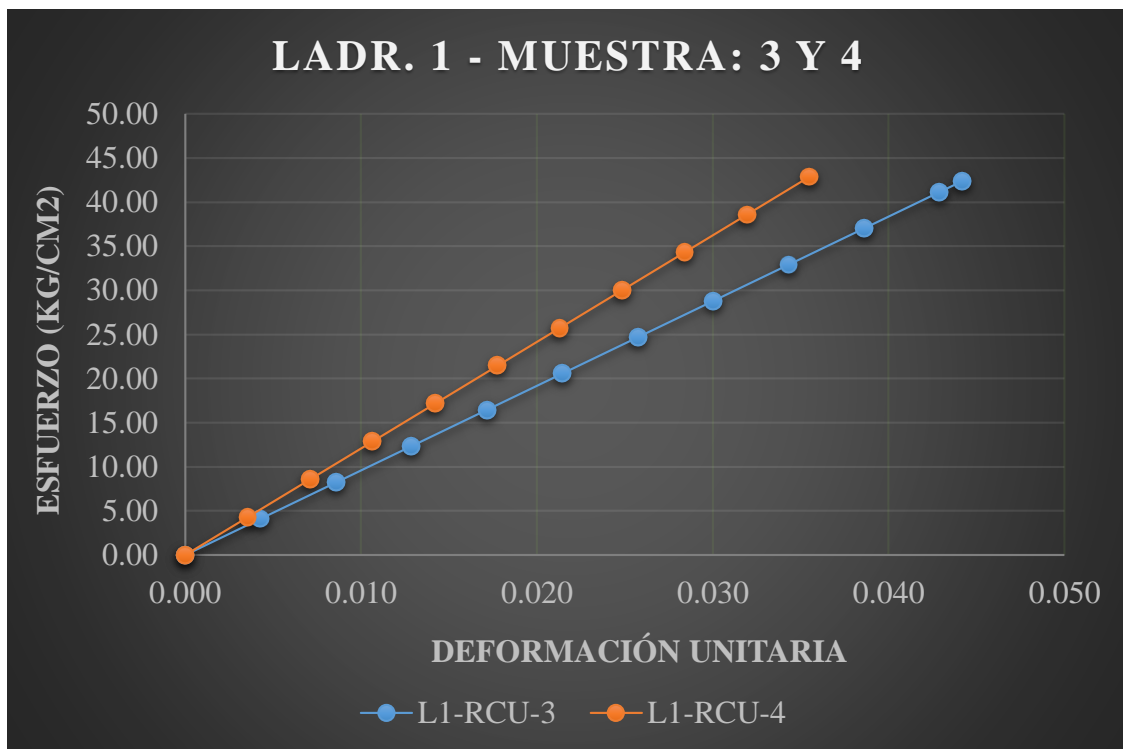


Figura 27. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 1 – artesanal.

Cuadro 42. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 1 – artesanal.

| FABR.<br>LADR. 1 | L1-RCU-5  |        |                         | L1-RCU-6  |        |                         |
|------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|
|                  | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) |
|                  | 2.90      | 86     | 240.54                  | 3.12      | 84     | 239.68                  |

| PESO (Kg) | L1-RCU-5  |            |                            | L1-RCU-6  |            |                            |
|-----------|-----------|------------|----------------------------|-----------|------------|----------------------------|
|           | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0         | 0.00      | 0.000      | 0.00                       | 0.00      | 0.000      | 0.00                       |
| 1000      | 0.30      | 0.004      | 4.16                       | 0.31      | 0.004      | 4.17                       |
| 2000      | 0.61      | 0.007      | 8.31                       | 0.62      | 0.007      | 8.34                       |
| 3000      | 0.91      | 0.011      | 12.47                      | 0.92      | 0.011      | 12.52                      |
| 4000      | 1.22      | 0.014      | 16.63                      | 1.23      | 0.015      | 16.69                      |
| 5000      | 1.52      | 0.018      | 20.79                      | 1.54      | 0.018      | 20.86                      |
| 6000      | 1.82      | 0.021      | 24.94                      | 1.85      | 0.022      | 25.03                      |
| 7000      | 2.13      | 0.025      | 29.10                      | 2.15      | 0.026      | 29.21                      |
| 8000      | 2.43      | 0.028      | 33.26                      | 2.46      | 0.029      | 33.38                      |
| 9000      | 2.74      | 0.032      | 37.42                      | 2.77      | 0.033      | 37.55                      |
| 10000     | 3.04      | 0.035      | 41.57                      | 3.08      | 0.037      | 41.72                      |
| 10200     |           |            |                            | 3.14      | 0.037      | 42.56                      |



Figura 28. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 1 – artesanal.

Cuadro 43. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 1 – artesanal.

| FABR.<br>LADR. 1 | L1-RCU-7  |        |                         | L1-RCU-8  |        |                         |
|------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|
|                  | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) |
|                  | 2.46      | 85     | 228.80                  | 2.34      | 86     | 237.30                  |

| PESO (Kg) | L1-RCU-7  |            |                            | L1-RCU-8  |            |                            |
|-----------|-----------|------------|----------------------------|-----------|------------|----------------------------|
|           | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0         | 0.00      | 0.000      | 0.00                       | 0.00      | 0.000      | 0.00                       |
| 1000      | 0.25      | 0.003      | 4.37                       | 0.24      | 0.003      | 4.21                       |
| 2000      | 0.50      | 0.006      | 8.74                       | 0.49      | 0.006      | 8.43                       |
| 3000      | 0.75      | 0.009      | 13.11                      | 0.73      | 0.008      | 12.64                      |
| 4000      | 1.00      | 0.012      | 17.48                      | 0.97      | 0.011      | 16.86                      |
| 5000      | 1.26      | 0.015      | 21.85                      | 1.22      | 0.014      | 21.07                      |
| 6000      | 1.51      | 0.018      | 26.22                      | 1.46      | 0.017      | 25.28                      |
| 7000      | 1.76      | 0.021      | 30.59                      | 1.70      | 0.020      | 29.50                      |
| 8000      | 2.01      | 0.024      | 34.97                      | 1.95      | 0.023      | 33.71                      |
| 9000      | 2.26      | 0.027      | 39.34                      | 2.19      | 0.025      | 37.93                      |
| 9800      | 2.46      | 0.029      | 42.83                      | 2.39      | 0.028      | 41.30                      |



Figura 29. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 1 – artesanal.



Cuadro 44. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 1 – artesanal.

| FABR.<br>LADR. 1 | L1-RCU-9  |        |                         | L1-RCU-10 |        |                         |
|------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|
|                  | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) |
|                  | 2.46      | 86     | 241.68                  | 2.67      | 84     | 231.00                  |

| PESO (Kg) | L1-RCU-9  |            |                            | L1-RCU-10 |            |                            |
|-----------|-----------|------------|----------------------------|-----------|------------|----------------------------|
|           | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0         | 0.00      | 0.000      | 0.00                       | 0.00      | 0.000      | 0.00                       |
| 1000      | 0.26      | 0.003      | 4.14                       | 0.27      | 0.003      | 4.33                       |
| 2000      | 0.51      | 0.006      | 8.28                       | 0.55      | 0.006      | 8.66                       |
| 3000      | 0.77      | 0.009      | 12.41                      | 0.82      | 0.010      | 12.99                      |
| 4000      | 1.02      | 0.012      | 16.55                      | 1.09      | 0.013      | 17.32                      |
| 5000      | 1.28      | 0.015      | 20.69                      | 1.36      | 0.016      | 21.65                      |
| 6000      | 1.53      | 0.018      | 24.83                      | 1.64      | 0.019      | 25.97                      |
| 7000      | 1.79      | 0.021      | 28.96                      | 1.91      | 0.023      | 30.30                      |
| 8000      | 2.04      | 0.024      | 33.10                      | 2.18      | 0.026      | 34.63                      |
| 9000      | 2.30      | 0.027      | 37.24                      | 2.46      | 0.029      | 38.96                      |
| 9800      | 2.50      | 0.029      | 40.55                      | 2.67      | 0.032      | 42.42                      |



Figura 30. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 1 – artesanal.

Cuadro 45. Resistencia a la compresión en unidad de la ladrillera 2 - artesanal.

| MUESTRA               | DIMENSIONES<br>(cm) |       | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) | PESO<br>(Kg) | f <sup>b</sup><br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|---------------------|-------|----------------------------|--------------|---|
|                       | LARGO               | ANCHO |                            |              |   |
| L2-RCU-1              | 20.50               | 10.50 | 215.25                     | 10827.08     | 50.30                                   |
| L2-RCU-2              | 20.60               | 10.40 | 214.24                     | 10328.51     | 48.21                                   |
| L2-RCU-3              | 20.10               | 10.50 | 211.05                     | 10518.73     | 49.84                                   |
| L2-RCU-4              | 20.50               | 10.50 | 215.25                     | 10603.22     | 49.26                                   |
| L2-RCU-5              | 20.00               | 10.50 | 210.00                     | 10500.00     | 50.00                                   |
| L2-RCU-6              | 20.50               | 10.50 | 215.25                     | 10893.80     | 50.61                                   |
| L2-RCU-7              | 20.30               | 10.00 | 203.00                     | 10789.45     | 53.15                                   |
| L2-RCU-8              | 20.50               | 10.50 | 215.25                     | 10982.06     | 51.02                                   |
| L2-RCU-9              | 20.00               | 10.50 | 210.00                     | 10758.30     | 51.23                                   |
| L2-RCU-10             | 20.50               | 10.50 | 215.25                     | 11190.85     | 51.99                                   |
| <b>PRMEDIO =</b>      |                     |       |                            |              | <b>50.56</b>                            |
| <b>δ =</b>            |                     |       |                            |              | <b>1.40</b>                             |
| <b>PROMEDIO - δ =</b> |                     |       |                            |              | <b>49.17</b>                            |
| <b>C. V. (%) =</b>    |                     |       |                            |              | <b>0.03</b>                             |

Cuadro 46. Módulo de elasticidad en unidad de la ladrillera 2 - artesanal.

| MUESTRA         | PESO<br>(Kg)    | H<br>(mm)    | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) | Def.<br>(mm) | Def.<br>Unit. | Esf.<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | MÓDULO DE<br>ELASTICIDAD<br>Eb (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|-----------------|--------------|----------------------------|--------------|---------------|-------------------------------|--|
| L1-RCU-1        | 10827.08        | 87.00        | 215.25                     | 2.94         | 0.034         | 50.30                         | 1488.47  |
| L1-RCU-2        | 10328.51        | 86.00        | 214.24                     | 3.33         | 0.039         | 48.21                         | 1245.06  |
| L1-RCU-3        | 10518.73        | 85.00        | 211.05                     | 3.03         | 0.036         | 49.84                         | 1398.15  |
| L1-RCU-4        | 10603.22        | 88.00        | 215.25                     | 2.76         | 0.031         | 49.26                         | 1570.61  |
| L1-RCU-5        | 10500.00        | 88.00        | 210.00                     | 2.79         | 0.032         | 50.00                         | 1577.06  |
| L1-RCU-6        | 10893.80        | 86.00        | 215.25                     | 3.00         | 0.035         | 50.61                         | 1450.82  |
| L1-RCU-7        | 10789.45        | 85.00        | 203.00                     | 2.55         | 0.030         | 53.15                         | 1771.67  |
| L1-RCU-8        | 10982.06        | 87.00        | 215.25                     | 3.06         | 0.035         | 51.02                         | 1450.57  |
| L1-RCU-9        | 10758.30        | 87.00        | 210.00                     | 2.82         | 0.032         | 51.23                         | 1580.50  |
| L1-RCU-10       | 11190.85        | 86.00        | 215.25                     | 3.15         | 0.037         | 51.99                         | 1419.41  |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>10739.20</b> | <b>86.50</b> | <b>212.45</b>              | <b>2.94</b>  | <b>0.034</b>  | <b>50.56</b>                  | <b>1495.23</b>                                       |

Cuadro 47. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 2 – artesanal.

| FABR.<br>LADR. 2 | L2-RCU-1  |        |                         | L2-RCU-2  |        |                         |
|------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|
|                  | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) |
|                  | 2.94      | 87     | 215.25                  | 3.33      | 86     | 214.24                  |

| PESO (Kg) | L2-RCU-1  |            |                            | L2-RCU-2  |            |                            |
|-----------|-----------|------------|----------------------------|-----------|------------|----------------------------|
|           | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0         | 0.00      | 0.000      | 0.00                       | 0.00      | 0.000      | 0.00                       |
| 1000      | 0.27      | 0.003      | 4.65                       | 0.32      | 0.004      | 4.67                       |
| 2000      | 0.54      | 0.006      | 9.29                       | 0.64      | 0.007      | 9.34                       |
| 3000      | 0.81      | 0.009      | 13.94                      | 0.97      | 0.011      | 14.00                      |
| 4000      | 1.09      | 0.012      | 18.58                      | 1.29      | 0.015      | 18.67                      |
| 5000      | 1.36      | 0.016      | 23.23                      | 1.61      | 0.019      | 23.34                      |
| 6000      | 1.63      | 0.019      | 27.87                      | 1.93      | 0.022      | 28.01                      |
| 7000      | 1.90      | 0.022      | 32.52                      | 2.26      | 0.026      | 32.67                      |
| 8000      | 2.17      | 0.025      | 37.17                      | 2.58      | 0.030      | 37.34                      |
| 9000      | 2.44      | 0.028      | 41.81                      | 2.90      | 0.034      | 42.01                      |
| 10000     | 2.72      | 0.031      | 46.46                      | 3.22      | 0.037      | 46.68                      |
| 10900     | 2.96      | 0.034      | 50.64                      |           |            |                            |

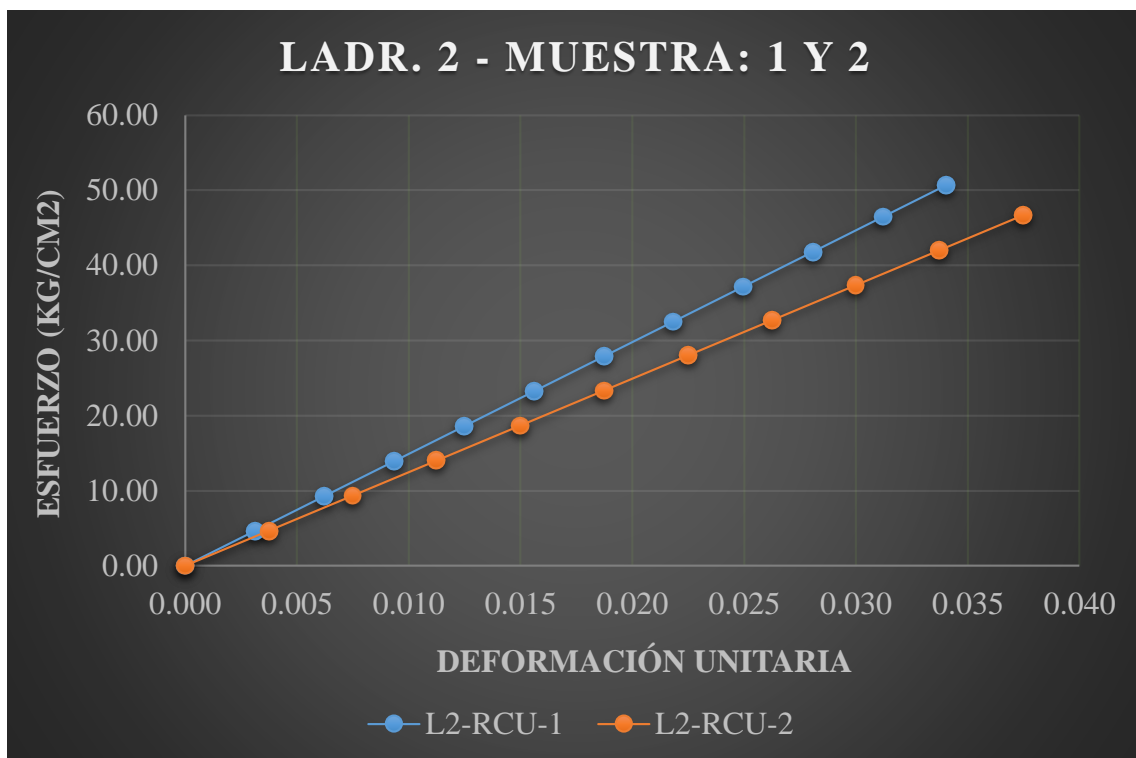


Figura 31. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 2 – artesanal.

Cuadro 48. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 2 – artesanal.

| FABR.<br>LADR. 2 | L2-RCU-3  |        |                         | L2-RCU-4  |        |                         |
|------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|
|                  | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) |
|                  | 3.03      | 85     | 211.05                  | 2.76      | 88     | 215.25                  |

| PESO (Kg) | L2-RCU-3  |            |                            | L2-RCU-4  |            |                            |
|-----------|-----------|------------|----------------------------|-----------|------------|----------------------------|
|           | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0         | 0.00      | 0.000      | 0.00                       | 0.00      | 0.000      | 0.00                       |
| 1000      | 0.29      | 0.003      | 4.74                       | 0.26      | 0.003      | 4.65                       |
| 2000      | 0.58      | 0.007      | 9.48                       | 0.52      | 0.006      | 9.29                       |
| 3000      | 0.86      | 0.010      | 14.21                      | 0.78      | 0.009      | 13.94                      |
| 4000      | 1.15      | 0.014      | 18.95                      | 1.04      | 0.012      | 18.58                      |
| 5000      | 1.44      | 0.017      | 23.69                      | 1.30      | 0.015      | 23.23                      |
| 6000      | 1.73      | 0.020      | 28.43                      | 1.56      | 0.018      | 27.87                      |
| 7000      | 2.02      | 0.024      | 33.17                      | 1.82      | 0.021      | 32.52                      |
| 8000      | 2.30      | 0.027      | 37.91                      | 2.08      | 0.024      | 37.17                      |
| 9000      | 2.59      | 0.031      | 42.64                      | 2.34      | 0.027      | 41.81                      |
| 10000     | 2.88      | 0.034      | 47.38                      | 2.60      | 0.030      | 46.46                      |
| 10600     | 3.05      | 0.036      | 50.23                      | 2.76      | 0.031      | 49.25                      |

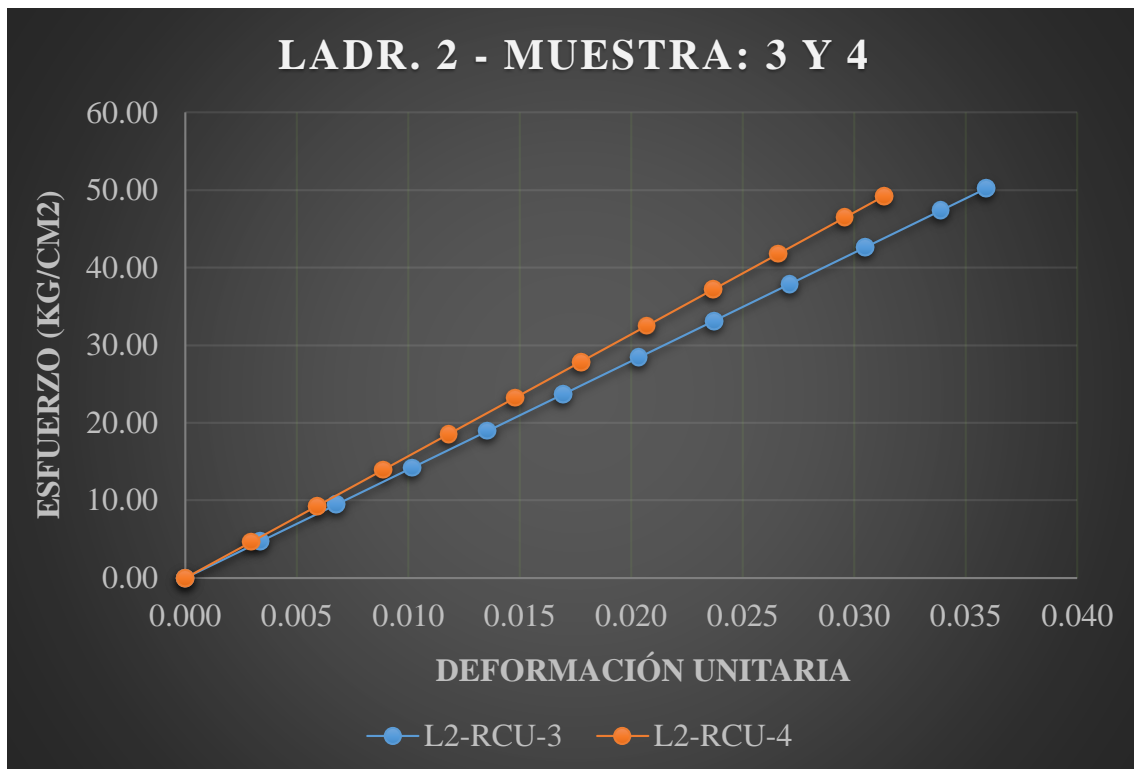


Figura 32. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 2 – artesanal.

Cuadro 49. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 2 – artesanal.

| FABR.<br>LADR. 2 | L2-RCU-5  |        |                         | L2-RCU-6  |        |                         |
|------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|
|                  | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) |
|                  | 2.79      | 88     | 210.00                  | 3.00      | 86     | 215.25                  |

| PESO (Kg) | L2-RCU-5  |            |                            | L2-RCU-6  |            |                            |
|-----------|-----------|------------|----------------------------|-----------|------------|----------------------------|
|           | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0         | 0.00      | 0.000      | 0.00                       | 0.00      | 0.000      | 0.00                       |
| 1000      | 0.27      | 0.003      | 4.76                       | 0.28      | 0.003      | 4.65                       |
| 2000      | 0.53      | 0.006      | 9.52                       | 0.55      | 0.006      | 9.29                       |
| 3000      | 0.80      | 0.009      | 14.29                      | 0.83      | 0.010      | 13.94                      |
| 4000      | 1.06      | 0.012      | 19.05                      | 1.10      | 0.013      | 18.58                      |
| 5000      | 1.33      | 0.015      | 23.81                      | 1.38      | 0.016      | 23.23                      |
| 6000      | 1.59      | 0.018      | 28.57                      | 1.65      | 0.019      | 27.87                      |
| 7000      | 1.86      | 0.021      | 33.33                      | 1.93      | 0.022      | 32.52                      |
| 8000      | 2.13      | 0.024      | 38.10                      | 2.20      | 0.026      | 37.17                      |
| 9000      | 2.39      | 0.027      | 42.86                      | 2.48      | 0.029      | 41.81                      |
| 10000     | 2.66      | 0.030      | 47.62                      | 2.75      | 0.032      | 46.46                      |
| 10900     | 2.90      | 0.033      | 51.90                      | 3.00      | 0.035      | 50.64                      |



Figura 33. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 2 – artesanal.

Cuadro 50. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 2 – artesanal.

| FABR.<br>LADR. 2 | L2-RCU-7  |        |                         | L2-RCU-8  |        |                         |
|------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|
|                  | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) |
|                  | 2.55      | 85     | 203.00                  | 3.06      | 87     | 215.25                  |

| PESO (Kg) | L2-RCU-7  |            |                            | L2-RCU-8  |            |                            |
|-----------|-----------|------------|----------------------------|-----------|------------|----------------------------|
|           | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0         | 0.00      | 0.000      | 0.00                       | 0.00      | 0.000      | 0.00                       |
| 1000      | 0.24      | 0.003      | 4.93                       | 0.28      | 0.003      | 4.65                       |
| 2000      | 0.47      | 0.006      | 9.85                       | 0.56      | 0.006      | 9.29                       |
| 3000      | 0.71      | 0.008      | 14.78                      | 0.84      | 0.010      | 13.94                      |
| 4000      | 0.95      | 0.011      | 19.70                      | 1.11      | 0.013      | 18.58                      |
| 5000      | 1.18      | 0.014      | 24.63                      | 1.39      | 0.016      | 23.23                      |
| 6000      | 1.42      | 0.017      | 29.56                      | 1.67      | 0.019      | 27.87                      |
| 7000      | 1.65      | 0.019      | 34.48                      | 1.95      | 0.022      | 32.52                      |
| 8000      | 1.89      | 0.022      | 39.41                      | 2.23      | 0.026      | 37.17                      |
| 9000      | 2.13      | 0.025      | 44.33                      | 2.51      | 0.029      | 41.81                      |
| 10000     | 2.36      | 0.028      | 49.26                      | 2.79      | 0.032      | 46.46                      |
| 11000     | 2.60      | 0.031      | 54.19                      | 3.07      | 0.035      | 51.10                      |



Figura 34. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 2 – artesanal.

Cuadro 51. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 2 – artesanal.

| FABR.<br>LADR. 2 | L2-RCU-9  |        |                         | L2-RCU-10 |        |                         |
|------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|
|                  | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) |
|                  | 2.82      | 87     | 210.00                  | 3.15      | 86     | 215.25                  |

| PESO (Kg) | L2-RCU-9  |            |                            | L2-RCU-10 |            |                            |
|-----------|-----------|------------|----------------------------|-----------|------------|----------------------------|
|           | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0         | 0.00      | 0.000      | 0.00                       | 0.00      | 0.000      | 0.00                       |
| 1000      | 0.26      | 0.003      | 4.76                       | 0.28      | 0.003      | 4.65                       |
| 2000      | 0.52      | 0.006      | 9.52                       | 0.56      | 0.007      | 9.29                       |
| 3000      | 0.79      | 0.009      | 14.29                      | 0.84      | 0.010      | 13.94                      |
| 4000      | 1.05      | 0.012      | 19.05                      | 1.13      | 0.013      | 18.58                      |
| 5000      | 1.31      | 0.015      | 23.81                      | 1.41      | 0.016      | 23.23                      |
| 6000      | 1.57      | 0.018      | 28.57                      | 1.69      | 0.020      | 27.87                      |
| 7000      | 1.83      | 0.021      | 33.33                      | 1.97      | 0.023      | 32.52                      |
| 8000      | 2.10      | 0.024      | 38.10                      | 2.25      | 0.026      | 37.17                      |
| 9000      | 2.36      | 0.027      | 42.86                      | 2.53      | 0.029      | 41.81                      |
| 10000     | 2.62      | 0.030      | 47.62                      | 2.81      | 0.033      | 46.46                      |
| 11000     | 2.88      | 0.033      | 52.38                      | 3.10      | 0.036      | 51.10                      |
| 11200     |           |            |                            | 3.15      | 0.037      | 52.03                      |



Figura 35. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 2 – artesanal.

Cuadro 52. Resistencia a la compresión en unidad de la ladrillera 3 - maquinado.

| MUESTRA               | DIMENSIONES<br>(cm) |       | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) | PESO<br>(Kg) | f <sup>b</sup><br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|---------------------|-------|----------------------------|--------------|---|
|                       | LARGO               | ANCHO |                            |              |   |
| L3-RCU-1              | 22.00               | 11.50 | 253.00                     | 14001.02     | 55.34                                   |
| L3-RCU-2              | 22.00               | 12.00 | 264.00                     | 14847.36     | 56.24                                   |
| L3-RCU-3              | 22.00               | 11.50 | 253.00                     | 13912.47     | 54.99                                   |
| L3-RCU-4              | 21.90               | 11.80 | 258.42                     | 14784.21     | 57.21                                   |
| L3-RCU-5              | 22.00               | 12.00 | 264.00                     | 14253.36     | 53.99                                   |
| L3-RCU-6              | 21.80               | 12.10 | 263.78                     | 14703.10     | 55.74                                   |
| L3-RCU-7              | 21.90               | 12.00 | 262.80                     | 14953.32     | 56.90                                   |
| L3-RCU-8              | 21.80               | 11.80 | 257.24                     | 15231.18     | 59.21                                   |
| L3-RCU-9              | 21.90               | 11.90 | 260.61                     | 15141.44     | 58.10                                   |
| L3-RCU-10             | 22.10               | 11.80 | 260.78                     | 15122.63     | 57.99                                   |
| <b>PRMEDIO =</b>      |                     |       |                            |              | <b>56.57</b>                            |
| <b>δ =</b>            |                     |       |                            |              | <b>1.61</b>                             |
| <b>PROMEDIO - δ =</b> |                     |       |                            |              | <b>54.96</b>                            |
| <b>C. V. (%) =</b>    |                     |       |                            |              | <b>0.03</b>                             |

Cuadro 53. Módulo de elasticidad en unidad de la ladrillera 3 - maquinado.

| MUESTRA         | PESO<br>(Kg)    | H<br>(mm)    | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) | Def.<br>(mm) | Def.<br>Unit. | Esf.<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | MÓDULO DE<br>ELASTICIDAD<br>Eb (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|-----------------|--------------|----------------------------|--------------|---------------|-------------------------------|--|
| L1-RCU-1        | 14001.02        | 92.00        | 253.00                     | 3.30         | 0.036         | 55.34                         | 1542.81  |
| L1-RCU-2        | 14847.36        | 95.00        | 264.00                     | 3.81         | 0.040         | 56.24                         | 1402.31  |
| L1-RCU-3        | 13912.47        | 93.00        | 253.00                     | 2.94         | 0.032         | 54.99                         | 1739.48  |
| L1-RCU-4        | 14784.21        | 94.00        | 258.42                     | 3.96         | 0.042         | 57.21                         | 1358.02  |
| L1-RCU-5        | 14253.36        | 94.00        | 264.00                     | 3.90         | 0.041         | 53.99                         | 1301.30  |
| L1-RCU-6        | 14703.10        | 95.00        | 263.78                     | 3.75         | 0.039         | 55.74                         | 1412.08  |
| L1-RCU-7        | 14953.32        | 95.00        | 262.80                     | 3.72         | 0.039         | 56.90                         | 1453.09  |
| L1-RCU-8        | 15231.18        | 91.00        | 257.24                     | 4.02         | 0.044         | 59.21                         | 1340.33  |
| L1-RCU-9        | 15141.44        | 94.00        | 260.61                     | 4.08         | 0.043         | 58.10                         | 1338.58  |
| L1-RCU-10       | 15122.63        | 92.00        | 260.78                     | 4.23         | 0.046         | 57.99                         | 1261.25  |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>14695.01</b> | <b>93.50</b> | <b>259.76</b>              | <b>3.77</b>  | <b>0.040</b>  | <b>56.57</b>                  | <b>1414.92</b>                                       |



Cuadro 54. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 3 – maquinado.

| FABR.<br>LADR. 3 | L3-RCU-1  |        |                         | L3-RCU-2  |        |                         |
|------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|
|                  | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) |
|                  | 3.30      | 92     | 253.00                  | 3.81      | 95     | 264.00                  |

| PESO (Kg) | L3-RCU-1  |            |                            | L3-RCU-2  |            |                            |
|-----------|-----------|------------|----------------------------|-----------|------------|----------------------------|
|           | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0         | 0.00      | 0.000      | 0.00                       | 0.00      | 0.000      | 0.00                       |
| 1000      | 0.24      | 0.003      | 3.95                       | 0.26      | 0.003      | 3.79                       |
| 2000      | 0.47      | 0.005      | 7.91                       | 0.51      | 0.005      | 7.58                       |
| 3000      | 0.71      | 0.008      | 11.86                      | 0.77      | 0.008      | 11.36                      |
| 4000      | 0.94      | 0.010      | 15.81                      | 1.03      | 0.011      | 15.15                      |
| 5000      | 1.18      | 0.013      | 19.76                      | 1.28      | 0.014      | 18.94                      |
| 6000      | 1.41      | 0.015      | 23.72                      | 1.54      | 0.016      | 22.73                      |
| 7000      | 1.65      | 0.018      | 27.67                      | 1.80      | 0.019      | 26.52                      |
| 8000      | 1.89      | 0.020      | 31.62                      | 2.05      | 0.022      | 30.30                      |
| 9000      | 2.12      | 0.023      | 35.57                      | 2.31      | 0.024      | 34.09                      |
| 10000     | 2.36      | 0.026      | 39.53                      | 2.57      | 0.027      | 37.88                      |
| 11000     | 2.59      | 0.028      | 43.48                      | 2.82      | 0.030      | 41.67                      |
| 12000     | 2.83      | 0.031      | 47.43                      | 3.08      | 0.032      | 45.45                      |
| 13000     | 3.06      | 0.033      | 51.38                      | 3.34      | 0.035      | 49.24                      |
| 14000     | 3.30      | 0.036      | 55.34                      | 3.59      | 0.038      | 53.03                      |
| 14900     |           |            |                            | 3.82      | 0.040      | 56.44                      |



Figura 36. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 3 – maquinado.

