

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**



## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **“CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DEL CASERÍO EL FRUTILLO - BAMBAMARCA - CAJAMARCA”**

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

**BACHILLER: RICARTE ACUÑA VÁSQUEZ**

**ASESOR: Ing. JORGE EDISON MOSQUEIRA RAMÍREZ**

**Cajamarca - Perú  
Diciembre, 2014**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme la vida, salud y sabiduría, para lograr alcanzar una meta y escalar un peldaño más de mi vida.

A mi Padre, que desde el cielo siempre estará a mi lado, y me ha permitido culminar este trabajo de investigación.

A mi Madre, hermanos y familiares, por su apoyo incansable, que ha sido la cota superior para la realización de la investigación.

A mi asesor de Tesis, Ing. Jorge Edison Mosqueira Ramírez, por sus sugerencias, revisión y aportes a la realización del presente trabajo de investigación.

A mis compañeros de carpeta de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil por su apoyo desinteresado, oportuno y acertado.

A mis profesores de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil en general quienes orientaron mi formación a partir de sus valiosos conocimientos y experiencias personales.

Finalmente, mi deseo es que los resultados de esta tesis retomen en beneficio de nuestra sociedad, con cuyo esfuerzo se hace posible la formación en universidades públicas y de ese modo materializar el inmenso agradecimiento a Dios.

## **DEDICATORIA**

Agradezco a todas las personas que intervinieron con su apoyo incondicional, además aportaron con un granito de arena para poder culminar mi profesión, a los que influyeron positivamente en este camino que culmina con la presentación de mi tesis.

A la memoria de mi querido Padre Marcelo Acuña Vallejos, por su incansable labor como padre y por su apoyo indesmayable para llegar a ser profesional.

A mi querida madre Zoila Vásquez Cerdán, por su inmenso amor, su protección y sus consejos, cultivando en mi la humildad y la perseverancia para ser profesional.

A mis dos queridos hijos Emerson Ricardy y Nataly Jimena, por ser la inspiración de mi existencia y de lucha de cada día.

A mis hermanos Eusebio, Sabina, José Santos, Armandina, Humberto, Imeña, Aníbal, Joel, José Ismael y María Flor, en especial a José Santos, por su apoyo incondicional, comprensión y por su aliento para lograr mis metas personales.

A mis compañeros de carpeta de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil por su apoyo desinteresado, oportuno y acertado.

## Resumen

El ladrillo constituye una alternativa masiva como material de construcción en casi todos los países. Si bien a nivel mundial el requerimiento es el industrial, en el Perú y particularmente en Bambamarca la preferencia es por el artesanal, por tal motivo se formuló el siguiente problema ¿Cuáles son las características técnicas del ladrillo artesanal del Caserío el Frutillo – Bambamarca – Cajamarca?. La presente investigación tuvo como objetivo fundamental determinar las características físicas y mecánicas del ladrillo artesanal del Caserío el Frutillo – Bambamarca – Cajamarca, asimismo comparar y clasificar de acuerdo a la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Para tal efecto, de las 75 ladrilleras artesanales existentes en la zona, se tomó como muestreo por juicio o conveniencia las 08 más importantes, observando el proceso de fabricación desde la extracción de la materia prima hasta la cocción de las unidades. Aplicando la NPT 399.613 y la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones se eligieron 50 unidades de cada ladrillera, con las cuales se realizaron los 25 ensayos de variación dimensional, 25 ensayos de alabeo, 25 ensayos de absorción y 25 ensayos de resistencia a la compresión. Concluyendo que los ladrillos fabricados en forma artesanal del Caserío el Frutillo – Bambamarca clasifican en tipo II para fines estructurales destinados a construcciones de servicio moderado y tipo III para construcciones de servicio de uso general, con lo cual se contradice la hipótesis planteada.

**Palabras clave:** Ladrillo artesanal, clasificación, variación dimensional, alabeo, resistencia a la compresión, absorción.

## **ABSTRACT**

The brick is a massive alternative building material in almost all countries. While globally the requirement is industrial, Peru and particularly in Bambamarca the preference is for the craft, for this reason, the following problem was formulated What are the technical characteristics of handmade brick farmhouse the Frutillo - Bambamarca - Cajamarca?. The present study had the main objective to determine the physical and mechanical characteristics of handmade brick farmhouse the Frutillo - Bambamarca – Cajamarca, also compare and classified according to the Standard E.070 the National Building Regulations. To this end, the 75 existing artisanal brick in the area, was taken as sampling most important judgment or convenience 08, watching the manufacturing process from extraction of raw materials to firing units. Applying the NPT Standard E.070 399,613 and the National Building Regulations 50 units each brick were chosen, with which the 25 trials of dimensional variation, 25 trials warping, absorption tests 25 and 25 strength tests were performed compression. Concluding that the bricks manufactured in the hamlet craft the Frutillo - Bambamarca classified as type II for structural purposes for moderate service buildings and type III for construction of utility service, which the hypothesis is contradicted.

**Key words:** Handmade Brick, classification, dimensional variation, warping, compressive strength, absorption.

## Índice General

|  |          |
|--|----------|
| Agradecimiento                                 | iii      |
| Dedicatoria                                    | iv       |
| Resumen  | v        |
| Abstract                                       | vi       |
| Índice General                                 | vii      |
| <br>   |          |
| <b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>                | <b>1</b> |
| Introducción                                   | 1        |
| <br>   |          |
| <b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>              | <b>3</b> |
| <b>2.1.ANTECEDENTES</b>                        | <b>3</b> |
| 2.1.1. Antecedentes Internacionales            | 3        |
| 2.1.2. Antecedentes Nacionales                 | 4        |
| 2.1.3. Antecedentes Locales                    | 4        |
| <b>2.2.MARCO NORMATIVO PERUANO</b>             | <b>5</b> |
| 2.2.1. Normas Técnicas Peruano                 | 5        |
| 2.2.2. Norma Técnica Peruano E.070             | 5        |
| <b>2.3.Bases Teóricas</b>                      | <b>6</b> |
| 2.3.1. Definición                              | 6        |
| 2.3.2. Características de los ladrillos        | 6        |
| 2.3.3. Tipología de los ladrillos              | 7        |
| 2.3.4. Propiedades de los ladrillos            | 10       |
| 2.3.5. Clasificación de los ladrillos          | 15       |
| 2.3.6. Limitaciones en su aplicación           | 17       |
| 2.3.7. Materia prima                           | 17       |
| 2.3.7.1. Origen de la arcilla                  | 17       |
| 2.3.7.2. Composición de la arcilla             | 18       |
| 2.3.7.3. Características físicas de la arcilla | 20       |
| 2.3.7.4. Propiedades de la arcilla             | 22       |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.3.7.5. Arcillas para la fabricación de ladrillos                                     | 25        |
| 2.3.7.6. Impurezas frecuentes y su influencia sobre las unidades de arcilla            | 26        |
| 2.3.7.7. Efectos de la calidad de la materia prima en la calidad final de las Unidades | 28        |
| 2.3.8. Procesos de producción  | 32        |
| 2.3.8.1. Tipos de proceso de fabricación   | 32        |
| 2.3.8.2. Fabricación   | 33        |
| 2.3.8.3. Efectos del proceso de producción en la calidad final de las unidades         | 45        |
| <b>CAPÍTULO III: MATERIALES MÉTODOS</b>  | <b>48</b> |
| 3.1. MATERIALES Y EQUIPOS  | 48        |
| 3.2. MÉTODOS   | 49        |
| 3.2.1. Metodología de la investigación   | 49        |
| 3.2.2. Procedimiento de la investigación   | 51        |
| <b>CAPÍTULO IV: ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>                                 | <b>57</b> |
| 4.1. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ENSAYADAS                              | 57        |
| 4.2. ENSAYOS CLASIFICATORIOS DEL LADRILLO  | 59        |
| 4.3. ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS DEL LADRILLO   | 69        |
| <b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>                                      | <b>72</b> |
| <b>CONCLUSIONES</b>  | <b>72</b> |
| <b>RECOMENDACIONES</b>   | <b>74</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA</b>  | <b>75</b> |
| <b>ANEXOS</b>  | <b>77</b> |

## **TABLAS**

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Limitaciones de aplicación estructural de los tipos de unidades de albañilería                                    | 10 |
| Tabla 2. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales   | 16 |
| Tabla 3. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales                                       | 17 |
| Tabla 4. Comparación entre el contenido químico de la corteza terrestre y la arcilla roja Común.                           | 19 |
| Tabla 5. Cuadro resumen de los factores influyentes en las propiedades y Características de las unidades de arcilla cocida | 30 |
| Tabla 6. Cuadro resumen de los factores influyentes en las propiedades y características de las unidades de arcilla cocida | 47 |
| Tabla 7. Clasificación de la ladrillera A  | 57 |
| Tabla 8. Clasificación de la ladrillera B  | 57 |
| Tabla 9. Clasificación de la ladrillera C  | 57 |
| Tabla 10. Clasificación de la ladrillera D   | 58 |
| Tabla 11. Clasificación de la ladrillera E   | 58 |
| Tabla 12. Clasificación de la ladrillera F   | 58 |
| Tabla 13. Clasificación de la ladrillera G   | 58 |
| Tabla 14. Clasificación de la ladrillera H   | 59 |
| Tabla 15. Comparación de la variación de dimensiones. Ladrillera A, con valores específicos                                | 60 |
| Tabla 16. Comparación de la variación de dimensiones. Ladrillera B, con valores específicos                                | 60 |
| Tabla 17. Comparación de la variación de dimensiones. Ladrillera C, con valores específicos                                | 60 |
| Tabla 18. Comparación de la variación de dimensiones. Ladrillera D, con valores específicos                                | 61 |
| Tabla 19. Comparación de la variación de dimensiones. Ladrillera E, con valores específicos                                | 61 |
| Tabla 20. Comparación de la variación de dimensiones. Ladrillera F,  |    |

|   |    |
|---|----|
| con valores específicos   | 61 |
| Tabla 21. Comparación de la variación de dimensiones. Ladrillera G,<br>con valores específicos                  | 62 |
| Tabla 22. Comparación de la variación de dimensiones. Ladrillera H,<br>con valores específicos                  | 62 |
| Tabla 23. Comparación de la variación volumétrica   | 63 |
| Tabla 24. Comparación del alabeo. Ladrillera A con valores específicos  | 63 |
| Tabla 25. Comparación del alabeo. Ladrillera B con valores específicos  | 63 |
| Tabla 26. Comparación del alabeo. Ladrillera C con valores específicos  | 64 |
| Tabla 27. Comparación del alabeo. Ladrillera D con valores específicos  | 64 |
| Tabla 28. Comparación del alabeo. Ladrillera E con valores específicos  | 64 |
| Tabla 29. Comparación del alabeo. Ladrillera F con valores específicos  | 64 |
| Tabla 30. Comparación del alabeo. Ladrillera G con valores específicos  | 65 |
| Tabla 31. Comparación del alabeo. Ladrillera H con valores específicos  | 65 |
| Tabla 32. Comparación de la resistencia característica a la Compresión<br>Ladrillera A, con valores específicos | 66 |
| Tabla 33. Comparación de la resistencia característica a la Compresión<br>Ladrillera B, con valores específicos | 66 |
| Tabla 34. Comparación de la resistencia característica a la Compresión<br>Ladrillera C, con valores específicos | 66 |
| Tabla 35. Comparación de la resistencia característica a la Compresión<br>Ladrillera D, con valores específicos | 67 |
| Tabla 36. Comparación de la resistencia característica a la Compresión<br>Ladrillera E, con valores específicos | 67 |
| Tabla 37. Comparación de la resistencia característica a la Compresión<br>Ladrillera F, con valores específicos | 67 |
| Tabla 38. Comparación de la resistencia característica a la Compresión<br>Ladrillera G, con valores específicos | 68 |
| Tabla 39. Comparación de la resistencia característica a la Compresión<br>Ladrillera H, con valores específicos | 68 |
| Tabla 40. Comparación de absorción. Ladrillera A, con valores específicos                                       | 69 |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 41. Comparación de absorción. Ladrillera B, con valores específicos                      | 69 |
| Tabla 42. Comparación de absorción. Ladrillera C, con valores específicos                      | 70 |
| Tabla 43. Comparación de absorción. Ladrillera D, con valores específicos                      | 70 |
| Tabla 44. Comparación de absorción. Ladrillera E, con valores específicos                      | 70 |
| Tabla 45. Comparación de absorción. Ladrillera F, con valores específicos                      | 70 |
| Tabla 46. Comparación de absorción. Ladrillera G, con valores específicos                      | 71 |
| Tabla 47. Comparación de absorción. Ladrillera H, con valores específicos                      | 71 |
| Tabla 48. Ensayo de variación dimensional del ladrillo A del Caserío el Frutillo - Bambamarca. | 77 |
| Tabla 49. Ensayo de variación dimensional del ladrillo B del Caserío el Frutillo - Bambamarca. | 78 |
| Tabla 50. Ensayo de variación dimensional del ladrillo C del Caserío el Frutillo - Bambamarca. | 79 |
| Tabla 51. Ensayo de variación dimensional del ladrillo D del Caserío el Frutillo - Bambamarca. | 80 |
| Tabla 52. Ensayo de variación dimensional del ladrillo E del Caserío el Frutillo - Bambamarca. | 81 |
| Tabla 53. Ensayo de variación dimensional del ladrillo F del Caserío el Frutillo - Bambamarca. | 82 |
| Tabla 54. Ensayo de variación dimensional del ladrillo G del Caserío el Frutillo - Bambamarca. | 83 |
| Tabla 55. Ensayo de variación dimensional del ladrillo H del Caserío el Frutillo - Bambamarca. | 84 |
| Tabla 56. Ensayo de alabeo de los ladrillos A del Caserío el Frutillo – Bambamarca             | 85 |
| Tabla 57. Ensayo de alabeo de los ladrillos B del Caserío el Frutillo – Bambamarca             | 86 |
| Tabla 58. Ensayo de alabeo de los ladrillos C del Caserío el Frutillo – Bambamarca             | 87 |
| Tabla 59. Ensayo de alabeo de los ladrillos D del Caserío el Frutillo – Bambamarca             | 88 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 60. Ensayo de alabeo de los ladrillos E del Caserío el Frutillo –<br>Bambamarca        | 89  |
| Tabla 61. Ensayo de alabeo de los ladrillos F del Caserío el Frutillo –<br>Bambamarca        | 90  |
| Tabla 62. Ensayo de alabeo de los ladrillos G del Caserío el Frutillo –<br>Bambamarca        | 91  |
| Tabla 63. Ensayo de alabeo de los ladrillos H del Caserío el Frutillo –<br>Bambamarca        | 92  |
| Tabla 64. Ensayo de compresión simple del ladrillo A del Caserío el Frutillo –<br>Bambamarca | 93  |
| Tabla 65. Ensayo de compresión simple del ladrillo B del Caserío el Frutillo –<br>Bambamarca | 94  |
| Tabla 66. Ensayo de compresión simple del ladrillo C del Caserío el Frutillo –<br>Bambamarca | 95  |
| Tabla 67. Ensayo de compresión simple del ladrillo D del Caserío el Frutillo –<br>Bambamarca | 96  |
| Tabla 68. Ensayo de compresión simple del ladrillo E del Caserío el Frutillo –<br>Bambamarca | 97  |
| Tabla 69. Ensayo de compresión simple del ladrillo F del Caserío el Frutillo –<br>Bambamarca | 98  |
| Tabla 70. Ensayo de compresión simple del ladrillo G del Caserío el Frutillo –<br>Bambamarca | 99  |
| Tabla 71. Ensayo de compresión simple del ladrillo H del Caserío el Frutillo –<br>Bambamarca | 100 |
| Tabla 72. Ensayo de absorción del ladrillo A, del Caserío el Frutillo –<br>Bambamarca        | 101 |
| Tabla 73. Ensayo de absorción del ladrillo B, del Caserío el Frutillo –<br>Bambamarca        | 102 |
| Tabla 74. Ensayo de absorción del ladrillo C, del Caserío el Frutillo –<br>Bambamarca        | 103 |
| Tabla 75. Ensayo de absorción del ladrillo D, del Caserío el Frutillo –                      |     |

|   |     |
|---|-----|
| Bambamarca  | 104 |
| Tabla 76. Ensayo de absorción del ladrillo E, del Caserío el Frutillo –<br>Bambamarca | 105 |
| Tabla 77. Ensayo de absorción del ladrillo F, del Caserío el Frutillo –<br>Bambamarca | 106 |
| Tabla 78. Ensayo de absorción del ladrillo G, del Caserío el Frutillo –<br>Bambamarca | 107 |
| Tabla 79. Ensayo de absorción del ladrillo H, del Caserío el Frutillo –<br>Bambamarca | 108 |