Cuadro 55. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 3 – maquinado.

| FABR.<br>LADR. 3 | L3-RCU-3  |        |                         | L3-RCU-4  |        |                         |
|------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|
|                  | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) |
|                  | 2.94      | 93     | 253.00                  | 3.96      | 94     | 258.42                  |

| PESO (Kg) | L3-RCU-3  |            |                            | L3-RCU-4  |            |                            |
|-----------|-----------|------------|----------------------------|-----------|------------|----------------------------|
|           | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0         | 0.00      | 0.000      | 0.00                       | 0.00      | 0.000      | 0.00                       |
| 1000      | 0.21      | 0.002      | 3.95                       | 0.27      | 0.003      | 3.87                       |
| 2000      | 0.42      | 0.005      | 7.91                       | 0.54      | 0.006      | 7.74                       |
| 3000      | 0.63      | 0.007      | 11.86                      | 0.80      | 0.009      | 11.61                      |
| 4000      | 0.85      | 0.009      | 15.81                      | 1.07      | 0.011      | 15.48                      |
| 5000      | 1.06      | 0.011      | 19.76                      | 1.34      | 0.014      | 19.35                      |
| 6000      | 1.27      | 0.014      | 23.72                      | 1.61      | 0.017      | 23.22                      |
| 7000      | 1.48      | 0.016      | 27.67                      | 1.87      | 0.020      | 27.09                      |
| 8000      | 1.69      | 0.018      | 31.62                      | 2.14      | 0.023      | 30.96                      |
| 9000      | 1.90      | 0.020      | 35.57                      | 2.41      | 0.026      | 34.83                      |
| 10000     | 2.11      | 0.023      | 39.53                      | 2.68      | 0.028      | 38.70                      |
| 11000     | 2.32      | 0.025      | 43.48                      | 2.95      | 0.031      | 42.57                      |
| 12000     | 2.54      | 0.027      | 47.43                      | 3.21      | 0.034      | 46.44                      |
| 13000     | 2.75      | 0.030      | 51.38                      | 3.48      | 0.037      | 50.31                      |
| 14000     | 2.96      | 0.032      | 55.34                      | 3.75      | 0.040      | 54.18                      |
| 14800     |           |            |                            | 3.96      | 0.042      | 57.27                      |

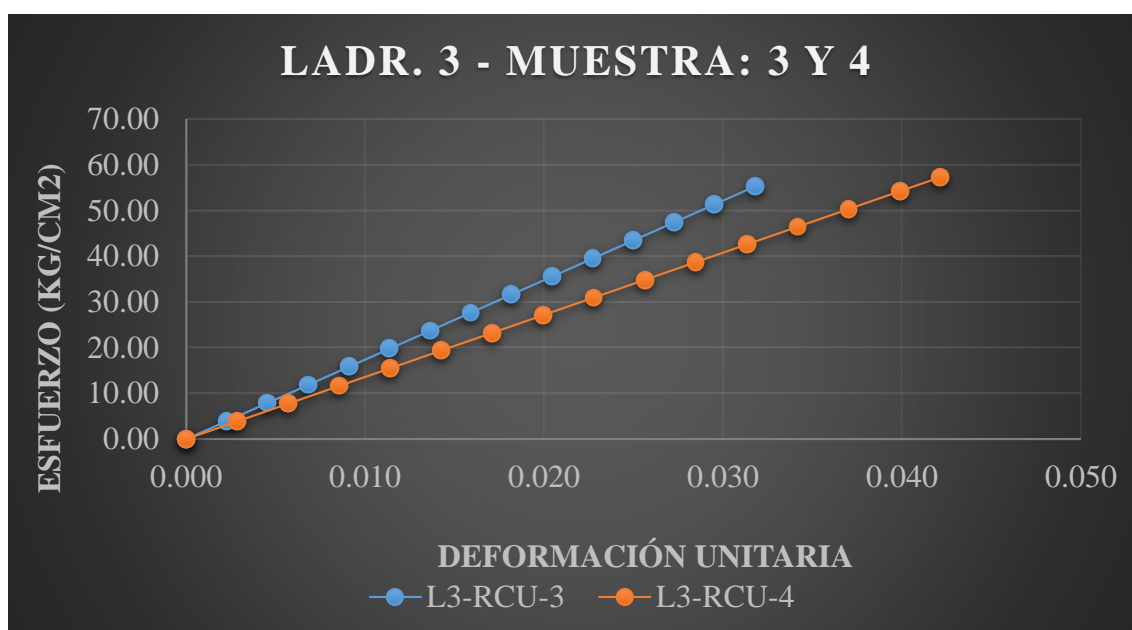


Figura 37. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 3 – maquinado.

Cuadro 56. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 3 – maquinado.

| FABR.<br>LADR. 3 | L3-RCU-5  |        |                         | L3-RCU-6  |        |                         |
|------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|
|                  | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) |
|                  | 3.90      | 94     | 264.00                  | 3.75      | 95     | 263.78                  |

| PESO (Kg) | L3-RCU-5  |            |                            | L3-RCU-6  |            |                            |
|-----------|-----------|------------|----------------------------|-----------|------------|----------------------------|
|           | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0         | 0.00      | 0.000      | 0.00                       | 0.00      | 0.000      | 0.00                       |
| 1000      | 0.27      | 0.003      | 3.79                       | 0.26      | 0.003      | 3.79                       |
| 2000      | 0.55      | 0.006      | 7.58                       | 0.51      | 0.005      | 7.58                       |
| 3000      | 0.82      | 0.009      | 11.36                      | 0.77      | 0.008      | 11.37                      |
| 4000      | 1.09      | 0.012      | 15.15                      | 1.02      | 0.011      | 15.16                      |
| 5000      | 1.37      | 0.015      | 18.94                      | 1.28      | 0.013      | 18.96                      |
| 6000      | 1.64      | 0.017      | 22.73                      | 1.53      | 0.016      | 22.75                      |
| 7000      | 1.92      | 0.020      | 26.52                      | 1.79      | 0.019      | 26.54                      |
| 8000      | 2.19      | 0.023      | 30.30                      | 2.04      | 0.021      | 30.33                      |
| 9000      | 2.46      | 0.026      | 34.09                      | 2.30      | 0.024      | 34.12                      |
| 10000     | 2.74      | 0.029      | 37.88                      | 2.55      | 0.027      | 37.91                      |
| 11000     | 3.01      | 0.032      | 41.67                      | 2.81      | 0.030      | 41.70                      |
| 12000     | 3.28      | 0.035      | 45.45                      | 3.06      | 0.032      | 45.49                      |
| 13000     | 3.56      | 0.038      | 49.24                      | 3.32      | 0.035      | 49.28                      |
| 14000     | 3.83      | 0.041      | 53.03                      | 3.57      | 0.038      | 53.07                      |
| 14700     |           |            |                            | 3.75      | 0.039      | 55.73                      |

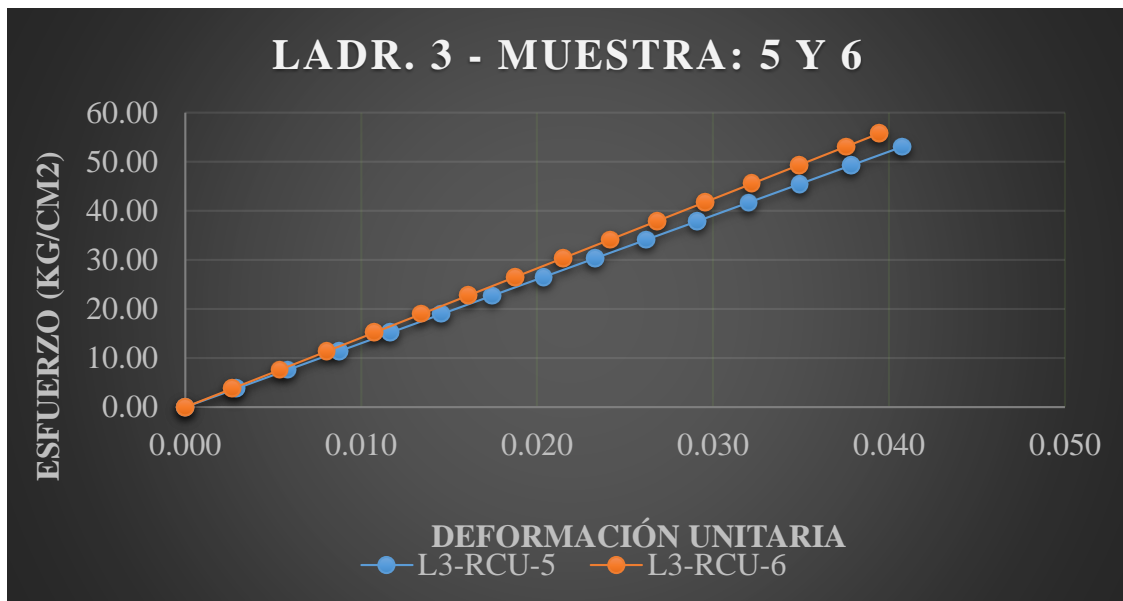


Figura 38. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 3 – maquinado.

Cuadro 57. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 3 – maquinado.

| FABR.<br>LADR. 3 | L3-RCU-7  |        |                         | L3-RCU-8  |        |                         |
|------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|
|                  | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) |
|                  | 3.72      | 95     | 262.80                  | 4.02      | 91     | 257.24                  |

| PESO (Kg) | L3-RCU-7  |            |                            | L3-RCU-8  |            |                            |
|-----------|-----------|------------|----------------------------|-----------|------------|----------------------------|
|           | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0         | 0.00      | 0.000      | 0.00                       | 0.00      | 0.000      | 0.00                       |
| 1000      | 0.25      | 0.003      | 3.81                       | 0.26      | 0.003      | 3.89                       |
| 2000      | 0.50      | 0.005      | 7.61                       | 0.53      | 0.006      | 7.77                       |
| 3000      | 0.75      | 0.008      | 11.42                      | 0.79      | 0.009      | 11.66                      |
| 4000      | 1.00      | 0.010      | 15.22                      | 1.06      | 0.012      | 15.55                      |
| 5000      | 1.24      | 0.013      | 19.03                      | 1.32      | 0.015      | 19.44                      |
| 6000      | 1.49      | 0.016      | 22.83                      | 1.58      | 0.017      | 23.32                      |
| 7000      | 1.74      | 0.018      | 26.64                      | 1.85      | 0.020      | 27.21                      |
| 8000      | 1.99      | 0.021      | 30.44                      | 2.11      | 0.023      | 31.10                      |
| 9000      | 2.24      | 0.024      | 34.25                      | 2.38      | 0.026      | 34.99                      |
| 10000     | 2.49      | 0.026      | 38.05                      | 2.64      | 0.029      | 38.87                      |
| 11000     | 2.74      | 0.029      | 41.86                      | 2.90      | 0.032      | 42.76                      |
| 12000     | 2.99      | 0.031      | 45.66                      | 3.17      | 0.035      | 46.65                      |
| 13000     | 3.23      | 0.034      | 49.47                      | 3.43      | 0.038      | 50.54                      |
| 14000     | 3.48      | 0.037      | 53.27                      | 3.70      | 0.041      | 54.42                      |
| 15000     | 3.73      | 0.039      | 57.08                      | 3.96      | 0.044      | 58.31                      |
| 15300     |           |            |                            | 4.04      | 0.044      | 59.48                      |

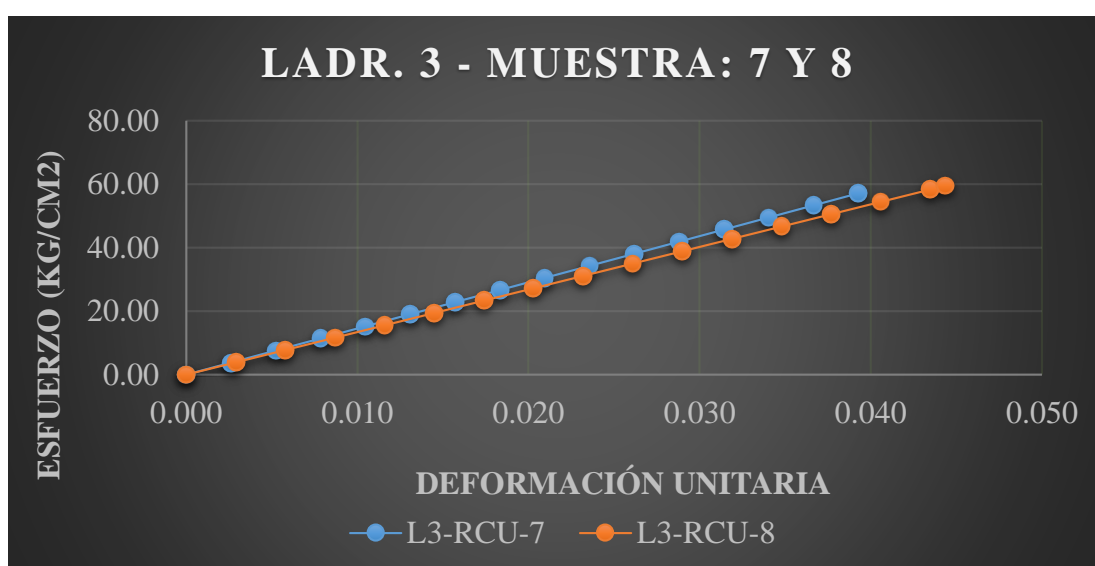


Figura 39. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 3 – maquinado.

Cuadro 58. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 3 – maquinado.

| FABR.<br>LADR. 3 | L3-RCU-9  |        |                         | L3-RCU-10 |        |                         |
|------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|
|                  | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) |
|                  | 4.08      | 94     | 260.61                  | 4.23      | 92     | 260.78                  |

| PESO (Kg) | L3-RCU-9  |            |                            | L3-RCU-10 |            |                            |
|-----------|-----------|------------|----------------------------|-----------|------------|----------------------------|
|           | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0         | 0.00      | 0.000      | 0.00                       | 0.00      | 0.000      | 0.00                       |
| 1000      | 0.27      | 0.003      | 3.84                       | 0.28      | 0.003      | 3.83                       |
| 2000      | 0.54      | 0.006      | 7.67                       | 0.56      | 0.006      | 7.67                       |
| 3000      | 0.81      | 0.009      | 11.51                      | 0.84      | 0.009      | 11.50                      |
| 4000      | 1.08      | 0.011      | 15.35                      | 1.12      | 0.012      | 15.34                      |
| 5000      | 1.35      | 0.014      | 19.19                      | 1.40      | 0.015      | 19.17                      |
| 6000      | 1.62      | 0.017      | 23.02                      | 1.68      | 0.018      | 23.01                      |
| 7000      | 1.89      | 0.020      | 26.86                      | 1.96      | 0.021      | 26.84                      |
| 8000      | 2.16      | 0.023      | 30.70                      | 2.24      | 0.024      | 30.68                      |
| 9000      | 2.43      | 0.026      | 34.53                      | 2.52      | 0.027      | 34.51                      |
| 10000     | 2.69      | 0.029      | 38.37                      | 2.80      | 0.030      | 38.35                      |
| 11000     | 2.96      | 0.032      | 42.21                      | 3.08      | 0.033      | 42.18                      |
| 12000     | 3.23      | 0.034      | 46.05                      | 3.36      | 0.036      | 46.02                      |
| 13000     | 3.50      | 0.037      | 49.88                      | 3.64      | 0.040      | 49.85                      |
| 14000     | 3.77      | 0.040      | 53.72                      | 3.92      | 0.043      | 53.69                      |
| 15000     | 4.04      | 0.043      | 57.56                      | 4.20      | 0.046      | 57.52                      |
| 15200     | 4.10      | 0.044      | 58.32                      | 4.25      | 0.046      | 58.29                      |

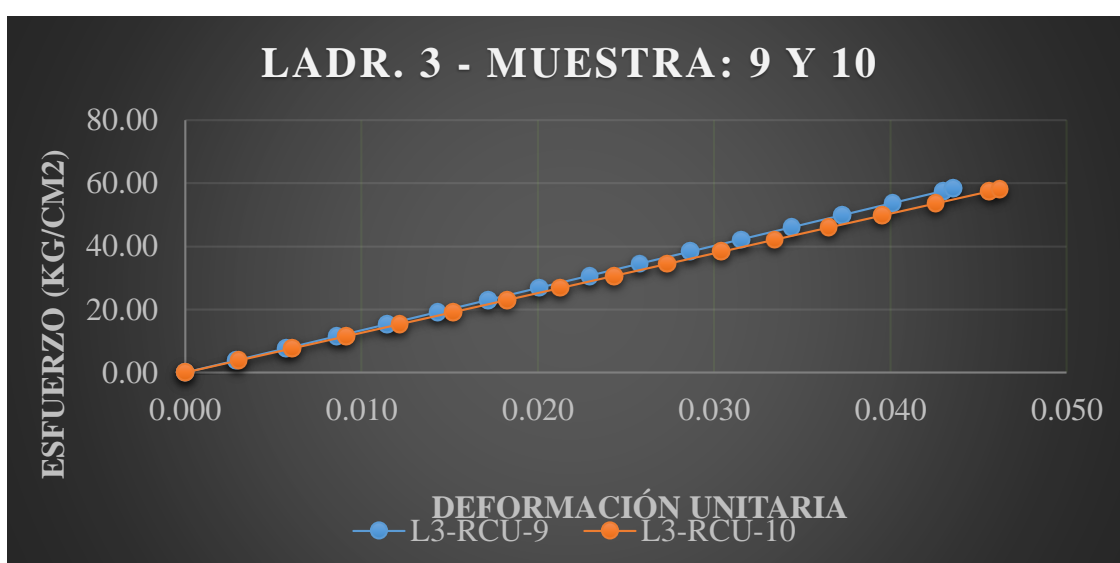


Figura 40. Esfuerzo vs deformación en unidad de la ladrillera 3 – maquinado.

### C. Resumen:

Cuadro 59. Resumen de datos promedio para cada ladrillera.

| <b>LADRILLERAS</b> | <b>PROMEDIO<br/>(f'b)</b> | <b><math>\delta</math></b> | <b>f'b<br/>(kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>C. V. (%)</b> |
|--------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------------|------------------|
| <b>L1</b>          | 40.59                     | 1.94                       | 38.64                              | 0.048            |
| <b>L2</b>          | 50.56                     | 1.40                       | 49.17                              | 0.028            |
| <b>L3</b>          | 56.57                     | 1.61                       | 54.96                              | 0.028            |

Cuadro 60. Resumen del módulo de elasticidad en unidad.

| <b>LADRILLERAS</b> | <b>PESO<br/>(Kg)</b> | <b>H<br/>(mm)</b> | <b>ÁREA<br/>(cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Def.<br/>(mm)</b> | <b>Def.<br/>Unit.</b> | <b>Esf.<br/>(kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>MÓDULO DE<br/>ELASTICIDAD<br/>Eb (kg/cm<sup>2</sup>)</b> |
|--------------------|----------------------|-------------------|----------------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------------|---|
| <b>L1</b>          | 9627.80              | 85.20             | 237.34                           | 2.80                 | 0.033                 | 40.59                               | 1277.70   |
| <b>L2</b>          | 10739.20             | 86.50             | 212.45                           | 2.94                 | 0.034                 | 50.56                               | 1495.23   |
| <b>L3</b>          | 14695.01             | 93.50             | 259.76                           | 3.77                 | 0.040                 | 56.57                               | 1414.92   |

### **3.2. Resultados de la propiedad mecánica de la albañilería simple artesanal y maquinada:**

#### **3.2.1. Resistencia a la compresión en pila:**

##### **A. Procedimiento:**

Para este ensayo se necesitaron un recipiente grande para preparar el mortero, una espátula o babilejo, un nivel de mano, una regla metálica o wincha y una brocha.

Para la preparación de los especímenes en primer lugar se limpiaron todas las partículas que tenían, luego se regaron con agua potable para evitar que absorbiera al gua del mortero.

Después de haber regado las unidades de albañilería se procedió a preparar el mortero con una proporción de cemento y arena gruesa de 1:4 y agua suficiente para darle trabajabilidad.

Luego de terminar la preparación del mortero se procedió a construir las pilas con juntas entre 1 y 1.5 cm de espesor, y verificando también el nivel vertical entre cada unidad y el nivel horizontal de la unidad asentada, las pilas fueron de cuatro unidad cada uno. Este proceso se realizó 20 días antes de la realización del ensayo de compresión en la máquina.

Luego realizó el refrentado de cada una de las pilas, en la que se prepara una mezcla de yeso con agua potable, luego se colocó la mezcla en la cara de asiento superior de la pila tratando de que quede con una superficie plana y nivelada, luego dejamos enfriar por unos minutos para realizar el mismo procedimiento en la otra cara de asiento de la pila, este proceso se realizó 48 horas antes de realizar el ensayo de compresión.

Por último se trasladó las pilas ya preparadas al laboratorio en donde se realizó dicho ensayo, en la cual se procedió a medir las dimensiones de cada una de las pilas ya que la maquina requería tales medidas para su proceso, después se colocó cada una de las

pilas en la maquina cuidadosamente y se procedió a la rotura, obteniendo así los resultados que se mostraran a continuación.

## B. Resultados:

Cuadro 61. Resistencia a la compresión en pila de la ladrillera 1 - artesanal.

| MUESTRA               | DIMENSIONES<br>(cm) |       |       | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) | PESO<br>MÁX.<br>(Kg) | ESB.<br>(ht/tp) | COEF.<br>DE ESB.<br>(E.070) | f'm<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|---------------------|-------|-------|----------------------------|----------------------|-----------------|-----------------------------|------------------------------|
|                       | H                   | L     | A     |                            |                      |                 |                             |                              |
| <b>L1-RCP-1</b>       | 39.50               | 21.00 | 11.00 | 231.00                     | 9184.22              | 3.59            | 0.93                        | 37.12                        |
| <b>L1-RCP-2</b>       | 40.00               | 21.50 | 11.50 | 247.25                     | 10117.47             | 3.48            | 0.93                        | 38.02                        |
| <b>L1-RCP-3</b>       | 39.50               | 21.50 | 11.30 | 242.95                     | 9586.59              | 3.50            | 0.93                        | 36.69                        |
| <b>L1-RCP-4</b>       | 39.00               | 21.20 | 11.00 | 233.20                     | 9622.63              | 3.55            | 0.93                        | 38.45                        |
| <b>L1-RCP-5</b>       | 40.00               | 21.10 | 11.40 | 240.54                     | 9705.88              | 3.51            | 0.93                        | 37.54                        |
| <b>PRMEDIO =</b>      |                     |       |       |                            |                      |                 |                             | <b>37.56</b>                 |
| <b>δ =</b>            |                     |       |       |                            |                      |                 |                             | <b>0.70</b>                  |
| <b>PROMEDIO - δ =</b> |                     |       |       |                            |                      |                 |                             | <b>36.86</b>                 |
| <b>C. V. (%) =</b>    |                     |       |       |                            |                      |                 |                             | <b>0.02</b>                  |

Cuadro 62. Módulo de elasticidad en pila de la ladrillera 1 - artesanal.

| MUESTRA         | PESO<br>(Kg)   | H<br>(mm)     | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) | Def.<br>(mm) | Def.<br>Unit. | Esf.<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | MÓDULO DE<br>ELASTICIDAD<br>Em (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|---------------|----------------------------|--------------|---------------|-------------------------------|--|
| <b>L1-RCP-1</b> | 9184.22        | 395.00        | 231.00                     | 6.80         | 0.017         | 39.76                         | 2309.50  |
| <b>L1-RCP-2</b> | 10117.47       | 400.00        | 247.25                     | 8.30         | 0.021         | 40.92                         | 1972.05  |
| <b>L1-RCP-3</b> | 9586.59        | 395.00        | 242.95                     | 7.75         | 0.020         | 39.46                         | 2011.14  |
| <b>L1-RCP-4</b> | 9622.63        | 390.00        | 233.20                     | 7.30         | 0.019         | 41.26                         | 2204.48  |
| <b>L1-RCP-5</b> | 9705.88        | 400.00        | 240.54                     | 7.50         | 0.019         | 40.35                         | 2152.02  |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>9643.36</b> | <b>396.00</b> | <b>238.99</b>              | <b>7.53</b>  | <b>0.019</b>  | <b>40.35</b>                  | <b>2129.84</b>                                       |



Cuadro 63. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 1 – artesanal.

| FABR.<br>LADR. 1 | L1-RCP-1     |           |                            | L1-RCP-2     |           |                            | L1-RCP-3     |           |                            |
|------------------|--------------|-----------|----------------------------|--------------|-----------|----------------------------|--------------|-----------|----------------------------|
|                  | Def.<br>(mm) | H<br>(mm) | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) | Def.<br>(mm) | H<br>(mm) | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) | Def.<br>(mm) | H<br>(mm) | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|                  | 6.80         | 395       | 231.00                     | 8.30         | 400       | 247.25                     | 7.75         | 395       | 242.95                     |

| PESO<br>(Kg) | L1-RCP-1     |               |                               | L1-RCP-2     |               |                               | L1-RCP-3     |               |                               |
|--------------|--------------|---------------|-------------------------------|--------------|---------------|-------------------------------|--------------|---------------|-------------------------------|
|              | Def.<br>(mm) | Def.<br>Unit. | Esf.<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Def.<br>(mm) | Def.<br>Unit. | Esf.<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Def.<br>(mm) | Def.<br>Unit. | Esf.<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0            | 0.00         | 0.000         | 0.00                          | 0.00         | 0.000         | 0.00                          | 0.00         | 0.000         | 0.00                          |
| 1000         | 0.74         | 0.002         | 4.33                          | 0.82         | 0.002         | 4.04                          | 0.81         | 0.002         | 4.12                          |
| 2000         | 1.48         | 0.004         | 8.66                          | 1.64         | 0.004         | 8.09                          | 1.62         | 0.004         | 8.23                          |
| 3000         | 2.22         | 0.006         | 12.99                         | 2.46         | 0.006         | 12.13                         | 2.43         | 0.006         | 12.35                         |
| 4000         | 2.96         | 0.007         | 17.32                         | 3.28         | 0.008         | 16.18                         | 3.23         | 0.008         | 16.46                         |
| 5000         | 3.70         | 0.009         | 21.65                         | 4.10         | 0.010         | 20.22                         | 4.04         | 0.010         | 20.58                         |
| 6000         | 4.44         | 0.011         | 25.97                         | 4.92         | 0.012         | 24.27                         | 4.85         | 0.012         | 24.70                         |
| 7000         | 5.18         | 0.013         | 30.30                         | 5.74         | 0.014         | 28.31                         | 5.66         | 0.014         | 28.81                         |
| 8000         | 5.92         | 0.015         | 34.63                         | 6.56         | 0.016         | 32.36                         | 6.47         | 0.016         | 32.93                         |
| 9000         | 6.66         | 0.017         | 38.96                         | 7.38         | 0.018         | 36.40                         | 7.28         | 0.018         | 37.04                         |
| 10000        |              |               |                               | 8.20         | 0.021         | 40.44                         | 8.08         | 0.020         | 41.16                         |
| 10200        |              |               |                               | 8.37         | 0.021         | 41.25                         |              |               |                               |

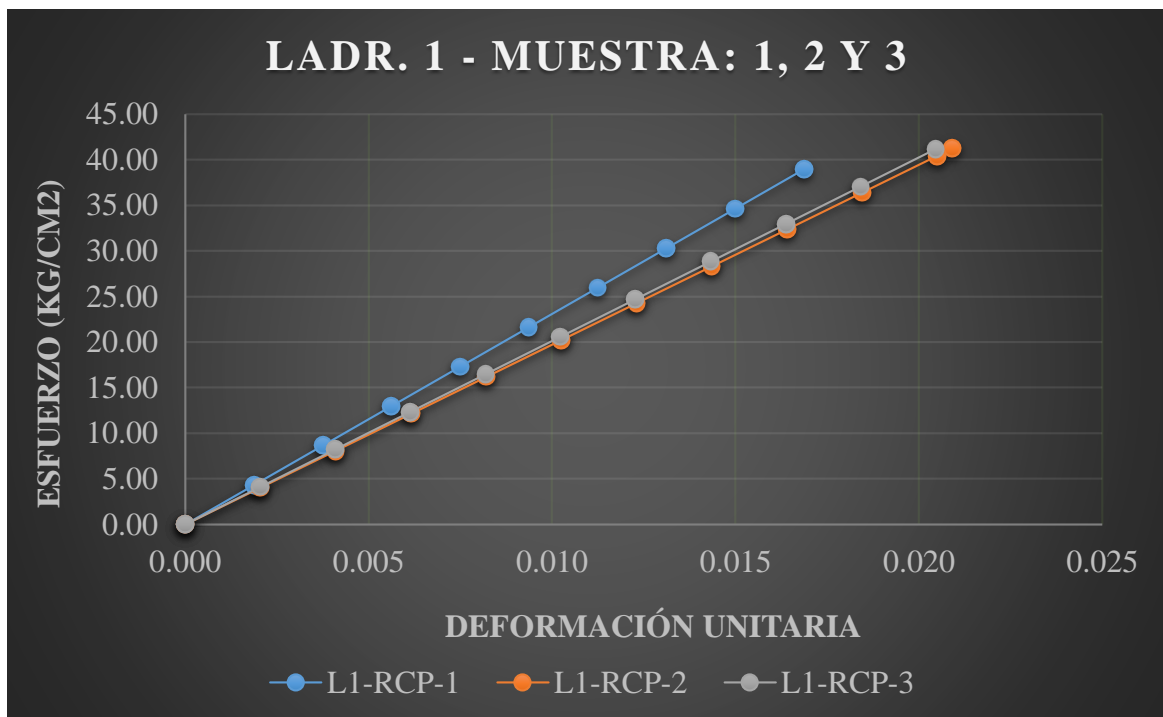


Figura 41. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 1 – artesanal.