## **FIGURAS**

|  |    |
|--|----|
| Figura 2.1. Unidades de albañilería sólida o maciza  | 8  |
| Figura 2.2. Unidades de albañilería huecas   | 8  |
| Figura 2.3. Unidades de albañilería tubulares o pandereta  | 9  |
| Figura 2.4. Ensayo de resistencia a la compresión del ladrillo   | 12 |
| Figura 2.5. Variabilidad dimensional del ladrillo.   | 13 |
| Figura 2.6. Alabeo del ladrillo  | 13 |
| Figura 2.7. Absorción del ladrillo   | 14 |
| Figura 2.8. Fabricación de ladrillo en forma artesanal   | 32 |
| Figura 2.9. Preparación de la arcilla  | 34 |
| Figura 2.10. Moldeo manual del ladrillo  | 35 |
| Figura 2.11. Galletera de Hélice   | 36 |
| Figura 2.12. Boquilla  | 36 |
| Figura 2.13. Prensa de Vacío   | 37 |
| Figura 2.14. Secado del ladrillo artesanal al ambiente   | 37 |
| Figura 2.15. Quemado del ladrillo en un horno artesanal  | 39 |
| Figura 2.16. Diagrama de fabricación de unidades de arcilla de<br>manera industrial                              | 39 |
| Figura 2.17. Diagrama de fabricación de unidades de arcilla de manera<br>artesanal en Santa Barbará - Cajamarca. | 40 |
| Figura 2.18. Ciclo de cocción típico de un producto de arcilla   | 40 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 2:19. Horno artesanal en el caserío del frutillo – Bambamarca | 43 |
| Figura 2.20. Horno de Fuego Continuo tipo Hoffman                    | 44 |
| Figura 3.1. Medición del largo, ancho y alto de los especímenes      | 52 |
| Figura 3.2. Medición de alabeo                                       | 54 |
| Figura 3.3. Especímenes para el ensayo de compresión axial           | 55 |
| Figura 3.4. Ensayo de compresión                                     | 55 |
| Figura 3.5. Absorción en ladrillos de arcilla                        | 56 |

# CAPÍTULO I

## 1.1 Introducción

Muchas de las construcciones en el Perú, han adoptado el ladrillo como uno de los materiales más importantes y más usados. Su aplicación no se reduce a la de un simple cerramiento, sino que cumple también una función estructural. Sin embargo el ladrillo puede llegar a cuestionarse en cuanto a sus propiedades y características dependiendo si cumple o no con los requisitos y normas establecidas.

Existe desconocimiento de la Norma E. 070 y de las propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal que se fabrica en el caserío del Frutillo – Bambamarca. Por tal razón se formuló la siguiente pregunta **¿Cuáles son las características técnicas del ladrillo artesanal del Caserío el Frutillo – Bambamarca – Cajamarca?**

En la investigación se planteó la siguiente **hipótesis**: Los ladrillos fabricados artesanalmente en el Caserío del frutillo no cumplen con las características físicas y mecánicas de acuerdo a la Norma E.070 del Reglamento Nacional de edificaciones.

El Caserío del Frutillo, ubicado a 2 Km al oeste de la ciudad de Bambamarca, Distrito de Bambamarca, es el principal abastecedor con aproximadamente el 50% del consumo para la construcción de edificaciones, en donde la fabricación de estas unidades se hace en forma artesanal, cuyos procesos de fabricación han sido transmitidos de generación en generación. Sin embargo no existen estudios al respecto en esta zona. El interés de esta investigación se refirió al estudio de las características físicas y de resistencia a la compresión, comparándolo con la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones. De las 75 ladrilleras existentes en el Caserío el Frutillo se ha tomado una muestra de 08 ladrilleras para el respectivo estudio.

Esta necesidad de conocer la calidad del ladrillo artesanal, motivó la presente investigación, planteándose como **objetivo general** determinar las características técnicas del ladrillo artesanal del caserío el Frutillo – Bambamarca, siendo los **objetivos específicos**: Determinar las características físicas (alabeo, dimensiones y absorción), mecánicas de la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal y compararlas con los parámetros indicados en la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

El contenido de la tesis está organizado en cuatro capítulos. En el primero se describió la introducción. El capítulo segundo contiene aspectos generales de los antecedentes teóricos, las bases teóricas y definición de términos básicos, las características físicas y resistencia a la compresión del ladrillo, la normatividad nacional que establece las condiciones que debe reunir el ladrillo para ser utilizado en edificaciones estructurales. En el tercer capítulo se describen algunas características de la zona del Frutillo y de las ladrilleras existentes, así mismo se hace referencia a la metodología empleada en el estudio indicándose el tipo de ensayos realizados en las muestras de los ladrillos. En el capítulo cuarto se analizan los valores encontrados en los ensayos de laboratorio comparándolos con los valores referenciales y se hace un análisis de los resultados estadísticos. En el capítulo quinto se finaliza indicando las conclusiones del trabajo así como las recomendaciones proponiéndose nuevas líneas de investigación.

Realizado los ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas, se llegó a los siguientes resultados las ladrilleras B, C, D, F, G Y H clasifican su ladrillo de tipo II de resistencia y durabilidad bajas, destinados a construcciones de albañilería de servicio moderado y las ladrilleras A y E clasifican su ladrillo en tipo III, de resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES**

##### **2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Flores, V.; Guiraúm, A. y Barrios, J. 1999. Caracterización de ladrilleras tradicional producida en la Vega del Guadalquivir, en zonas próximas a Sevilla Dpto. Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidrio, 38 [1] 29-34. Universidad de Sevilla. En dicha investigación se llega a la conclusión de que todos los ladrillos fabricados en esta zona presentan un porcentaje de absorción de agua por encima del límite admitido (18%) por la normativa UNE vigente en España. La resistencia a la compresión no resulta similar para los dos grupos siendo sensiblemente mayor para las piezas tipo rojo, estos ladrillos rojos tienen un contenido en cuarzo algo más elevado que los ladrillos amarillos, todos los resultados se encuentran muy por encima de los 100kp/cm<sup>2</sup> aceptables como valor mínimo.

Bianucci, MA. 2009 Ladrillo – Orígenes y Desarrollo. Argentina, FAU-UNNE. 39 p. De dicho estudio se concluyó que el tamaño de los ladrillos comunes que se fabrican en Argentina, es de 26,5 a 27 cm. de largo, por 12,5 a 13 cm. de ancho, por 6 cm. a 7 cm. de espesor. Cuando el ladrillo es de primera calidad, bien cocido, (campana por el sonido claro), los ensayos de compresión en probetas, llegan a una resistencia de 90 Kg/cm<sup>2</sup> a la rotura. Lo importante, de todas maneras es que sus medidas estén relacionadas entre sí para posibilitar su uso: si (e) es el espesor, (a) es el ancho y (l) es el largo, la relación será,  $(a) = 2(e) + 1$  junta,  $(l) = 2(a) + 1$  junta.

##### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Barranzuela, J. 2014. Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú. En dicha investigación los valores de

resistencia a la compresión oscilan entre 50 kg/cm<sup>2</sup> y 70kg/cm<sup>2</sup>, equivalente a 4.9 Mpa y 6.9 Mpa respectivamente (en las ladrilleras artesanales) y una cierta uniformidad, clasificándose como tipo I y tipo II, de acuerdo a la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Si se desea diseñar con unidades artesanales el valor de resistencia a la compresión para diseño podría considerarse en 50 kg/cm<sup>2</sup>. Los ladrillos artesanales son más susceptibles a presentar eflorescencia. Se ha observado que tanto los ladrillos artesanales como semi-industriales deben ser saturados antes de su uso.

Aguirre, DR. 2004. Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín”. Tesis para optar el grado académico de Magister en Ingeniería Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. 298 p. En dicha investigación tiene las siguientes conclusiones: Respecto a la variabilidad dimensional, indica que las unidades tienen características muy aceptables, clasificando como tipo IV y V. En cuanto al alabeo, las unidades de la misma forma clasifican como unidades del tipo IV y V, por lo que se asume que las juntas serán las recomendadas (10 mm @ 15 mm); así mismo, se asume que con estas juntas la resistencia en compresión y corte podrían ser adecuadas. Según los resultados de resistencia a compresión de las unidades f' b, los valores de las 4 zonas dan un valor promedio de 39.41 kg/cm<sup>2</sup>; resultado que no se aproxima al mínimo de 50 kg/cm<sup>2</sup> recomendado en la propuesta de norma E.070. La absorción máxima, se encuentra por encima del máximo recomendado que es 22%, esto indicaría que las unidades contienen más humedad que la necesaria.

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

Fernández, YK. 2010. Estudio de la Influencia del Tipo de Arcilla en las Características Técnicas del Ladrillo, Santa Bárbara – Cajamarca. Tesis para optar el grado académico de Maestro en Ciencias. Universidad nacional de Cajamarca. Perú. 188 p. En este estudio llega a la conclusión

de que los ladrillos de arcilla fabricados artesanalmente en el C.P. Santa Bárbara clasifican indistintamente para fines estructurales, desde los destinados a construcciones de servicio con exigencias mínimas (tipo I), hasta construcciones de servicio de uso general (tipo III), sin embargo se presentan casos en que no llega a clasificar para estos fines.

Bernal. K. 2013. Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong del centro poblado el cerrillo – Baños del Inca y Lark de Lambayeque. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca. Perú. 131 p. En ésta investigación se tiene las siguientes conclusiones: Las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong del Centro Poblado El Cerrillo – Baños del Inca, son: a) Variabilidad dimensional: Largo = -1.20%, ancho = 2.36%, alto = 8.77%, b) Alabeo: Convexo 0.75 mm, cóncavo 1.10 mm, c) Compresión simple  $f'_b = 6.76$  Mpa (69 Kg/cm<sup>2</sup>) y d) Absorción 17.2%. Según los resultados de los ensayos clasificatorios (variabilidad dimensional, alabeo y compresión simple), el ladrillo King Kong del Centro Poblado El Cerrillo – Baños del Inca, se clasifican como ladrillo clase II para fines estructurales de acuerdo a la Norma E. 070.

## **2.2 MARCO NORMATIVO PERUANO**

### **2.2.1 Normas Técnicas Peruanas**

El objeto de las normas NTP 399.604 y 399.613, establece los procedimientos para el muestreo y ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla cocida, utilizados en albañilería.

### **2.2.2 Norma Técnica Peruana E.070**

Esta norma establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y muros armados.

## **2.3 BASES TEÓRICAS**

### **2.3.1 Definición**

Los ladrillos son pequeñas piezas cerámicas en forma de paralelepípedo, formadas por tierras arcillosas, moldeadas, comprimidas y sometidas a una cocción. Pueden utilizarse en toda clase de construcciones por ser su forma regular y fácil su manejo (Moreno 1981).

Gallegos (2005), define al ladrillo como el componente básico para la construcción de la albañilería.

Schneider y Dickey (1980), Marotta (2005) y Somayaji (2001) lo definen como una pequeña unidad de arcilla quemada para albañilería, de forma rectangular.

La Norma Técnica Peruana 331.017 (2003) denomina al ladrillo como la unidad de albañilería fabricada con arcilla, esquisto arcilloso, o sustancias terrosas similares de ocurrencia natural, conformada mediante moldeo, prensado o extrusión y sometida a un tratamiento con calor a temperaturas elevadas (quema).

El presente trabajo se refiere a las unidades prismáticas fabricadas con arcilla y sometida a cocción con aplicaciones específicas en muros de albañilería.

### **2.3.2 Características de los ladrillos**

El ladrillo está destinado principalmente a la construcción de muros, tabiques, suelos, etc., por lo que debe ser invulnerable a los efectos de la intemperie, y poseer suficiente resistencia a la compresión.

Del Río (1975), Moreno (1981), Somayaji (2001) y Gallegos (2005), coinciden en que un ladrillo considerado como bueno, para muros de albañilería, debe poseer las características generales siguientes: estar bien moldeado, lo que da lugar a caras planas, lados paralelos y los bordes y ángulos agudos. Ser poroso, sin exceso, para poder tomar bien el mortero,

no contener sales solubles para no propiciar la eflorescencia, poseer un sonido metálico al ser golpeado con un martillo u otro objeto similar, puesto que cuando se da este sonido es una muestra que el ladrillo está bien cocido y no tiene defectos como fisuras.

Así mismo debe contar con una geometría homogénea, compacta, luciente y exenta de caliches, no debe estar demasiado cocido ya que produciría una unidad de color violáceo o negruzco, con una estructura vitrificada y brillante, con deformaciones y grietas. Un ladrillo demasiado cocido es muy duro pero la resistencia queda anulada por las fisuras. Tampoco debe estar poco cocido o blando, pues podría desmoronarse fácilmente y daría un sonido sordo. En resumen, las características físicas del ladrillo son que debe tener una buena cocción, un color uniforme, un sonido claro y seco al ser golpeado.

El Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma E.070 Albañilería) manifiesta que el ladrillo no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea. Además el ladrillo estará bien cocido, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. No tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras o grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad y/o resistencia. No tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

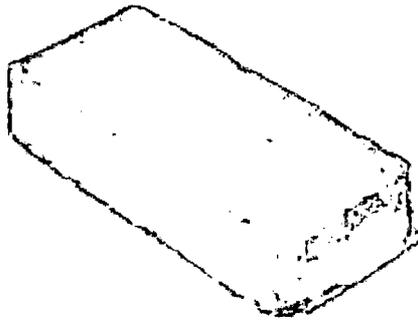
Según la NTP 331.017, los ladrillos estarán libres de defectos, deficiencias y tratamientos superficiales, incluyendo recubrimientos, que pudieran interferir con la adecuada colación del ladrillo o perjudicar significativamente la resistencia o el desempeño de la construcción.

### **2.3.3 Tipología de los ladrillos**

La tipología de las unidades de albañilería se realiza basándose en el área neta, medida en proporción a la superficie bruta de la cara de asiento, y en las características de los alvéolos. La tipología no tiene que ver ni con el

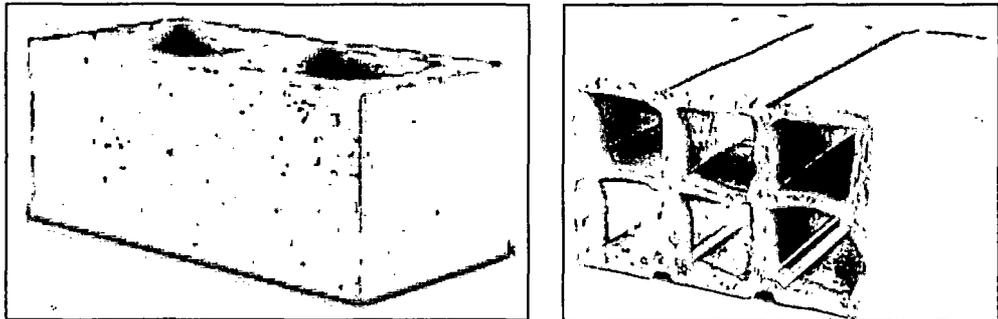
tamaño de las unidades ni con la materia prima con que se elaboran. Es decir, para el mismo tipo puede haber ladrillos o bloques.

**a. Unidades sólidas o macizas.** Unidad de albañilería cuya área neta en la cara de asiento es equivalente al 70%, o más, del área bruta. Puede tener orificios o perforaciones perpendiculares a la cara de asiento. El área de estos vacíos está limitada al 30% del área bruta de la cara de asiento (fig. 2.1).



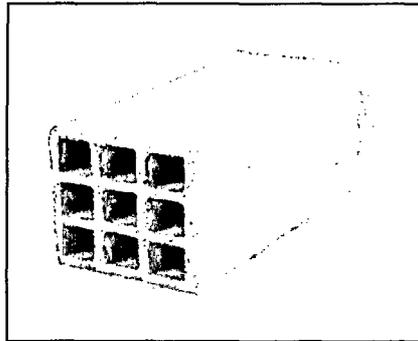
*Fig. 2.1. Unidades de albañilería sólida o maciza*

**b. Unidades huecas.** Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano. En esta categoría clasifican los bloques de concreto vibrado (empleados en la albañilería armada) y también, las unidades con muchas perforaciones (fig. 2.2).



*Fig. 2.2. Unidades de albañilería huecas*

c. **Unidades tubulares o pandereta.** Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento (fig. 2.3).



*Fig. 2.3. Unidades de albañilería tubulares o pandereta*

d. **Limitaciones de aplicación estructural de los tipos de unidades de albañilería.** Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005, mencionan que al margen del valor de la resistencia a la compresión, de las unidades de los diversos tipos, la diferencia del comportamiento radica en la fragilidad de la falla. Las unidades sólidas son las únicas que muestran un comportamiento razonablemente dúctil, sin fallas explosivas, mientras que todas las otras presentan fallas explosivas o frágiles, ya sea como unidades individuales o como componentes de un muro.

La consecuencia de este hecho es que las unidades huecas y perforadas son admitidas con condiciones, y las tubulares no son admitidas para construcciones de muros portantes, particularmente en zonas sísmicas. Cuando las unidades huecas se llenan con concreto líquido su comportamiento en la falla se modifica, ductilizándose, entonces pueden ser admitidas para la construcción de muros portantes. En la Tabla 1, se señala las limitaciones de aplicación estructural de los diferentes tipos de unidades de albañilería.

**Tabla 1. Limitaciones de aplicación estructural de los tipos de unidades de albañilería.**

| Tipo    | Posibilidad de aplicación   |                                      |                             |                             |
|---------|---|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|         | Muro en zona sísmica  |                                      | Muro en zona no sísmica     |                             |
|         | Portante  | No Portante                          | Portante                    | No Portante                 |
| Sólida  | Óptima  | Aplicable, pero muy pesada y costosa | Óptima para cargas elevadas | Aplicable, pero muy costosa |
| Hueca   | No aplicable tal cual.<br>Óptima si se llenan alvéolos con concreto líquido | Óptima                               | No aplicable                | Óptima                      |
| Tubular | No aplicable  | Óptima                               | No aplicable                | Óptima                      |

Fuente: Gallegos, y Casabonne. 2005.

### 2.3.4 Propiedades de los ladrillos

Las propiedades principales de las unidades de albañilería deben entenderse en su relación con el producto terminado, que es la albañilería.

Se pueden dividir en dos categorías mayores:

#### 2.3.4.1 Propiedades físicas relacionadas a la estética del material:

- **Color:** Depende de su composición química de la materia prima y de la intensidad del quemado. De todos los óxidos comúnmente encontrados en las arcillas, el hierro tiene el mayor efecto sobre el color.
- **Textura:** Es el efecto en la superficie o la apariencia que presenta la unidad como resultado de la forma de elaboración (Somayaji. 2001).

#### 2.3.4.2 Propiedades ingenieriles:

Algunas propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcillas son las siguientes (Gallegos. 2005):

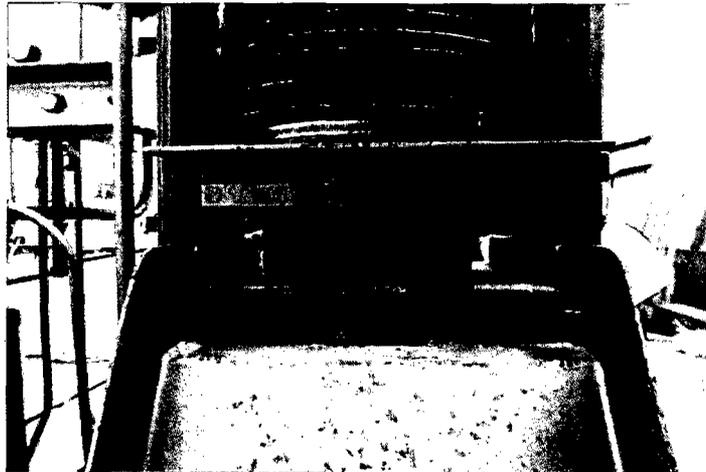
Relacionadas con la resistencia estructural:

- **Resistencia a la compresión:** Propiedad mecánica que le permite al ladrillo soportar a compresión.

Los especímenes son unidades secas, sobre cuyas superficies de asiento se coloca un capping. Luego, se aplica la carga vertical a una velocidad de desplazamiento entre los cabezales de la máquina de ensayos de 1.25 mm/min; o, en todo caso, se controla la velocidad de carga de manera que se llegue a la rotura en unos 3 a 5 minutos (San Bartolomé. 1994).

Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 339.604. La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería ( $f'b$ ) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra (NTP E.070. 2006).

San Bartolomé. 1994, señala que la resistencia a compresión ( $f'b$ ) expresa sólo la calidad de la unidad empleada, ensayada bajo las mismas condiciones. Esto se debe a que el valor  $f'b$  depende de la altura de la probeta (a menor altura, mayor resistencia), del capping empleado y de la restricción al desplazamiento lateral impuesto por los cabezales de la máquina de ensayos (acción de confinamiento transversal a la carga aplicada). Como se muestra en la fig. (2.4)



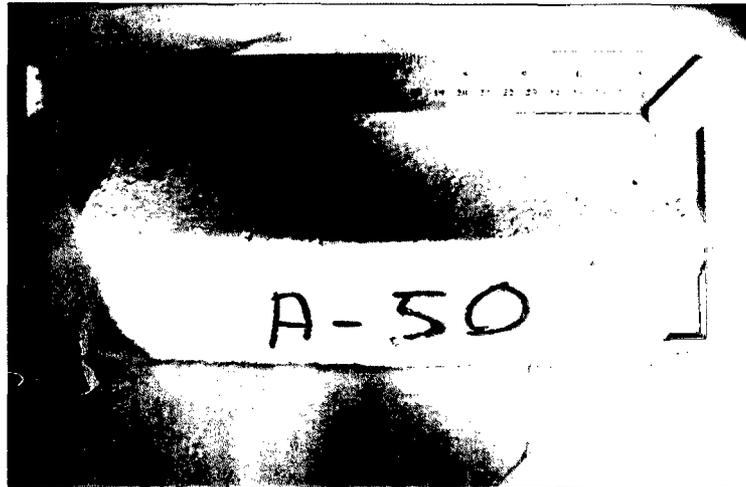
*Figura 2.4. Ensayo de resistencia a la compresión del ladrillo*

- **Variabilidad dimensional** con relación a la unidad nominal, o mejor con relación a la unidad promedio y, principalmente, la variabilidad de la altura de la unidad.

Las dimensiones de la unidad, según la Norma NTP 331.017, se expresan como: largo x ancho x altura (L x b x h), en centímetros. El largo y el ancho se refieren a la superficie de asiento, y las dimensiones nominales (comerciales) usualmente incluyen 1 cm de junta.

De acuerdo a San Bartolomé. 1994. La prueba de Variación Dimensional es necesario efectuarla para determinar el espesor de las juntas de la albañilería. Debe hacerse notar que por cada incremento de 3 mm en el espesor de las juntas horizontales (adicionales al mínimo requerido de 10 mm), la resistencia a compresión de la albañilería disminuye en 15%; asimismo, disminuye la resistencia al corte.

Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604, (NTP E.070. 2006).



*Fig. 2.5. Variación dimensional del ladrillo.*

- **Alabeos**, medidos como concavidades o convexidades en las superficies de asiento.

El mayor alabeo (concavidad o convexidad) del ladrillo conduce a un mayor espesor de la junta; asimismo, puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas; o incluso, puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad (San Bartolomé. 1994). Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicada en la Norma NTP 399.613, (NTP E.070. 2006).

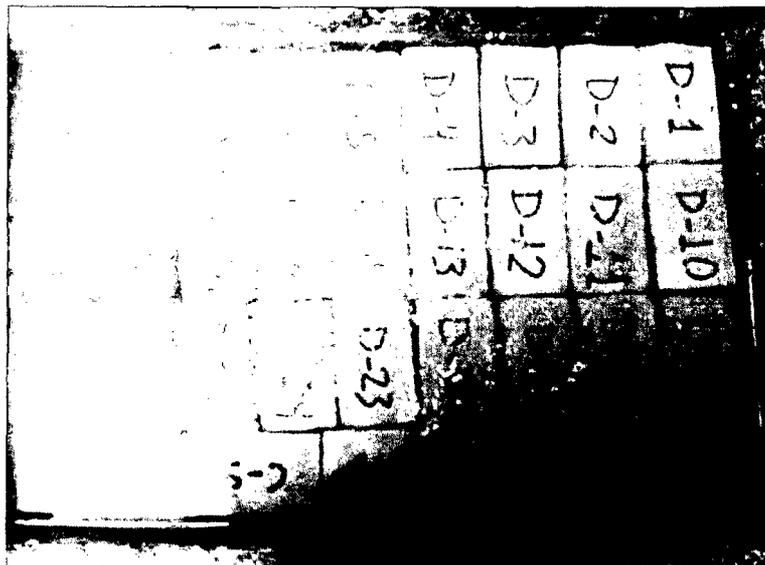


*Fig. 2.6. Alabeo del ladrillo.*

- **Absorción:** Propiedad física que hace referencia a la capacidad de retener una sustancia (agua) en estado líquido.

Según Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005. Se denomina absorción y absorción máxima a la diferencia de peso entre la unidad mojada y la unidad seca expresada en porcentaje del peso de la unidad seca.

Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.613, (NTP E.070. 2006).



*Figura 2.7. Absorción del ladrillo*

- **Succión** o velocidad inicial de absorción en la cara de asiento. Relacionadas con la durabilidad:
- **Resistencia a la congelación:** Capacidad de los ladrillos de soportar bajas temperaturas sin perder sus propiedades ni sufrir fracturas.
- **Resistencia al fuego:** Propiedad física de los ladrillos que consiste en soportar altas temperaturas sin sufrir daños.

- **Aislamiento térmico:** Propiedad física que no permite la transferencia de calor, ya que tiene una baja conductividad térmica.

### **2.3.5 Clasificación de los ladrillos**

De acuerdo a sus propiedades, el Reglamento Nacional de Edificaciones, clasifica al ladrillo en cinco tipos:

**Tipo I:** Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.

**Tipo II:** Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicios moderadas.

**Tipo III:** Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general.

**Tipo IV:** Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.

**Tipo V:** Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

Según la Norma Técnica Peruana E.070, para efectos de diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características, según la Tabla 2.

**Tabla 2. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales**

| CLASE                  | VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN<br>(Máxima en porcentaje) |                 |                  | ALABEO<br>(máximo<br>en mm) | RESISTENCIA<br>CARACTERÍSTICA<br>A COMPRESIÓN<br><i>f'b</i> mínimo en MPa<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) sobre<br>área bruta |
|------------------------|---|-----------------|------------------|-----------------------------|--|
|                        | Hasta<br>100 mm                                     | Hasta<br>150 mm | Más de<br>150 mm |                             |  |
| <b>Ladrillo I</b>      | ± 8   | ±6              | ± 4              | 10                          | 4.9 (50)   |
| <b>Ladrillo II</b>     | ± 7   | ± 6             | ± 4              | 8                           | 6.9 (70)   |
| <b>Ladrillo III</b>    | ± 5   | ± 4             | ± 3              | 6                           | 9.3 (95)   |
| <b>Ladrillo<br/>IV</b> | ± 4   | ± 3             | ± 2              | 4                           | 12.7 (130)   |
| <b>Ladrillo V</b>      | ± 3   | ± 2             | ± 1              | 2                           | 17.6 (180)   |

*f'b* = Resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería.

MPa = Megapascal.

Fuente: NTP E-070.

La Norma Técnica Peruana 331.017 (2003), clasifica a los ladrillos de arcilla, en cuatro tipos, tal como sigue:

**Tipo 21:** Para uso donde se requiera alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío.

**Tipo 17:** Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión y resistencia a la acción del frío y a la penetración de la humedad.

**Tipo 14:** Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

**Tipo 10:** Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

### 2.3.6 Limitaciones en su aplicación

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 3. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTP E-030 de Diseño Sismorresistente; para las edificaciones con ladrillo artesanal sólido debe establecerse condiciones mínimas que puede ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

**Tabla 3. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales**

| TIPO              | Zona Sísmica 2 y 3                          |   | Zona Sísmica 1                 |
|-------------------|---|---|--------------------------------|
|                   | Muro portante en edificios de 4 pisos a más | Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos | Muro portante en todo edificio |
| Sólido Artesanal  | No  | Si, hasta dos pisos                       | Si                             |
| Sólido Industrial | Si  | Si  | Si                             |
| Hueco             | No  | No  | Si                             |
| Tubular           | No  | No  | Si, hasta 2 pisos              |

Fuente: NTP E-070.

### 2.3.7 Materia Prima

#### 2.3.7.1 Origen de la arcilla

El término arcilla, que se considera y define de muchas maneras, es variable y difícil de precisar. Desde el punto de vista de su origen, la arcilla no tiene significado unitario ya que puede ser un depósito sedimentario, un producto de meteorización, un producto hidrotermal o ser el resultado de una síntesis. La imprecisión del término arcilla radica en que conceptualmente es diferente para el ceramista, el geólogo, el edafólogo o el fabricante de ladrillos (Besoain, 1985).

Del Río (1975), define la arcilla como una roca terrosa, como un producto secundario proveniente de la destrucción de materiales antiguos silicatados y aluminosos.

Otros autores como Kohl (1975), precisan que las arcillas son producto de la erosión química de las rocas. De una manera más ambigua Del Busto (1991) considera que es una clase especial de tierra, formada por descomposición de rocas mediante la acción de agentes ambientales.

La definición más completa parece ser la propuesta por Rhodes (1990), que indica que la arcilla constituye un agregado de minerales y de sustancias coloidales que se han formado mediante la desintegración química de las rocas alúminas. Ésta ha sido obtenida por procesos geológicos de envejecimiento del planeta. Debido a que el proceso de envejecimiento es continuo y ocurre en cualquier punto del planeta, es considerada un material corriente y bastante abundante.

La gran mayoría de las rocas que conforman la corteza terrestre están formadas de feldespato ya que es el mineral más común de la Tierra. A este tipo de rocas formadas por feldespato se le conoce como rocas feldespáticas. Debido a la descomposición de estas rocas es que se da origen a la formación de arcilla (Rhodes, 1990).

#### **2.3.7.2 Composición de la arcilla**

La arcilla, en su estado natural, está compuesta de uno o, como es el caso general, varios minerales arcillosos. En esencia los minerales de arcilla son silicatos de aluminio, pero también hay presente productos hidratados de la descomposición de las rocas aluminosas y silicatadas, y otras sustancias como fragmentos de rocas, de óxidos hidratados, álcalis y materiales coloidales (Del Río 1975).

Como ya se ha mencionado anteriormente, las arcillas se presentan en la naturaleza, derivadas directamente de la degradación natural de las rocas ígneas o de los feldespatos o en depósitos aluviales o eólicos (Gallegos, 2005). Es por eso que la composición química de la corteza terrestre y la de la mayoría de las arcillas es muy similar como se muestra en la Tabla 1, donde los contenidos de sílice y de alúmina son los más altos dentro de la composición de los minerales (Rhodes 1990).

**Tabla 4: Comparación entre el contenido químico de la corteza terrestre y la arcilla roja común**

| <b>Componente</b>                  | <b>Corteza Terrestre (%)</b> | <b>Arcilla Roja Común (%)</b> |
|------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| <b>SiO<sub>2</sub></b>             | 59.14                        | 57.02                         |
| <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 15.34                        | 19.15                         |
| <b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 6.88                         | 6.70                          |
| <b>MgO</b>                         | 3.49                         | 3.08                          |
| <b>CaO</b>                         | 5.08                         | 4.26                          |
| <b>Na<sub>2</sub>O</b>             | 3.84                         | 2.38                          |
| <b>K<sub>2</sub>O</b>              | 3.13                         | 2.03                          |
| <b>H<sub>2</sub>O</b>              | 1.15                         | 3.45                          |
| <b>TiO<sub>2</sub></b>             | 1.05                         | 0.91                          |

Fuente: Rhodes. 1990

Algunos autores como Rhodes (1990) y Clews (1969) proponen la siguiente fórmula molecular de la arcilla: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>2SiO<sub>2</sub>2H<sub>2</sub>O. Esta fórmula no incluye las impurezas que siempre están presentes. Por tal motivo la fórmula anterior hace referencia a una arcilla pura que recibe el nombre de caolín.