Cuadro 64. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 1 – artesanal.

| FABR.<br>LADR. 1 | L1-RCP-4  |        |                         | L1-RCP-5  |        |                         |
|------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|
|                  | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) |
|                  | 7.30      | 390    | 233.20                  | 7.50      | 400    | 240.54                  |

| PESO (Kg) | L1-RCP-4  |            |                            | L1-RCP-5  |            |                            |
|-----------|-----------|------------|----------------------------|-----------|------------|----------------------------|
|           | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0         | 0.00      | 0.000      | 0.00                       | 0.00      | 0.000      | 0.00                       |
| 1000      | 0.76      | 0.002      | 4.29                       | 0.77      | 0.002      | 4.16                       |
| 2000      | 1.52      | 0.004      | 8.58                       | 1.55      | 0.004      | 8.31                       |
| 3000      | 2.28      | 0.006      | 12.86                      | 2.32      | 0.006      | 12.47                      |
| 4000      | 3.03      | 0.008      | 17.15                      | 3.09      | 0.008      | 16.63                      |
| 5000      | 3.79      | 0.010      | 21.44                      | 3.86      | 0.010      | 20.79                      |
| 6000      | 4.55      | 0.012      | 25.73                      | 4.64      | 0.012      | 24.94                      |
| 7000      | 5.31      | 0.014      | 30.02                      | 5.41      | 0.014      | 29.10                      |
| 8000      | 6.07      | 0.016      | 34.31                      | 6.18      | 0.015      | 33.26                      |
| 9000      | 6.83      | 0.018      | 38.59                      | 6.95      | 0.017      | 37.42                      |
| 9700      | 7.36      | 0.019      | 41.60                      | 7.50      | 0.019      | 40.33                      |



Figura 42. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 1 – artesanal.

Cuadro 65. Resistencia a la compresión en pila de la ladrillera 2 – artesanal.

| MUESTRA               | DIMENSIONES<br>(cm) |       |       | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) | PESO<br>MÁX.<br>(Kg) | ESB.<br>(ht/tp) | COEF.<br>DE ESB.<br>(E.070) | f <sup>m</sup><br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|---------------------|-------|-------|----------------------------|----------------------|-----------------|-----------------------------|---|
|                       | H                   | L     | A     |                            |                      |                 |                             |   |
| <b>L2-RCP-1</b>       | 39.50               | 21.00 | 11.00 | 231.00                     | 9399.47              | 3.59            | 0.93                        | 37.99                                   |
| <b>L2-RCP-2</b>       | 39.00               | 21.50 | 11.50 | 247.25                     | 10321.09             | 3.39            | 0.93                        | 38.64                                   |
| <b>L2-RCP-3</b>       | 40.00               | 21.50 | 11.30 | 242.95                     | 10538.52             | 3.54            | 0.93                        | 40.41                                   |
| <b>L2-RCP-4</b>       | 39.00               | 21.20 | 11.00 | 233.20                     | 9785.30              | 3.55            | 0.93                        | 39.1                                    |
| <b>L2-RCP-5</b>       | 40.00               | 21.10 | 11.40 | 240.54                     | 10256.58             | 3.51            | 0.93                        | 39.67                                   |
| <b>PRMEDIO =</b>      |                     |       |       |                            |                      |                 |                             | <b>39.16</b>                            |
| <b>δ =</b>            |                     |       |       |                            |                      |                 |                             | <b>0.93</b>                             |
| <b>PROMEDIO - δ =</b> |                     |       |       |                            |                      |                 |                             | <b>38.23</b>                            |
| <b>C. V. (%) =</b>    |                     |       |       |                            |                      |                 |                             | <b>0.02</b>                             |

Cuadro 66. Módulo de elasticidad en pila de la ladrillera 2 - artesanal.

| MUESTRA         | PESO<br>(Kg)    | H<br>(mm)     | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) | Def.<br>(mm) | Def.<br>Unit. | Esf.<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | MÓDULO DE<br>ELASTICIDAD<br>Em (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|-----------------|---------------|----------------------------|--------------|---------------|-------------------------------|--|
| <b>L1-RCP-1</b> | 9399.47         | 395.00        | 231.00                     | 6.90         | 0.017         | 40.69                         | 2329.38  |
| <b>L1-RCP-2</b> | 10321.09        | 390.00        | 247.25                     | 8.90         | 0.023         | 41.74                         | 1829.21  |
| <b>L1-RCP-3</b> | 10538.52        | 400.00        | 242.95                     | 9.40         | 0.024         | 43.38                         | 1845.84  |
| <b>L1-RCP-4</b> | 9785.30         | 390.00        | 233.20                     | 7.70         | 0.020         | 41.96                         | 2125.30  |
| <b>L1-RCP-5</b> | 10256.58        | 400.00        | 240.54                     | 8.70         | 0.022         | 42.64                         | 1960.45  |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>10060.19</b> | <b>395.00</b> | <b>238.99</b>              | <b>8.32</b>  | <b>0.021</b>  | <b>42.08</b>                  | <b>2018.04</b>                                       |

Cuadro 67. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 2 – artesanal.

| FA<br>BR.<br>LADR. 2 | L2-RCP-1     |           |                            | L2-RCP-2     |           |                            | L2-RCP-3     |           |                            |
|----------------------|--------------|-----------|----------------------------|--------------|-----------|----------------------------|--------------|-----------|----------------------------|
|                      | Def.<br>(mm) | H<br>(mm) | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) | Def.<br>(mm) | H<br>(mm) | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) | Def.<br>(mm) | H<br>(mm) | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|                      | 6.90         | 395       | 231.00                     | 8.90         | 390       | 247.25                     | 9.40         | 400       | 242.95                     |

| PESO<br>(Kg) | L2-RCP-1     |               |                               | L2-RCP-2     |               |                               | L2-RCP-3     |               |                               |
|--------------|--------------|---------------|-------------------------------|--------------|---------------|-------------------------------|--------------|---------------|-------------------------------|
|              | Def.<br>(mm) | Def.<br>Unit. | Esf.<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Def.<br>(mm) | Def.<br>Unit. | Esf.<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Def.<br>(mm) | Def.<br>Unit. | Esf.<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0            | 0.00         | 0.000         | 0.00                          | 0.00         | 0.000         | 0.00                          | 0.00         | 0.000         | 0.00                          |
| 1000         | 0.73         | 0.002         | 4.33                          | 0.86         | 0.002         | 4.04                          | 0.89         | 0.002         | 4.12                          |
| 2000         | 1.47         | 0.004         | 8.66                          | 1.72         | 0.004         | 8.09                          | 1.78         | 0.004         | 8.23                          |
| 3000         | 2.20         | 0.006         | 12.99                         | 2.59         | 0.007         | 12.13                         | 2.68         | 0.007         | 12.35                         |
| 4000         | 2.94         | 0.007         | 17.32                         | 3.45         | 0.009         | 16.18                         | 3.57         | 0.009         | 16.46                         |
| 5000         | 3.67         | 0.009         | 21.65                         | 4.31         | 0.011         | 20.22                         | 4.46         | 0.011         | 20.58                         |
| 6000         | 4.40         | 0.011         | 25.97                         | 5.17         | 0.013         | 24.27                         | 5.35         | 0.013         | 24.70                         |
| 7000         | 5.14         | 0.013         | 30.30                         | 6.04         | 0.015         | 28.31                         | 6.24         | 0.016         | 28.81                         |
| 8000         | 5.87         | 0.015         | 34.63                         | 6.90         | 0.018         | 32.36                         | 7.14         | 0.018         | 32.93                         |
| 9000         | 6.61         | 0.017         | 38.96                         | 7.76         | 0.020         | 36.40                         | 8.03         | 0.020         | 37.04                         |
| 10000        |              |               |                               | 8.62         | 0.022         | 40.44                         | 8.92         | 0.022         | 41.16                         |
| 10600        |              |               |                               |              |               |                               | 9.45         | 0.024         | 43.63                         |

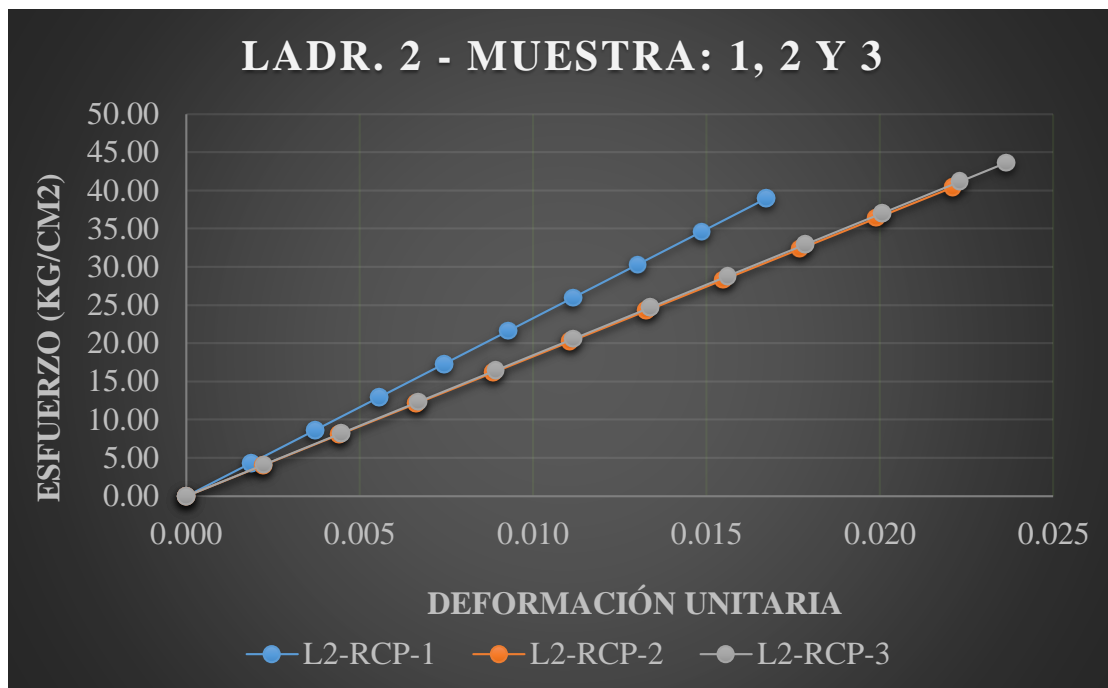


Figura 43. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 2 – artesanal.

Cuadro 68. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 2 – artesanal.

| FABR.<br>LADR. 2 | L2-RCP-4  |        |                         | L2-RCP-5  |        |                         |
|------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|
|                  | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) |
|                  | 7.70      | 390    | 233.20                  | 8.70      | 400    | 240.54                  |

| PESO (Kg) | L2-RCP-4  |            |                            | L2-RCP-5  |            |                            |
|-----------|-----------|------------|----------------------------|-----------|------------|----------------------------|
|           | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0         | 0.00      | 0.000      | 0.00                       | 0.00      | 0.000      | 0.00                       |
| 1000      | 0.79      | 0.002      | 4.29                       | 0.85      | 0.002      | 4.16                       |
| 2000      | 1.57      | 0.004      | 8.58                       | 1.70      | 0.004      | 8.31                       |
| 3000      | 2.36      | 0.006      | 12.86                      | 2.54      | 0.006      | 12.47                      |
| 4000      | 3.15      | 0.008      | 17.15                      | 3.39      | 0.008      | 16.63                      |
| 5000      | 3.93      | 0.010      | 21.44                      | 4.24      | 0.011      | 20.79                      |
| 6000      | 4.72      | 0.012      | 25.73                      | 5.09      | 0.013      | 24.94                      |
| 7000      | 5.51      | 0.014      | 30.02                      | 5.94      | 0.015      | 29.10                      |
| 8000      | 6.30      | 0.016      | 34.31                      | 6.79      | 0.017      | 33.26                      |
| 9000      | 7.08      | 0.018      | 38.59                      | 7.63      | 0.019      | 37.42                      |
| 10000     | 7.87      | 0.020      | 42.88                      | 8.48      | 0.021      | 41.57                      |
| 10300     |           |            |                            | 8.74      | 0.022      | 42.82                      |



Figura 44. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 2 – artesanal.

Cuadro 69. Resistencia a la compresión en pila de la ladrillera 3 - maquinado.

| MUESTRA               | DIMENSIONES<br>(cm) |       |       | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) | PESO<br>MÁX.<br>(Kg) | ESB.<br>(ht/tp) | COEF.<br>DE ESB.<br>(E.070) | f <sub>m</sub><br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|---------------------|-------|-------|----------------------------|----------------------|-----------------|-----------------------------|---|
|                       | H                   | L     | A     |                            |                      |                 |                             |   |
| <b>L3-RCP-1</b>       | 43.50               | 21.00 | 11.00 | 231.00                     | 11647.67             | 3.95            | 0.95                        | 47.81                                   |
| <b>L3-RCP-2</b>       | 43.00               | 21.50 | 11.50 | 247.25                     | 12605.06             | 3.74            | 0.94                        | 47.9                                    |
| <b>L3-RCP-3</b>       | 43.50               | 21.50 | 11.30 | 242.95                     | 11756.53             | 3.85            | 0.94                        | 45.68                                   |
| <b>L3-RCP-4</b>       | 43.00               | 21.20 | 11.00 | 233.20                     | 11630.88             | 3.91            | 0.95                        | 47.2                                    |
| <b>L3-RCP-5</b>       | 43.50               | 21.10 | 11.40 | 240.54                     | 12337.92             | 3.82            | 0.94                        | 48.35                                   |
| <b>PRMEDIO =</b>      |                     |       |       |                            |                      |                 |                             | <b>47.39</b>                            |
| <b>δ =</b>            |                     |       |       |                            |                      |                 |                             | <b>1.04</b>                             |
| <b>PROMEDIO - δ =</b> |                     |       |       |                            |                      |                 |                             | <b>46.35</b>                            |
| <b>C. V. (%) =</b>    |                     |       |       |                            |                      |                 |                             | <b>0.02</b>                             |

Cuadro 70. Módulo de elasticidad en pila de la ladrillera 3 - maquinado.

| MUESTRA         | PESO<br>(Kg)    | H<br>(mm)     | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) | Def.<br>(mm) | Def.<br>Unit. | Esf.<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | MÓDULO DE<br>ELASTICIDAD<br>Em (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|-----------------|---------------|----------------------------|--------------|---------------|-------------------------------|--|
| <b>L1-RCP-1</b> | 11647.67        | 435.00        | 231.00                     | 10.70        | 0.025         | 50.42                         | 2049.90  |
| <b>L1-RCP-2</b> | 12605.06        | 430.00        | 247.25                     | 12.20        | 0.028         | 50.98                         | 1796.87  |
| <b>L1-RCP-3</b> | 11756.53        | 435.00        | 242.95                     | 11.20        | 0.026         | 48.39                         | 1879.46  |
| <b>L1-RCP-4</b> | 11630.88        | 430.00        | 233.20                     | 10.90        | 0.025         | 49.88                         | 1967.55  |
| <b>L1-RCP-5</b> | 12337.92        | 435.00        | 240.54                     | 11.80        | 0.027         | 51.29                         | 1890.87  |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>11995.61</b> | <b>433.00</b> | <b>238.99</b>              | <b>11.36</b> | <b>0.026</b>  | <b>50.19</b>                  | <b>1916.93</b>                                       |

Cuadro 71. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 3 – maquinado.

| FABR.<br>LADR. 3 | L3-RCP-1     |           |                            | L3-RCP-2     |           |                            | L3-RCP-3     |           |                            |
|------------------|--------------|-----------|----------------------------|--------------|-----------|----------------------------|--------------|-----------|----------------------------|
|                  | Def.<br>(mm) | H<br>(mm) | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) | Def.<br>(mm) | H<br>(mm) | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) | Def.<br>(mm) | H<br>(mm) | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|                  | 10.70        | 435       | 231.00                     | 12.20        | 430       | 247.25                     | 11.20        | 435       | 242.95                     |

| PESO<br>(Kg) | L3-RCP-1     |               |                               | L3-RCP-2     |               |                               | L3-RCP-3     |               |                               |
|--------------|--------------|---------------|-------------------------------|--------------|---------------|-------------------------------|--------------|---------------|-------------------------------|
|              | Def.<br>(mm) | Def.<br>Unit. | Esf.<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Def.<br>(mm) | Def.<br>Unit. | Esf.<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Def.<br>(mm) | Def.<br>Unit. | Esf.<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0            | 0.00         | 0.000         | 0.00                          | 0.00         | 0.000         | 0.00                          | 0.00         | 0.000         | 0.00                          |
| 1000         | 0.92         | 0.002         | 4.33                          | 0.97         | 0.002         | 4.04                          | 0.95         | 0.002         | 4.12                          |
| 2000         | 1.84         | 0.004         | 8.66                          | 1.94         | 0.005         | 8.09                          | 1.91         | 0.004         | 8.23                          |
| 3000         | 2.76         | 0.006         | 12.99                         | 2.90         | 0.007         | 12.13                         | 2.86         | 0.007         | 12.35                         |
| 4000         | 3.67         | 0.008         | 17.32                         | 3.87         | 0.009         | 16.18                         | 3.81         | 0.009         | 16.46                         |
| 5000         | 4.59         | 0.011         | 21.65                         | 4.84         | 0.011         | 20.22                         | 4.76         | 0.011         | 20.58                         |
| 6000         | 5.51         | 0.013         | 25.97                         | 5.81         | 0.014         | 24.27                         | 5.72         | 0.013         | 24.70                         |
| 7000         | 6.43         | 0.015         | 30.30                         | 6.78         | 0.016         | 28.31                         | 6.67         | 0.015         | 28.81                         |
| 8000         | 7.35         | 0.017         | 34.63                         | 7.74         | 0.018         | 32.36                         | 7.62         | 0.018         | 32.93                         |
| 9000         | 8.27         | 0.019         | 38.96                         | 8.71         | 0.020         | 36.40                         | 8.57         | 0.020         | 37.04                         |
| 10000        | 9.19         | 0.021         | 43.29                         | 9.68         | 0.023         | 40.44                         | 9.53         | 0.022         | 41.16                         |
| 11000        | 10.11        | 0.023         | 47.62                         | 10.65        | 0.025         | 44.49                         | 10.48        | 0.024         | 45.28                         |
| 12000        | 11.02        | 0.025         | 51.95                         | 11.61        | 0.027         | 48.53                         | 11.43        | 0.026         | 49.39                         |
| 12600        |              |               |                               | 12.20        | 0.028         | 50.96                         |              |               |                               |

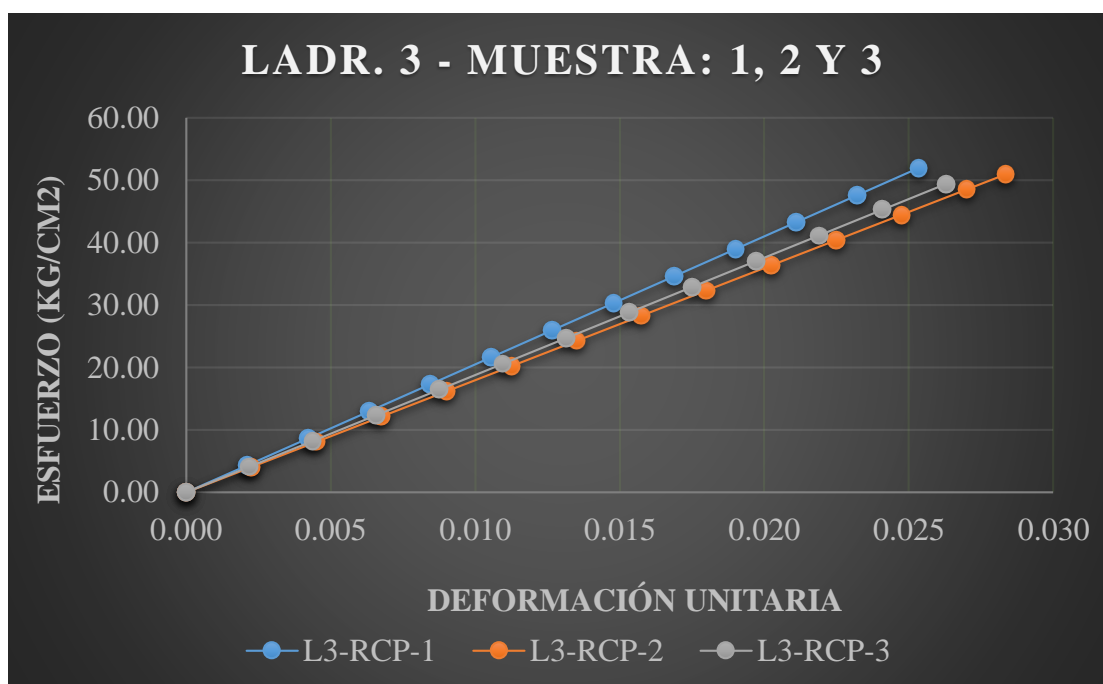


Figura 45. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 3 – maquinado.

Cuadro 72. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 3 – maquinado.

| FABR.<br>LADR. 3 | L3-RCP-4  |        |                         | L3-RCP-5  |        |                         |
|------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|
|                  | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | H (mm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) |
|                  | 10.90     | 430    | 233.20                  | 11.80     | 435    | 240.54                  |

| PESO (Kg) | L3-RCP-4  |            |                            | L3-RCP-5  |            |                            |
|-----------|-----------|------------|----------------------------|-----------|------------|----------------------------|
|           | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) | Def. (mm) | Def. Unit. | Esf. (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0         | 0.00      | 0.000      | 0.00                       | 0.00      | 0.000      | 0.00                       |
| 1000      | 0.94      | 0.002      | 4.29                       | 0.96      | 0.002      | 4.16                       |
| 2000      | 1.87      | 0.004      | 8.58                       | 1.91      | 0.004      | 8.31                       |
| 3000      | 2.81      | 0.007      | 12.86                      | 2.87      | 0.007      | 12.47                      |
| 4000      | 3.75      | 0.009      | 17.15                      | 3.83      | 0.009      | 16.63                      |
| 5000      | 4.69      | 0.011      | 21.44                      | 4.78      | 0.011      | 20.79                      |
| 6000      | 5.62      | 0.013      | 25.73                      | 5.74      | 0.013      | 24.94                      |
| 7000      | 6.56      | 0.015      | 30.02                      | 6.69      | 0.015      | 29.10                      |
| 8000      | 7.50      | 0.017      | 34.31                      | 7.65      | 0.018      | 33.26                      |
| 9000      | 8.43      | 0.020      | 38.59                      | 8.61      | 0.020      | 37.42                      |
| 10000     | 9.37      | 0.022      | 42.88                      | 9.56      | 0.022      | 41.57                      |
| 11000     | 10.31     | 0.024      | 47.17                      | 10.52     | 0.024      | 45.73                      |
| 12000     | 11.25     | 0.026      | 51.46                      | 11.48     | 0.026      | 49.89                      |
| 12400     |           |            |                            | 11.86     | 0.027      | 51.55                      |



Figura 46. Esfuerzo vs deformación en pila de la ladrillera 3 – maquinado.



### C. Resumen:

Cuadro 73. Resumen de datos promedio para cada ladrillera.

| <b>LADRILLERAS</b> | <b>PROMEDIO<br/>(f'm)</b> | <b><math>\delta</math></b> | <b>f'm<br/>(kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>C. V. (%)</b> |
|--------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------------|------------------|
| <b>L1</b>          | 37.56                     | 0.70                       | 36.86                              | 0.019            |
| <b>L2</b>          | 39.16                     | 0.93                       | 38.23                              | 0.024            |
| <b>L3</b>          | 47.39                     | 1.04                       | 46.35                              | 0.022            |

Cuadro 74. Resumen del módulo de elasticidad en pila.

| <b>LADRILLERAS</b> | <b>PESO<br/>(Kg)</b> | <b>H<br/>(mm)</b> | <b>ÁREA<br/>(cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Def.<br/>(mm)</b> | <b>Def.<br/>Unit.</b> | <b>Esf.<br/>(kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>MÓDULO DE<br/>ELASTICIDAD<br/>Em (kg/cm<sup>2</sup>)</b> |
|--------------------|----------------------|-------------------|----------------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------------|---|
| <b>L1</b>          | 9643.36              | 396.00            | 238.99                           | 7.53                 | 0.019                 | 40.35                               | 2129.84   |
| <b>L2</b>          | 10060.19             | 395.00            | 238.99                           | 8.32                 | 0.021                 | 42.08                               | 2018.04   |
| <b>L3</b>          | 11995.61             | 433.00            | 238.99                           | 11.36                | 0.026                 | 50.19                               | 1916.93   |

### 3.3. Clasificación de los resultados de acuerdo a las normativas:

#### 3.3.1. Variación dimensional:

En el cuadro 75, se presenta la clasificación por variación dimensional de las tres ladrilleras estudiadas, según la Norma Técnica Peruana E.070 de Albañilería.

Cuadro 75. Clasificación de las unidades de albañilería por variación dimensional.

| LADR. | VARIACIÓN DIMENSIONAL |              |           |              |           |              | CLASIFICACIÓN*<br>SEGÚN NTP E.070 |
|-------|-----------------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------------------------------|
|       | LARGO                 |              | ANCHO     |              | ALTURA    |              |                                   |
|       | L<br>(mm)             | V. D.<br>(%) | A<br>(mm) | V. D.<br>(%) | H<br>(mm) | V. D.<br>(%) |                                   |
| L 1   | 211.98                | -0.94        | 109.13    | 0.80         | 85.38     | -0.44        | Tipo V                            |
| L 2   | 207.85                | 1.02         | 105.15    | -0.14        | 85.45     | -0.53        | Tipo IV                           |
| L 3   | 216.75                | -0.81        | 112.13    | 2.50         | 92.23     | 2.92         | Tipo IV                           |

(\*) Ver cuadro 4.

En las figuras 47, 48 y 49, se presenta el comportamiento de los resultados frente a los valores de clasificación establecidos en la norma E.070.

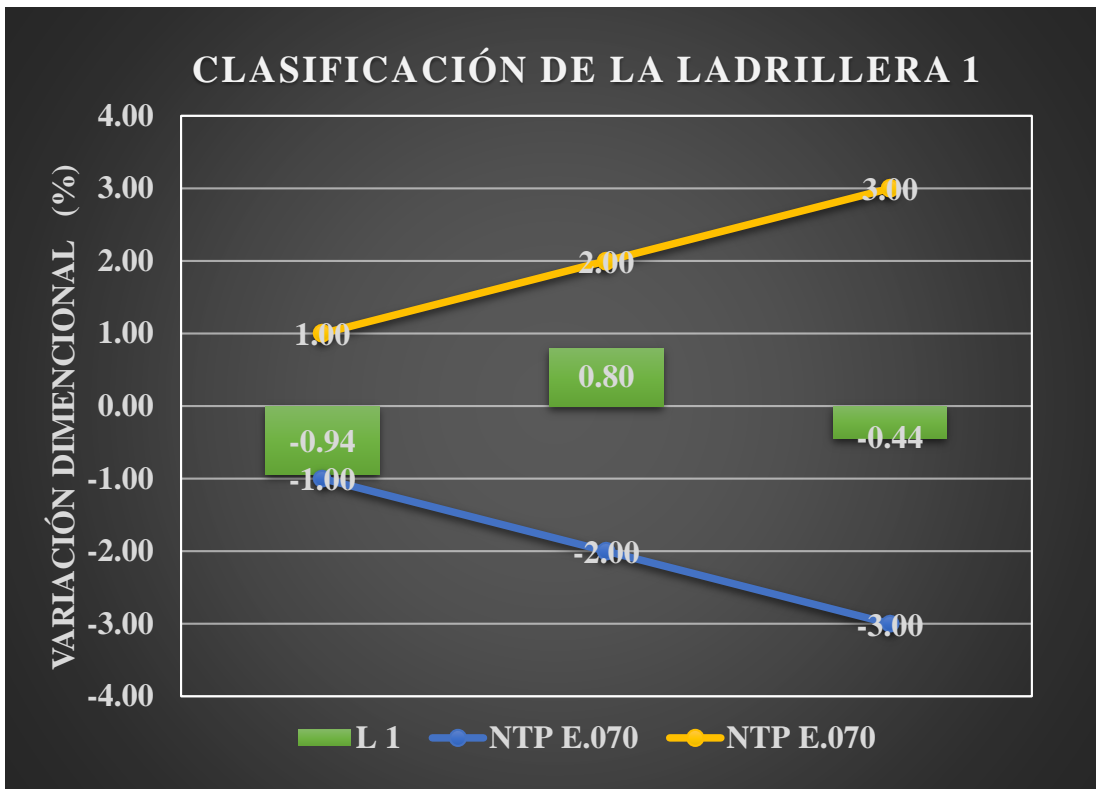


Figura 47. Clasificación por variación dimensional de la ladrillera 1 – artesanal.

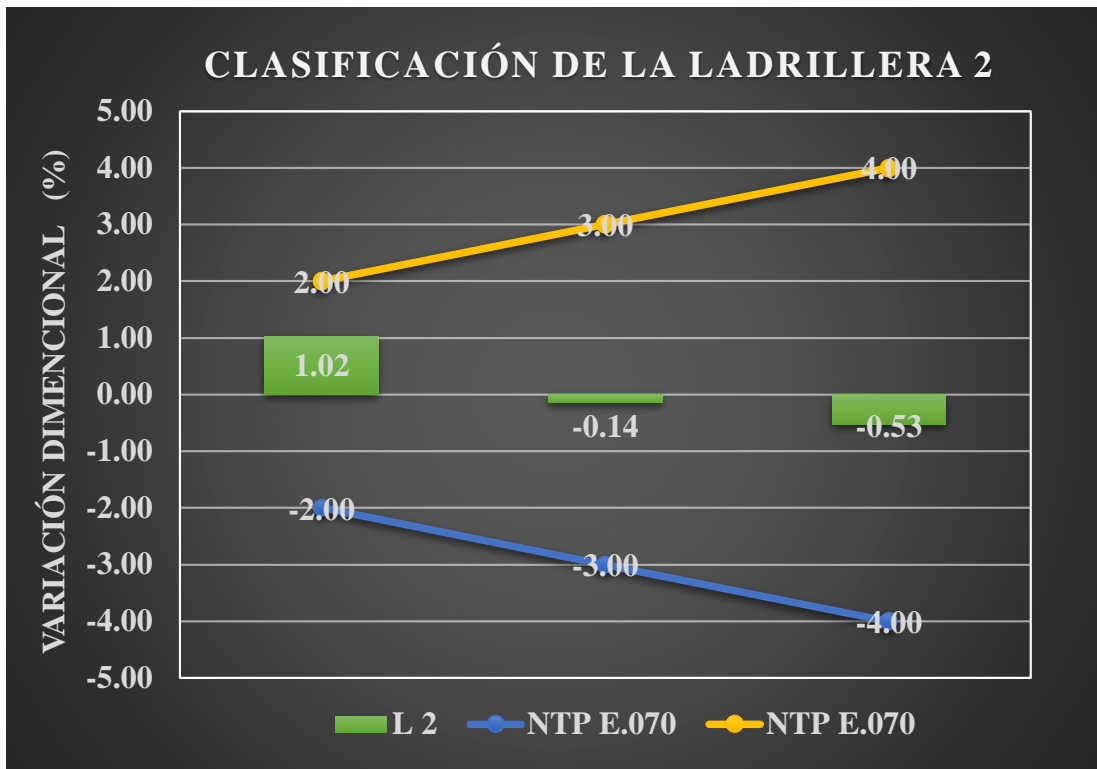


Figura 48. Clasificación por variación dimensional de la ladrillera 2 – artesanal.

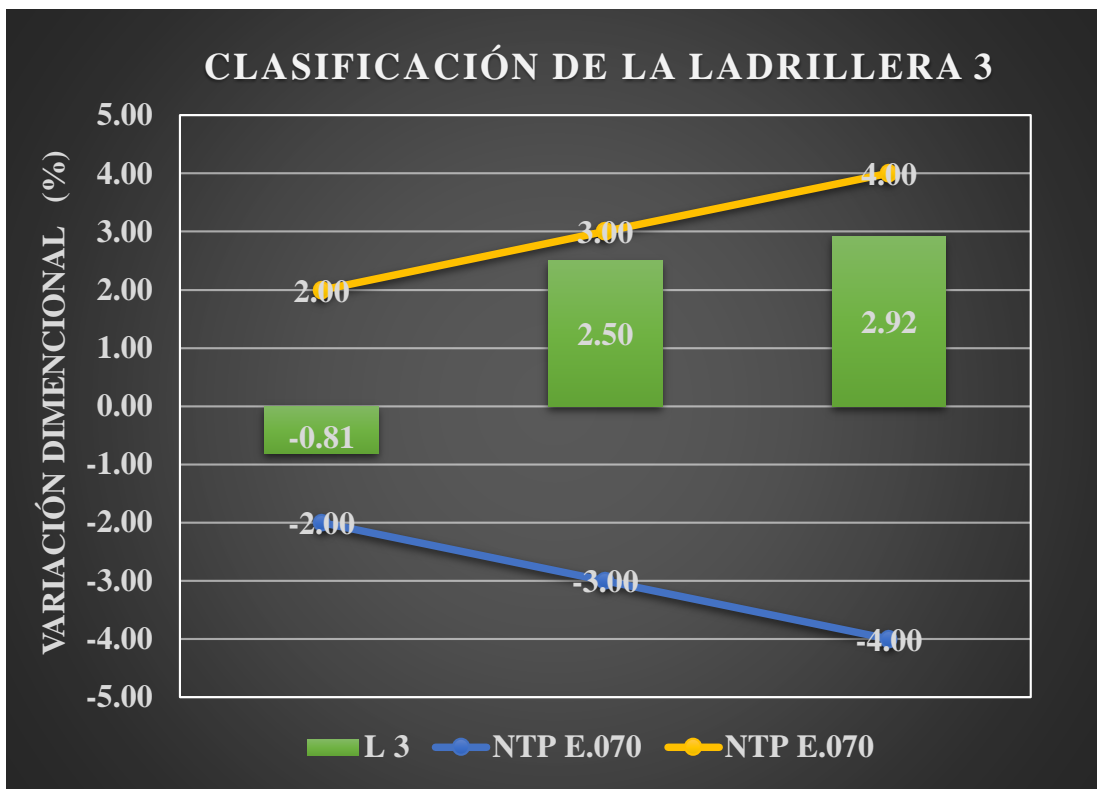


Figura 49. Clasificación por variación dimensional de la ladrillera 3 – maquinado.

### 3.3.2. Alabeo:

En el cuadro 76, se presenta la clasificación por alabeo promedio de las tres ladrilleras estudiadas, según la Norma Técnica Peruana E.070 de Albañilería.

Cuadro 76. Clasificación de las unidades de albañilería por alabeo.

| LADR. | ALABEO PROMEDIO |                 | NTP E.070                         | CLASIFICACIÓN*<br>SEGÚN NTP E.070 |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|       | CÓNCAVO<br>(mm) | CONVEXO<br>(mm) |                                   |                                   |
| L1    | 0.35            | 0.29            | Tipo V -<br>alabeo<br>máximo 2 mm | Tipo V                            |
| L2    | 1.04            | 1.34            |                                   | Tipo V                            |
| L3    | 0.90            | 0.85            |                                   | Tipo V                            |

(\*) Ver cuadro 5.

En las figuras 50, 51 y 52, se presenta el comportamiento de los resultados frente a los valores de clasificación establecidos en la norma E.070.

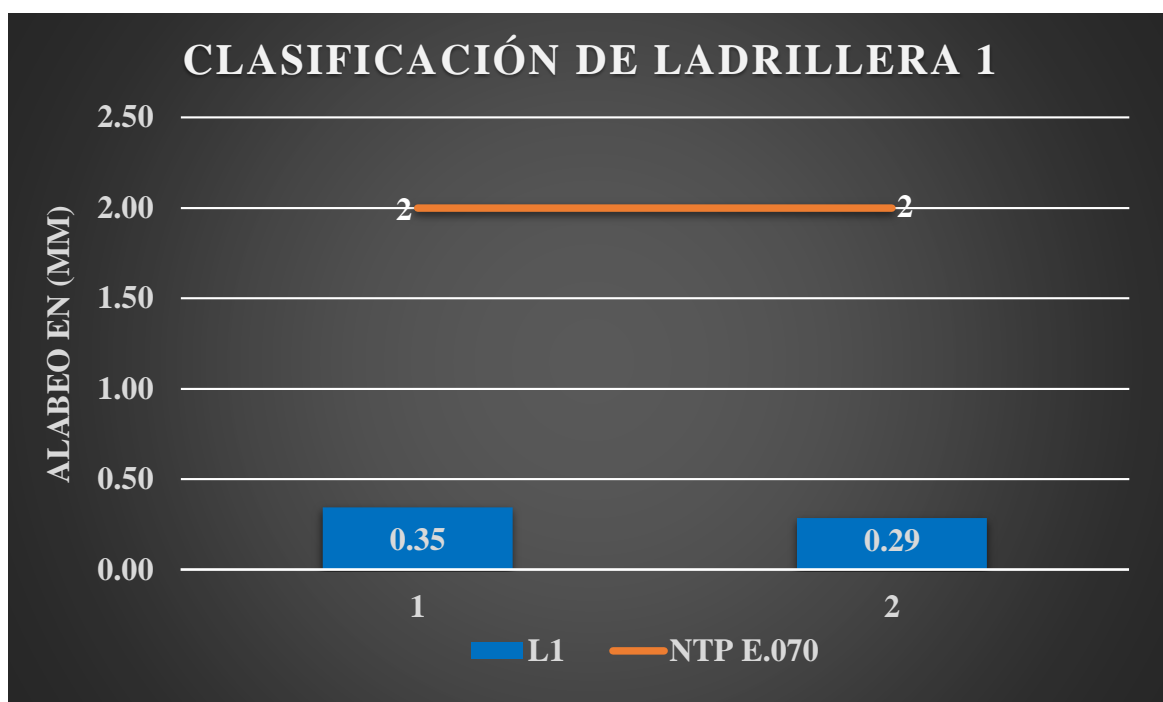


Figura 50. Clasificación por alabeo de la ladrillera 1 – artesanal.

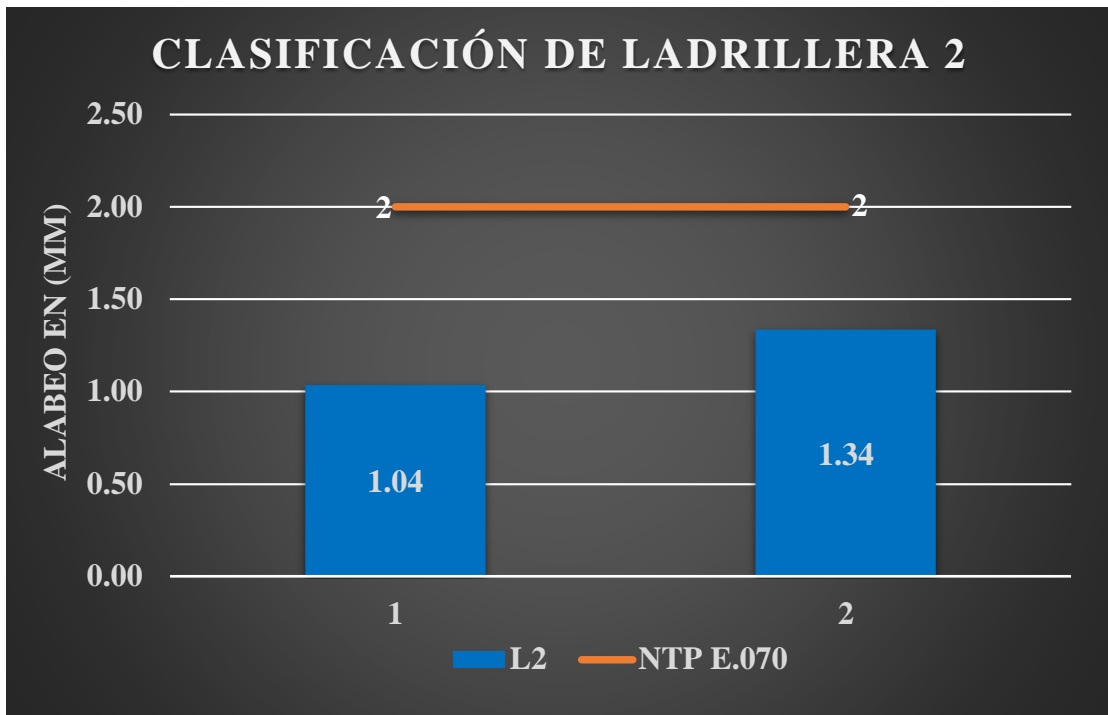


Figura 51. Clasificación por alabeo de la ladrillera 2 – artesanal.

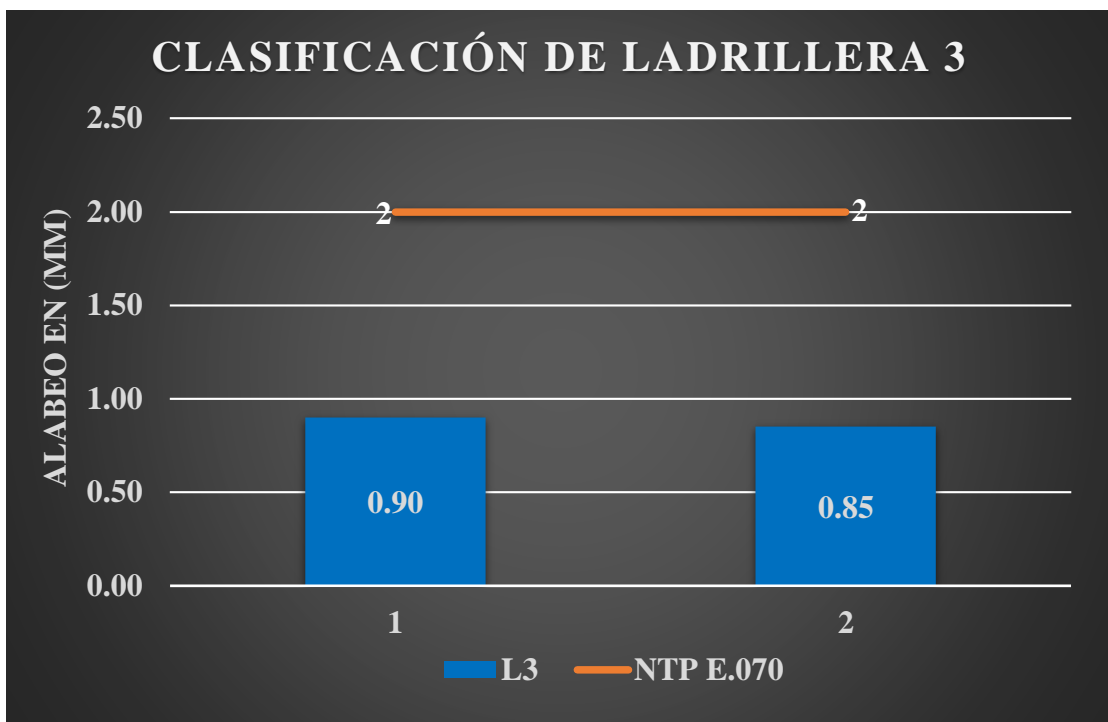


Figura 52. Clasificación por alabeo de la ladrillera 3 – maquinado.

### 3.3.3. Absorción:

En los cuadros 77 y 78, se presenta la clasificación por absorción y coeficiente de saturación de las tres ladrilleras estudiadas, según la Norma Técnica Peruana 331.017, 2005.

Cuadro 77. Clasificación de las unidades de albañilería por absorción.

| LADRILLERAS | ABSORCIÓN (%) | CLASIFICACIÓN* SEGÚN NTP 331.017 |
|-------------|---------------|----------------------------------|
| L1          | 13.05         | V                                |
| L2          | 13.87         | V                                |
| L3          | 12.20         | V                                |

(\*) Ver cuadro 6.

En las figuras 53, se presenta el comportamiento de los resultados frente a los valores de clasificación establecidos en la Norma Técnica Peruana 331.017.

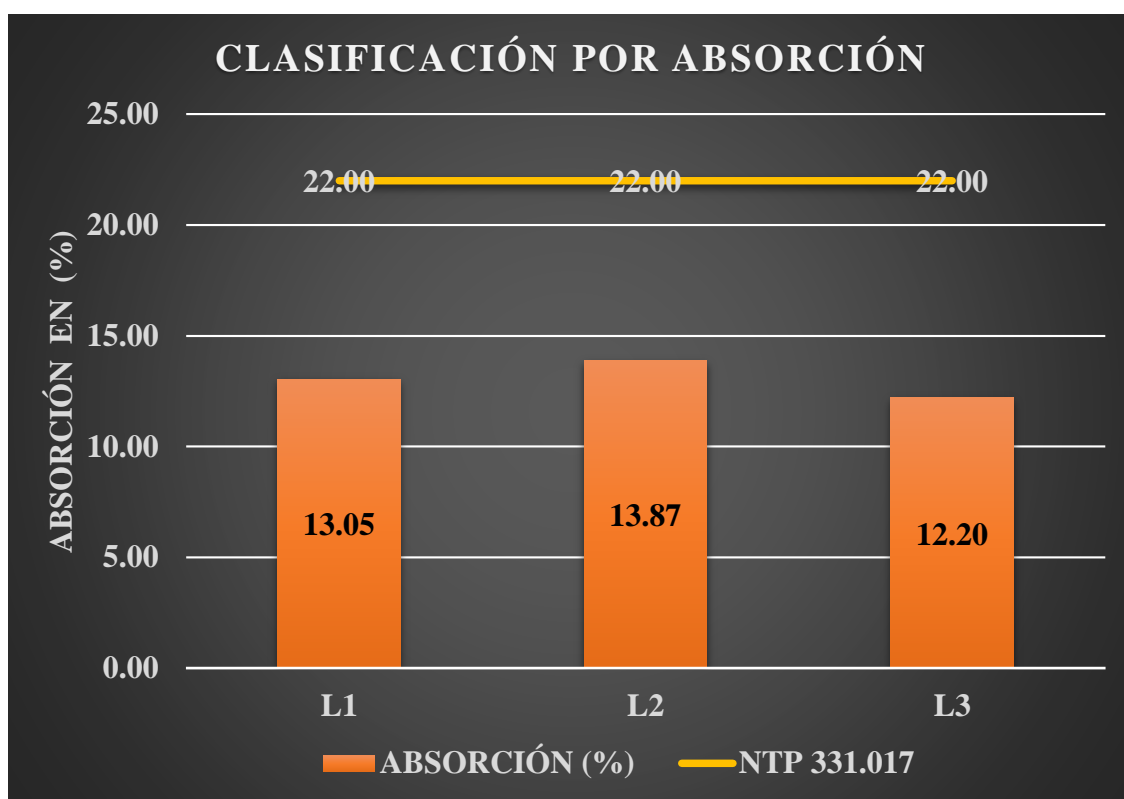


Figura 53. Clasificación por absorción de la ladrillera 1, 2 y 3.

Cuadro 78. Clasificación de las unidades de albañilería por coeficiente de saturación.

| LADRILLERAS | COEF. DE SATURACIÓN | CLASIFICACIÓN* SEGÚN NTP 331.017 |
|-------------|---------------------|----------------------------------|
| L1          | 0.95                | II - I                           |
| L2          | 0.94                | II - I                           |
| L3          | 0.95                | II - I                           |

(\*) Ver cuadro 6.

En las figuras 54, se presenta el comportamiento de los resultados frente a los valores de clasificación establecidos en la Norma Técnica Peruana 331.017.

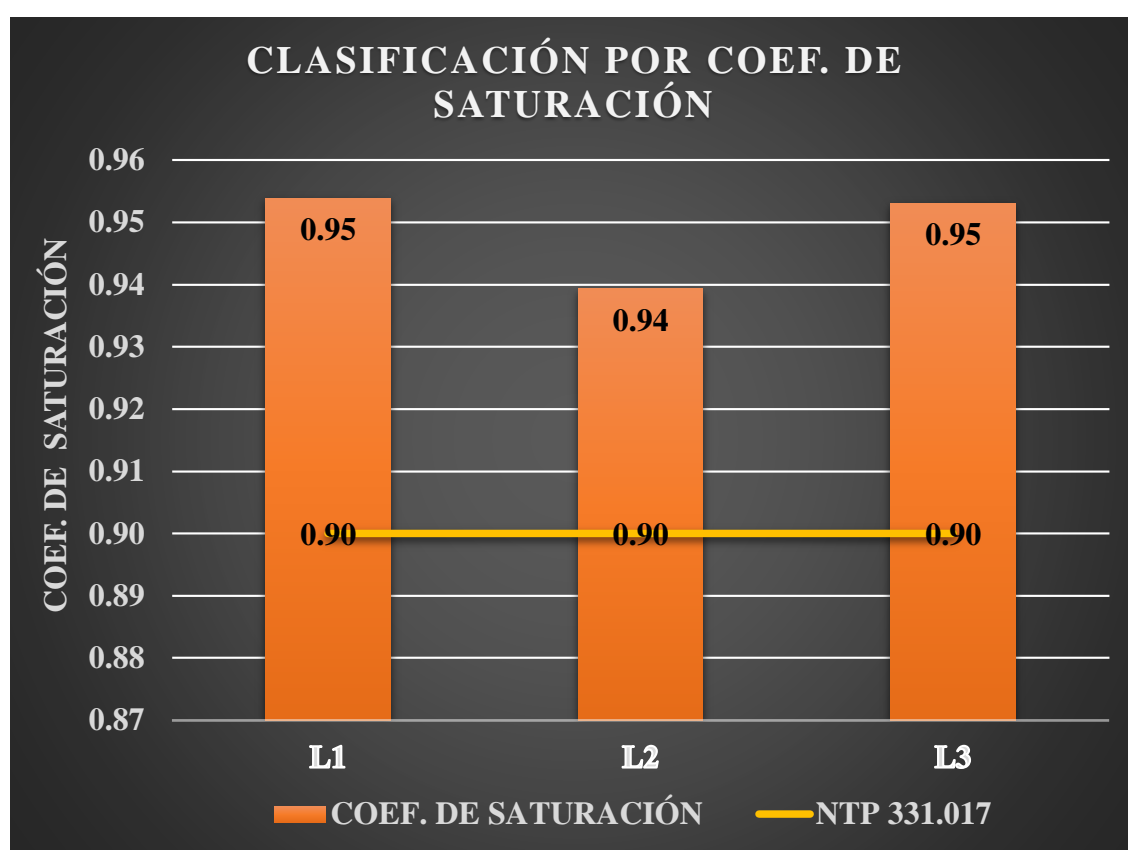


Figura 54. Clasificación por coeficiente de saturación de la ladrillera 1, 2 y 3.

### 3.3.4. Succión:

En el cuadro 79, se presenta la clasificación por succión promedio de las tres ladrilleras estudiadas, según la Norma Técnica Peruana 331.017, 2005.

Cuadro 79. Clasificación de las unidades de albañilería por succión.

| LADRILLERAS | SUCCIÓN PROMEDIO<br>(gr/200cm <sup>2</sup> /min.) | CLASIFICACIÓN*<br>SEGÚN NTP 331.017 |
|-------------|---|-------------------------------------|
| L1          | 33.87   | V                                   |
| L2          | 162.21  | Ninguno                             |
| L3          | 30.28   | V                                   |

(\*) Ver cuadro 7.

En las figuras 55, se presenta el comportamiento de los resultados frente a los valores de clasificación establecidos en la Norma Técnica Peruana 331.017.

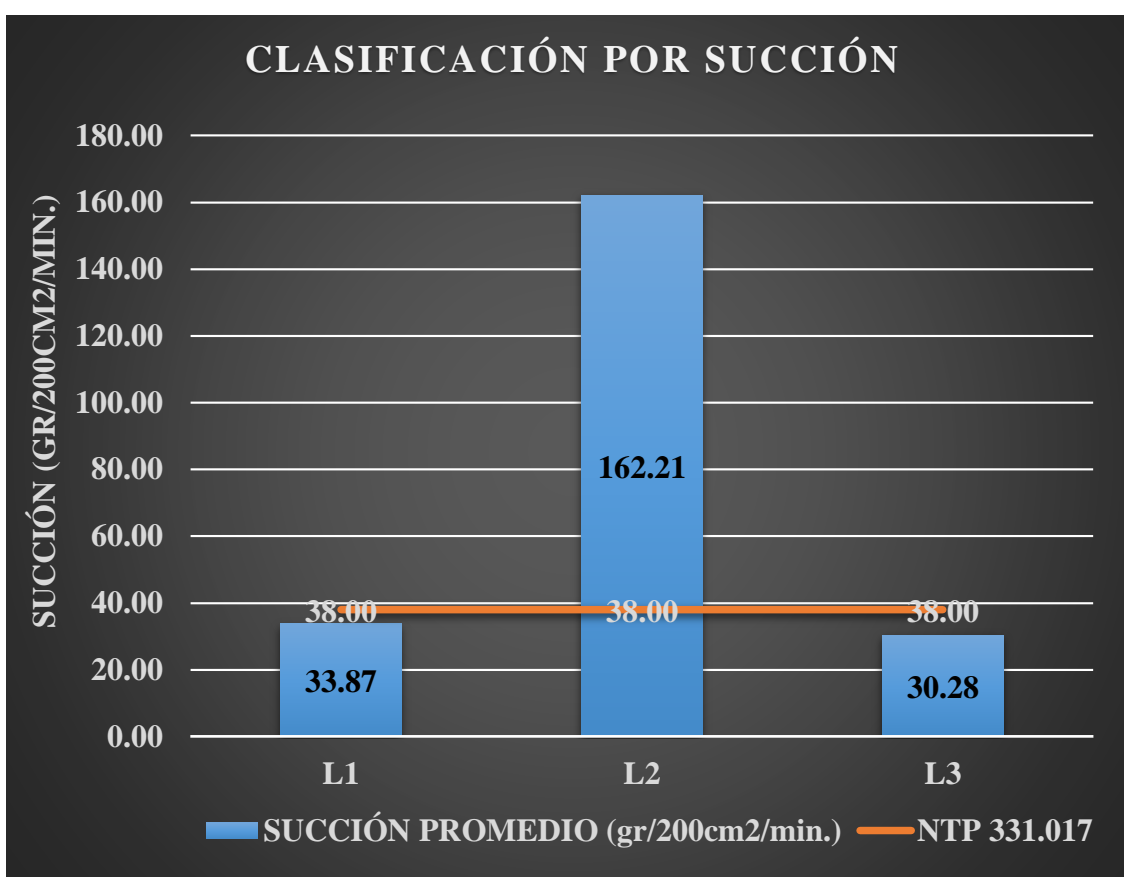


Figura 55. Clasificación por succión de la ladrillera 1, 2 y 3.



### 3.3.5. Resistencia a la compresión en unidad:

En el cuadro 80, se presenta la clasificación por resistencia a la compresión en unidad de albañilería de las tres ladrilleras estudiadas, según la Norma Técnica Peruana E.070 de Albañilería.

Cuadro 80. Clasificación de las unidades de albañilería por resistencia a la compresión.

| LADR. | f'b (kg/cm <sup>2</sup> ) | f'b (Mpa) | TIPO I* f'b mín. (kg/cm <sup>2</sup> ) | CLASIFICACIÓN* SEGÚN NTP E.070 |
|-------|---------------------------|-----------|--|--------------------------------|
| L1    | 38.64                     | 3.79      | 50.00                                  | No clasifica                   |
| L2    | 49.17                     | 4.82      | 50.00                                  | No clasifica                   |
| L3    | 54.96                     | 5.39      | 50.00                                  | I                              |

(\*) Ver cuadro 8.

En las figuras 56, se presenta el comportamiento de los resultados frente a los valores de clasificación establecidos en la norma E.070.

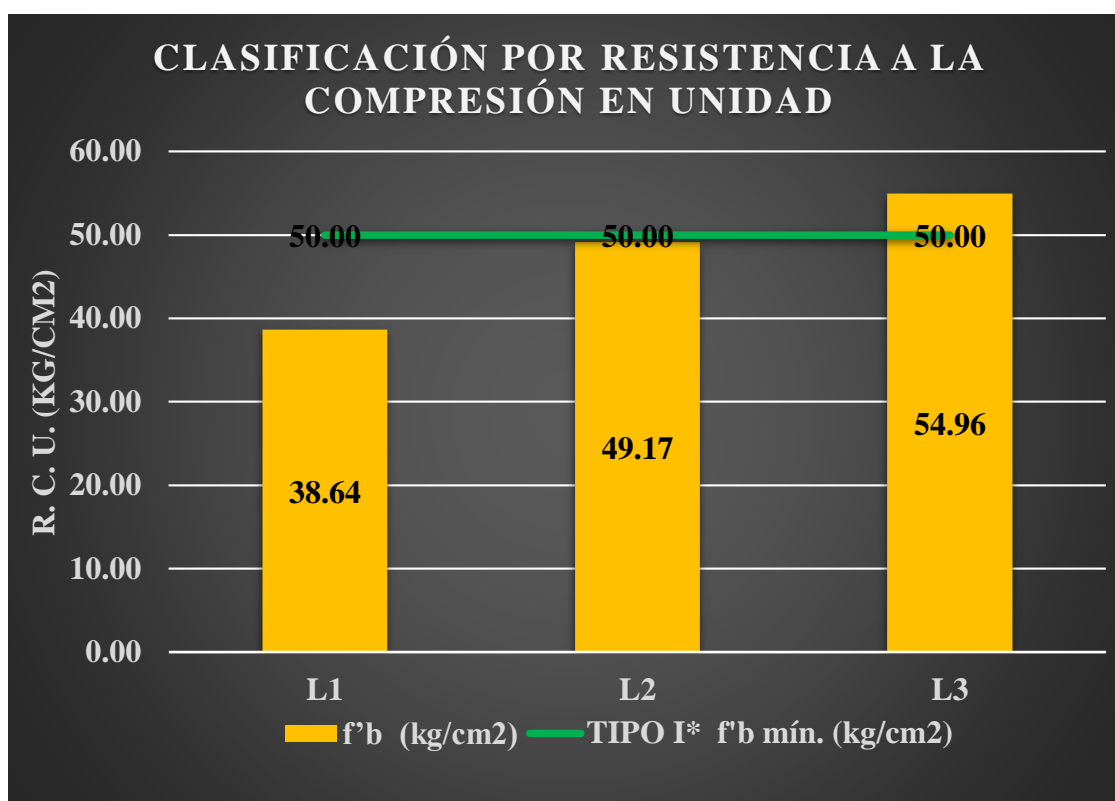


Figura 56. Clasificación por resistencia a la compresión en unidad de la ladrillera 1, 2 y 3.

En el cuadro 81, se presenta la comparación del módulo de elasticidad teórica y práctica y su diferencia en porcentaje.

Cuadro 81. Datos del módulo de elasticidad teórica y práctica para la unidad.

| LADR. | f <sup>b</sup><br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | MÓDULO DE ELASTICIDAD (Eb) (kg/cm <sup>2</sup> )<br>TEÓRICA | MÓDULO DE ELASTICIDAD (Eb) (kg/cm <sup>2</sup> )<br>PRÁCTICA | DIFERENCIA TEÓRICA Y PRÁCTICA (%) |
|-------|---|---|--|-----------------------------------|
| L1    | 38.64                                   | 15456.50  | 1277.70  | 91.73                             |
| L2    | 49.17                                   | 19666.18  | 1495.23  | 92.40                             |
| L3    | 54.96                                   | 21984.68  | 1414.92  | 93.56                             |

En las figuras 57, se presenta el comportamiento de la comparación de los resultados del módulo de elasticidad teórica y práctica respectivamente.

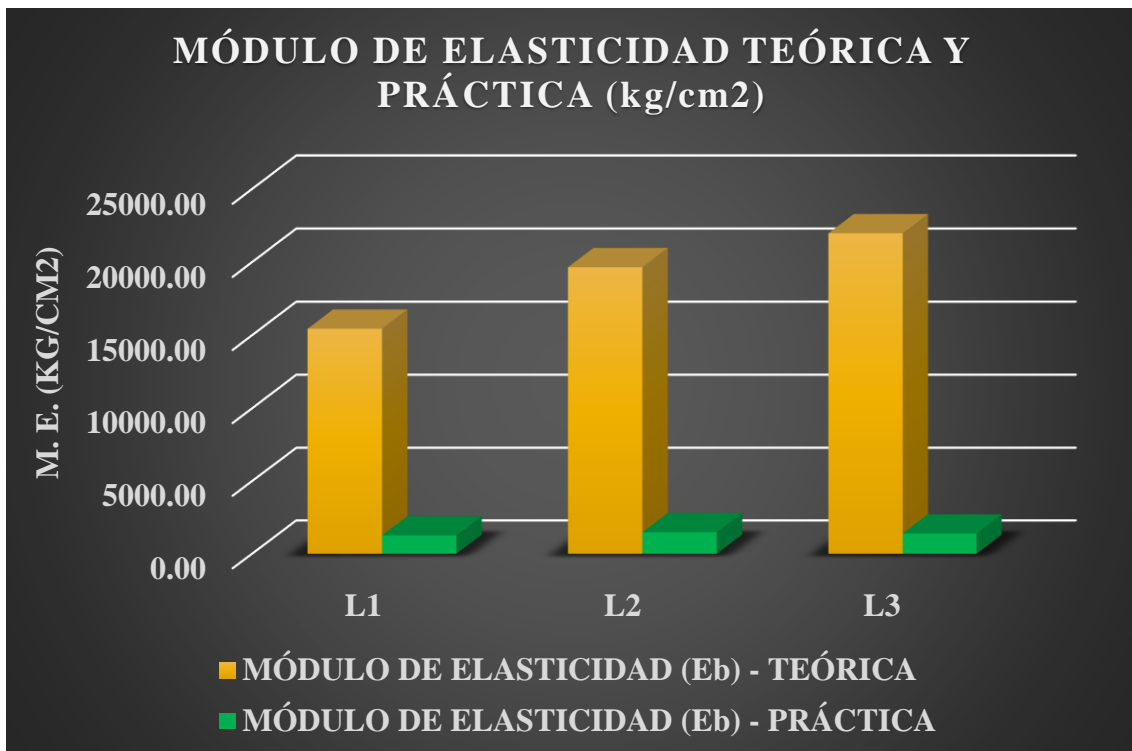


Figura 57. Comparación de los resultados del módulo de elasticidad teórica y práctica.