Las arcillas con un mayor grado de pureza son las que cuentan con un alto contenido de sílice y alúmina. El contenido de hierro y otras impurezas en este tipo de arcillas tiende a ser más bajo. El caolín y la arcilla plástica son un ejemplo de este tipo de arcillas. El contenido químico de los diferentes tipos de arcillas puede variar

considerablemente. Este cambio es consecuencia de las condiciones con las cuales se formó la roca ígnea de la que proviene (Rhodes, 1990).

La composición y naturaleza de la arcilla, determinan el uso y el valor de ésta. Es así que algunos de sus componentes tienen influencia sobre algunas de sus propiedades.

- El cuarzo disminuye la plasticidad y la retracción y contribuye a hacerla refractaria.
- La sílice en forma coloidal aumenta la plasticidad.
- La alúmina la hace refractaria.
- El óxido de hierro al igual que el feldespato, disminuye la temperatura de fusión, actúa como fundente y también es un poderoso agente colorante. Un poco de óxido de hierro colorea intensamente la arcilla tostada pero una gran cantidad la convierte en un producto rojo o blanco si tiene 5% menos.
- Los filosilicatos de aluminio, manganeso y hierro le proporcionan a la arcilla cualidades plásticas y si bien es cierto que intervienen otros que tienen propiedades diferentes, contribuyen a darles cualidades que determinan su uso (Del Busto 1991).

### **2.3.7.3 Características físicas de la arcilla**

Es indudable que la caracterización de la arcilla depende de la complejidad y proporción de los componentes que la constituyen (Besoain, 1985).

La distribución granulométrica es una variable de suma importancia, dado que de ella va a depender el grado de empaquetamiento de las partículas y, por tanto, las propiedades físico-mecánicas de los elementos hechos con arcilla tales como porosidad, absorción de agua, resistencia a la flexión, etc. Debido a que el tamaño de los

granos de arcilla puede variar mucho dependiendo el tipo de arcilla al que se esté refiriendo, las propiedades físicas de las arcillas también varían (Rhodes 1990).

Existen grandes cantidades de arcillas que cuentan con un porcentaje elevado de partículas cuyo diámetro es inferior a un micrón (0.001mm). La forma de estas partículas es delgada, plana y alargada. La arcilla cuenta con un área superficial por unidad de volumen muy grande, producto de la combinación de tamaño de sus partículas y su forma. El tamaño extremadamente pequeño de las partículas de arcillas es producto de la desintegración de la roca por el choque entre las partículas de las rocas. Pero en combinación con los granos diminutos de algunas arcillas se encuentran mezclados fragmentos de mayor tamaño. Estos granos de mayor tamaño pueden ser feldespato inalterado, cuarzo u algún otro mineral que se ha unido a la arcilla producto del transporte o durante la sedimentación.

El tamaño típico de grano, según SUCS, es de 4.75mm a 0.075mm de diámetro para arenas y menores de 0.075mm de diámetro para arcillas.

La proporción de los minerales en una arcilla varía con el tamaño del gránulo, es decir, hay tendencia a que se concentren algunos minerales entre límites de determinado tamaño. Así, el cuarzo, y más aún el feldespato, se acumula preferentemente en la fracción de la arcilla gruesa ( $2-0.2\mu \phi$ ). Por el contrario, los minerales propios de la arcilla son los más abundantes en las fracciones más finas. Por lo general, en tamaños menores a  $0.2\mu \phi$ , existen sólo minerales de arcilla y algunos óxidos. La determinación completa de una arcilla sólo puede lograrse efectuando las segregaciones o fraccionamientos de tamaño adecuados. Una correcta identificación

debe preservar las características que exhiben los minerales en su estado natural (Besoain 1985).

#### **2.3.7.4 Propiedades de la arcilla**

Las propiedades de las arcillas están determinadas por sus antecedentes geológicos, especialmente por el medio en que se ha formado el depósito (ONU 1970).

Las propiedades, que dependen de su mineralogía, estado físico e historia geológica, pueden modificarse con relativa facilidad y sus amplios usos son función de sus propias características y de las que resultan al asociarse con otras sustancias (Sociedad Geológica Mexicana 1964).

Con el fin de entender mejor el comportamiento de la arcilla utilizada para la conformación de la mezcla para ladrillos, a continuación se definen algunas de las principales propiedades de la arcilla.

##### **2.3.7.4.1 Plasticidad:**

Ésta es la propiedad principal de las arcillas que la hacen adecuada para la fabricación de ladrillo y que hace referencia a la habilidad que tiene la arcilla, en combinación de cierta cantidad de agua, de mantener casi cualquier forma que se le dé.

La causa de que las partículas de arcilla se adhieran unas con otras ha sido motivo de muchos estudios, pero no ha sido completamente determinado aún. Hasta cierto punto la plasticidad se debe a que el grano, por su forma (delgada, plana y alargada) y encontrarse húmedo, forma una película alrededor del grano que produce tal efecto.

Otros factores que contribuyen a la plasticidad de la mezcla son: la atracción química y el contenido de carbón en las arcillas. Debido a que la plasticidad no ha sido comprendida en su totalidad la forma de medirla sigue siendo mediante el tacto, esto es pellizcando, estrujando, o haciendo una bola con la mezcla, y observando si permanece con la forma que se le dio.

Se encuentran plasticidades diferentes en las arcillas, la estructura interior no es la misma en todas las tierras y, además, los cuerpos extraños mezclados con la materia arcillosa modifican la plasticidad según su estado físico y su composición (Del Río 1975).

#### **2.3.7.4.2 Contracción:**

Propiedad de las arcillas que produce una disminución en las dimensiones de lo que se esté moldeando al perder humedad. Al momento de realizar el moldeado, la arcilla se encuentra húmeda y con un alto contenido de agua, y cuando se realiza el proceso de secado la mezcla pierde el agua que contenía produciendo una reducción en el tamaño de la pieza moldeada.

Dos tipos de contracciones se llevan a cabo:

- a) Contracción por aire, que tiene lugar después que se ha formado la unidad, pero antes de que sea secada al horno.
- b) Contracción por fuego, que se produce durante el proceso de quemado.

Cualquiera de estos tipos de contracciones, si es excesivo, puede causar grietas y deformaciones en la unidad de albañilería (Schneider y Dickey 1980).

#### **2.3.7.4.3 Refractariedad.**

Propiedad de las arcillas, que se refiere a la resistencia a los aumentos de temperatura. Todas las arcillas tienen esta propiedad, pero algunas presentan un mayor grado de refractariedad. La variación en el grado de refractariedad de una arcilla a otra se debe al contenido químico de alúmina y sílice. Si la arcilla cuenta con un porcentaje alto de estos compuestos esta propiedad será mayor.

#### **2.3.7.4.4 Porosidad**

La porosidad de las arcillas varía de un tipo a otro. Esta propiedad depende mucho del tamaño de grano que tenga la arcilla. Si la arcilla tiene un tamaño de grano grande la porosidad será mayor que la de una arcilla con un tamaño de grano pequeño. Al momento de moldear y compactar la mezcla que será utilizada en la fabricación de la unidad de albañilería, las arcillas con granos pequeños quedan más unidas unas con otras. Esto evita que se acumule tanta agua entre ellas y al momento de que se cueza la pieza, disminuyen las cavidades provocadas por la evaporación del agua.

#### **2.3.7.4.5 Color**

Las arcillas se presentan con variados colores, siendo blancas las arcillas más puras, pero, en general, son más o menos grises, a veces azules o negras, y frecuentemente, amarillas, rojas o pardas (Del Río, 1975). Los diversos matices dependen de su contenido químico pero en este caso no lo determina el contenido de sílice y alúmina, sino que los causantes de la coloración lo determinan las impurezas de origen tanto mineral como

orgánico, principalmente: óxido de hierro, óxido de cobalto, óxido de cobre, pentóxido de vanadio, cobalto y el óxido de manganeso.

#### **2.3.7.5 Arcillas para la fabricación de ladrillos**

Dependiendo de las condiciones y factores que influyeron en la formación de las arcillas, éstas presentarán diferentes características propias de cada tipo que determinarán las propiedades que va a tener la mezcla de la cual formen parte, en este caso para la elaboración de ladrillos (Gallegos 2005).

- Los materiales utilizados en la fabricación de ladrillos son por lo general arcillas amarillas o rojas de composición heterogénea o relativamente impura (casi siempre secundarias).
- Las arcillas usadas en la mezcla deben ser plásticas al mezclarse con agua, de modo tal que puedan ser formadas en moldes o por el dado de las máquinas extrusoras que moldean y dan la forma definitiva a las unidades de arcilla (Referencia Figura 2.5).
- Sus partículas deben tener suficiente adhesión para mantener la estabilidad de la unidad después del moldeo y ser capaces de unirse fundiéndose cuando se calientan a temperaturas elevadas.

De acuerdo a estas características, son las arcillas superficiales las que satisfacen estas condiciones para ser adecuadas para la fabricación de ladrillos. Este tipo de arcillas son las más fáciles de explotar porque corresponden a una formación sedimentaria reciente y, por lo tanto son las más empleadas. Sin embargo, al estar más expuestas a la contaminación con sales por razones naturales y por el empleo agrícola del suelo, ellas producen las unidades más vulnerables a la eflorescencia (Gallegos. 2005).

### **2.3.7.6 Impurezas frecuentes y su influencias sobre las unidades de arcillas**

No hay arcilla perfectamente pura, sino que siempre va acompañada por más o menos cantidad de materias extrañas a ella que constituyen las llamadas impurezas. Estas impurezas pueden encontrarse en ella a partir de su origen; pueden también hallarse accidentalmente o haber sido incorporadas mucho más tarde (Del Río 1975).

#### **a) Impurezas de origen:**

Con frecuencia provienen de los residuos que han dejado las rocas cuando, en su desintegración, dan origen a la arcilla. El cuarzo y la mica son los que se encuentran más frecuentemente y en mayor cantidad. Por consiguiente, solamente deben considerarse como impurezas principales el cuarzo y la mica. A veces se podrá encontrar algo más, pero es tan poco y tan raras veces, que no tiene importancia tenerlo o no en cuenta.

#### **b) Impurezas accidentales:**

Aparecen en las arcillas que han sido desplazadas y arrastradas a lugares lejanos de los de su formación a causa de perturbaciones geológicas; por lo tanto no es sorprendente que en dichas arcillas se hayan depositado cuerpos extraños que han sido arrastrados en su desplazamiento. Tales son los carbonatos alcalinotérreos o terrosos (calcio, magnesio), los compuestos ferruginosos y el rutilo, que es el anhídrido titánico.

Las piritas de hierro no aparecen extremadamente puras en las arcillas; por el contrario, a veces están completamente oxidadas. La arcilla que posea piritas es porosa bajo la influencia del calor. Sometida a la acción de una llama reductora, la pirita se transforma

en sulfuro de hierro fácilmente reducible a polvo, lo cual puede producir hendiduras. Bajo fuego oxidante aparece la producción de óxido de hierro y compuestos oxigenados de azufre. Estas combinaciones sulfurosas pueden originar graves inconvenientes en la cocción de los ladrillos, puesto que éstos son alterados fácilmente por esa causa.

Las piezas elaboradas conteniendo sulfuro de hierro se mantienen húmedas durante un tiempo bastante largo y cada grano de sulfuro, al oxidarse, conduce indefectiblemente a una destrucción de la homogeneidad de la región arcillosa que lo envuelve, y esta falta de homogeneidad provoca una rotura.

La cal se encuentra especialmente en el estado de carbonato. Este carbonato se presenta a veces en trozos compactos; otros casos, y más a menudo, está íntimamente mezclado a la arcilla y únicamente por medio de un ensayo químico puede apreciarse su presencia. Una gran cantidad de carbonato cálcico es perjudicial en la arcilla, puesto que el producto se agrieta y pierde cohesión.

El sulfato de calcio, que puede ser anhidro (anhidrita) o hidratado (distintas variedades de yeso), en el caso de que la arcilla esté débilmente cocida, se deshidrata sencillamente y se vuelve a hidratar bajo la influencia del aire húmedo, taladrando la masa con una multitud de canales capilares que la convierten en una materia heladiza y, paralelamente, disminuyen su solidez (Del Río 1975).

El carbono es una impureza común en las arcillas y se presenta en forma de raíces, de vetas de turba o en capas delgadas, como en el caso del carbón o disperso en partículas muy finas como en los esquistos carbonosos y bituminosos. Su presencia es útil cuando sirve de combustible o muy perjudicial sobre todo cuando hay

variación de calidad y cantidad. En este último caso, es necesario alargar la duración de la cochura o bien oxidar completamente el carbono. De lo contrario, habrá que resignarse a obtener un producto ennegrecido por dentro o incluso “hinchado” (ONU 1970).

#### **2.3.7.7 Efectos de la calidad de la materia prima en la calidad final de las unidades**

Las características y propiedades de las unidades de arcilla son afectadas por diversos factores, pero determinante es la composición química de la materia prima. Aunque el proceso de moldeo y cocción también son relevantes, éstos se establecen en función de las características de la materia prima. En la Tabla 5. se ha resumido los principales componentes mineralógicos de la materia prima de la arcilla y los efectos que producen en la fabricación de las unidades de albañilería.

Por ejemplo el color de las unidades se ve afectada por la presencia de hierro, que en una cantidad menor al 7% proporciona una coloración rojiza, si se presenta un mayor porcentaje se presentará una coloración azul oscura. Además del hierro, el óxido de magnesio, en un porcentaje menor a uno, proporciona una coloración amarilla. El óxido de hierro produce unidades rojas o blancas con porcentajes menores al 5%.

La presencia de carbono puede llegar a producir unidades ennegrecidas por dentro si no se ha tomado un adecuado control del proceso de cocción. Asimismo la presencia de piratas de hierro en exceso puede ocasionar coloraciones indeseables.

Existen algunos minerales tales como sílice, cal y feldespato que proporcionan compacidad a las unidades, de presentarse exceso de estos minerales, se perdería la cohesión y homogeneidad del

material. Así, la sílice debe mantenerse en un rango de 50% a 60% y la cal debe encontrarse por debajo del 10%. Estos valores límite también evitan el agrietamiento en el producto final. Otros minerales como el cuarzo, disminuyen la retracción y contribuyen a la refractariedad. La alúmina en porcentajes mayores a cinco, proporciona el aumento de la refractariedad del material.

La presencia de cal, influye en el alabeo. Si se presenta un exceso de cal (mayor a 10%), produciría deformaciones de las unidades. También la presencia de carbono durante el proceso de cocción, llevaría a unidades hinchadas. Una característica importante en las unidades es que no debe presentar eflorescencia; para ello el porcentaje de álcalis y ácidos presentes en la materia prima debe permanecer por debajo del 0.2%.

Otra de las propiedades a mencionar es la resistencia a la compresión. Entre los componentes que producen efectos sobre ella, está el sulfato de calcio que produciría una unidad quebradiza con poca resistencia si se lleva a cabo una cocción débil. El óxido de magnesio que produciría deterioro por expansión de la superficie si se presentan cantidades mayores a 1%.

También se encuentra que el sulfuro de hierro al oxidarse, lleva a la destrucción de la homogeneidad, afectando la resistencia puesto que provoca rotura de la unidad.