### 3.3.6. Resistencia a la compresión en pila:

En el cuadro 82, se presenta la clasificación por resistencia a la compresión en pila de las tres ladrilleras estudiadas, según la Norma Técnica Peruana E.070 de Albañilería.

Cuadro 82. Cumplimiento de las pilas por resistencia a la compresión.

| LADR. | $f'_m$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $f'_m$<br>(Mpa) | NORMA E.070 -<br>Mpa (kg/cm <sup>2</sup> )               | CUMPLIMIENTO*<br>CON LA NTP E.070 |
|-------|---------------------------------|-----------------|--|-----------------------------------|
| L1    | 36.86                           | 3.62            | Ladrillo King<br>Kong artesanal de<br>arcilla - 3.4 (35) | Si cumple                         |
| L2    | 38.23                           | 3.75            |  | Si cumple                         |
| L3    | 46.35                           | 4.55            |  | Si cumple                         |

(\*) Ver cuadro 9.

En las figuras 58, se presenta el comportamiento de los resultados frente a los valores de clasificación establecidos en la norma E.070.

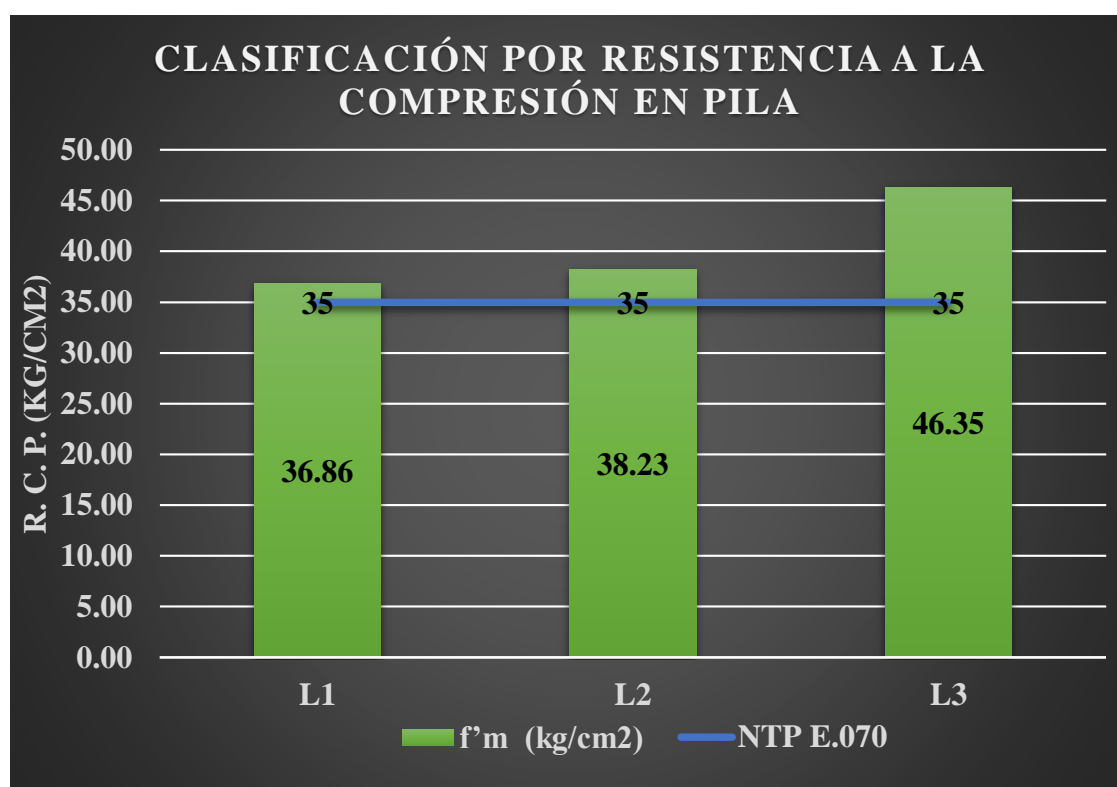


Figura 58. Clasificación por resistencia a la compresión en pila de la ladrillera 1, 2 y 3.

En el cuadro 83, se presenta la comparación del módulo de elasticidad teórica y práctica y su diferencia en porcentaje.

Cuadro 83. Datos del módulo de elasticidad teórica y práctica en pila.

| LADR. | $f'm$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | MÓDULO DE ELASTICIDAD (Em) (kg/cm <sup>2</sup> )<br>TEÓRICA | MÓDULO DE ELASTICIDAD (Em) (kg/cm <sup>2</sup> )<br>PRÁCTICA | DIFERENCIA TEÓRICA Y PRÁCTICA (%) |
|-------|--------------------------------|---|--|-----------------------------------|
| L1    | 36.86                          | 18432.49  | 2129.84  | 88.45                             |
| L2    | 38.23                          | 19115.61  | 2018.04  | 89.44                             |
| L3    | 46.35                          | 23174.49  | 1916.93  | 91.73                             |

En las figuras 59, se presenta el comportamiento de la comparación de los resultados del módulo de elasticidad teórica y práctica respectivamente.

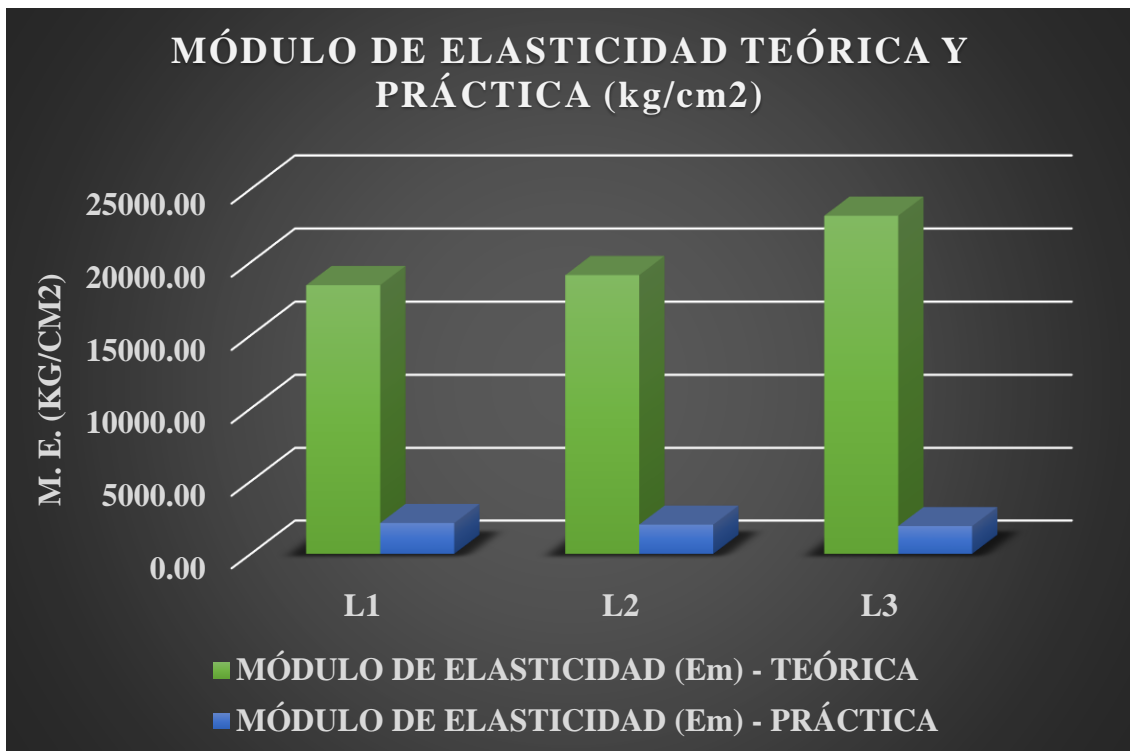


Figura 59. Comparación de los resultados del módulo de elasticidad teórica y práctica.

## IV. DISCUSIÓN

### 4.1. Variación dimensional:

En el cuadro 84, se presenta el resumen de los resultados de la variación dimensional de las tres ladrilleras estudiadas, y se clasifica según la Norma Técnica Peruana E.070 de Albañilería.

Cuadro 84. Clasificación de las unidades de albañilería por variación dimensional.

| LADR. | VARIACIÓN DIMENCIONAL |              |           |              |           |              | CLASIFICACIÓN*<br>SEGÚN NTP E.070 |
|-------|-----------------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------------------------------|
|       | LARGO                 |              | ANCHO     |              | ALTURA    |              |                                   |
|       | L<br>(mm)             | V. D.<br>(%) | A<br>(mm) | V. D.<br>(%) | H<br>(mm) | V. D.<br>(%) |                                   |
| L 1   | 211.98                | -0.94        | 109.13    | 0.80         | 85.38     | -0.44        | Tipo V                            |
| L 2   | 207.85                | 1.02         | 105.15    | -0.14        | 85.45     | -0.53        | Tipo IV                           |
| L 3   | 216.75                | -0.81        | 112.13    | 2.50         | 92.23     | 2.92         | Tipo IV                           |

(\*) Ver cuadro 4.

Como se observa en el cuadro 84 la variación de las dimensiones de las unidades de albañilería no es muy alta, teniendo la mayor variación en el alto de la ladrillera 3 con 2.92 % y la menor variación en el ancho de la ladrillera 2 con -0.14 %.

Para la clasificación de las unidades de albañilería por variación dimensional se determinó comparando los resultados del cuadro 84 y los datos del cuadro 4 que establece la Norma Técnica Peruana E.070, en donde la ladrillera L1 clasifica como ladrillo tipo V y las ladrilleras L2 y L3 clasifican como ladrillo tipo IV, y que tiene gran similitud a los siguientes resultados:

Cruzado (2017), en su discusión de resultados no presenta la clasificación de las unidades de albañilería por variación dimensional, pero en sus conclusiones refiere que cinco de las ladrilleras que estudio clasifican como ladrillo tipo V y las otras cuatro clasifican como ladrillo tipo IV, y también expresa que para las unidades de albañilería de clase IV su variación dimensional es 2% y para las unidades de albañilería la clase V su variación dimensional es 3%, pero no especifica a que valores se refiere, generando confusión a los lectores, ya que la norma técnica E.070 presenta valores máximos en función de la dimensión de la unidad de albañilería.

Guerra (2017), en su discusión expresa que los ladrillos producidos artesanalmente que incluyo en su proyecto clasifica por variación dimensional como tipo IV, pero no presenta un proceso de clasificación, ni un orden lo que genera grandes confusiones; y también no estamos de acuerdo sobre la clasificación que hace porque según sus resultados dos ladrilleras estarían clasificando como ladrillo tipo V y las otras tres como ladrillo tipo IV.

Lulichac (2015), en su discusión y conclusiones establece que todas las ladrilleras artesanales consideradas en su proyecto clasifican por variación dimensional como ladrillo tipo V, y presenta un orden y un cuadro de clasificación lo que ayuda a interpretar sus resultados, generando interés al lector; pero en el procesamiento de sus resultados considera que el coeficiente de variación es igual que la variación dimensional, en lo que estoy en total desacuerdo, porque la norma técnica peruana 331.018 nos presenta una expresión para calcular la variación dimensional muy diferente a como se calcula el coeficiente de variación.

Anyaypoma (2015), en su discusión y conclusiones indica que la ladrillera romero y la ladrillera Córdoba que ha estudiado clasifican como ladrillo tipo IV, pero según sus resultados de la ladrillera Córdoba, nosotros no estamos de acuerdo porque clasificaría como un ladrillo tipo III y no como un ladrillo tipo IV, según la norma técnica peruana E.070 de albañilería.

Acuña (2014), en sus análisis y discusión de resultados muestra la clasificación en tablas, y luego expresa que dos ladrilleras no cumplen con la clasificación, cinco ladrilleras son de tipo II y una ladrillera clasificó como ladrillo tipo III; lo cual no estamos de acuerdo con los criterios para la clasificación ya que en la norma indica que se debería tomar los valores más desfavorables para su clasificación.

Fernández (2014), en su análisis e interpretación de resultados establece que todas las ladrilleras artesanales consideradas en su proyecto clasifican como ladrillo tipo V, y presenta un orden y una tabla de clasificación lo que ayuda a interpretar sus resultados, generando interés al lector; pero en el procesamiento de sus resultados considera que el coeficiente de variación es igual que la variación dimensional, en lo que estoy en total desacuerdo, porque la norma técnica peruana 331.018 nos presenta una expresión para

calcular la variación dimensional muy diferente a como se calcula el coeficiente de variación; además no estamos de acuerdo con la clasificación porque consideramos según nuestro criterio que todas la ladrilleras estudiadas clasificarían como ladrillo tipo IV.

Lo que indica que dichas unidades están preparadas para construir edificaciones de albañilería en situaciones de servicio particularmente rigurosas, según la Norma Técnica Peruana 331.017, y de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 331.019 nos presenta en sus parámetros las dimensiones proporcionales del ladrillo panderete que son de 9.5 cm de alto, 11.5 cm de ancho y 22.5 cm de largo; como en este proyecto las muestras tomadas han sido de este mismo tipo de ladrillo, comparamos las dimensiones con los resultados del cuadro 84 y nos percatamos que ninguna ladrillera cumple con dichas dimensiones, estando todas por debajo de las dimensiones presentadas en la norma.

#### 4.2. Alabeo:

En el cuadro 85, se presenta el resumen de los resultados del alabeo promedio de las tres ladrilleras estudiadas, y se clasifica según la Norma Técnica Peruana E.070 de Albañilería.

Cuadro 85. Clasificación de las unidades de albañilería por alabeo.

| LADRILLERAS | ALABEO PROMEDIO |                 | NTP E.070                         | CLASIFICACIÓN*<br>SEGÚN NTP E.070 |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|             | CÓNCAVO<br>(mm) | CONVEXO<br>(mm) |                                   |                                   |
| L1          | 0.35            | 0.29            | Tipo V -<br>alabeo<br>máximo 2 mm | Tipo V                            |
| L2          | 1.04            | 1.34            |                                   | Tipo V                            |
| L3          | 0.90            | 0.85            |                                   | Tipo V                            |

(\*) Ver cuadro 5.

Como se observa en el cuadro 85 el alabeo de las unidades de albañilería no es muy alta, teniendo el mayor alabeo en la ladrillera 2 de 1.34 mm y el menor alabeo en la ladrillera 1 de 0.29 mm.

Para la clasificación de las unidades de albañilería por alabeo se determinó comparando los resultados del cuadro 85 y los datos del cuadro 5 que establece la Norma Técnica Peruana E.070, en donde todas las ladrilleras clasifican como ladrillo tipo V, y ninguna llega al valor máximo de 2 mm; y que tiene gran similitud a los siguientes resultados:

Cruzado (2017), en su discusión de resultados nos presenta la clasificación de las unidades de albañilería por alabeo, donde refiere que todas las ladrilleras que estudio clasifican como ladrillo tipo V; si estamos de acuerdo porque según sus resultados si concuerda con la clasificación hecha.

Guerra (2017), en su discusión expresa que los ladrillos producidos artesanalmente que incluyo en su proyecto clasifica por alabeo como tipo IV, en lo que estamos de acuerdo según sus resultados presentados, pero su clasificación es muy general lo que genera confusión y muchas interrogantes al lector.

Lulichac (2015), en su discusión y conclusiones establece que todas las ladrilleras artesanales consideradas en su proyecto clasifican por alabeo como ladrillo tipo V, en lo que estamos de acuerdo según los resultados que muestra; y presenta un orden y un cuadro de clasificación lo que ayuda a interpretar sus resultados, generando interés al lector.

Lo que indica que dichas unidades están preparadas para construir edificaciones de albañilería en situaciones de servicio particularmente rigurosas, según la Norma Técnica Peruana 331.017, y de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 331.019 nos presenta en sus parámetros la geometría o alabeo proporcional del ladrillo panderete que es de 2.00 mm; como en este proyecto las muestras tomadas han sido de ladrillo pandereta, comparamos los resultados del cuadro 85 con el alabeo que nos presenta la norma y nos percatamos que ninguna ladrillera llega a esta dimensión del alabeo, estando todas por debajo de esta.



### 4.3. Absorción:

En los cuadros 86 y 87, se presenta el resumen de los resultados de la absorción y el coeficiente de saturación de las tres ladrilleras estudiadas, y se clasifican según la Norma Técnica Peruana 331.017, 2005.

Cuadro 86. Clasificación de las unidades de albañilería por absorción.

| <b>LADRILLERAS</b> | <b>ABSORCIÓN (%)</b> | <b>CLASIFICACIÓN* SEGÚN NTP 331.017</b> |
|--------------------|----------------------|---|
| <b>L1</b>          | 13.05                | V                                       |
| <b>L2</b>          | 13.87                | V                                       |
| <b>L3</b>          | 12.20                | V                                       |

(\*) Ver cuadro 6.

Para la clasificación de las unidades de albañilería por absorción se determinó comparando los resultados del cuadro 86 y los datos del cuadro 6 que establece la Norma Técnica Peruana 331.017, en donde todas las ladrilleras clasifican como ladrillo tipo V, y ninguna llega al valor máximo de 22 %; y que tiene similitud a los siguientes resultados:

Guerra (2017), en su discusión expresa que los ladrillos producidos artesanalmente que incluyo en su proyecto clasifica por absorción como tipo IV, pero no presenta un proceso de clasificación, ni un orden lo que genera grandes confusiones e interrogantes al lector.

Rojas (2017), no presenta la clasificación de las unidades de albañilería por absorción, sólo hace una comparación muy general con los parámetros que estable la norma técnica peruana 331.017, pero en nuestra consideración el proyecto si bien es interesante deja muchas interrogantes al lector.

Lulichac (2015), en su discusión y conclusiones no presenta la clasificación por absorción de las unidades de albañilería, pero si establece una comparación con la condición que establece la norma E.070 de Albañilería, y presenta un orden lo que ayuda a interpretar sus resultados, generando interés al lector.

Acuña (2014), en su discusión expresa que los ladrillos producidos artesanalmente que incluyó en su proyecto, clasifica por absorción como tipo V, y presenta un proceso de clasificación ordenado lo que incentiva a la investigación de este proyecto.

Lo que indica que dichas unidades están preparadas para construir edificaciones de albañilería en situaciones de servicio particularmente rigurosas, según la Norma Técnica Peruana 331.017.

Cuadro 87. Clasificación de las unidades de albañilería por coeficiente de saturación.

| <b>LADRILLERAS</b> | <b>COEF. DE SATURACIÓN</b> | <b>CLASIFICACIÓN* SEGÚN NTP 331.017</b> |
|--------------------|----------------------------|---|
| <b>L1</b>          | 0.95                       | II - I                                  |
| <b>L2</b>          | 0.94                       | II - I                                  |
| <b>L3</b>          | 0.95                       | II - I                                  |

(\*) Ver cuadro 6.

Para la clasificación de las unidades de albañilería por coeficiente de saturación se determinó comparando los resultados del cuadro 87 y los datos del cuadro 6 que establece la Norma Técnica Peruana 331.017, en donde todas las ladrilleras tienen valores mayores al máximo valor de 0.90 para el ladrillo tipo III, lo que indica que su clasificación puede estar entre el ladrillo tipo II o Tipo I, ya que la norma no especifica límites para estos tipos de ladrillos, y que tiene similitud a los siguientes resultados:

Lulichac (2015), en su discusión y conclusiones no presenta la clasificación por coeficiente de saturación de las unidades de albañilería, solo presenta un cuadro de resultados pero no los clasifica según la norma técnica peruana 331.017, en lo que no estamos de acuerdo porque carece de profundidad.

Los demás proyectos incluidos en los antecedentes, en su discusión de resultados y en sus conclusiones no presenta la clasificación de las unidades de albañilería por coeficiente de saturación, es mas no lo toma como datos importantes, por lo que no estoy de acuerdo con ello ya que la norma técnica peruana 331.017 nos brinda información de la clasificación mediante esta dimensión.

#### 4.4. Succión:

En el cuadro 88, se presenta el resumen de los resultados de la succión promedio de las tres ladrilleras estudiadas, y se clasifica según la Norma Técnica Peruana 331.07, 2005.

Cuadro 88. Clasificación de las unidades de albañilería por succión.

| LADRILLERAS | SUCCIÓN PROMEDIO<br>(gr/200cm <sup>2</sup> /min.) | CLASIFICACIÓN*<br>SEGÚN NTP 331.017 |
|-------------|---|-------------------------------------|
| L1          | 33.87   | V                                   |
| L2          | 162.21  | Ninguno                             |
| L3          | 30.28   | V                                   |

(\*) Ver cuadro 7.

Como se observa en el cuadro 88 la succión de las unidades de albañilería son muy altas, teniendo la mayor succión la ladrillera 2 con 162.21 gr/200cm<sup>2</sup>/min y la menor succión la ladrillera 3 con 30.28 gr/200cm<sup>2</sup>/min; sobrepasando los valores de succión comprendidos entre 10 y 20 recomendados por la norma E.070 de albañilería.

Para la clasificación de las unidades de albañilería por succión se determinó comparando los resultados del cuadro 88 y los datos del cuadro 7 que establece la Norma Técnica Peruana 331.017, en donde la ladrillera 1 y la ladrillera 3 clasifican como ladrillo tipo V, y la ladrillera 2 no clasifica en ningún tipo de ladrillo por tener una succión promedio muy alta de 162.21 gr/200cm<sup>2</sup>/min., y que tiene similitud a los siguientes resultados:

Cruzado (2017), en su discusión de resultados y en sus conclusiones no presenta la clasificación de las unidades de albañilería por succión, solo presenta una condición que estipula la norma E.070 de albañilería, por lo que consideramos que falta la revisión de las normativas.

Guerra (2017), en su discusión y en sus conclusiones no presenta la clasificación de las unidades de albañilería por succión, pero si expresa una comparación de sus resultados con un las condiciones que presenta la norma E.070 de Albañilería, en lo que si estamos de acuerdo, pero por no presentar su clasificación deja muchas dudas e interrogantes.

Rojas (2017), no presenta la clasificación de las unidades de albañilería succión, en nuestra consideración el proyecto si bien es interesante carece de profundidad en su estudio.

Lulichac (2015), en su discusión y conclusiones no presenta la clasificación por succión de las unidades de albañilería, pero si establece una comparación con la condición que establece la norma E.070 de Albañilería, en lo que si estamos de acuerdo, y presenta un orden lo que ayuda a interpretar sus resultados, generando interés al lector.

Lo que indica que dichas unidades están preparadas para construir edificaciones de albañilería en situaciones de servicio particularmente rigurosas, según la Norma Técnica Peruana 331.017; y del mismo modo la Norma Técnica Peruana 331.017 establece como succión máxima para el ladrillo tipo I con un valor de 61 gr/200cm<sup>2</sup>/min.

#### 4.5. Resistencia a la compresión en unidad:

En el cuadro 89, se presenta el resumen de los resultados de la resistencia a la compresión en unidad de albañilería de las tres ladrilleras estudiadas, y se clasifica según la Norma Técnica Peruana E.070 de Albañilería.

Cuadro 89. Clasificación de las unidades de albañilería por resistencia a la compresión.

| LADRILLERAS | f <sup>b</sup><br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | f <sup>b</sup><br>(Mpa) | TIPO I* f <sup>b</sup><br>mín. (kg/cm <sup>2</sup> ) | CLASIFICACIÓN*<br>SEGÚN NTP E.070 |
|-------------|---|-------------------------|--|-----------------------------------|
| L1          | 38.64                                   | 3.79                    | 50.00  | No clasifica                      |
| L2          | 49.17                                   | 4.82                    | 50.00  | No clasifica                      |
| L3          | 54.96                                   | 5.39                    | 50.00  | I                                 |

(\*) Ver cuadro 8.

Para la clasificación de las unidades de albañilería por resistencia a la compresión en unidad se determinó comparando los resultados del cuadro 89 y los datos del cuadro 8 que establece la Norma NTP E.070 de Albañilería, en donde la ladrillera 1 y la ladrillera 2 no clasifican como ningún tipo de ladrillo, y la ladrillera 3 clasifica como un ladrillo tipo I, y que tiene similitud a los siguientes resultados:

Cruzado (2017), en su discusión de resultados nos indica la clasificación de las unidades de albañilería por resistencia a la compresión simple, donde una de las ladrilleras que estudio clasifica como ladrillo tipo II y las otras ocho clasifican como ladrillo tipo I, en lo que estamos de acuerdo según sus resultados mostrados.

Guerra (2017), en su discusión expresa que los ladrillos que incluyo en su proyecto clasifica por resistencia característica a la compresión, la ladrillera cerámicos Lambayeque como ladrillo tipo II, las ladrilleras Chalpón y Culpón como ladrillo tipo I y las demás ladrilleras no clasifican en ningún tipo, donde estamos de acuerdo según los resultados que presenta, pero la clasificación que expresa está muy desordenada y confusa lo que genera confusión al lector.

Rojas (2017), no presenta la clasificación de las unidades de albañilería por resistencia a la compresión característico, sólo hace una comparación muy general con los parámetros que estable la norma técnica peruana 331.017, pero en nuestra consideración el proyecto si bien es interesante deja muchas interrogantes y dudas al lector.

Lulichac (2015), en su discusión y conclusiones establece que todas las ladrilleras artesanales consideradas en su proyecto no clasifican por resistencia a la comprensión de la unidad, según los parámetros que estable la norma E.070, en lo que estamos de acuerdo según los resultados que presenta y del mismo modo presenta un orden y un cuadro de clasificación lo que ayuda a interpretar sus resultados, generando interés al lector.

Lo que indica que dichas unidades tendrán muy poca durabilidad, y que están preparadas para construir edificaciones de albañilería en situaciones de servicio con exigencias mínimas, según la Norma Técnica Peruana 331.017.

Cuadro 90. Datos del módulo de elasticidad teórica y práctica para la unidad.

| <b>LADRILLERAS</b> | <b>f<sup>b</sup><br/>(kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>MÓDULO DE<br/>ELASTICIDAD<br/>(Eb) (kg/cm<sup>2</sup>)<br/>TEÓRICA</b> | <b>MÓDULO DE<br/>ELASTICIDAD<br/>(Eb) (kg/cm<sup>2</sup>)<br/>PRÁCTICA</b> | <b>DIFERENCIA<br/>TEÓRICA Y<br/>PRÁCTICA<br/>(%)</b> |
|--------------------|--|---|--|--|
| <b>L1</b>          | 38.64  | 15456.50  | 1277.70  | 91.73  |
| <b>L2</b>          | 49.17  | 19666.18  | 1495.23  | 92.40  |
| <b>L3</b>          | 54.96  | 21984.68  | 1414.92  | 93.56  |

En el cuadro 90 se presenta el resumen de los resultados del módulo de elasticidad práctica obtenidos mediante el esfuerzo entre la deformación unitaria, también presentamos el módulo de elasticidad teórica que se ha calculado con las expresión estimada de  $400f^b$ , y

también se ha realizado la diferencia entre el módulo de elasticidad teórica y el módulo de elasticidad práctica en porcentaje, obteniendo resultados mayores al 90%, lo que indica que dichas unidades de albañilería son muy frágiles.

#### 4.6. Resistencia a la compresión en pila:

En el cuadro 91, se presenta el resumen de los resultados de la resistencia a la compresión en pila de las tres ladrilleras estudiadas, y se clasifica según la Norma Técnica Peruana E.070 de Albañilería.

Cuadro 91. Cumplimiento de las pilas por resistencia a la compresión.

| LADRILLERAS | f <sup>m</sup><br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | f <sup>m</sup><br>(Mpa) | NORMA E.070 -<br>Mpa (kg/cm <sup>2</sup> ) | CUMPLIMIENTO*<br>CON LA NTP E.070 |
|-------------|---|-------------------------|--|-----------------------------------|
| L1          | 36.86                                   | 3.62                    | Ladrillo King                              | Si cumple                         |
| L2          | 38.23                                   | 3.75                    | Kong artesanal de<br>arcilla - 3.4 (35)    | Si cumple                         |
| L3          | 46.35                                   | 4.55                    |  | Si cumple                         |

(\*) Ver cuadro 9.

Para la verificación del cumplimiento de las unidades de albañilería por resistencia a la compresión en pila se determinó comparando los resultados del cuadro 91 y los datos del cuadro 9 que establece la Norma NTP E.070 de Albañilería, en donde la ladrillera 1, la ladrillera 2 y la ladrillera 3 cumplen como un ladrillo King Kong artesanal de arcilla con un valor mínimo 35 kg/cm<sup>2</sup>, y que tiene similitud a los siguientes resultados:

Cruzado (2017), en su discusión de resultados no establece la comparación de sus resultados obtenidos por resistencia a la compresión en pila con los datos presentados por la norma E.070 de Albañilería, la comparación que hace es muy general, en lo que no estamos de acuerdo porque genera muchas interrogantes al lector.

Guerra (2017), en su discusión expresa que todas las ladrilleras de producción artesanal que ha incluido en su proyecto no cumplen con los parámetros que establece la norma E.070 de Albañilería, pero las ladrilleras industriales que estudio si cumplen con estos parámetros, en lo que estamos de acuerdo según sus resultados que presenta.

Lulichac (2015), en su discusión y conclusiones establece que todas las ladrilleras artesanales consideradas en su proyecto no cumplen por resistencia a la compresión en

pila, según los parámetros que establece la norma E.070, en lo que estamos de acuerdo según los resultados que presenta y del mismo modo presenta un orden y un cuadro de clasificación lo que ayuda a interpretar sus resultados, generando interés al lector.

Cuadro 92. Datos del módulo de elasticidad teórica y práctica en pila.

| <b>LADRILLERAS</b> | <b>f<sub>m</sub><br/>(kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>MÓDULO DE<br/>ELASTICIDAD<br/>(Em) (kg/cm<sup>2</sup>)<br/>TEÓRICA</b> | <b>MÓDULO DE<br/>ELASTICIDAD<br/>(Em) (kg/cm<sup>2</sup>)<br/>PRÁCTICA</b> | <b>DIFERENCIA<br/>TEÓRICA Y<br/>PRÁCTICA<br/>(%)</b> |
|--------------------|--|---|--|--|
| <b>L1</b>          | 36.86  | 18432.49  | 2129.84  | 88.45  |
| <b>L2</b>          | 38.23  | 19115.61  | 2018.04  | 89.44  |
| <b>L3</b>          | 46.35  | 23174.49  | 1916.93  | 91.73  |

En el cuadro 92 se presenta el resumen de los resultados del módulo de elasticidad práctica obtenidos mediante el esfuerzo entre la deformación unitaria, también presentamos el módulo de elasticidad teórica que se ha calculado con la expresión de  $500f_m$  que establece la norma E.070, y también se ha realizado la diferencia entre el módulo de elasticidad teórica y el módulo de elasticidad práctica en porcentaje, obteniendo resultados mayores al 88%, lo que indica que dichas unidades de albañilería son muy frágiles.

## V. CONCLUSIONES

- Del ensayo de variación dimensional se han obtenido los siguientes resultados: para la ladrillera L1 (L = -0.94%, A = 0.80% y H = -0.44%) lo que permite clasificarlo como un ladrillo tipo V, la ladrillera L2 (L = 1.02%, A = -0.14% y H = -0.53%) lo que permite clasificarlo como un ladrillo tipo IV y la ladrillera L3 (L = -0.81%, A = 2.50% y H = 2.92%) lo que permite clasificarlo como un ladrillo tipo IV, según la comparación que se ha hecho en la discusión con los valores máximos que presenta la norma NTP E.070 de Albañilería.
- Del ensayo de alabeo se han obtenido los siguientes resultados: para la ladrillera L1 (cóncavo = 0.35 mm y convexo = 0.29 mm) lo que permite clasificarlo como un ladrillo tipo V, para la ladrillera L2 (cóncavo = 1.04 mm y convexo = 1.34 mm) lo que permite clasificarlo como un ladrillo tipo V y para la ladrillera L3 (cóncavo = 0.90 mm y convexo = 0.85 mm) lo que permite clasificarlo como un ladrillo tipo V, según la comparación que se ha hecho en la discusión con los valores máximos que presenta la norma NTP E.070 de Albañilería.
- Del ensayo de absorción se han obtenido los siguientes resultados: para la ladrillera L1 (13.05%) lo que permite clasificarlo como un ladrillo tipo V, para la ladrillera L2 (13.87%) lo que permite clasificarlo como un ladrillo tipo V y para la ladrillera L3 (12.20%) lo que permite clasificarlo como un ladrillo tipo V; y también se ha hecho una clasificación por el coeficiente de saturación donde se han obtenido los siguientes resultados: para la ladrillera L1 (0.95) lo que permite clasificarlo como un ladrillo tipo II o I, para la ladrillera L2 (0.94) lo que permite clasificarlo como un ladrillo tipo II o I y para la ladrillera L3 (0.95) lo que permite clasificarlo como un ladrillo tipo II o I, según la comparación que se ha hecho en la discusión con los valores máximos que presenta la norma técnica peruana NTP 331.017.
- Del ensayo de succión se han obtenido los siguientes resultados: para la ladrillera L1 (33.87 gr/200cm<sup>2</sup>/min.) lo que permite clasificarlo como un ladrillo tipo V, para la ladrillera L2 (162.21 gr/200cm<sup>2</sup>/min.) lo que permite no clasificarlo en ningún tipo de



ladrillo y para la ladrillera L3 (30.28 gr/200cm<sup>2</sup>/min.) lo que permite clasificarlo como un ladrillo tipo V, según la comparación que se ha hecho en la discusión con los valores máximos que presenta la norma técnica peruana NTP 331.017.

- Del ensayo de resistencia a la compresión en unidad se han obtenido los siguientes resultados: para la ladrillera L1 ( $f^*b = 38.64 \text{ kg/cm}^2$ ) por lo tanto no clasifica en ningún tipo de ladrillo, para la ladrillera L2 ( $f^*b = 49.17 \text{ kg/cm}^2$ ) por lo tanto no clasifica en ningún tipo de ladrillo y la ladrillera L3 ( $f^*b = 54.96 \text{ kg/cm}^2$ ) lo que permite clasificarlo como un ladrillo tipo I, según la comparación que se ha hecho en la discusión con los valores máximos que presenta la norma NTP E.070 de Albañilería; y también se ha determinado el módulo de elasticidad para cada ladrillera y al compararlo con el módulo de elasticidad teórico se ha obtenido una diferencia de más del 90%.
  
- Del ensayo de resistencia a la compresión en pila se han obtenido los siguientes resultados: para la ladrillera L1 ( $f^*m = 36.86 \text{ kg/cm}^2$ ) por lo tanto si cumple como ladrillo King Kong artesanal de arcilla, para la ladrillera L2 ( $f^*m = 38.23 \text{ kg/cm}^2$ ) por lo tanto si cumple como ladrillo King Kong artesanal de arcilla y para la ladrillera L3 ( $f^*m = 46.35 \text{ kg/cm}^2$ ) por lo tanto si cumple como ladrillo King Kong artesanal de arcilla, para esta ladrillera a criterio se ha considerado solo para esta clasificación como artesanal ya que la norma no establece parámetros para ladrillos maquinados; estos resultados están sujetos según la comparación que se ha hecho en la discusión con los valores máximos que presenta la norma NTP E.070 de Albañilería; y también se ha determinado el módulo de elasticidad para cada ladrillera y al compararlo con el módulo de elasticidad teórico se ha obtenido una diferencia de más del 88%.
  
- En la propuesta se presenta una guía para la producción de ladrillos artesanales y maquinados en donde incluimos el procedimiento de un ensayo de campo para determinar la textura del suelo, y también se presenta el proceso de fabricación de las unidades de albañilería artesanales que son, la extracción de la arcilla y la arena, el mezclado de los materiales, el moldeado o labranza, el secado, la carga hacia el horno, la cocción, la descarga del horno y la clasificación y despacho; este proceso nos permitió ampliar nuestros conocimientos en la fabricación de las unidades de albañilería artesanal y el proceso de fabricación de las unidades de albañilería maquinado que son,

la extracción de la arcilla y la arena, el molido del material, el cernido del material, el mezclado del material, el moldeo y extrucción, el cortado del ladrillo, el secado, la carga hacia el horno, la cocción, la descarga del horno y la clasificación y despacho.

## VI. RECOMENDACIONES

- Impulsar e incentivar a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil ha estudiar la albañilería confinada que en la actualidad en las zonas urbanas de la ciudad de Trujillo se utiliza mucho para la construcción de viviendas, y del mismo modo se debe estudiar el material más importante de la albañilería que es el ladrillo, ya que forma parte de los muros que bien a componer la estructura principal de la albañilería confinada.
- A los estudiantes que se dediquen estudiar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo se le recomienda que consideren más dimensiones de estudio que en este proyecto no se han considera como por ejemplo el porcentaje de vacíos, la resistencia al corte en muretes, etc. Para que de esta forma se puedan tener más resultados que permitan tener mejor precisión en la conclusión de estos.
- Para los ensayos de resistencia a compresión en pila y resistencia al corte en murete se recomienda realizar un diseño de mezcla para el mortero para mejorar el estudio y la investigación.
- Se deberían realizar más estudios a las ladrilleras artesanales en la ciudad de Trujillo, ya que existen una gran cantidad de ladrilleras que trabajan de manera empírica, y así poder tener una base de datos que permita a los usuarios de estas ladrilleras seleccionar el material de mejor calidad, y del mismo modo poder hacerles llegar a los productores ideas nuevas para mejorar la calidad de sus unidades de albañilería sin que afecte su inversión económica en la producción.
- Se recomienda hacer un estudio en las ladrilleras de la calidad y las propiedades físicas y químicas de la materia prima principal para la producción del ladrillo que es la arcilla, ya que influye directamente en la calidad del ladrillo y afecta en sus dimensiones como la resistencia.

## **VII. PROPUESTA**

### **GUÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES Y MAQUINADOS:**

#### **1. Ensayos de campo para determinar la textura del suelo:**

Estos ensayos que se proponen en este guía son de uso netamente de campo y no son de uso experimental ni científico por que no se aplican las normativas que establecen procedimientos más completos, pero si son de gran ayuda para las fabricas ladrilleras que no cuentan con los recursos para poder realizar ensayos de laboratorio.

##### **1.1. Ensayo del porcentaje de componentes:**

Este ensayo nos permitirá determinar la composición en porcentaje de cada material que contenga el suelo que deseamos emplear para la producción del ladrillo.

Para este ensayo se utilizaran los equipos que a continuación se describen:

Una malla con orificios de 6mm a 10 mm (1/4" a 3/8") aproximadamente, que nos permitirá tamizar el material para quitar las impurezas y facilitar el procedimiento del ensayo.

Una pala, un balde mediano que contenga unos 5 kg de material aproximadamente, un recipiente de metal o plástico, una regla metálica con aproximación a 1 mm y un envase transparente de boca ancha para poder llenar el material.

El procedimiento que tiene que tener en cuenta para realizar el ensayo es el siguiente: Llenamos al balde un aproximado de 3 kg del material que se tiene previsto para la producción del ladrillo, y lo llevamos a un lugar apropiado para realizar el ensayo.

Estando ya en el lugar apropiado empezamos a tamizar el material con la malla antes preparada en un recipiente limpio y seco.

Luego de haber tamizado todo el material llenamos el material preparado en la botella de boca ancha aproximadamente hasta la mitad.

Agregamos dos cucharas de sal y llenamos la botella con agua hasta la altura del cuello y lo tapamos con fuerza para que no se desperdicie el material.

Luego agitamos la botella por unos cinco minutos aproximadamente y luego lo colocamos en un lugar apropiado para dejarlo reposar durante unas 24 horas aproximadamente.

Pasado el tiempo antes establecido observaremos la composición de los materiales empezando por la parte baja las grabas, las arenas, los limos, las arcillas y luego el agua con algunas impurezas flotando sobre ella.

Medimos con la regla metálica las dimensiones de cada material para luego calcular su proporción en porcentaje utilizando la siguiente formula.

$$P. M. C. (\%) = \frac{M. M. C. (mm)}{M. S. C. (mm)} * 100$$

Donde:

P. M. C.: Porcentaje del material calculado (%).

M. M. C.: Medida del material que se desea calcular su porcentaje (mm).

M. S. C.: Medida de la sumatoria de la composición de todos los materiales (mm).

Una tierra de buena calidad para la fabricación de adobes y ladrillos debe contener en su composición los siguientes porcentajes de cada material.

Graba un mínimo de 5% y un máximo de 15%, Arena un mínimo de 40% y un máximo de 70%, arena impalpable o limos un mínimo de 1% y un máximo de 15% y arcilla un mínimo de 15% y un máximo de 30%, así como se muestra en la figura 60.

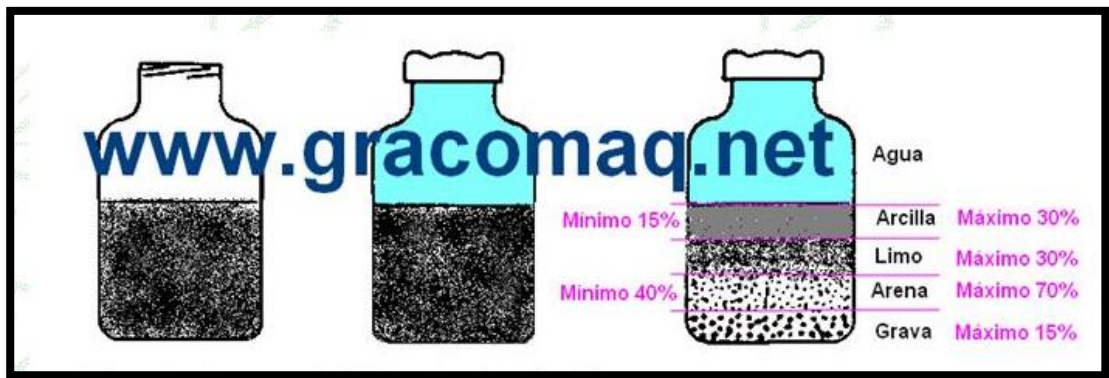


Figura 60. Porcentaje de la composición de cada material.

Fuente: <https://www.google.com.pe>, 2018.

## 2. Proceso de fabricación del ladrillo artesanal:

Las etapas del proceso de fabricación del ladrillo artesanal son las que se presentan a continuación en la figura 61.

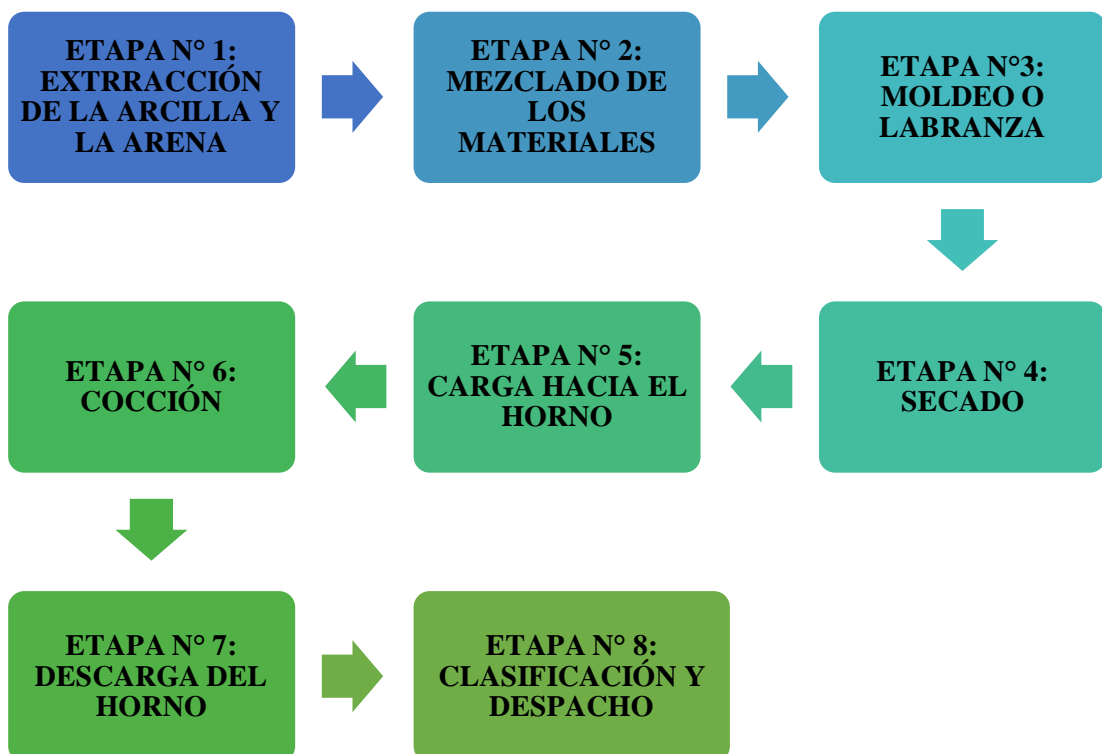


Figura 61. Etapas del proceso de fabricación del ladrillo artesanal.

## 2.1. Extracción de la arcilla y la arena:

La arcilla y la arena que se utiliza para la producción del ladrillo se extraen de canteras que con frecuencia son zonas alejadas del lugar de producción, en algunos casos lo elaboran los ladrillos en el lugar de extracción del material hasta el proceso de sacado y luego lo cargan en camiones al lugar de cocción y despacho.

Para la extracción del material se puede realizar de manera manual con picos o barretas y palas o de manera automatizada con maquinaria pesada según el requerimiento de la cantidad de material que se dese extraer.

Luego se carga en camiones al lugar de la producción si este es muy alejado de la cantera o en todo caso se utilizan bugís o carretillas si este lugar fuese cerca o según sea el caso antes expuesto.

Según la Guía de Buenas Prácticas para Ladrilleras Artesanales (GBPLA, 2010), Las medianas y grandes industria ladrilleras que producen un aproximado de 500 a mil millares de ladrillo por mes, extraen el material de canteros con denuncia minero utilizando grandes equipos pesados para la remoción del material, así como se muestran en las figuras 62 y 63.



Figura 62. Proceso de extracción del material de manera manual.



Figura 63. Proceso de extracción del material utilizando maquinaria pesada.

## 2.2. Mezclado de los materiales:

Antes del mezclado de los materiales es necesario quitar los materiales grandes como palos, ramas o piedras grandes que hubiese en la arcilla, es más recomendable cernir la arcilla si fuese posible para tener un material más homogéneo.

Luego de culminado el paso anterior se procede al mezclado de los materiales como son frecuentemente la arcilla, la arena y el agua potable y en otros casos algunos aditivos según la conveniencia del productor, para este proceso se utiliza un pala y un pico, con los cuales se realiza una pre mezcla de la arcilla y la arena hasta que esta quede totalmente mezclada, luego se abre la mezcla por el centro para echar el agua, se deja unos 10 minutos aproximadamente para que traspase en la mezcla para luego empezar el batido agregando agua a proporciones moderadas evitando que la mezcla quede muy seca o muy aguada.

Las proporciones de los materiales como son la arena y la arcilla se determinara según la experiencia del maestro y también se debe utilizar el ensayo que se presenta en esta guía para ser obtener un mejor resultado.



Este trabajo del mezclado se realiza por lo general en las tardes para luego de terminado el mezclado cubrirlo con un plástico para la maduración de la mezcla que puede ser entre 10 y 15 horas aproximadamente en este caso hasta el siguiente día que recién se realiza el moldeo.

Según la GBPLA (2010), la mezcla se deja reposar de un día para otro para que los terrones se deshagan, la mezcla obtenga mayor consistencia y así tenga la textura requerida.

Las impurezas de la arcilla y la arena como raíces de plantas y piedras se separan manualmente, solo en algunas ladrilleras se cierne el material para eliminar impurezas y obtener un grano más homogéneo. Así como se muestra en las figuras 64 y 65.



Figura 64. Preparación de la mezcla de forma manual.



Figura 65. Mezcla en reposo durante un tiempo determinado.

### **2.3. Moldeado del ladrillo:**

Para el moldeo y labrado del ladrillo se utilizan moldes de madera con mayor frecuencia y en algunos casos de metal, estos moldes no tienen un tamaño estandarizado ya que varían según los artesanos, la ladrillera o la región, se recomienda que si los moldes son de madera se le debe colocar tiras de metal en los bordes para que así no se desgasten con más facilidad y perjudique en las dimensiones de la unidad.

También se utiliza una regla de madera que servirá para el nivelado del ladrillo, un balde con agua y una mesa lisa y nivelada para apoyar el molde y para mejor comodidad del trabajador, y otros según el tipo de ladrillo que se esté moldeando.

El procedimiento del labrado del ladrillo, es que el trabajador primero prepara el molde según el tipo de ladrillo que realizara ya sea King Kong o pandereta, colocándole arena fina por dentro para que al momento del desmolde no se quede el ladrillo adherido al este.

Luego se procede a recoger la mezcla en forma de una bola para que a ya más precisión al llenar la mezcla en el molde, este proceso de llenado de la mezcla en el molde se realiza con fuerza para generar consistencia y que no queden muchos vacíos en el interior de la unidad.

Luego se realiza el desmolde en el lugar del secado con mucho cuidado y precisión para no malograr la unidad.

Se recomienda que el lugar de secado de las unidades sea plano y nivelado y se debería extender una capa de arena para que en la unidad no se generen desproporciones.

Según la GBPLA (2010), el rendimiento de los lavadores semanales en una jornada de 8 horas diarias de lunes a sábado en un clima normal sin lluvias es: para los ladrillos King Kong el rendimiento es de 2 400 a 2 500 ladrillos por hombre y en ladrillos pandereta para tabiquería el rendimiento es de 1 200 a 1 400 ladrillos por hombre. Así como se muestra en las figuras 66 y 67.



Figura 66. Proceso de moldeo de la unidad de albañilería.



Figura 67. Desmolde de la unidad de albañilería en el área de secado.

#### **2.4. Secado:**

El secado del ladrillo se realiza en grandes campos planos ya preparados para tal fin que se encuentran por lo general cerca del lugar de moldeo o labranza.

Las unidades se secan por lo general a cielo abierto aprovechando el calor del sol y las ráfagas de viento, solo cuando llueve se cubren con grandes mantas de plásticas para que no lo afecte y solo en lugares donde las lluvias son frecuentes se construyen grandes cobertizos techados para el secado.

Según la GBPLA (2010), el secado se realiza hasta que la unidad pierda un 13% de humedad aproximadamente, donde el periodo puede variar de cinco a siete días según el clima que se presente.

A partir del tercer día las unidades son volteadas a las caras opuestas para que el secado sea homogéneo quitándoles las partículas que se hayan adherido e este, por ultimo luego del secado se coloca en un lado del área en forma de pequeñas torres de un metro a un metro y medio de altura. Así como se muestra en las figuras 68 y 69.



Figura 68. Secado de las unidades de albañilería.



Figura 69. Volteo y filado a un costado de las unidades de albañilería.

## 2.5. Cargado del ladrillo al horno:

Antes del cargado del ladrillo se realiza el armado del canal de encendido del horno, que se encuentra en la parte inferior del horno a ras del suelo en donde se colocan las briquetas de carbón en fila hacia el interior del horno con una base de tres filas de briquetas, luego dos filas y una tercera de una sola fila.

Luego del armado del canal de encendido del horno se empieza con el traslado de las unidades de albañilería del lugar de sacado en camines.

Para el filado del ladrillo en el horno, se coloca una camada de ladrillo de largo, luego se coloca una cama de carbón en polvo de unos 3 cm de espesor aproximadamente y luego la otra camada de ladrillos de ancho; así se continua este mismo proceso hasta llenar el horno.

Según la GBPLA (2010), las briquetas utilizadas para el quemado del ladrillo son generalmente cilíndricas de 10 cm de diámetro por 14 cm de alto con un agujero en el centro para favorecer su encendido.

Para llenar un horno de 10 millares se puede realizar en un promedio de 10 horas con cinco trabajadores: cuatro para bolear los ladrillos y uno para el armado de las mamadas. Así como se muestra en las figuras 70 y 71.



Figura 70. Cargado del ladrillo en camión del lugar de secado.



Figura 71. Llenado del ladrillo en el horno.

## 2.6. Cocción de las unidades:

Después de haber concluido con la carga y apilado del ladrillo en el horno se procede a la cocción que se divide en dos procesos, que viene hacer el encendido del horno que se trata de encender las briquetas que se colocó en los canales de encendido, para ello se puede utilizar diferentes combustible como leña, llantas, etc.

Luego del encendido viene el proceso del quemado o cocción de las unidades que puede tardar entre ocho a quince días según el tipo de ladrillo y el tamaño del horno que se tenga; el quemado termina cuando el fuego llegue hasta la parte superior del horno y se acabe todo el carbón en polvo que se colocó como juntas de las camadas de las unidades de albañilería.

Según la GBPLA (2010), el proceso de encendido puede tardar entre ocho hasta veinte y cuatro horas y el quemado puede durar entre siete y veinte días de acuerdo al tamaño del horno. Así como se muestra en las figuras 72 y 73.



Figura 72. Tarrajeo de la parte frontal del horno.



Figura 73. Cocción del ladrillo.



## 2.7. Descarga del horno:

Cuando se ha terminado el proceso de la cocción de las unidades se procede a abrir el horno para que los ladrillos empiecen a enfriarse, este proceso puede durar entre cinco a siete días según sea el tamaño del horno y la demanda de la venta.

Luego del enfriamiento se procede a la descarga del ladrillo; con frecuencia esta descarga se hace al costado del horno de cocción cuando no se tiene un lugar específico para tal fin, pero si se tuviese se traslada el ladrillo a tal lugar.

Según la GBPLA (2010), el enfriamiento de las unidades es de abajo hacia arriba por causa del mismo aire que contribuyó al encendido de la combustión. La descarga del ladrillo dura un día menos que el tiempo que se empleó para su cargado. Así como se muestra en las figuras 74.



Figura 74. Descarga del ladrillo del horno.

## 2.8. Clasificación y despacho:

Luego de la descarga del ladrillo se procede a la clasificación que se realiza por la coloración del ladrillo y también se verifica que este no tenga fisuras ni grietas y si lo tuviesen se separa a un costado.

En algunas ladrilleras la clasificación y despacho del ladrillo lo realizan desde el horno de cocción saltándose el proceso de descarga por el tiempo que se emplea y también por la demanda del mercado.

Según la GBPLA (2010), los ladrillos se pueden clasificar como bien cocidos los cuales son de coloración rojiza intensa y homogénea, tienen un sonido metálico, son duros y presentan un grado fino y compacto en su fractura, sus aristas deben ser duras y la superficie lisa y regular; medianamente cocidos o bayos que pueden ser los menos rojizos y los crudos o no cocidos. Así como se muestra en las figuras 75.



Figura 75. Clasificación de ladrillos.

### 3. Proceso de fabricación del ladrillo maquinado:

Las etapas del proceso de fabricación del ladrillo maquinado son las que se presentan a continuación en la figura 76.

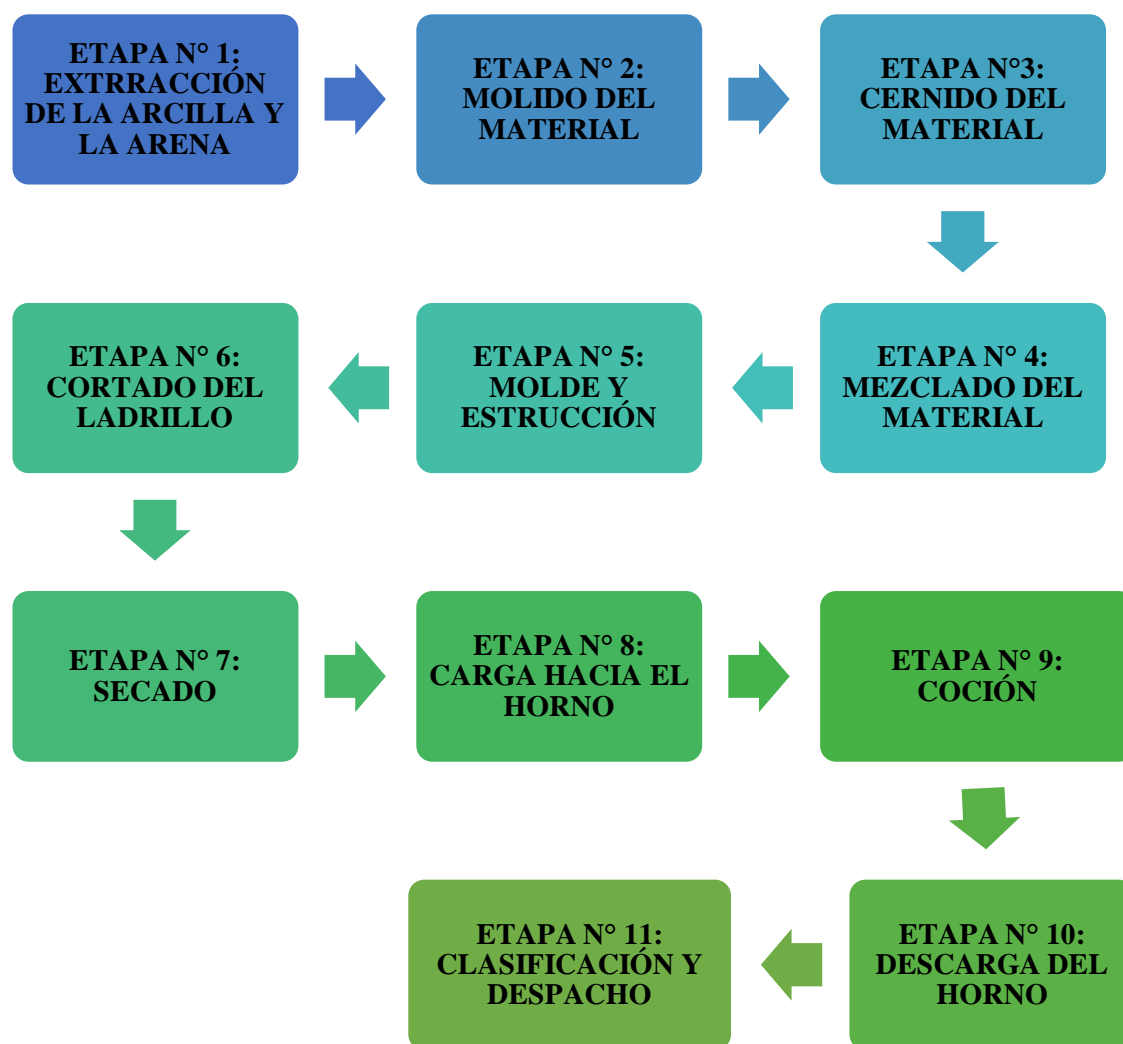


Figura 76. Etapas del proceso de fabricación del ladrillo maquinado.

### 3.1. Extracción de la arcilla y la arena:

Este proceso es el mismo al que se presenta en el proceso de fabricación del ladrillo artesanal, con las mismas condiciones y parámetros.

Según la Guía de Buenas Prácticas para Ladrilleras Artesanales (GBPLA, 2010), Las medianas y grandes industria ladrilleras que producen un aproximado de 500 a mil millares de ladrillo por mes, extraen el material de canteros con denuncia minero utilizando grandes equipos pesados para la remoción del material. Así como se muestra en las figuras 77 y 78.



Figura 77. Extracción manual de la arcilla y la arena.



Figura 78. Extracción con maquinaria de la arcilla y la arena.

### **3.2. Molido del material:**

Para el proceso del molido del material se procese con una maquinaria a colocar la arcilla y la arena realizando un pre mezclado, al costado de la tolva del molino.

Luego dos o tres trabajadores con palas en mano se ocupan de echar el material dentro del molino evitando que se caigan rocas duras que pueden dañar la máquina y al mismo tiempo separando las ramas, raíces y todo material orgánico que perjudique el proceso y la calidad del ladrillo.

Este proceso se realiza con mucho cuidado y precaución para que el trabajador no vaya a sufrir ningún accidente, para ello se recomienda construir una malla de acero corrugado con un espaciamiento entre barras de 10cm a 15 cm y con un acero de 1" de diámetro, para colocarlo sobre la tolva del molino y así evitar caídas de los trabajadores dentro del molino que puede causar un accidente lamentable, como también ayudara a retener los rocas y desperdicios de gran tamaño. Así como se muestra en las figuras 79 y 80.



Figura 79. Tolva del molino y llenado del material.



Figura 80. Parte baja del molino y expulsión del material.

### 3.3. Cernido del material:

Para este proceso el material al salir del molino mediante una faja giratoria se traslada el material al silo en donde se encuentra la zaranda o malla que cernirá el material.