**Tabla 5. Cuadro resumen de los factores influyentes en las propiedades y características de las unidades de arcilla cocida**

| <b>PROP. Y CARACT.</b>          | <b>Color</b>   | <b>Textura</b> | <b>Compacidad</b>                                   | <b>Bien cocido</b>                            | <b>Retracción</b>                     | <b>Refractario</b>                           | <b>Alabeo</b>                               | <b>Eflorescencia</b>                              | <b>Resistencia a la Compresión</b>   |
|---------------------------------|--|----------------|---|---|---------------------------------------|--|---|---|--|
| <b>COMPOS. QUÍM.</b>            |  |                |   |   |                                       |  |   |   |  |
| Álcalis y ácidos mayor del 0,2% |  |                |   |   |                                       |  |   | Con un porcentaje mayor se produce eflorescencia. |  |
| Silice (50-60%)                 |  |                | Al exceder el rango pierde cohesión.                | Dentro del rango previene el agrietamiento.   |                                       |  |   |   | Un exceso produce poca cohesión que lleva al agrietamiento de la unidad.             |
| Alúmina (> 5%)                  |  |                |   |   |                                       | Aumenta la refractariedad del material.      |   |   |  |
| Hierro (<7%)                    | Imparte una coloración rojiza, en exceso produce coloración azul oscura. |                |   |   |                                       |  |   |   |  |
| Cal (<10%)                      |  |                | Su exceso produce pérdida de cohesión en la unidad. | Su exceso produce agrietamiento en la unidad. |                                       |  | Su exceso produce deformación de la unidad. |   | Con un porcentaje mayor, la cohesión es poca llevando al agrietamiento de la unidad. |
| Presencia de cuarzo             |  |                |   |   | Disminuye la retracción del material. | Contribuye a la refractariedad del material. |   |   |  |
| Presencia de Sulfato de calcio  |  |                |   |   |                                       |  |   |   | Con una cocción débil, se produce una unidad heladiza disminuyendo su resistencia.   |

Continúa en página siguiente

Continuación Tabla 5.

| PROP. Y CARACT.<br>COMPOS. QUÍM. | Color   | Textura   | Compacidad | Bien cocido | Retracción | Refractario | Alabeo  | Eflorescencia | Resistencia a la Compresión  |
|----------------------------------|---|---|------------|-------------|------------|-------------|---|---------------|--|
| Presencia de Carbono             | Puede producir un producto ennegrecido por dentro si no se controla el quemado. |   |            |             |            |             | Puede producir un producto hinchado si no se controla el quemado. |               |  |
| Presencia de Sulfuro de hierro   |   |   |            |             |            |             |   |               | Al oxidarse conllevan a destrucción de la homogeneidad y como consecuencia provoca rotura. |
| Presencia de Piritas de hierro   | Su exceso puede ocasionar coloraciones indeseables.                             | Su exceso puede ocasionar cuarteaduras sobre el material. |            |             |            |             |   |               | Un exceso origina cuarteaduras en el material que llevarían a la rotura.                   |
| Presencia de Feldespato          |   |   |            |             |            |             | Mantiene la homogeneidad de la unidad, evitando deformaciones.    |               |  |
| Óxido de magnesio <1%            | Imparte coloración amarilla a la unidad.  |   |            |             |            |             |   |               | Su exceso produce deterioro por expansión de la superficie.                                |
| Óxido de hierro (<5%)            | Produce un producto rojo o blanco.  |   |            |             |            |             |   |               |  |

## 2.3.8 Procesos de producción

### 2.3.8.1 Tipos de proceso de fabricación

La producción de ladrillos puede llevarse a cabo de tres formas, de acuerdo a la Norma Técnica Peruana:

**a) Artesanal:** Ladrillo fabricado con procedimientos predominantemente manuales. El amasado o moldeado es hecho a mano. El ladrillo producido artesanalmente se caracteriza por variaciones de unidad a unidad.



*Figura 2.8. Fabricación de ladrillo en forma artesanal*

**b) Semi-Industrial:** Es el ladrillo fabricado con procedimientos manuales, donde el proceso de moldeado se realiza con maquinaria elemental que en ciertos casos extruye, a baja presión, la pasta de arcilla. El ladrillo semi-industrial se caracteriza por presentar una superficie lisa.

**c) Industrial:** Es el ladrillo fabricado con maquinaria que amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla. El ladrillo producido industrialmente se caracteriza por su uniformidad.

Las formas de producción artesanal y semi-industrial, tienen los mismos pasos o secuencias, únicamente variando en los instrumentos, métodos y herramientas utilizadas para la producción. La principal variación se da en el proceso de moldeado, como ya se explicó en la definición, para el ladrillo semi-industrial se utiliza maquinaria que extruye la pasta de arcilla, por lo que se obtienen unidades de superficie lisa.

El proceso industrial se diferencia de los dos primeros procesos de fabricación no solo en la utilización de maquinaria para el proceso de moldeado sino en el empleo de hornos más sofisticados para la fase de cocción. En estos hornos se lleva un control de temperatura, logrando una mayor eficiencia en la producción de unidades de arcilla con una mejor calidad final.

#### **2.3.8.2 Fabricación**

Los pasos básicos para la producción de ladrillos son:

##### **a) Selección y preparación de la mezcla**

Etapá muy importante de la fabricación. De la fineza de la pasta depende en gran parte que el producto sea bien logrado (aspecto, resistencia, etc.).

Los depósitos de arcilla se encuentran al pie de colinas o en tierras agrícolas cercanas a ríos. Los criterios para seleccionar una localización adecuada son la calidad de la arcilla, disponibilidad a nivel superficial y la cercanía de una vía transitable.



*Figura 2.9. Preparación de la arcilla*

La excavación manual en plantas de pequeña y mediana escala generalmente se realiza a una profundidad menor de dos metros. Para plantas de fabricación de ladrillos a gran escala se necesitan medios mecánicos como dragaminas y excavadoras de cucharas de diferentes tipos. Estos métodos requieren proporcionalmente menos área de excavación, pero hacen cortes profundos en el paisaje.

La arcilla debe someterse a ciertos tratamientos de trituración, homogenización y reposo en acopio, para obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características mecánicas y químicas. La exposición a la acción atmosférica (aire, lluvia, sol, etc.) favorece además a la descomposición de la materia orgánica que puede estar presente y permite la purificación química del material.

La principal dificultad inherente a la fabricación consiste en la elección de una mezcla de diferentes arcillas. Así por ejemplo con aquellas que son muy grasas se les mezclará con materiales desgrasantes como la arena (Robusté 1969).

El porcentaje de agua utilizada para la mezcla es aproximadamente del 25% del total (Jiménez y Salazar 2005).

### **b) Moldeado**

En esta etapa, se le da a la arcilla la forma que las unidades de albañilería deberán tener después de la cocción. El proceso de moldeado se puede realizar a mano o empleando máquinas.

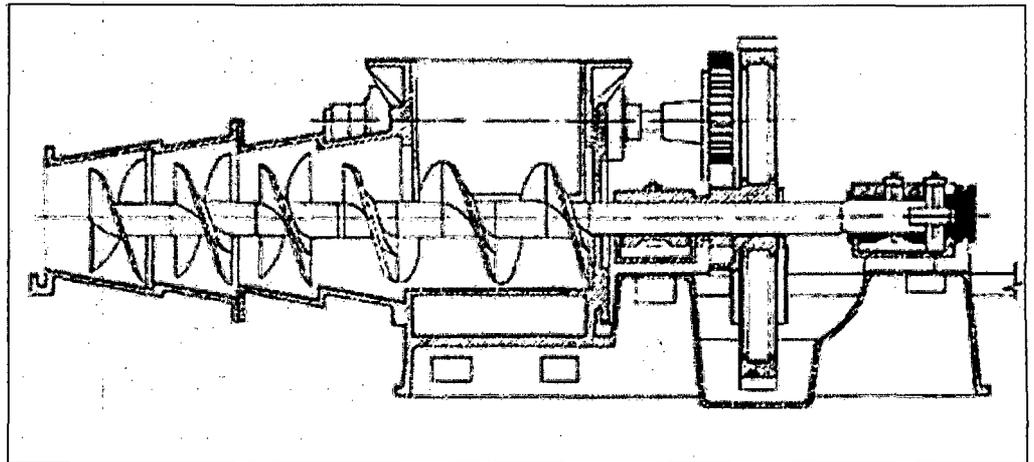


*Figura 2.10. Moldeo manual del ladrillo*

El proceso de moldeado en la producción de ladrillo artesanal únicamente consiste en llenar las gaveras o moldes vaciando la mezcla dentro de ellas, compactándola con las manos y después alisándola con un rasero, que es un palo cilíndrico que se usa para quitar la parte que excede de una medida determinada (Rhodes 1990).

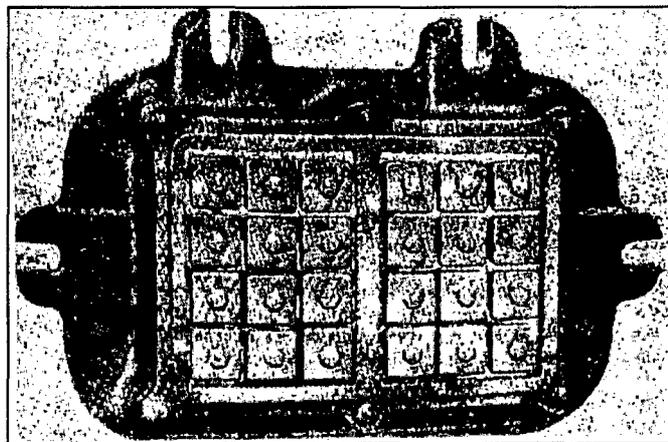
La fabricación mecánica puede ser mediante una máquina que se conoce como galletera de hélice o mediante una prensa de vacío (Moreno 1981).

La galletera de hélice consiste en un cilindro horizontal, dentro del cual gira un eje guarnecido con una hélice que impulsa la pasta y la obliga a salir por una boquilla (ver Figura 2.11).



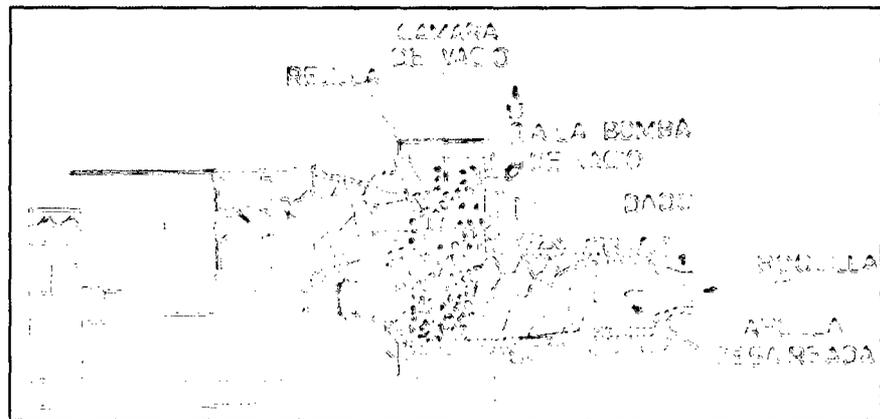
*Figura 2.11. Galletera de Hélice (Moreno, 1981)*

La boquilla, cuya misión es darle forma al ladrillo, consiste en una pieza de madera sujeta con tornillos a una gruesa placa rectangular de fundición llamado portaboquillas (ver Figura 2.12). El portaboquillas es el que recoge la arcilla y la hace compacta antes de llegar a la boquilla.



*Figura 2.12. Boquilla (Moreno, 1981)*

Actualmente se usan galleteras de vacío, también conocidas como Prensas de Vacío, que tienen la ventaja de que al momento de realizar el moldeado consiguen una homogenización de la arcilla y eliminación del aire, como la que se muestra en la Figura 2.13 (Moreno, 1981).

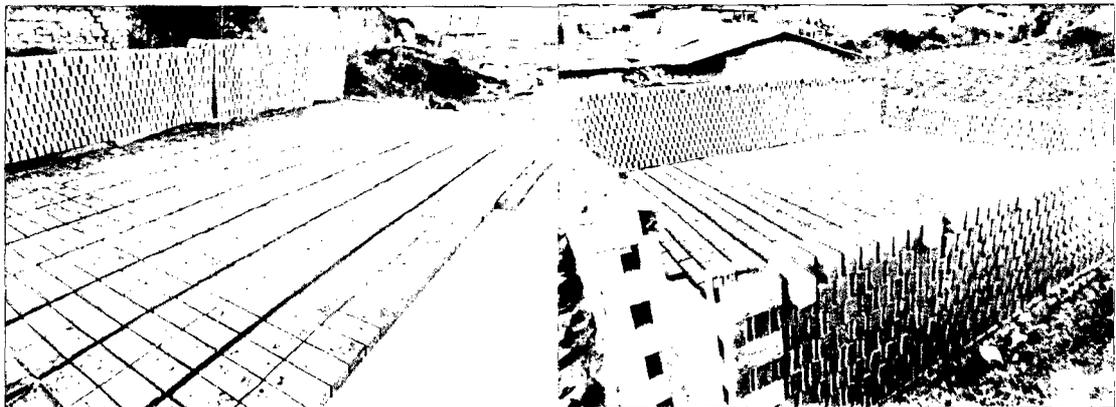


*Figura 2.13. Prensa de Vacío (Moreno 1981)*

### **c) Secado**

El proceso de secado consiste en el desprendimiento del agua unida físicamente a la pasta.

Dentro del proceso de secado hay un proceso conocido como pre-secado, el cual consiste en dejar durante un tiempo el ladrillo recién moldeado en el mismo lugar donde fue hecho para que pierda humedad y sea posible su manipulación.



*Figura 2.14. Secado del ladrillo artesanal al ambiente*

En el proceso de secado se involucran dos fenómenos físicos: Transferencia de calor y Transferencia de masa. La transferencia de calor se da cuando el ladrillo y el ambiente encuentran un equilibrio térmico, del cual dependerá en parte la velocidad de

difusión del agua presente en la arcilla. El fenómeno de transferencia de masa se da siempre y cuando exista un gradiente de humedad entre el ambiente y la arcilla, ya que se produce cuando el vapor de agua se difunde a través de los poros de la matriz arcillosa. El tiempo de secado dependerá de la velocidad de difusión, misma que está en función del tamaño, longitud y forma del poro de la arcilla (Rhodes 1990).

El secado puede ser natural o artificial. En el primer caso el secado está condicionado a las características climáticas de la región y algunas veces el lugar de secado es colocado sobre los hornos para que de esta manera se pueda recuperar algo de la energía perdida a través de la bóveda del horno.

En el caso de secado artificial, este proceso es acelerado por acondicionamiento del aire. Existen muchos tipos de secadores artificiales pero los más conocidos son los de cámara y los de túnel. Los productos a secar son llevados por medio de pequeñas vagonetas en donde son sometidos a un proceso de secado regulado al contenido de agua de los productos. El aire caliente utilizado para el secado proviene de máquinas especiales que algunas veces aprovechan el calor de los hornos cuando éstos están en proceso de enfriamiento.

El secado de los ladrillos es una de las partes más delicadas de la fabricación, pues un secado muy rápido puede rajarlos y un secado incompleto puede impedir el buen cocimiento (Robusté 1969).

#### **d) Cocción:**

El proceso de cocción consiste en someter los ladrillos previamente secados a condiciones de alta temperatura por tiempos prolongados en hornos, con el fin de que adquieran sus propiedades mecánicas y físicas, ya que la arcilla sin cocer tiene

propiedades muy bajas. Con este proceso no sólo consiguen las propiedades físicas y mecánicas sino también la apariencia final.



Figura 2.15. Quemado del ladrillo en un horno artesanal

El quemado se efectúa en hornos abiertos con quemadores de leña o petróleo (colocados en la base), esto da lugar a diferencias de más del 100 % entre la resistencia de las unidades ubicadas en la parte baja y alta del horno; o con hornos tipo túnel con quemadores de petróleo o de carbón molido, con cámaras de temperaturas regulables hasta 1200°C y de enfriamiento. Este proceso dura entre 2 y 5 días.

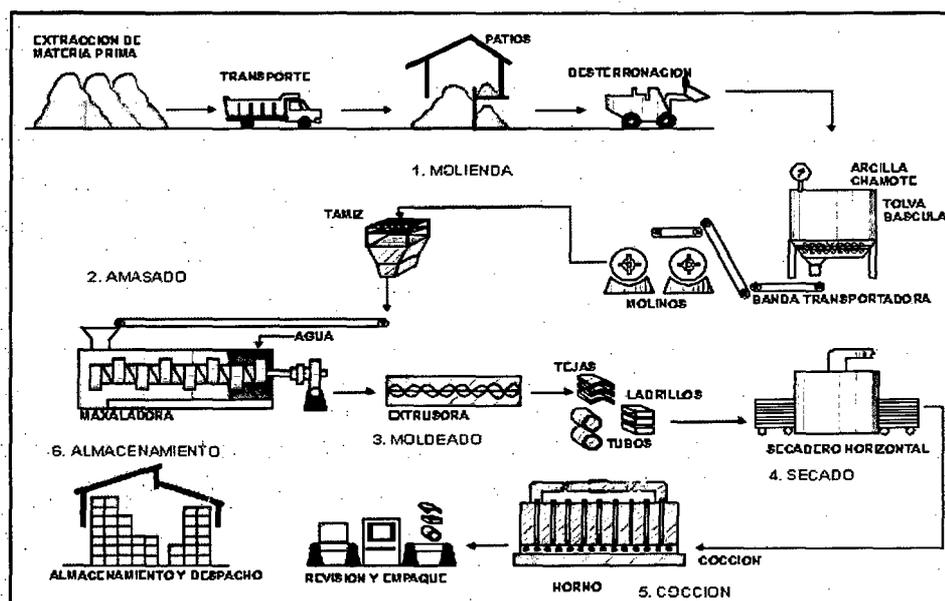


Fig. 2.16. Diagrama de fabricación de unidades de arcilla de manera industrial.

Fernández, 2010. Esquematiza el proceso de elaboración del ladrillo artesanal en el Centro Poblado Santa Barbará, distrito de Baños del Inca y que es similar a los procesos de fabricación en el Caserío del Frutillo, distrito de Bambamarca, precisando que estas unidades son usadas para la construcción de la mayoría de viviendas en la ciudad de Bambamarca y distritos aledaños.

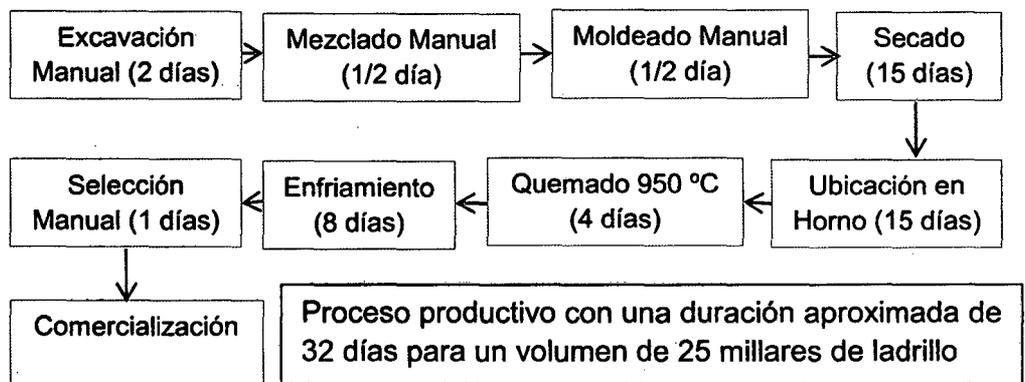


Fig. 2.17. Diagrama de fabricación de unidades de arcilla de manera artesanal en Santa Barbará - Cajamarca.

Las fases de cochura en el horno son tres: precalentamiento, cocción y enfriamiento (ver Figura 2.18). En la primera fase se elimina paulatinamente el agua impregnada en la arcilla. El agua es removida por aire continuamente renovado y aumenta constantemente la temperatura, el precalentamiento se considera terminado cuando toda la masa alcanza los 100° C.

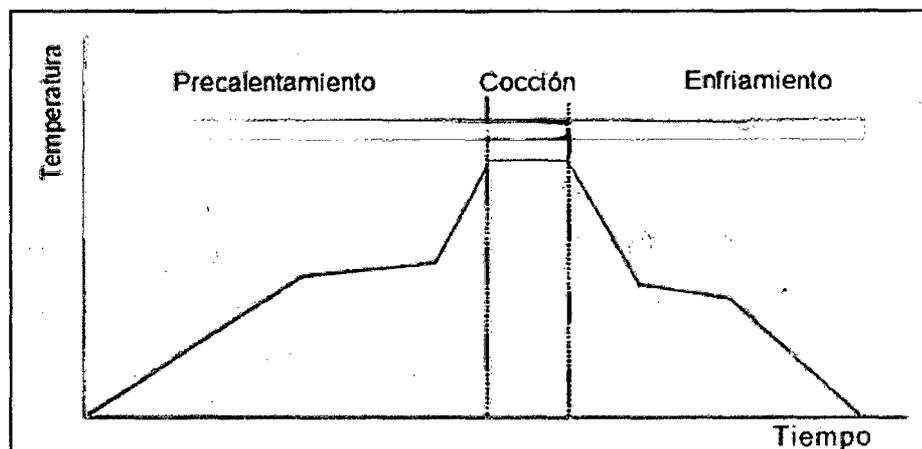


Figura 2.18. Ciclo de cocción típico de un producto de arcilla (Terán 2013)

En la etapa de enfriamiento la temperatura desciende desde la de cocción hasta la normal, esto debe realizarse paulatinamente (de 500° C a 600° C), especialmente en los hornos cerrados, para garantizar dureza, tenacidad y colorado de la piezas vitrificadas.

El enfriamiento de las piezas está definido por su tamaño, cuanto mayor es el tamaño de los ladrillos, la temperatura normal se alcanza más lentamente. Los productos cuyo enfriamiento se realiza lentamente, son tenaces y muy resistentes a las acciones mecánicas. Por el contrario un enfriamiento rápido los hace frágiles, hasta el punto que si han sido enfriados con demasiada premura se rompen a veces espontáneamente, sin la intervención de agentes mecánicos exteriores (Anfalit 2002).

Villarreal (2004) considera cuatro etapas durante el proceso de cochura:

- Precalentamiento a 200° C y eliminación del agua unida físicamente a la arcilla.
- Calentamiento hasta 700° C, aquí se da la eliminación del agua químicamente unida a la arcilla.
- Maduración del producto entre 900° C y 1000° C.
- Temple de la pieza, enfriamiento lento hasta alcanzar 500° C.

En este proceso, es importante considerar el intervalo de cocción, es decir, el rango de temperatura entre el inicio de la vitrificación (formación de fase vítrea) y el inicio de la deformación. Este intervalo depende de las características de la pasta y debe ser lo más amplio posible, debiendo estar la temperatura óptima de cocción dentro de dicho intervalo, no demasiado cerca del inicio de la vitrificación para que el material no sea demasiado poroso, y no

demasiado cerca del inicio de la deformación para que la pieza no quede deformada.

Con un intervalo de cocción demasiado corto, cualquier pequeña diferencia de temperatura del horno hace que el producto pase de poco a demasiado cocido.

Otro factor importante a considerar es el control de la curva de cocción, de la cual dependerán varias de las características del ladrillo. Si no se controla la evolución de la temperatura en el tiempo, puede haber problemas con el ladrillo, incluso durante el calentamiento y enfriamiento, ya que pueden presentarse tensiones que produzcan roturas.

La cocción, en el proceso de fabricación de las unidades de albañilería, es la fase final más importante del mismo. La eficiencia de esta etapa depende, entre otros factores, del tipo de horno empleado.

Durante el proceso de cocción, el material, ya bastante seco como para no agrietarse al ser sometido al fuego, adquiere la resistencia necesaria para ser empleado como material de construcción, de lo que se deduce que esta etapa es la más compleja del proceso de elaboración. De hecho, el ciclo de cocción requiere un diseño específico para cada materia prima, con el fin de lograr los resultados esperados. Los efectos que producen los componentes mineralógicos de las arcilla (Tabla 4) suponen la necesidad de un diseño del ciclo de cocción o un control de dichos componentes para que el ciclo de cocción se desarrolle correctamente.

En esta etapa se utilizan, de acuerdo al tipo de fábrica o a la tecnología empleada, varios tipos de hornos que van desde los más rústicos hasta los más modernos y eficientes (Gordejuela. 2004). En

general, se pueden identificar dos tipos de hornos para la cocción de ladrillos: los Hornos Intermitentes con suelo y muros laterales, y los Hornos de Fuego Continuo tipo Hoffman.

Los hornos intermitentes, son los más sencillos y consisten en un cuarto con planta cuadrada o rectangular, de altura de 5 a 6 metros. Sus muros deben tener bastante espesor para que retengan mejor el calor; por la parte superior está libre, disponiendo una cubierta separada lo suficiente para que los productos de combustión puedan salir libremente (ver Figura 2.19). En la parte baja de la pared de fachada se practican algunas puertas o bocas para la introducción del combustible y entrada de aire; en las paredes empezando desde 1.50 a 2 metros del suelo, se disponen de unas aberturas estrechas y altas que facilitan la carga y descarga del horno, cerrándose estas aberturas durante la cocción. En este tipo de hornos el proceso de combustión es incompleto porque la falta de oxígeno provoca que el material no se queme completamente, generando piezas crudas y ahumadas (Moreno 1981).



*Figura 2.19. Horno artesanal en el caserío del Frutillo – Bambamarca*

Otro tipo de horno que puede ser utilizado en la producción de ladrillos es el denominado Horno de Fuego Continuo tipo Hoffman (ver Figura 2.20).

El funcionamiento continuo de los hornos se caracteriza por el desarrollo ininterrumpido de la cocción y la posibilidad de efectuar las diferentes etapas sin variar el ritmo de la producción. Son hornos de alta producción, donde el fuego se mueve a través del horno en dirección opuesta a las manecillas del reloj; esto permite obtener una alta eficiencia térmica y de producción, ya que el calor obtenido en la cámara de combustión se utiliza en el precalentamiento de las cámaras precedentes.

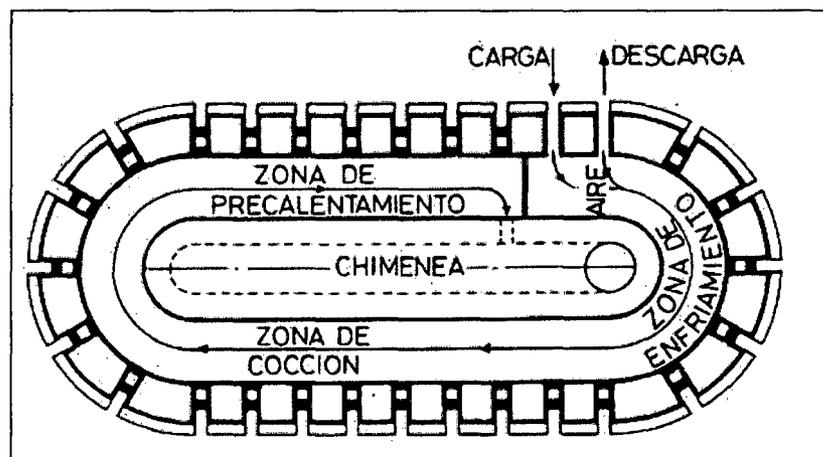


Figura 2.20. Horno de Fuego Continuo tipo Hoffman (Moreno 1981)

Este horno puede ser de planta rectangular y consta de una galería anular rodeada por gruesos muros y cubierta por una bóveda recubierta superiormente por una capa de arena. Esta galería está dividida en varios compartimentos mediante unos tabiques de plancha de hierro que corren por unas rodaduras que sirven de guías. Cada compartimento tiene una boca o entrada de 0.80 por 1 metro practicada en el muro exterior del cerramiento, la que sirve para la carga y descarga del material, teniendo además en el muro

interior un orificio que comunica con otra galería concéntrica y más pequeña que la primera, llamada galería de humo que, a su vez, está en comunicación con la chimenea que establece el tiraje necesario para la combustión mediante cuatro aberturas practicadas en el muro de la chimenea (Moreno 1981).

### **2.3.8.3 Efectos del proceso de producción en la calidad final de las unidades**

Las etapas del proceso de producción también influyen en las propiedades de las unidades de arcillas. De hecho, el proceso de producción (moldeo y cocción) debe adaptarse a las características de la materia prima.

Durante la preparación de la mezcla, que incluye el proceso de extracción de la materia prima, debe cuidarse que se haya realizado una correcta eliminación de las raíces, piedras, restos de arbustos. Lo mismo ocurriría si no se cuida el tipo de agua a emplear en la mezcla, para ello se debería comprobar que esté libre de sales para evitar eflorescencias.

Por otro lado, en el proceso de moldeo se debe considerar realizar un buen amasado de la mezcla y una correcta colocación en los moldes. La mezcla debe prensarse adecuadamente dentro los moldes llenándolos en su totalidad, para evitar obtener unidades porosas o unidades con esquinas redondeadas.

De la misma forma debe considerarse utilizar arena en los moldes o asegurarse que estén suficientemente húmedos de lo contrario las esquinas quedarían pegadas al molde al momento de desmoldarse generándose esquinas levantadas en la unidad. En el proceso de secado, las unidades deben estar lo suficientemente secas antes de apilarse, pues ocasionaría marcas por apilamiento. Además si la superficie de secado está sucia o es accidentada, influiría en la

textura pues se obtendrían productos con superficies irregulares o distorsionadas.

Por los cambios de temperatura que se presentan en el ambiente, en la etapa de secado se presentan cambios en las dimensiones originales al producirse el fenómeno de contracción. Y de realizarse un secado rápido, se produciría agrietamientos que disminuirían la resistencia de la unidad. Finalmente se tiene el proceso de cocción, donde se determina muchas de las propiedades de las unidades de arcilla.

En esta etapa se produce el color final que tendrá la unidad. Con una subcocción se tendría una unidad amarillenta, cruda, negruzca y baja la resistencia que se reconocen por el sonido sordo al golpearlas entre sí. De presentarse subcocción o sobrecocción, se modificaría el tamaño de unidad. Y por el cambio de temperaturas en el horno, que llevaría a variaciones en la forma de la unidad, se presentaría el alabeo. Con una cocción demasiado alta, se disminuiría la resistencia de la unidad. Asimismo si el enfriamiento es demasiado rápido, provocaría rotura o agrietamiento en la unidad, lo cual disminuiría su resistencia.

Una síntesis de los efectos de cada etapa en la calidad final de las unidades se muestra en la Tabla 6. Tomando en consideración los efectos de la composición mineralógica de la materia prima en la calidad final de las unidades (Tabla 5) y las etapas del proceso de producción (Tabla 6), se puede concluir que ambas se relacionan e influyen en el resultado final de las unidades, favoreciendo en mayor o menor medida su calidad. Además del tipo de materia seleccionada para la elaboración de las unidades, sino también la manera en que esta materia prima es tratada para la fabricación de los ladrillos, lo que llevará a un único resultado final.

**Tabla 6. Cuadro resumen de los factores influyentes en las propiedades y características de las unidades de arcilla cocida.**

| EFECTOS PRODUCIDOS EN LAS UNIDADES | PROCESO DE PRODUCCIÓN  |  |   |  |  |
|------------------------------------|--|--|---|--|--|
|                                    | Preparación de la mezcla   | Moldeo   | secado  | Cocción  |  |
|                                    |  |  |   | Intensidad de quemado  | Enfriamiento   |
| Ángulos y bordes agudos            |  | El mal amasado de la mezcla, así como la mala colocación en sus moldes lleva a obtener unidades deformadas.                                      | Las unidades deben estar suficientemente secas antes de apilarse, pues ocasionaría marcas por apilamiento             |  |  |
| Porosidad                          |  | Los moldes deben llenarse correctamente y en su totalidad, evitando dejar vacíos que lleven a aumentar la porosidad del producto final           |   |  |  |
| Color                              |  |  |   | Si se da una sobrecocción puede producirse una unidad negruzca o muy amarilla de estar subcocido.    |  |
| Textura                            | Sin una correcta extracción de raíces, piedras, restos de arbustos, podrían aparecer en la unidad terminada, en su superficie. | Dependiendo de los moldes utilizados y su limpieza internase presentará una texturas más o menos regular   | Con una superficie de secado sucia o accidentada, se obtendría productos con superficies irregulares o distorsionadas |  |  |
| Sonido                             |  |  |   | La subcocción da lugar a unidades débiles que se reconocen por el sonido sordo al                    |  |
| Tamaño                             |  |  | Puede presentarse contracción por los cambios de temperatura, disminuyendo sus dimensiones originales.                | De presentarse una subcocción, se modificarían las dimensiones de la unidad                          |  |
| Eflorescencia                      | Si hay sales solubles ya sea en la materia prima o en el agua utilizada en la mezcla, se producirá eflorescencia.              |  |   |  |  |
| Alabeo                             |  | La mala colocación en el molde y la mala manipulación en el desmoldeo o al trasladarlos incorrectamente al lugar de secado produce deformaciones |   | Por los cambios de temperatura en el horno, se puede presentar variaciones en la forma de la unidad. |  |
| Resistencia compresión             |  |  | Agrietamiento en la unidad que disminuye su resistencia, si el secado es demasiado rápido                             | Con una cocción muy alta se disminuirá la resistencia del producto final.                            | El rápido enfriamiento ocasionaría rotura de la unidad |

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 MATERIALES Y EQUIPOS

##### A. Materiales

- Ladrillo King Kong del Caserío el frutillo, Bambamarca, Cajamarca, adquiridos el 18 y 19 de octubre del 2014, de las fábricas: del señor Rafael Hernández Luna la cual la denominaremos como: ladrillera A, del señor Gabriel Bazán Medina a la cual la denominaremos como ladrillera B, del señor Ermitaño Cabrera Vásquez a la cual la denominaremos como ladrillera C, “Medina” de propiedad de la señora Luz Marina Medina García a la cual la denominaremos como ladrillera D, “Familia Lozano Mego” de propiedad de la señora Josefa Mego Cerdán a la cual la denominaremos como ladrillera E, “Mego” de propiedad del señor Alfonso Mego Cerdán a la cual la denominaremos como ladrillera F, “El Rojo” de propiedad del señor Eber Idrogo Flores a la cual la denominaremos como ladrillera G, “Burga” de propiedad del señor Ricardo Núñez Leiva a la cual la denominaremos como ladrillera H.
  