El silo es el lugar en donde se encuentra la zaranda donde al caer la arcilla por gravedad cierne el material depositando el fino por debajo de la zaranda y las partículas gruesas son expulsadas mediante una canaleta y una faja giratoria hacia el exterior del silo.

El silo tiene como medidas tres metros de ancho por tres metros de largo y dos metros y medio de altura aproximadamente y su capacidad es de diez metros cúbicos aproximadamente.

Primero se tiene que llenar el material suficiente en el silo para luego pasar al siguiente proceso. Así como se muestra en las figuras 81 y 82.



Figura 81. Zaranda dentro del silo.



Figura 82. Proceso de expulsión del material grueso.

### 3.4. Mezclado del material:

El proceso de mezclado se realiza con una maquina eléctrica que tienes forma de canal o batea y en su interior contiene dos gusanos con aletas lo suficientemente poderosas para combinar la arena, la arcilla y el agua.

Estas aletas van girando a una velocidad promedio para que el mezclado sea lo más homogéneo posible, y mientras se genera el mezclado se traslada el material a la faja que lo llevara a la siguiente etapa del proceso.

Este mezclado se realiza con poca agua para que permita trasladar el material a la siguiente etapa del proceso.

Los ladrillos que al momento de la estrucción se malogran o son mal cortados se vuelven a colocar en la mezcladora para que se repita esta última parte del proceso y así tener las mínimas pérdidas en materia prima y producto. Así como se muestra en la figura 83.





Figura 83. Proceso de mezclado de la arena, la arcilla y el agua.

### 3.5. Molde y estrucción:

Antes del proceso de moldeo se tiene una pequeña mezcladora de dos gusanos en donde se realiza una mezcla final con el agua suficiente para que la materia tenga un comportamiento óptimo al momento del moldeo y la estrucción.

La máquina de moldeo está compuesta por dos moldes que generan la presión necesaria a la mezcla formando así las unidades de albañilería y estas se pueden cambiar porque dependen del tipo de ladrillo que se quiere producir.

La estrucción del ladrillo es continuo a una velocidad mínima para que el ladrillo tenga una consistencia sin vacíos ni desproporciones en su composición y así también pueda lograr alcanzar la resistencia deseable y también para que no dificulte la etapa del siguiente proceso. Así como se muestra en las figuras 84 y 85.



Figura 84. Proceso de mezclado final.



Figura 85. Moldeo y estrucción.

### 3.6. Cortado del ladrillo:

Luego de la estrucción las unidades de albañilería pasan a la mesa de cortado que es comprendida por rodillos giratorios que trasladaran las unidades a la posición adecuada para el cortado.

La máquina de corte es una estructura de acero en forma de dos arco giratorios, unidos por barras de acero horizontales, esta estructura se encuentra sujeta por la parte inferior de la mesa de rodillos, y que en la parte superior en cada arco tienen un alambre muy fino con los cuales cortan las unidades a la medida de la separación de los arcos.

Luego del cortado de las unidades se colocan muy cuidadosamente en una carreta metálica para que sean llevados al área de secado. Así como se muestra en la figura 86.



Figura 86. Proceso de mezclado final, moldeo y estrucción.

### 3.7. Secado:

El proceso de secado es el mismo que el que se presenta en el proceso de fabricación del ladrillo artesanal si se tiene las mismas condiciones y si no se ajusta a la tecnología que cada ladrillera tenga, pero el cuidado y las precauciones siempre serán las mismas antes expuestas.

Según la GBPLA (2010), el secado se realiza hasta que la unidad pierda un 13% de humedad aproximadamente, donde el periodo puede variar de cinco a siete días según el clima que se presente.

A partir del tercer día las unidades son volteadas a las caras opuestas para que el secado sea homogéneo quitándoles las partículas que se hayan adherido e este, por ultimo luego del secado se coloca en un lado del área en forma de pequeñas torres de un metro a un metro y medio de altura. Así como se muestra en la figura 87.



Figura 87. Secado y filado del ladrillo.

### 3.8. Cargado del ladrillo al horno:

Para este proceso se utilizan las mismas condiciones que se exponen en el proceso de fabricación del ladrillo artesanal si se tuviese las mismas condiciones, pero si no se ajustara a la tecnología que cada ladrillera tenga a su alcance.

Según la GBPLA (2010), las briquetas utilizadas para el quemado del ladrillo son generalmente cilíndricas de 10 cm de diámetro por 14 cm de alto con un agujero en el centro para favorecer su encendido.

Para llenar un horno de 10 millares se puede realizar en un promedio de 10 horas con cinco trabajadores: cuatro para bolear los ladrillos y uno para el armado de las mamadas. Así como se muestra en las figuras 88 y 89.



Figura 88. Filado del ladrillo en el horno.



Figura 89. Cargado del ladrillo hacia el horno.

### 3.9. Cocción de las unidades:

Después de haber concluido con la carga y apilado del ladrillo en el horno se procede a la cocción que se divide en dos procesos, que viene hacer el encendido del horno que se trata de encender las briquetas que se colocó en los canales de encendido, para ello se puede utilizar diferentes combustible como leña, llantas, etc.

Luego del encendido viene el proceso del quemado o cocción de las unidades que puede tardar entre ocho a quince días según el tipo de ladrillo y el tamaño del horno que se tenga; el quemado termina cuando el fuego llegue hasta la parte superior del horno y se acabe todo el carbón en polvo que se colocó como juntas de las camadas de las unidades de albañilería.

Según la GBPLA (2010), el proceso de encendido puede tardar entre ocho hasta veinte y cuatro horas y el quemado puede durar entre siete y veinte días de acuerdo al tamaño del horno. Así como se muestra en la figura 90.



Figura 90. Proceso de cocción del ladrillo.

### **3.10. Descarga del horno:**

Cuando se ha terminado el proceso de la cocción de las unidades se procede a abrir el horno para que los ladrillos empiecen a enfriarse, este proceso puede durar entre cinco a siete días según sea el tamaño del horno y la demanda de venta.

Luego del enfriamiento se procede a la descarga del ladrillo; con frecuencia esta descarga se hace al costado del horno de cocción por que no se tiene un lugar específico para este proceso.

Según la GBPLA (2010), el enfriamiento de las unidades es de abajo hacia arriba por causa del mismo aire que contribuyo al encendido de la combustión. La descarga del ladrillo dura un día menos que el tiempo que se empleó para su cargado. Así como se muestra en la figura 91.



Figura 91. Proceso de descarga del ladrillo del horno.

### **3.11. Clasificación y despacho:**

Luego de la descarga del ladrillo se procede a la clasificación que se realiza por la coloración del ladrillo y también se verifica que este no tenga fisuras y grietas.

En algunas ladrilleras la clasificación y despacho del ladrillo lo realizan desde el horno de cocción saltándose el proceso de descarga por el tiempo que se emplea y también la demanda del mercado.

Según la GBPLA (2010), los ladrillos se pueden clasificar como bien cocidos los cuales son de coloración rojiza intensa y homogénea, tienen un sonido metálico, son duros y presentan un grado fino y compacto en su fractura, sus aristas deben ser duras y la superficie lisa y regular; medianamente cocidos o bayos que pueden ser los menos rojizos y los crudos o no cocidos. Así como se muestra en la figura 92.





Figura 92. Proceso de clasificación y despacho.

## VIII. REFERENCIAS

ABANTO CASTILLO, Fernando. Análisis y Diseño de edificaciones de Albañilería. Tercera Edición. Lima, Perú. Fondo Edit. San Marcos, 2013.

ABANTO FLORES, Peter y AKARLEY POMA, Luis. Características físicas y mecánicas de unidades de albañilería ecológicas fabricadas con suelo – cemento en la ciudad de Trujillo. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Trujillo – Perú: Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, 2014. 98 pg.

[http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/684/1/ABANTO\\_PETER\\_CARA\\_CTERISTICAS\\_FISICA%20MECANICA\\_SUELO.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/684/1/ABANTO_PETER_CARA_CTERISTICAS_FISICA%20MECANICA_SUELO.pdf)

ACUÑA VÁSQUEZ, Ricarte. “Características técnicas del ladrillo artesanal del caserío el Frutillo – Bambamarca – Cajamarca”. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Cajamarca – Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, 2014. 121 pg.

<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/613/T%20666.737%20A189%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANYAYPOMA COLORADO, Luis Fernando. Estudio de las características físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajamarca. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Cajamarca – Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, 2015. 128 pg.

<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/614/T%20666.737%20A637%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ASTM C 67:2003 a Standard test methods of sampling and testing clay bricks used in masonry work.

ASTM C 1314-00a Standard test methods of sampling and testing clay bricks used in masonry work.

ASTM E 519-00 Standard test methods of sampling and testing clay bricks used in masonry work.

CRUZADO PORTAL, José. Estudio de las propiedades físico – mecánicas del ladrillo elaborado artesanalmente en los caseríos: el Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Cajamarca – Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, 2017. 169 pg.

<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1025/TESIS-JOS%C3%89%20WILSON%20CRUZADO%20PORTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FERNÁNDEZ DÍAZ, Elar Antonio. Evaluación de las propiedades físico – mecánicas de ladrillos de arcilla King Kong fabricados artesanalmente en la comunidad el Frutillo - Bambamarca. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Cajamarca – Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, 2014. 78 pg.

<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/619/T%20666.737%20F363%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GALLEGOS, Héctor y CASABONNE, Carlos. Albañilería Estructural. Tercera Ed. Lima, Perú. Fondo Edit. PUCP, 2005. 444 pg.

GUERRA PAUCAR, Carlos Eduardo. Calidad de las unidades de albañilería de arcilla según norma E.070 en la provincia de Chiclayo. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Chiclayo – Perú: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2017. 192 pg.

HERNÁNDEZ, Sampieri, COLLADO, Fernando y BAPTISTA, Lucio. “Metodología de la investigación”. México D.F.: MC Graw Hill Education, 2014.

INSTITUTO Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) (Perú). Norma Técnica E.070 Albañilería, Lima, Perú, 2006. 15 pg.

INSTITUTO Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) (Perú). Norma Técnica 339.613 - Unidades de albañilería - Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. Lima, Perú, 2005, 39 pg.

INSTITUTO Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) (Perú). Norma Técnica 339.605 - Unidades de albañilería - Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería. Lima, Perú, 2005.

INSTITUTO Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) (Perú). Norma Técnica 331.017 - Unidades de albañilería – Requisitos para ladrillos usados en albañilería. Lima, Perú, 2005. 7 pg.

LULICHAC SÁENZ, Fanny Carmen. Determinación de las propiedades físico – mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Cajamarca – Perú: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2015. 137 pg.

<http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/6652/Lulichac%20S%C3%A1enz%2c%20Fanny%20Carmen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MINISTERIO de la producción, mediante la oficina N° 707-2010-PRODUCE/SG. Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales. Lima, Perú, 2010, 67 pg.

PARRO, Carlos. Diccionario de Arquitectura y Construcción. Lima, Perú, 2005.

PÉREZ CASTILLO, Juan. Mejorar la calidad de los ladrillos artesanales producidos en la ciudad de Catamayo. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Loja – Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja, 2016. 221 pg.

<http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/14779>

PROGRAMA REGIONAL de Aire Limpio y el Ministerio de la Producción. Estudio diagnóstico sobre las ladrilleras artesanales en el Perú. Lima, Perú, 2010, 83 pg.

<http://www.redladrilleras.net/assets/files/fb27f168113ce59412e89faab27e4633.pdf>.

PROYECTO APOYO a la agenda país de ciudades sostenibles y cambio climático en Trujillo Metropolitano. Línea de base para el proyecto apoyo a la agenda país de ciudades sostenibles y cambio climático en Trujillo Metropolitano. Trujillo, Perú, 2016, 83 pg.

[file:///C:/Users/USER/Downloads/linea de base para el proyecto apoyo a la agenda a pais%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/linea%20de%20base%20para%20el%20proyecto%20apoyo%20a%20la%20agenda%20pais%20(1).pdf)

QUIUN, Daniel, SAN BARTOLOMÉ, Ángel, MENDOZA, Gabriel. “Corrección por esbeltez en pilas de albañilería ensayadas a la compresión axial”. Lima. PUCP, 2005.

QUIUN, Daniel y SAN BARTOLOMÉ, Ángel. “Propuesta normativa para el diseño sísmico de edificaciones de albañilería confinada”. PUCP, 2003. 14 pg.

ROJAS POÉMAPE, Nayaret Patricia. Análisis comparativo de las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico – distrito de Santa – Ancash - 2017. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Nuevo Chimbote – Perú: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2017. 195 pg.

RUIZ RIVERA, Stalin Jesús. Estudio de las propiedades físico – mecánicas del ladrillo de arcilla elaborado en el centro poblado menor de Otuzco y la ladrillera industrial Rex. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Cajamarca – Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, 2015. 172 pg.

<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/625/T%20666.737%20R934%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SAN BARTOLOMÉ, Ángel. “Construcciones de albañilería”- comportamiento sísmico y diseño estructural. Lima, Perú. Fondo Edit. PUCP, 1994. 246 pg.

SAN BARTOLOMÉ, Ángel, QUIUN, Daniel y SILVA, Wilson. “Diseño y construcción de estructuras Sismorresistentes de albañilería”. Lima, Perú. Fondo Edit. PUCP, 2011. 246 pg.

SENCICO 042. Comentarios a la Norma Técnica de Edificación E.070 albañilería. Lima, Perú, 2005. 147 pg.

<http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2008/01/C05-Prismas.pdf>

SENCICO 042. Comentarios a la Norma Técnica de Edificación E.070 albañilería. Lima, Perú, 2014. 147 pg.

<http://es.slideshare.net/JulioCesarMeyhueyTrinidad/20080107-c03componentes>

# ANEXOS



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
LABORATORIO DE CERÁMICOS Y SUELOS



## ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL DE LADRILLOS NORMA NTP 399.613

LABORATORIO DE MATERIALES CERAMICOS  
SOLICITANTE: REBAZA VASQUEZ, PRIMO FELICIANO  
LADRILLERA/PROPIETARIO: L-1 /CASTAÑEDA BRICEÑO SEGUNDO

TIPO DE LADRILLO: PANDERETA ARTESANAL  
FECHA DE ENSAYO: 25/09/2018

| MUESTRA                   | LARGO(mm) |     |     |     | LARGO<br>PROMEDIO | ANCHO(mm)                 |     |     |     | ANCHO<br>PROMEDIO | ALTURA(mm)                |    |    |    | ALTURA<br>PROMEDIO |
|---------------------------|-----------|-----|-----|-----|-------------------|---------------------------|-----|-----|-----|-------------------|---------------------------|----|----|----|--------------------|
|                           | L1        | L2  | L3  | L4  |                   | A1                        | A2  | A3  | A4  |                   | H1                        | H2 | H3 | H4 |                    |
| 1                         | 210       | 213 | 213 | 212 | 212.0             | 110                       | 108 | 110 | 108 | 109.0             | 85                        | 85 | 80 | 85 | 83.8               |
| 2                         | 211       | 212 | 215 | 212 | 212.5             | 107                       | 108 | 110 | 110 | 108.8             | 85                        | 85 | 87 | 85 | 85.5               |
| 3                         | 215       | 212 | 210 | 212 | 212.3             | 110                       | 110 | 108 | 109 | 109.3             | 86                        | 85 | 86 | 86 | 85.8               |
| 4                         | 211       | 212 | 212 | 212 | 211.8             | 109                       | 110 | 110 | 110 | 109.8             | 85                        | 85 | 86 | 85 | 85.3               |
| 5                         | 213       | 211 | 213 | 212 | 212.3             | 109                       | 110 | 110 | 108 | 109.3             | 85                        | 85 | 85 | 86 | 85.3               |
| 6                         | 210       | 211 | 211 | 211 | 210.8             | 110                       | 109 | 109 | 108 | 109.0             | 86                        | 85 | 86 | 86 | 85.8               |
| 7                         | 212       | 212 | 212 | 212 | 212.0             | 110                       | 109 | 110 | 110 | 109.8             | 85                        | 85 | 87 | 85 | 85.5               |
| 8                         | 213       | 211 | 213 | 213 | 212.5             | 110                       | 109 | 110 | 108 | 109.3             | 86                        | 86 | 85 | 86 | 85.8               |
| 9                         | 212       | 213 | 211 | 211 | 211.8             | 107                       | 110 | 108 | 108 | 108.3             | 86                        | 86 | 85 | 85 | 85.5               |
| 10                        | 212       | 211 | 212 | 213 | 212.0             | 108                       | 110 | 110 | 108 | 109.0             | 86                        | 86 | 85 | 86 | 85.8               |
| PROMEDIO                  |           |     |     |     | 211.98            | PROMEDIO                  |     |     |     | 109.13            | PROMEDIO                  |    |    |    | 85.38              |
| DESVIACION ESTANDAR       |           |     |     |     | 1.12              | DESVIACION ESTANDAR       |     |     |     | 0.99              | DESVIACION ESTANDAR       |    |    |    | 1.05               |
| VARIACION DIMENSIONAL (%) |           |     |     |     | 0.53              | VARIACION DIMENSIONAL (%) |     |     |     | 0.91              | VARIACION DIMENSIONAL (%) |    |    |    | 1.24               |

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384



Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com



**ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL DE LADRILLOS NORMA NTP 399.613**

LABORATORIO DE MATERIALES CERAMICOS  
SOLICITANTE: REBAZA VASQUEZ, PRIMO FELICIANO  
LADRILLERA/PROPIETARIO: L-2 /RODRIGUEZ AREDO JUAN

TIPO DE LADRILLO: PANDERETA ARTESANAL  
FECHA DE ENSAYO: 25/09/2018

| MUESTRA | LARGO(mm) |     |     |     | LARGO<br>PROMEDIO         | ANCHO(mm) |     |     |     | ANCHO<br>PROMEDIO         | ALTURA(mm) |    |    |    | ALTURA<br>PROMEDIO        |       |
|---------|-----------|-----|-----|-----|---------------------------|-----------|-----|-----|-----|---------------------------|------------|----|----|----|---------------------------|-------|
|         | L1        | L2  | L3  | L4  |                           | A1        | A2  | A3  | A4  |                           | H1         | H2 | H3 | H4 |                           |       |
| 1       | 212       | 209 | 209 | 204 | 208.5                     | 106       | 106 | 105 | 103 | 105.0                     | 86         | 86 | 85 | 85 | 85.5                      |       |
| 2       | 208       | 210 | 205 | 210 | 208.3                     | 107       | 106 | 102 | 101 | 104.0                     | 86         | 85 | 86 | 85 | 85.5                      |       |
| 3       | 204       | 208 | 205 | 208 | 206.3                     | 105       | 105 | 103 | 102 | 103.8                     | 85         | 84 | 85 | 85 | 84.8                      |       |
| 4       | 205       | 206 | 207 | 206 | 206.0                     | 105       | 106 | 105 | 103 | 104.8                     | 84         | 86 | 87 | 84 | 85.3                      |       |
| 5       | 210       | 208 | 208 | 207 | 208.3                     | 107       | 105 | 106 | 105 | 105.8                     | 85         | 84 | 86 | 84 | 84.8                      |       |
| 6       | 209       | 208 | 207 | 210 | 208.5                     | 105       | 107 | 105 | 106 | 105.8                     | 86         | 85 | 87 | 86 | 86.0                      |       |
| 7       | 206       | 208 | 209 | 207 | 207.5                     | 103       | 105 | 104 | 103 | 103.8                     | 86         | 85 | 87 | 87 | 86.3                      |       |
| 8       | 208       | 210 | 210 | 208 | 209.0                     | 107       | 104 | 107 | 105 | 105.8                     | 86         | 84 | 85 | 86 | 85.3                      |       |
| 9       | 209       | 210 | 207 | 209 | 208.8                     | 106       | 105 | 106 | 107 | 106.0                     | 86         | 84 | 85 | 87 | 85.5                      |       |
| 10      | 209       | 207 | 206 | 208 | 207.5                     | 107       | 110 | 106 | 105 | 107.0                     | 84         | 84 | 87 | 88 | 85.8                      |       |
|         |           |     |     |     | PROMEDIO                  | 207.85    |     |     |     | PROMEDIO                  | 105.15     |    |    |    | PROMEDIO                  | 85.45 |
|         |           |     |     |     | DESVIACION ESTANDAR       | 1.83      |     |     |     | DESVIACION ESTANDAR       | 1.73       |    |    |    | DESVIACION ESTANDAR       | 1.08  |
|         |           |     |     |     | VARIACION DIMENSIONAL (%) | 0.88      |     |     |     | VARIACION DIMENSIONAL (%) | 1.65       |    |    |    | VARIACION DIMENSIONAL (%) | 1.27  |

Jorge Alejandro Barranjes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384



Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com





**ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL DE LADRILLOS NORMA NTP 399.613**

LABORATORIO DE MATERIALES CERAMICOS  
SOLICITANTE: REBAZA VASQUEZ, PRIMO FELICIANO  
LADRILLERA/PROPIETARIO: L-3 /SALAZAR REYNA SANTOS

TIPO DE LADRILLO: PANDERETA MAQUINADO  
FECHA DE ENSAYO: 25/09/2018

| MUESTRA                   | LARGO(mm) |     |     |     | LARGO<br>PROMEDIO | ANCHO(mm)                 |     |     |     | ANCHO<br>PROMEDIO | ALTURA(mm)                |    |    |    | ALTURA<br>PROMEDIO |
|---------------------------|-----------|-----|-----|-----|-------------------|---------------------------|-----|-----|-----|-------------------|---------------------------|----|----|----|--------------------|
|                           | L1        | L2  | L3  | L4  |                   | A1                        | A2  | A3  | A4  |                   | H1                        | H2 | H3 | H4 |                    |
| 1                         | 218       | 213 | 210 | 211 | 213.0             | 113                       | 113 | 111 | 113 | 112.5             | 93                        | 94 | 93 | 93 | 93.3               |
| 2                         | 212       | 213 | 215 | 214 | 213.5             | 113                       | 111 | 113 | 113 | 112.5             | 92                        | 93 | 93 | 93 | 92.8               |
| 3                         | 217       | 218 | 220 | 216 | 217.8             | 111                       | 111 | 113 | 113 | 112.0             | 93                        | 93 | 92 | 91 | 92.3               |
| 4                         | 217       | 220 | 217 | 218 | 218.0             | 111                       | 111 | 112 | 112 | 111.5             | 93                        | 92 | 93 | 92 | 92.5               |
| 5                         | 217       | 218 | 218 | 218 | 217.8             | 113                       | 111 | 113 | 112 | 112.3             | 92                        | 92 | 91 | 91 | 91.5               |
| 6                         | 218       | 218 | 216 | 217 | 217.3             | 112                       | 112 | 110 | 111 | 111.3             | 93                        | 91 | 92 | 92 | 92.0               |
| 7                         | 220       | 218 | 217 | 219 | 218.5             | 112                       | 113 | 111 | 110 | 111.5             | 91                        | 92 | 91 | 93 | 91.8               |
| 8                         | 217       | 216 | 218 | 218 | 217.3             | 113                       | 112 | 114 | 113 | 113.0             | 93                        | 91 | 93 | 92 | 92.3               |
| 9                         | 217       | 215 | 218 | 218 | 217.0             | 113                       | 112 | 112 | 112 | 112.3             | 92                        | 93 | 90 | 91 | 91.5               |
| 10                        | 217       | 218 | 218 | 217 | 217.5             | 113                       | 112 | 113 | 112 | 112.5             | 93                        | 93 | 91 | 93 | 92.5               |
| PROMEDIO                  |           |     |     |     | 216.75            | PROMEDIO                  |     |     |     | 112.13            | PROMEDIO                  |    |    |    | 92.23              |
| DESVIACION ESTANDAR       |           |     |     |     | 2.30              | DESVIACION ESTANDAR       |     |     |     | 0.97              | DESVIACION ESTANDAR       |    |    |    | 0.92               |
| VARIACION DIMENSIONAL (%) |           |     |     |     | 1.06              | VARIACION DIMENSIONAL (%) |     |     |     | 0.86              | VARIACION DIMENSIONAL (%) |    |    |    | 1.00               |

  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





### ENSAYO DE SUCCION DE LADRILLOS NORMA NTP 399.613

LABORATORIO DE MATERIALES CERAMICOS  
SOLICITANTE: REBAZA VASQUEZ, PRIMO FELICIANO  
LADRILLERA/PROPIETARIO: L-1/CASTAÑEDA BRICEÑO, SEGUNDO

TIPO DE LADRILLO: PANDERETA ARTESANAL  
FECHA DE ENSAYO: 02/09/2018

| MUESTRA  | DIMENSIONES(mm) |       | PESOS (g) |      | PM-PS<br>(g) | AREA DE ASIEN<br>(mm <sup>2</sup> ) | SUCCION<br>(g/200 cm <sup>2</sup> /min) |
|----------|-----------------|-------|-----------|------|--------------|-------------------------------------|---|
|          | LARGO           | ANCHO | PS        | PM   |              |                                     |   |
| 1        | 212.0           | 109.0 | 2886      | 2926 | 40           | 23108.00                            | 0.35                                    |
| 2        | 212.5           | 108.8 | 2887      | 2930 | 43           | 23120.00                            | 0.37                                    |
| 3        | 212.3           | 109.3 | 2938      | 2977 | 39           | 23204.39                            | 0.34                                    |
| 4        | 211.8           | 109.8 | 2867      | 2907 | 40           | 23255.64                            | 0.34                                    |
| 5        | 212.3           | 109.3 | 2768      | 2809 | 41           | 23204.39                            | 0.35                                    |
| 6        | 210.8           | 109.0 | 2874      | 2912 | 38           | 22977.20                            | 0.33                                    |
| 7        | 212.0           | 109.8 | 2798      | 2837 | 39           | 23277.60                            | 0.34                                    |
| 8        | 213.0           | 109.3 | 2795      | 2832 | 37           | 23280.90                            | 0.32                                    |
| 9        | 211.0           | 108.3 | 2810      | 2847 | 37           | 22851.30                            | 0.32                                    |
| 10       | 213.0           | 109.0 | 2809      | 2847 | 38           | 23217.00                            | 0.33                                    |
| PROMEDIO |                 |       |           |      |              | 23149.64                            | 0.34                                    |



  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com



**ENSAYO DE SUCCION DE LADRILLOS NORMA NTP 399.613**

LABORATORIO DE MATERIALES CERAMICOS  
SOLICITANTE: REBAZA VASQUEZ, PRIMO FELICIANO  
LADRILLERA/PROPIETARIO: L-2 /RODRIGUEZ ARENO JUAN

TIPO DE LADRILLO: PANDERETA ARTESANAL  
FECHA DE ENSAYO: 02/09/2018

| MUESTRA  | DIMENSIONES(mm) |       | PESOS (g) |      | PM-PS<br>(g) | AREA DE ASIEN TO<br>(mm <sup>2</sup> ) | SUCCION<br>(g/200 cm <sup>2</sup> /min) |
|----------|-----------------|-------|-----------|------|--------------|--|---|
|          | LARGO           | ANCHO | PS        | PM   |              |  |   |
| 1        | 208.5           | 105.0 | 2737      | 2912 | 175          | 21892.50                               | 1.60                                    |
| 2        | 208.3           | 104.0 | 2738      | 2912 | 174          | 21663.20                               | 1.61                                    |
| 3        | 206.3           | 103.8 | 2738      | 2912 | 174          | 21413.94                               | 1.63                                    |
| 4        | 206.0           | 104.8 | 2794      | 2964 | 170          | 21588.80                               | 1.57                                    |
| 5        | 208.3           | 105.8 | 2714      | 2891 | 177          | 22038.14                               | 1.61                                    |
| 6        | 208.5           | 105.8 | 2789      | 2967 | 178          | 22059.30                               | 1.61                                    |
| 7        | 207.5           | 103.8 | 2784      | 2974 | 190          | 21538.50                               | 1.76                                    |
| 8        | 209.0           | 105.8 | 2769      | 2967 | 198          | 22112.20                               | 1.79                                    |
| 9        | 208.8           | 106.0 | 2768      | 2948 | 180          | 22132.80                               | 1.63                                    |
| 10       | 207.5           | 107.0 | 2797      | 2954 | 157          | 22202.50                               | 1.41                                    |
| PROMEDIO |                 |       |           |      |              | <b>21864.19</b>                        | <b>1.62</b>                             |



Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com



**ENSAYO DE SUCCION DE LADRILLOS NORMA NTP 399.613**

LABORATORIO DE MATERIALES CERAMICOS  
SOLICITANTE: REBAZA VASQUEZ, PRIMO FELICIANO  
LADRILLERA/PROPIETARIO: L-3 /SALAZAR REYNA SANTOS

TIPO DE LADRILLO: PANDERETA MAQUINADO  
FECHA DE ENSAYO: 02/09/2018

| MUESTRA  | DIMENSIONES(mm) |       | PESOS (g) |      | PM-PS<br>(g) | AREA DE ASIEN TO<br>(mm <sup>2</sup> ) | SUCCION<br>(g/200 cm <sup>2</sup> /min) |
|----------|-----------------|-------|-----------|------|--------------|--|---|
|          | LARGO           | ANCHO | PS        | PM   |              |  |   |
| 1        | 213.0           | 112.5 | 2355      | 2389 | 34           | 23962.50                               | 0.28                                    |
| 2        | 213.5           | 112.5 | 2272      | 2310 | 38           | 24018.75                               | 0.32                                    |
| 3        | 217.8           | 112.0 | 2938      | 2977 | 39           | 24393.60                               | 0.32                                    |
| 4        | 218.0           | 111.5 | 2867      | 2903 | 36           | 24307.00                               | 0.30                                    |
| 5        | 217.8           | 112.3 | 2768      | 2804 | 36           | 24458.94                               | 0.29                                    |
| 6        | 217.3           | 111.3 | 2765      | 2801 | 36           | 24185.49                               | 0.30                                    |
| 7        | 218.5           | 111.5 | 2748      | 2786 | 38           | 24362.75                               | 0.31                                    |
| 8        | 217.3           | 113   | 2810      | 2847 | 37           | 24554.90                               | 0.30                                    |
| 9        | 217             | 112.3 | 2786      | 2824 | 38           | 24369.10                               | 0.31                                    |
| 10       | 217.5           | 112.5 | 2758      | 2794 | 36           | 24468.75                               | 0.29                                    |
| PROMEDIO |                 |       |           |      |              | 24308.18                               | 0.30                                    |



Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com



**ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL DE LADRILLOS NORMA NTP 399.613**

LABORATORIO DE MATERIALES CERAMICOS  
SOLICITANTE: REBAZA VASQUEZ, PRIMO FELICIANO  
LADRILLERA/PROPIETARIO: L-1 /CASTAÑEDA BRICEÑO SEGUNDO