- sacos
- Agua potable
- Materiales de escritorio y gabinete.

##### B. Equipos

- 01 balanza con capacidad de 5000 g y una aproximación de 0.1 g
- 01 escuadra metálica graduada al 1mm.
- 01 regla metálica graduada al 1mm.
- 01 cámara fotográfica.
- 01 bernier de laboratorio
- 01 maquina universal para ensayos de compresión uniaxial

## 3.2 MÉTODOS

### 3.2.1 Metodología de la investigación

**A. Ubicación de la zona de estudio.** El estudio se realizó en el caserío del Frutillo, Distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc, Departamento de Cajamarca. Ubicada entre las coordenadas UTM E: 773003.69, N: 9260564.42 y E: 773071.57, N: 773071.57. Datum: WGS 84, Huso horario: UTC-5 y Zona: 17 M

**B. Ubicación de los ensayos realizados.** La investigación se realizó en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca, en el laboratorio de ensayos de materiales "Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz", Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Cajamarca.

**C. Periodo de la investigación.** La investigación se realizó entre los meses de octubre a diciembre del 2014.

#### **D. Variable**

➤ **Independiente**

Características técnicas del ladrillo

#### **E. Tipo de investigación**

Experimental.

#### **F. Población**

Ladrillos King Kong de arcilla producidos artesanalmente, que se ha producido en el mes de octubre en el Caserío el frutillo, distrito de Bambamarca - Cajamarca, de las fabricas "El Rojo" de propiedad del señor Eber Idrogo Flores, del señor Rafael Hernández Luna, "Medina" de propiedad de la señora Luz Marina Medina García, del señor Ermitaño Cabrera Vásquez, "Mego" de propiedad del señor Alfonso Mego Cerdán, "Burga" de propiedad del señor Ricardo Núñez Leiva, "Familia Lozano

Mego” de propiedad de la señora Josefa Mego Cerdán, del señor Gabriel Bazán Medina

### **G. Muestra**

Ladrillos King Kong de arcilla fabricados artesanalmente en las ladrilleras: del señor Rafael Hernández Luna la cual la denominaremos como: ladrillera A, del señor Gabriel Bazán Medina a la cual la denominaremos como ladrillera B, del señor Ermitaño Cabrera Vásquez a la cual la denominaremos como ladrillera C, “Medina” de propiedad de la señora Luz Marina Medina García a la cual la denominaremos como ladrillera D, “Familia Lozano Mego” de propiedad de la señora Josefa Mego Cerdán a la cual la denominaremos como ladrillera E, “Mego” de propiedad del señor Alfonso Mego Cerdán a la cual la denominaremos como ladrillera F, “El Rojo” de propiedad del señor Eber Idrogo Flores a la cual la denominaremos como ladrillera G, “Burga” de propiedad del señor Ricardo Núñez Leiva que loul la denominaremos como ladrillera H.

Se seleccionó una muestra de 400 unidades, eligiéndose 50 unidades de cada ladrillera, de las 08 ladrilleras estudiadas.

### **H. Diseño de la investigación**

Experimental transversal.

### **I. Técnica del muestreo**

Se realizó por juicio o conveniencia.

### **J. Instrumentos de recolección de datos**

Cuaderno de apuntes.

### **K. Análisis de datos**

➤ Procedimiento de datos y gráficos: Microsoft Excel 2010.

### **3.2.2 Procedimientos de la investigación.**

Para lograr el objetivo de la presente investigación, realice los siguientes ensayos:

#### **A. Ensayos de clasificación del ladrillo.**

Se realizaron los ensayos a los ladrillos con la finalidad de determinar sus características físicas y de resistencia a la compresión, para luego clasificarlo y compararlo con la norma E, 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Según la NTP 399.613, se debe seleccionar unidades enteras que sean representativas del lote al cual pertenecen, además de color uniforme, textura y tamaño, libres de impurezas, limo u otros materiales que no han intervenido en el proceso de fabricación.

Según la norma técnica E. 070, nos indica que el muestreo se hará por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción.

Para la presente investigación se seleccionó por juicio o conveniencia 50 ladrillos de cada fábrica artesanal.

Para su identificación de cada espécimen se codificó cada uno de los ladrillos, para su reconocimiento en cualquier momento.

##### **a. Variación dimensional**

Usando la norma NTP 399.613, se procedió a realizar el ensayo de variación dimensional de la siguiente manera:

Primero se recolectó las muestras de las 08 fábricas seleccionadas, recogiendo 50 unidades de cada ladrillera.

Una vez recogido los especímenes de los hornos de las ladrilleras artesanales seleccionadas se codificó los 25 ladrillos para este

ensayo. Luego se procedió a la limpieza de las aristas y caras del ladrillo, eliminando impurezas y materias sueltas que no hayan intervenido en el proceso de fabricación.

Luego con una regla metálica graduada al milímetro, se midió el largo, ancho y altura (Ver Fig. 3.1), a la mitad de las aristas que limita cada cara, obteniéndose cuatro medidas por cada una de las dimensiones como se puede apreciar en las tablas 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55 y 56.

Los resultados se muestran en las **Tablas 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, y 14.**

Los resultados se expresan en porcentaje, y se calcula mediante la fórmula, con una aproximación de 0.001 mm.

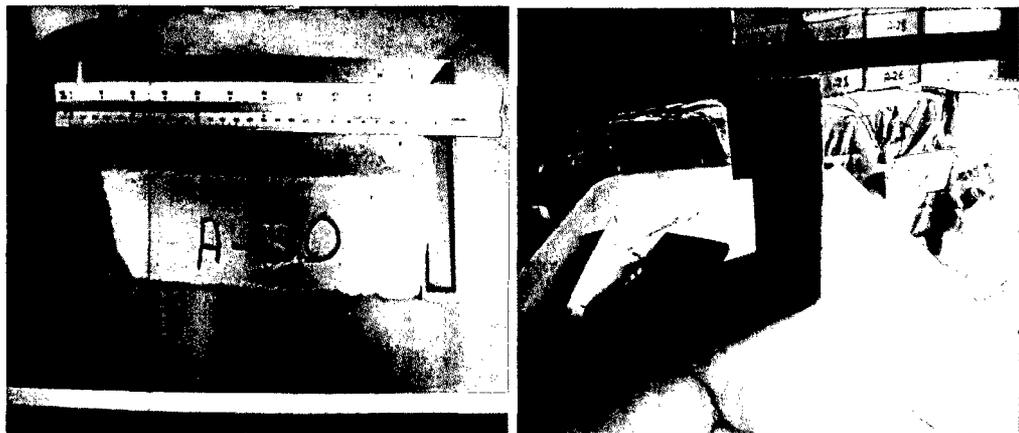
$$V = \frac{ME-MP}{ME} * 100 \quad (3.1)$$

Dónde:

*V*: Variabilidad dimensional (%)

*ME*: Medida especificada por el fabricante (mm)

*MP*: Medida promedio (mm)



*Fig. 3.1. Medición del largo, ancho y alto de los especímenes*

## **b. Alabeo**

Para este ensayo usamos la norma NTP 399.613, donde nos indica que se debe utilizar una varilla de acero con borde recto, una regla

o cuña graduada desde un extremo, de 1mm y una superficie plana de acero o vidrio no menor de 300 mm x 300 mm. Además usaremos la tabla 2 para clasificar los ladrillos de acuerdo a la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones

Luego de recolectar los ladrillos de cada ladrillera se procedió a codificar las 25 unidades para este ensayo.

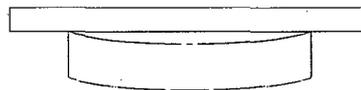
Se usó una regla metálica milimetrada y una escuadra graduada. Se colocó en forma diagonal la regla en el centro de las dos caras paralelas al de asiento o de vértice a vértice con una escuadra graduada y se midió el labeo con una regla metálica graduada al 1 mm (Fig. 3.2)

Luego se procedió a medir y a registrar los valores de alabeo, de acuerdo si es cóncavo o convexo como se muestran en las tablas 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63 y 64.

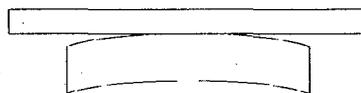
Para clasificar los ladrillos se usó la tabla 2, donde nos especifica los límites máximos del alabeo para cada tipo de ladrillo, según la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Los resultados se presentan un promedio en mm.

Los resultados se muestran en las **Tablas 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23.**



Cóncavo



Convexo



Fig. 3.2. Medición del alabeo

### c. Compresión simple

Para este ensayo utilizamos la norma E.070 del Reglamento Nacional de edificaciones, la cual nos proporciona los parámetros de resistencia a la compresión.

Una vez recogido las muestras de las 08 ladrilleras seleccionadas, se procedió a codificar las 25 unidades de cada ladrillera para ser ensayadas a la resistencia a la compresión.

Este ensayo se realizó con las muestras secas, midiendo su largo, ancho y alto (Fig. 3.3), luego se procedió a ensayar en la máquina universal para ensayos de compresión uniaxial (Fig. 3.4).

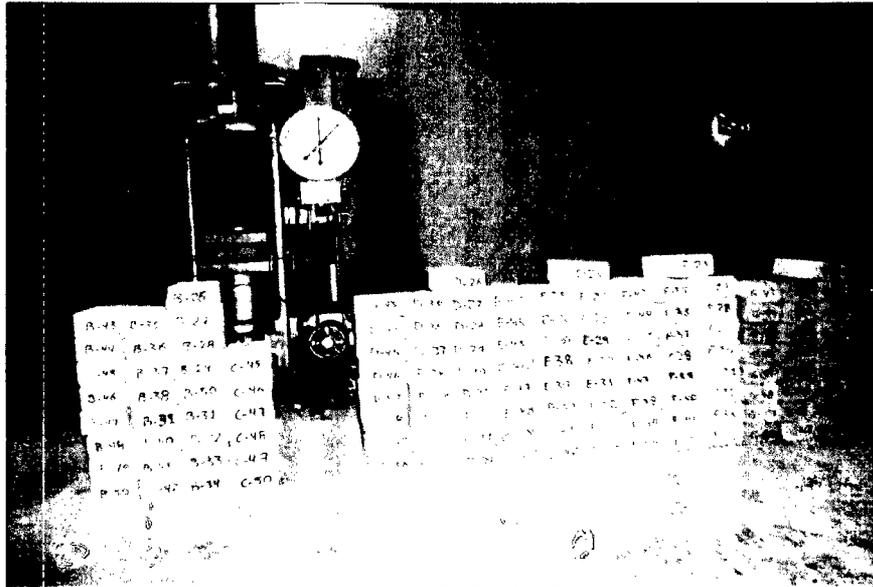
Luego se registró la carga soportada por cada unidad ensayada como se muestran en las tablas 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71 y 72.

La resistencia a compresión  $f_b$  se determina dividiendo la carga de rotura entre el área bruta; y la resistencia a compresión característica  $f'_b$  se obtiene restando una desviación estándar al promedio de los resultados, según la norma E. 070.

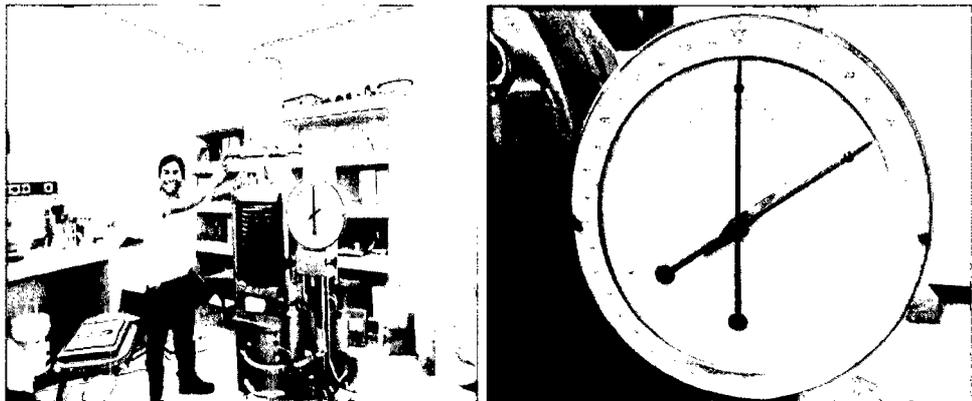
$$f_b = \frac{\text{Carga Máx.}}{\text{Área Bruta}} \quad (3.2)$$

$$f'_b = f_b - \sigma \quad (3.3)$$

Usamos la tabla 2 para clasificar las unidades, como se muestran los resultados en las Tablas 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 y 31



*Fig. 3.3. Especímenes para el ensayo de compresión axial*



*Fig. 3.4. Ensayo de compresión*

## **B. Ensayo no clasificatorio del ladrillo**

### **a. Ensayo de absorción**

Los ladrillos de ensayados, se sacaron directamente del horno que se fabrican artesanalmente en el caserío del frutillo - Bambamarca.

Luego se procedió a su respectiva limpieza de la impurezas, luego a codificarlos para identificarlos.

Se registró el peso de cada espécimen luego se introdujeron en un recipiente lleno de agua potable durante 24 horas según la NTP 399.613. Ver la (Fig. 3.5).

Pasado las 24 horas de sumergidos los espécimen se procedió a sacar de los recipientes para dejarlos secar la superficie de cada ladrillo por un espacio de dos a tres horas, luego se procedió a pesar cada unidad determinando el peso sumergido como se muestran los valores en las tablas 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79 y 80.

Usamos la norma E.070 la cual nos indica que la absorción no debe ser mayor que el 22% en unidades de arcilla

Los resultados se muestran en las **tablas 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46 y 47.**

Los cálculos se expresan en porcentaje según la siguiente formula:

$$A = \frac{Ps - Pseco}{Pseco} * 100 \quad (3.4)$$

Dónde: A: Absorción (%) (Tablas 48,

Ps: Peso saturado (g)

Pseco: Peso seco (g)

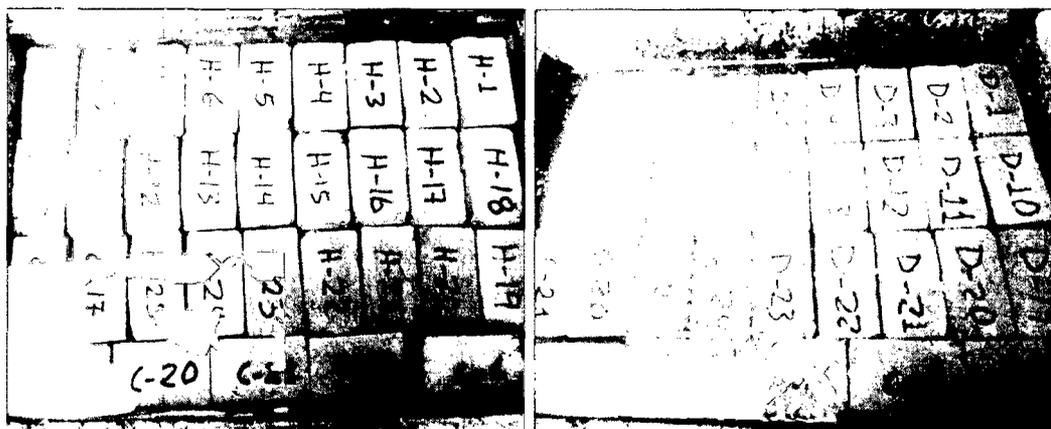


Fig. 3.5. Absorción en ladrillos de arcilla

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Descripción de las unidades de albañilería ensayadas

En las Tablas 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13, podemos observar un resumen de los resultados obtenidos de los ensayos variación dimensional, alabeo, resistencia a la compresión y absorción. Además la clasificación de cada ladrillera según la norma E.070 del Reglamento Nacional de edificaciones.