TIPO DE LADRILLO: PANDERETA ARTESANAL  
FECHA DE ENSAYO: 25/09/2018

| MUESTRA  | PESOS  |           |          | ABSORCION(%) | ABS. MAXIMA(%) | COEF. DE SATURACION |
|----------|--------|-----------|----------|--------------|----------------|---------------------|
|          | SECO   | SAT(24 H) | SAT(5 H) |              |                |                     |
| 1        | 255.77 | 288.21    | 290.00   | 12.68        | 13.38          | 0.95                |
| 2        | 154.88 | 176.98    | 177.65   | 14.27        | 14.70          | 0.97                |
| 3        | 186.25 | 210.82    | 212.14   | 13.19        | 13.90          | 0.95                |
| 4        | 201.23 | 226.21    | 227.23   | 12.41        | 12.92          | 0.96                |
| 5        | 187.23 | 211.67    | 213.14   | 13.05        | 13.84          | 0.94                |
| 6        | 232.12 | 261.76    | 264.21   | 12.77        | 13.82          | 0.92                |
| 7        | 199.33 | 227.21    | 228.21   | 13.99        | 14.49          | 0.97                |
| 8        | 178.23 | 201.34    | 203.14   | 12.97        | 13.98          | 0.93                |
| 9        | 232.14 | 261.34    | 262.31   | 12.58        | 13.00          | 0.97                |
| 10       | 219.30 | 246.84    | 247.32   | 12.56        | 12.78          | 0.98                |
| PROMEDIO |        |           |          | 13.05        | 13.68          | 0.95                |

  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384



Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com




**ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL DE LADRILLOS NORMA NTP 399.613**

LABORATORIO DE MATERIALES CERAMICOS  
SOLICITANTE: REBAZA VASQUEZ, PRIMO FELICIANO  
LADRILLERA/PROPIETARIO: L-2 /RODRIGUEZ AREDO JUAN

TIPO DE LADRILLO: PANDERETA ARTESANAL  
FECHA DE ENSAYO: 25/09/2018

| MUESTRA  | PESOS  |           |          | ABSORCION(%) | ABS. MAXIMA(%) | COEF. DE SATURACION |
|----------|--------|-----------|----------|--------------|----------------|---------------------|
|          | SECO   | SAT(24 H) | SAT(5 H) |              |                |                     |
| 1        | 259.43 | 294.61    | 295.84   | 13.56        | 14.03          | 0.97                |
| 2        | 92.62  | 105.44    | 106.56   | 13.84        | 15.05          | 0.92                |
| 3        | 151.24 | 172.11    | 173.17   | 13.80        | 14.50          | 0.95                |
| 4        | 153.45 | 172.68    | 174.69   | 12.53        | 13.84          | 0.91                |
| 5        | 186.47 | 212.45    | 213.65   | 13.93        | 14.58          | 0.96                |
| 6        | 196.48 | 224.69    | 225.45   | 14.36        | 14.74          | 0.97                |
| 7        | 168.12 | 192.11    | 194.22   | 14.27        | 15.52          | 0.92                |
| 8        | 174.62 | 198.87    | 201.11   | 13.89        | 15.17          | 0.92                |
| 9        | 212.36 | 242.32    | 244.11   | 14.11        | 14.95          | 0.94                |
| 10       | 194.32 | 222.42    | 224.12   | 14.46        | 15.34          | 0.94                |
| PROMEDIO |        |           |          | 13.87        | 14.77          | 0.94                |



  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com




**ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL DE LADRILLOS NORMA NTP 399.613**

LABORATORIO DE MATERIALES CERAMICOS  
SOLICITANTE: REBAZA VASQUEZ, PRIMO FELICIANO  
LADRILLERA/PROPIETARIO: L-3 /SALAZAR REYNA SANTOS

TIPO DE LADRILLO: PANDERETA MAQUINADO  
FECHA DE ENSAYO: 25/09/2018

| MUESTRA  | PESOS  |           |          | ABSORCION(%) | ABS. MAXIMA(%) | COEF. DE SATURACION |
|----------|--------|-----------|----------|--------------|----------------|---------------------|
|          | SECO   | SAT(24 H) | SAT(5 H) |              |                |                     |
| 1        | 167.90 | 187.23    | 188.23   | 11.51        | 12.11          | 0.95                |
| 2        | 169.23 | 187.95    | 189.23   | 11.06        | 11.82          | 0.94                |
| 3        | 122.01 | 137.05    | 138.23   | 12.33        | 13.29          | 0.93                |
| 4        | 165.23 | 185.23    | 186.23   | 12.10        | 12.71          | 0.95                |
| 5        | 186.24 | 210.23    | 211.32   | 12.88        | 13.47          | 0.96                |
| 6        | 210.36 | 234.26    | 235.23   | 11.36        | 11.82          | 0.96                |
| 7        | 196.23 | 221.34    | 222.45   | 12.80        | 13.36          | 0.96                |
| 8        | 176.23 | 197.65    | 198.37   | 12.15        | 12.56          | 0.97                |
| 9        | 196.08 | 221.23    | 222.64   | 12.83        | 13.55          | 0.95                |
| 10       | 146.94 | 165.98    | 166.47   | 12.96        | 13.29          | 0.97                |
| PROMEDIO |        |           |          | 12.20        | 12.80          | 0.95                |



  
Jorge Alejandro Barrantes Vllanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com




**ENSAYO DE ALABEO DE LADRILLOS NORMA NTP 399.613**

LABORATORIO DE MATERIALES CERAMICOS  
SOLICITANTE: REBAZA VASQUEZ, PRIMO FELICIANO  
LADRILLERA/PROPIETARIO: L-1 /CASTAÑEDA BRICEÑO, SEGUNDO

TIPO DE LADRILLO: PANDERETA ARTESANAL  
FECHA DE ENSAYO: 02/09/2018

| MUESTRA  | CARA A(mm) |         | CARA B(mm) |         | ALABEO PROMEDIO(mm) |            |
|----------|------------|---------|------------|---------|---------------------|------------|
|          | CONCAVO    | CONVEXO | CONCAVO    | CONVEXO | CONCAVO             | CONVEXO    |
| 1        | 0.0        | 0.5     | 0.0        | 0.5     | 0.5                 | 0.0        |
| 2        | 0.5        | 0.0     | 0.5        | 0.0     | 0.0                 | 0.5        |
| 3        | 0.0        | 1.0     | 0.0        | 0.7     | 0.9                 | 0.0        |
| 4        | 0.5        | 0.0     | 0.5        | 0.0     | 0.0                 | 0.5        |
| 5        | 0.7        | 0.0     | 0.7        | 0.0     | 0.0                 | 0.7        |
| 6        | 0.0        | 0.5     | 0.5        | 0.5     | 0.5                 | 0.3        |
| 7        | 0.5        | 0.5     | 0.0        | 0.5     | 0.5                 | 0.3        |
| 8        | 0.0        | 0.5     | 0.0        | 0.5     | 0.5                 | 0.0        |
| 9        | 1.0        | 0.0     | 0.5        | 0.0     | 0.0                 | 0.8        |
| 10       | 0.5        | 0.0     | 0.5        | 0.0     | 0.0                 | 0.5        |
| PROMEDIO |            |         |            |         | <b>0.3</b>          | <b>0.3</b> |



  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





**ENSAYO DE ALABEO DE LADRILLOS NORMA NTP 399.613**

LABORATORIO DE MATERIALES CERAMICOS  
SOLICITANTE: REBAZA VASQUEZ, PRIMO FELICIANO  
LADRILLERA/PROPIETARIO: L-2 /RODRIGUEZ ARENO JUAN

TIPO DE LADRILLO: PANDERETA ARTESANAL  
FECHA DE ENSAYO: 02/09/2018

| MUESTRA  | CARA A(mm) |         | CARA B(mm) |         | ALABEO PROMEDIO(mm) |         |
|----------|------------|---------|------------|---------|---------------------|---------|
|          | CONCAVO    | CONVEXO | CONCAVO    | CONVEXO | CONCAVO             | CONVEXO |
| 1        | 1.5        | 2.0     | 0.0        | 2.0     | 0.8                 | 2.0     |
| 2        | 0.0        | 2.5     | 0.0        | 1.0     | 0.0                 | 1.8     |
| 3        | 0.0        | 2.0     | 0.0        | 2.0     | 0.0                 | 2.0     |
| 4        | 1.5        | 2.0     | 1.5        | 2.0     | 1.5                 | 2.0     |
| 5        | 2.0        | 0.0     | 2.0        | 1.5     | 2.0                 | 0.8     |
| 6        | 0.0        | 1.7     | 0.0        | 1.7     | 0.0                 | 1.7     |
| 7        | 1.7        | 0.0     | 1.5        | 0.5     | 1.6                 | 0.3     |
| 8        | 1.5        | 0.0     | 1.5        | 1.5     | 1.5                 | 0.8     |
| 9        | 1.0        | 2.5     | 1.0        | 1.8     | 1.0                 | 2.2     |
| 10       | 2.0        | 0.0     | 2.0        | 0.0     | 2.0                 | 0.0     |
| PROMEDIO |            |         |            |         | 1.0                 | 1.3     |



  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384



**ENSAYO DE ALABEO DE LADRILLOS NORMA NTP 399.613**

LABORATORIO DE MATERIALES CERAMICOS  
SOLICITANTE: REBAZA VASQUEZ, PRIMO FELICIANO  
LADRILLERA/PROPIETARIO: L-3/SALAZAR REYNA SANTOS

TIPO DE LADRILLO: PANDERETA MAQUINADO  
FECHA DE ENSAYO: 02/09/2018

| MUESTRA  | CARA A(mm) |         | CARA B(mm) |         | ALABEO PROMEDIO(mm) |         |
|----------|------------|---------|------------|---------|---------------------|---------|
|          | CONCAVO    | CONVEJO | CONCAVO    | CONVEJO | CONCAVO             | CONVEJO |
| 1        | 0.0        | 1.5     | 0.0        | 1.0     | 0.0                 | 1.3     |
| 2        | 0.0        | 1.0     | 1.0        | 0.0     | 0.5                 | 0.5     |
| 3        | 3.0        | 0.0     | 0.0        | 3.0     | 1.5                 | 1.5     |
| 4        | 1.5        | 0.0     | 1.5        | 0.0     | 1.5                 | 0.0     |
| 5        | 0.5        | 2.0     | 0.5        | 2.0     | 0.5                 | 2.0     |
| 6        | 1.5        | 0.0     | 1.5        | 0.0     | 1.5                 | 0.0     |
| 7        | 0.0        | 2.0     | 0.0        | 2.0     | 0.0                 | 2.0     |
| 8        | 1.5        | 0.0     | 1.5        | 0.0     | 1.5                 | 0.0     |
| 9        | 1.5        | 1.0     | 1.5        | 0.5     | 1.5                 | 0.8     |
| 10       | 0.5        | 0.5     | 0.5        | 0.5     | 0.5                 | 0.5     |
| PROMEDIO |            |         |            |         | 0.9                 | 0.9     |



  
-----  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LADRILLOS NORMA NTP 399.613**

LABORATORIO DE MATERIALES CERAMICOS  
SOLICITANTE: REBAZA VASQUEZ, PRIMO FELICIANO  
LADRILLERA/PROPIETARIO: L-2/RODRIGUEZ AREDO JUAN

TIPO DE LADRILLO: PANDERETA ARTESANAL  
FECHA DE ENSAYO: 19/10/2018

| MUESTRA                      | DIMENSIONES(cm) |       | AREA<br>cm <sup>2</sup> | PESO<br>kg | f b<br>kg/cm <sup>2</sup> |
|------------------------------|-----------------|-------|-------------------------|------------|---------------------------|
|                              | LARGO           | ANCHO |                         |            |                           |
| 1                            | 20.50           | 10.50 | 215.25                  | 2.737      | 50.3                      |
| 2                            | 20.60           | 10.40 | 214.24                  | 2.738      | 48.21                     |
| 3                            | 20.10           | 10.50 | 211.05                  | 2.738      | 49.84                     |
| 4                            | 20.50           | 10.50 | 215.25                  | 2.794      | 49.26                     |
| 5                            | 20.00           | 10.50 | 210.00                  | 2.714      | 50.00                     |
| 6                            | 20.50           | 10.50 | 215.25                  | 2.789      | 50.61                     |
| 7                            | 20.30           | 10.00 | 203.00                  | 2.784      | 53.15                     |
| 8                            | 20.50           | 10.50 | 215.25                  | 2.769      | 51.02                     |
| 9                            | 20.00           | 10.50 | 210.00                  | 2.768      | 51.23                     |
| 10                           | 20.50           | 10.50 | 215.25                  | 2.797      | 51.99                     |
| PROMEDIO                     |                 |       |                         |            | 50.56                     |
| DESVIACION ESTANDAR          |                 |       |                         |            | 1.40                      |
| PROMEDIO-DESVIACION ESTANDAR |                 |       |                         |            | 49.17                     |



Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LADRILLOS NORMA NTP 399.613**

LABORATORIO DE MATERIALES CERAMICOS

SOLICITANTE: REBAZA VASQUEZ, PRIMO FELICIANO

LADRILLERA/PROPIETARIO: L-1 /CASTAÑEDA BRICEÑO SEGUNDO

TIPO DE LADRILLO: PANDERETA ARTESANAL

FECHA DE ENSAYO: 19/10/2018

| MUESTRA                       | DIMENSIONES(cm) |       | AREA<br>cm <sup>2</sup> | PESO<br>kg | f' b<br>kg/cm <sup>2</sup> |
|-------------------------------|-----------------|-------|-------------------------|------------|----------------------------|
|                               | LARGO           | ANCHO |                         |            |                            |
| 1                             | 21.00           | 11.00 | 231.00                  | 2.886      | 38.26                      |
| 2                             | 21.50           | 11.50 | 247.25                  | 2.887      | 36.91                      |
| 3                             | 21.50           | 11.30 | 242.95                  | 2.938      | 42.16                      |
| 4                             | 21.20           | 11.00 | 233.20                  | 2.867      | 40.92                      |
| 5                             | 21.10           | 11.40 | 240.54                  | 2.768      | 39.67                      |
| 6                             | 21.40           | 11.20 | 239.68                  | 2.874      | 42.32                      |
| 7                             | 20.80           | 11.00 | 228.80                  | 2.798      | 42.83                      |
| 8                             | 21.00           | 11.30 | 237.30                  | 2.795      | 40.51                      |
| 9                             | 21.20           | 11.40 | 241.68                  | 2.810      | 39.91                      |
| 10                            | 21.00           | 11.00 | 231.00                  | 2.809      | 42.36                      |
| PROMEDIO                      |                 |       |                         |            | 40.59                      |
| DESVIACION ESTANDAR           |                 |       |                         |            | 1.94                       |
| PROMEDIO- DESVIACION ESTANDAR |                 |       |                         |            | 38.64                      |

  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384



Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/email:alejandrobarrantes64@gmail.com




**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LADRILLOS NORMA NTP 399.613**

LABORATORIO DE MATERIALES CERAMICOS  
SOLICITANTE: REBAZA VASQUEZ, PRIMO FELICIANO  
LADRILLERA/PROPIETARIO: L-3/SALAZAR REYNA SANTOS

TIPO DE LADRILLO: PANDERETA MAQUINADO  
FECHA DE ENSAYO: 19/10/2018

| MUESTRA                              | DIMENSIONES(cm) |       | AREA<br>cm <sup>2</sup> | PESO<br>kg | f'b<br>kg/cm <sup>2</sup> |
|--------------------------------------|-----------------|-------|-------------------------|------------|---------------------------|
|                                      | LARGO           | ANCHO |                         |            |                           |
| 1                                    | 22.00           | 11.50 | 253.00                  | 2.355      | 55.340                    |
| 2                                    | 22.00           | 12.00 | 264.00                  | 2.272      | 56.240                    |
| 3                                    | 22.00           | 11.50 | 253.00                  | 2.938      | 54.990                    |
| 4                                    | 21.90           | 11.80 | 258.42                  | 2.867      | 57.210                    |
| 5                                    | 22.00           | 12.00 | 264.00                  | 2.768      | 53.990                    |
| 6                                    | 21.80           | 12.10 | 263.78                  | 2.765      | 55.740                    |
| 7                                    | 21.90           | 12.00 | 262.80                  | 2.748      | 56.900                    |
| 8                                    | 21.80           | 11.80 | 257.24                  | 2.81       | 59.210                    |
| 9                                    | 21.90           | 11.90 | 260.61                  | 2.786      | 58.100                    |
| 10                                   | 22.10           | 11.80 | 260.78                  | 2.758      | 57.990                    |
| <b>PROMEDIO</b>                      |                 |       |                         |            | <b>56.57</b>              |
| <b>DESVIACION ESTANDAR</b>           |                 |       |                         |            | <b>1.61</b>               |
| <b>PROMEDIO- DESVIACION ESTANDAR</b> |                 |       |                         |            | <b>54.96</b>              |



  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384




**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PILAS DE LADRILLOS NORMA NTP 399.613**

LABORATORIO DE MATERIALES CERAMICOS  
SOLICITANTE: REBAZA VASQUEZ, PRIMO FELICIANO  
LADRILLERA/PROPIETARIO: L-1/CASTAÑEDA BRICEÑO SEGUNDO

TIPO DE LADRILLO: PANDERETA ARTESANAL  
FECHA DE ENSAYO: 19/10/2018

| MUESTRA                      | DIMENSIONES(cm) |       | AREA<br>cm <sup>2</sup> | PESO<br>kg | ESBELTEZ<br>(ht/hp) | COEF<br>ESBELTEZ | f' b<br>kg/cm <sup>2</sup> |
|------------------------------|-----------------|-------|-------------------------|------------|---------------------|------------------|----------------------------|
|                              | LARGO           | ANCHO |                         |            |                     |                  |                            |
| 1                            | 21.00           | 11.00 | 231.00                  | 11.79      | 3.6                 | 0.93             | 37.12                      |
| 2                            | 21.50           | 11.50 | 247.25                  | 11.86      | 3.5                 | 0.93             | 38.02                      |
| 3                            | 21.50           | 11.30 | 242.95                  | 11.69      | 3.5                 | 0.93             | 36.69                      |
| 4                            | 21.20           | 11.00 | 233.20                  | 11.91      | 3.6                 | 0.93             | 38.45                      |
| 5                            | 21.10           | 11.40 | 240.54                  | 11.87      | 3.5                 | 0.93             | 37.54                      |
| PROMEDIO                     |                 |       |                         |            |                     |                  | 37.56                      |
| DESVIACION ESTANDAR          |                 |       |                         |            |                     |                  | 0.70                       |
| PROMEDIO-DESVIACION ESTANDAR |                 |       |                         |            |                     |                  | 36.86                      |



  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PILAS DE LADRILLOS NORMA NTP 399.613**

LABORATORIO DE MATERIALES CERAMICOS  
SOLICITANTE: REBAZA VASQUEZ, PRIMO FELICIANO  
LADRILLERA/PROPIETARIO: L-2/RODRIGUEZ AREDO JUAN

TIPO DE LADRILLO: PANDERETA ARTESANAL  
FECHA DE ENSAYO: 19/10/2018

| MUESTRA                             | DIMENSIONES(cm) |       | AREA<br>cm <sup>2</sup> | PESO<br>kg | ESBELTEZ<br>(ht/hp) | COEF<br>ESBELTEZ | f'b<br>kg/cm <sup>2</sup> |
|-------------------------------------|-----------------|-------|-------------------------|------------|---------------------|------------------|---------------------------|
|                                     | LARGO           | ANCHO |                         |            |                     |                  |                           |
| 1                                   | 21.00           | 11.00 | 231.00                  | 10.92      | 3.8                 | 0.94             | 37.99                     |
| 2                                   | 21.50           | 11.50 | 247.25                  | 10.67      | 3.7                 | 0.94             | 38.64                     |
| 3                                   | 21.50           | 11.30 | 242.95                  | 10.78      | 3.7                 | 0.94             | 40.41                     |
| 4                                   | 21.20           | 11.00 | 233.20                  | 10.69      | 3.8                 | 0.94             | 39.1                      |
| 5                                   | 21.10           | 11.40 | 240.54                  | 10.88      | 3.7                 | 0.94             | 39.67                     |
| <b>PROMEDIO</b>                     |                 |       |                         |            |                     |                  | <b>39.16</b>              |
| <b>DESVIACION ESTANDAR</b>          |                 |       |                         |            |                     |                  | <b>0.93</b>               |
| <b>PROMEDIO-DESVIACION ESTANDAR</b> |                 |       |                         |            |                     |                  | <b>38.23</b>              |



  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PILAS DE LADRILLOS NORMA NTP 399.613**

LABORATORIO DE MATERIALES CERAMICOS  
SOLICITANTE: REBAZA VASQUEZ, PRIMO FELICIANO  
LADRILLERA/PROPIETARIO: L-3/SALAZAR REYNA SANTOS

TIPO DE LADRILLO: PANDERETA MAQUINADO  
FECHA DE ENSAYO: 19/10/2018

| MUESTRA                       | DIMENSIONES(cm) |       | AREA<br>cm <sup>2</sup> | PESO<br>kg | ESBELTEZ<br>(ht/hp) | COEF<br>ESBELTEZ | f'b<br>kg/cm <sup>2</sup> |
|-------------------------------|-----------------|-------|-------------------------|------------|---------------------|------------------|---------------------------|
|                               | LARGO           | ANCHO |                         |            |                     |                  |                           |
| 1                             | 21.00           | 11.00 | 231.00                  | 9.65       | 3.7                 | 0.94             | 47.81                     |
| 2                             | 21.50           | 11.50 | 247.25                  | 9.71       | 3.6                 | 0.94             | 47.9                      |
| 3                             | 21.50           | 11.30 | 242.95                  | 9.65       | 3.6                 | 0.94             | 45.68                     |
| 4                             | 21.20           | 11.00 | 233.20                  | 9.57       | 3.7                 | 0.94             | 47.2                      |
| 5                             | 21.10           | 11.40 | 240.54                  | 9.64       | 3.6                 | 0.94             | 48.35                     |
| PROMEDIO                      |                 |       |                         |            |                     |                  | 47.39                     |
| DESVIACION ESTANDAR           |                 |       |                         |            |                     |                  | 1.04                      |
| PROMEDIO- DESVIACION ESTANDAR |                 |       |                         |            |                     |                  | 46.35                     |



*Jorge Alejandro Barrantes Villanueva*  
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384





Figura 1. Mezcla preparada en reposo para ladrillo artesanal.



Figura 2. Moldeo y labranza del ladrillo artesanal.



Figura 3. Proceso de secado del ladrillo artesanal.



Figura 4. Traslado del ladrillo artesanal al horno.



Figura 5. Filado del ladrillo artesanal en el horno.



Figura 6. Molido del material, para el ladrillo maquinado.



Figura 7. Silo (proceso de cernido del material), para el ladrillo maquinado.



Figura 8. Mezcladora del material, para el ladrillo maquinado.



Figura 9. Moldeo y corte final del ladrillo maquinado.



Figura 10. Secado del ladrillo maquinado.



Figura 11. Proceso de cocción del ladrillo artesanal y maquinado.

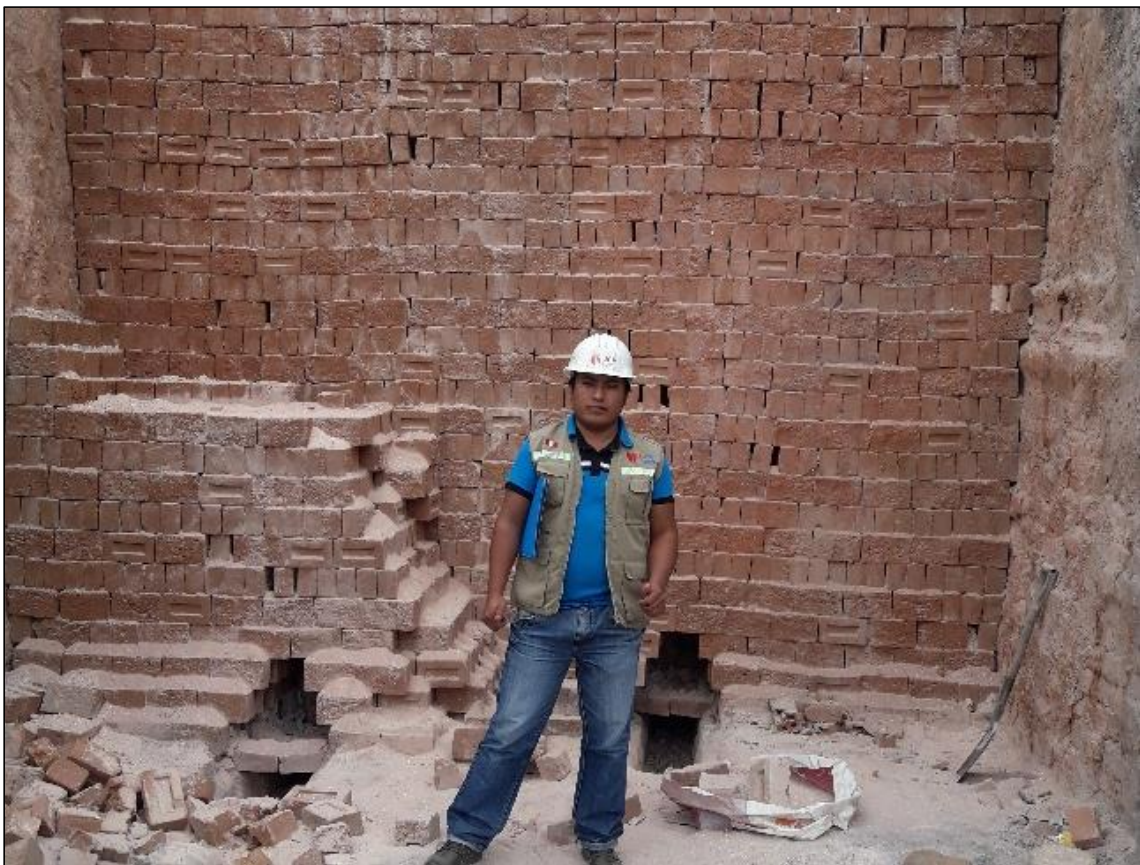


Figura 12. Clasificación y despacho del ladrillo artesanal y maquinado.



Figura 13. Ensayo de variación dimensional, medición del largo.



Figura 14. Ensayo de variación dimensional, medición del ancho.



Figura 15. Hervido de las unidades de albañilería para la absorción máxima.



Figura 16. Secado de las unidades de albañilería.





Figura 17. Ensayo de succión, ladrillera 2.



Figura 18. Ensayo de succión, ladrillera 3.



Figura 19. Refrentado de las unidades de albañilería.



Figura 20. Ensayo de resistencia a la compresión en unidad de la ladrillera 1.



Figura 21. Ensayo de resistencia a la compresión en unidad de la ladrillera 2.



Figura 22. Ensayo de resistencia a la compresión en unidad de la ladrillera 3.



Figura 23. Construcción de las pilas, ladrillera 3.



Figura 24. Construcción de las pilas.



Figura 25. Refrentado de las pilas.



Figura 26. Ensayo de resistencia a la compresión en pila de la ladrillera 1.



Figura 27. Ensayo de resistencia a la compresión en pila de la ladrillera 2.



Figura 28. Ensayo de resistencia a la compresión en pila de la ladrillera 3.



Figura 29. Maquina utilizada para realizar los ensayos de resistencia a la compresión.

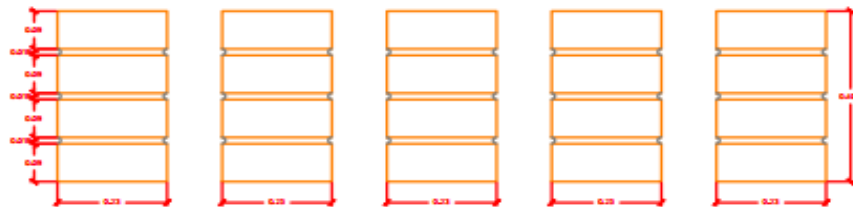
**UNIDADES DE ALBAÑILERÍA**


| V D                  | ALABEO               | ABS.                 | SUCCION              | R C U                |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

| <b>UNIDADES DE ALBAÑILERÍA (NTP 399.613 - 2005)</b> |                  |           |
|---|------------------|-----------|
| ENSAYO  | # DE ESPECÍMENES |           |
| Variación dimensional                               | Mín. 10          | 10        |
| Alabeo  | Mín. 10          | 10        |
| Absorción   | Mín. 5           | 10        |
| Succión   | Mín. 5           | 10        |
| Resistencia a la compresión                         | Mín. 5           | 10        |
| <b>TOTAL</b>  | <b>35</b>        | <b>50</b> |

| <b>ALBAÑILERÍA SIMPLE (NTP 399.605 - 2005)</b> |                            |                         |                            |
|--|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| ENSAYO   | # DE ESPECÍMENES<br>MÍN. 3 | # DE MUESTRAS<br>MÍN. 3 | SUBTOTAL DE<br>ESPECÍMENES |
| Resistencia a la compresión en pila            | 4                          | 5                       | 20                         |
| <b>TOTAL</b>                                   | <b>4</b>                   | <b>5</b>                | <b>20</b>                  |

**ALBAÑILERÍA SIMPLE (R C P)**



|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  <p>FACULTAD DE INGENIERIA<br/>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> |   | <p>ESCALA: 1/15</p>           |
| <p>ALUMNO:<br/>REBAZA VÁSQUEZ, Primo Faldanis</p>   | <p>PROYECTO:<br/>PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL Y MAQUINADO PRODUCIDO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO, 2016.</p> <p>PROFESOR:<br/>ING. FÁRFAK CORDOVA, Martin Gustavo</p> <p>CURSO:<br/>DESARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</p> | <p>FOLIO:<br/><b>A-01</b></p> |
| <p>LABOR:<br/>MUESTRA PARA CADA LADRILLERA</p>  | <p>FECHA:<br/>07 DE DICIEMBRE DE 2016</p>   |                               |





## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: **Primo Rebaza**  
Título del ejercicio: **Revisión Final**  
Título de la entrega: **PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNIC...**  
Nombre del archivo: **DE\_PROYECTO\_DE\_INVESTIGAC...**  
Tamaño del archivo: **35.77M**  
Total páginas: **166**  
Total de palabras: **30,295**  
Total de caracteres: **170,874**  
Fecha de entrega: **30-nov-2018 06:08p.m. (UTC-0500)**  
Identificador de la entrega: **1048148191**



# PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL Y MAQUINADO PRODUCIDO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO, 2018

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>repositorio.upn.edu.pe</b><br>Fuente de Internet                        | <b>3%</b> |
| <b>2</b> | <b>intranet.cip.org.pe</b><br>Fuente de Internet                           | <b>2%</b> |
| <b>3</b> | <b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b><br>Trabajo del estudiante    | <b>2%</b> |
| <b>4</b> | <b>bibliodigital.tec.ac.cr</b><br>Fuente de Internet                       | <b>1%</b> |
| <b>5</b> | <b>Submitted to Universidad Andina del Cusco</b><br>Trabajo del estudiante | <b>1%</b> |
| <b>6</b> | <b>repositorio.uandina.edu.pe</b><br>Fuente de Internet                    | <b>1%</b> |

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

< 1%

Excluir bibliografía

Apagado