**Tabla 7. Clasificación de la ladrillera A.**

| <b>Característica Técnica</b>                  | <b>Valor alcanzado</b> | <b>Clasificación</b>     |
|--|------------------------|--------------------------|
| Tipo   | King Kong Sólido       |                          |
| Dimensiones                                    | 22.48x13.13x7.56       |                          |
| Alabeo (mm)                                    | 3.00                   | <b>Ladrillo tipo III</b> |
| Resistencia características a compresión (Mpa) | 10.01                  |                          |
| Absorción (%)                                  | 18.53                  |                          |

**Tabla 8. Clasificación de la ladrillera B.**

| <b>Característica Técnica</b>                  | <b>Valor alcanzado</b> | <b>Clasificación</b>    |
|--|------------------------|-------------------------|
| Tipo   | King Kong Sólido       |                         |
| Dimensiones                                    | 21.79x12.35x7.33       |                         |
| Alabeo (mm)                                    | 2.00                   | <b>Ladrillo tipo II</b> |
| Resistencia características a compresión (Mpa) | 7.00                   |                         |
| Absorción (%)                                  | 16.4                   |                         |

**Tabla 9. Clasificación de la ladrillera C.**

| <b>Característica Técnica</b>                  | <b>Valor alcanzado</b> | <b>Clasificación</b>    |
|--|------------------------|-------------------------|
| Tipo   | King Kong Sólido       |                         |
| Dimensiones                                    | 22.28x12.66x7.37       |                         |
| Alabeo (mm)                                    | 1.00                   | <b>Ladrillo tipo II</b> |
| Resistencia características a compresión (Mpa) | 7.52                   |                         |
| Absorción (%)                                  | 19.67                  |                         |

**Tabla 10. Clasificación de la ladrillera D.**

| <b>Característica Técnica</b>                  | <b>Valor alcanzado</b> | <b>Clasificación</b>    |
|--|------------------------|-------------------------|
| Tipo   | King Kong Sólido       |                         |
| Dimensiones                                    | 21.40x12.59x7.31       |                         |
| Alabeo (mm)                                    | 3.00                   | <b>Ladrillo tipo II</b> |
| Resistencia características a compresión (Mpa) | 7.69                   |                         |
| Absorción (%)                                  | 15.68                  |                         |

**Tabla 11. Clasificación de la ladrillera E.**

| <b>Característica Técnica</b>                  | <b>Valor alcanzado</b> | <b>Clasificación</b>     |
|--|------------------------|--------------------------|
| Tipo   | King Kong Sólido       |                          |
| Dimensiones                                    | 21.60x13.21x7.53       |                          |
| Alabeo (mm)                                    | 2.00                   | <b>Ladrillo tipo III</b> |
| Resistencia características a compresión (Mpa) | 9.42                   |                          |
| Absorción (%)                                  | 19.02                  |                          |

**Tabla 12. Clasificación de la ladrillera F.**

| <b>Característica Técnica</b>                  | <b>Valor alcanzado</b> | <b>Clasificación</b>    |
|--|------------------------|-------------------------|
| Tipo   | King Kong Sólido       |                         |
| Dimensiones                                    | 22.80x13.37x7.61       |                         |
| Alabeo (mm)                                    | 2.00                   | <b>Ladrillo tipo II</b> |
| Resistencia características a compresión (Mpa) | 7.79                   |                         |
| Absorción (%)                                  | 17.21                  |                         |

**Tabla 13. Clasificación de la ladrillera G.**

| <b>Característica Técnica</b>                  | <b>Valor alcanzado</b> | <b>Clasificación</b>    |
|--|------------------------|-------------------------|
| Tipo   | King Kong Sólido       |                         |
| Dimensiones                                    | 21.53x12.26x7.21       |                         |
| Alabeo (mm)                                    | 3.00                   | <b>Ladrillo tipo II</b> |
| Resistencia características a compresión (Mpa) | 7.48                   |                         |
| Absorción (%)                                  | 16.67                  |                         |

**Tabla 14. Clasificación de la ladrillera H.**

| <b>Característica Técnica</b>                  | <b>Valor alcanzado</b> | <b>Clasificación</b>    |
|--|------------------------|-------------------------|
| Tipo   | King Kong Sólido       |                         |
| Dimensiones                                    | 22.10x12.69x7.61       |                         |
| Alabeo (mm)                                    | 2.00                   | <b>Ladrillo tipo II</b> |
| Resistencia características a compresión (Mpa) | 7.25                   |                         |
| Absorción (%)                                  | 15.00                  |                         |

Los resultados obtenidos de las tablas 7 y 11 correspondientes a las ladrilleras A y E, clasifican los ladrillos en tipo III, de acuerdo a la norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones es un ladrillo de resistencia y durabilidad media, apto para construcciones de albañilería de uso general. De las Tablas 8, 9, 10, 12, 13 y 14 correspondientes a las ladrilleras B, C, D, F, G y H, clasifican los ladrillos como un tipo II, de resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicios moderadas. Los resultados de los ensayos nos muestran ladrillos de buena calidad y aceptables para construcciones de albañilería. Contradiendo la hipótesis planteada.

Respecto a la tesis realizado por Fernández León (2010) en el C. P. Santa Bárbara – Baños del Inca, clasifica los ladrillos en tipo I hasta el tipo III y en nuestros ensayos se ha obtenido una clasificación de los ladrillos en tipo II y III. Se concluye que los ladrillos artesanales del Caserío del frutillo son de mejor calidad.

Respecto a la tesis realizado por Barrenzuela Lescano (2014) en la Región Piura, clasifica los ladrillos en tipo I y II, parecido a nuestros ensayos clasificando los ladrillos en tipo II y III.

## 4.2 Ensayos clasificatorios del ladrillo

**A. Variación dimensional:** a continuación se muestra los resultados del ensayo de variación dimensional en las tablas 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22.

**Tabla 15. Comparación de la variación de dimensiones. Ladrillera A ,con valores específicos**

| Clase de Ladrillo | VARIACIÓN DE DIMENSIONES: L + 150 mm en porcentaje (%) |                    | VARIACIÓN DE DIMENSIONES: A hasta 150 mm en porcentaje (%) |                    | VARIACIÓN DE DIMENSIONES: H hasta 100 mm en porcentaje (%) |                    |
|-------------------|--|--------------------|--|--------------------|--|--------------------|
|                   | Máxima Especificada                                    | Promedio calculado | Máxima Especificada  | Promedio calculado | Máxima Especificada  | Promedio calculado |
|                   | I  | ± 4                | 6.34   | ± 6                | 6.19   | ± 8                |
| II                | ± 4  | 6.34               | ± 6  | 6.19               | ± 7  | 11.06              |
| III               | ± 3  | 6.34               | ± 4  | 6.19               | ± 5  | 11.06              |
| IV                | ± 2  | 6.34               | ± 3  | 6.19               | ± 4  | 11.06              |
| V                 | ± 1  | 6.34               | ± 2  | 6.19               | ± 3  | 11.06              |

**Tabla 16. Comparación de la variación de dimensiones. Ladrillera B, con valores específicos**

| Clase de Ladrillo | VARIACIÓN DE DIMENSIONES: I + 150 mm en porcentaje (%) |                    | VARIACIÓN DE DIMENSIONES: a hasta 150 mm en porcentaje (%) |                    | VARIACIÓN DE DIMENSIONES: h hasta 100 mm en porcentaje (%) |                    |
|-------------------|--|--------------------|--|--------------------|--|--------------------|
|                   | Máxima Especificada                                    | Promedio calculado | Máxima Especificada  | Promedio calculado | Máxima Especificada  | Promedio calculado |
|                   | I  | ± 4                | 5.24   | ± 6                | 4.98   | ± 8                |
| II                | ± 4  | 5.24               | ± 6  | 4.98               | ± 7  | 8.33               |
| III               | ± 3  | 5.24               | ± 4  | 4.98               | ± 5  | 8.33               |
| IV                | ± 2  | 5.24               | ± 3  | 4.98               | ± 4  | 8.33               |
| V                 | ± 1  | 5.24               | ± 2  | 4.98               | ± 3  | 8.33               |

**Tabla 17. Comparación de la variación de dimensiones. Ladrillera C, con valores específicos**

| Clase de Ladrillo | VARIACIÓN DE DIMENSIONES: I + 150 mm en porcentaje (%) |                    | VARIACIÓN DE DIMENSIONES: a hasta 150 mm en porcentaje (%) |                    | VARIACIÓN DE DIMENSIONES: h hasta 100 mm en porcentaje (%) |                    |
|-------------------|--|--------------------|--|--------------------|--|--------------------|
|                   | Máxima Especificada                                    | Promedio calculado | Máxima Especificada  | Promedio calculado | Máxima Especificada  | Promedio calculado |
|                   | I  | ± 4                | 3.12   | ± 6                | 2.65   | ± 8                |
| II                | ± 4  | 3.12               | ± 6  | 2.65               | ± 7  | 7.86               |
| III               | ± 3  | 3.12               | ± 4  | 2.65               | ± 5  | 7.86               |
| IV                | ± 2  | 3.12               | ± 3  | 2.65               | ± 4  | 7.86               |
| V                 | ± 1  | 3.12               | ± 2  | 2.65               | ± 3  | 7.86               |

**Tabla 18. Comparación de la variación de dimensiones. Ladrillera D, con valores específicos**

| Clase de Ladrillo | VARIACIÓN DE DIMENSIONES: l + 150 mm en porcentaje (%) |                    | VARIACIÓN DE DIMENSIONES: a hasta 150 mm en porcentaje (%) |                    | VARIACIÓN DE DIMENSIONES: h hasta 100 mm en porcentaje (%) |                    |
|-------------------|--|--------------------|--|--------------------|--|--------------------|
|                   | Máxima Especificada                                    | Promedio calculado | Máxima Especificada  | Promedio calculado | Máxima Especificada  | Promedio calculado |
|                   | I  | ± 4                | 6.98   | ± 6                | 3.12   | ± 8                |
| II                | ± 4  | 6.98               | ± 6  | 3.12               | ± 7  | 8.68               |
| III               | ± 3  | 6.98               | ± 4  | 3.12               | ± 5  | 8.68               |
| IV                | ± 2  | 6.98               | ± 3  | 3.12               | ± 4  | 8.68               |
| V                 | ± 1  | 6.98               | ± 2  | 3.12               | ± 3  | 8.68               |

**Tabla 19. Comparación de la variación de dimensiones. Ladrillera E, con valores específicos**

| Clase de Ladrillo | VARIACIÓN DE DIMENSIONES: l + 150 mm en porcentaje (%) |                    | VARIACIÓN DE DIMENSIONES: a hasta 150 mm en porcentaje (%) |                    | VARIACIÓN DE DIMENSIONES: h hasta 100 mm en porcentaje (%) |                    |
|-------------------|--|--------------------|--|--------------------|--|--------------------|
|                   | Máxima Especificada                                    | Promedio calculado | Máxima Especificada  | Promedio calculado | Máxima Especificada  | Promedio calculado |
|                   | I  | ± 4                | 6.07   | ± 6                | 5.65   | ± 8                |
| II                | ± 4  | 6.07               | ± 6  | 5.65               | ± 7  | 11.38              |
| III               | ± 3  | 6.07               | ± 4  | 5.65               | ± 5  | 11.38              |
| IV                | ± 2  | 6.07               | ± 3  | 5.65               | ± 4  | 11.38              |
| V                 | ± 1  | 6.07               | ± 2  | 5.65               | ± 3  | 11.38              |

**Tabla 20. Comparación de la variación de dimensiones. Ladrillera F, con valores específicos**

| Clase de Ladrillo | VARIACIÓN DE DIMENSIONES: l + 150 mm en porcentaje (%) |                    | VARIACIÓN DE DIMENSIONES: a hasta 150 mm en porcentaje (%) |                    | VARIACIÓN DE DIMENSIONES: h hasta 100 mm en porcentaje (%) |                    |
|-------------------|--|--------------------|--|--------------------|--|--------------------|
|                   | Máxima Especificada                                    | Promedio calculado | Máxima Especificada  | Promedio calculado | Máxima Especificada  | Promedio calculado |
|                   | I  | ± 4                | 5.00   | ± 6                | 4.49   | ± 8                |
| II                | ± 4  | 5.00               | ± 6  | 4.49               | ± 7  | 10.53              |
| III               | ± 3  | 5.00               | ± 4  | 4.49               | ± 5  | 10.53              |
| IV                | ± 2  | 5.00               | ± 3  | 4.49               | ± 4  | 10.53              |
| V                 | ± 1  | 5.00               | ± 2  | 4.49               | ± 3  | 10.53              |

**Tabla 21. Comparación de la variación de dimensiones. Ladrillera G, con valores específicos**

| Clase de Ladrillo | VARIACIÓN DE DIMENSIONES: I<br>+ 150 mm en porcentaje (%) |                    | VARIACIÓN DE DIMENSIONES:<br>a hasta 150 mm en porcentaje (%) |                    | VARIACIÓN DE DIMENSIONES:<br>h hasta 100 mm en porcentaje (%) |                    |
|-------------------|---|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|
|                   | Máxima Especificada                                       | Promedio calculado | Máxima Especificada   | Promedio calculado | Máxima Especificada   | Promedio calculado |
|                   | I   | ± 4                | 6.40  | ± 6                | 5.68  | ± 8                |
| II                | ± 4   | 6.40               | ± 6   | 5.68               | ± 7   | 9.90               |
| III               | ± 3   | 6.40               | ± 4   | 5.68               | ± 5   | 9.90               |
| IV                | ± 2   | 6.40               | ± 3   | 5.68               | ± 4   | 9.90               |
| V                 | ± 1   | 6.40               | ± 2   | 5.68               | ± 3   | 9.90               |

**Tabla 22. Comparación de la variación de dimensiones. Ladrillera H, con valores específicos**

| Clase de Ladrillo | VARIACIÓN DE DIMENSIONES: I<br>+ 150 mm en porcentaje (%) |                    | VARIACIÓN DE DIMENSIONES:<br>a hasta 150 mm en porcentaje (%) |                    | VARIACIÓN DE DIMENSIONES:<br>h hasta 100 mm en porcentaje (%) |                    |
|-------------------|---|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|
|                   | Máxima Especificada                                       | Promedio calculado | Máxima Especificada   | Promedio calculado | Máxima Especificada   | Promedio calculado |
|                   | I   | ± 4                | 7.92  | ± 6                | 9.34  | ± 8                |
| II                | ± 4   | 7.92               | ± 6   | 9.34               | ± 7   | 15.50              |
| III               | ± 3   | 7.92               | ± 4   | 9.34               | ± 5   | 15.50              |
| IV                | ± 2   | 7.92               | ± 3   | 9.34               | ± 4   | 15.50              |
| V                 | ± 1   | 7.92               | ± 2   | 9.34               | ± 3   | 15.50              |

De las Tablas 15 y 22 correspondiente a las ladrilleras A y H no están en los rangos permisibles de la norma E.070. Los resultados de las tablas 16, 17, 19, 20 y 21 correspondientes a las ladrilleras B, C, E, F y G su clasificación corresponde a un ladrillo tipo II. De la Tabla 18 correspondiente a la ladrillera D su clasificación corresponde a un ladrillo tipo III. Verificándose una regular variación en sus medidas originales la cual es aceptable para la albañilería. Contradiéndolo a la hipótesis planteada.

Respecto a la tesis realizada por Dionisia Rosa Aguirre (2004) en la Región central de Junín, clasifica los ladrillos en tipo IV y V en el ensayo de variación dimensional y en nuestros resultados está entre un tipo II y III.

**VARIACIÓN VOLUMÉTRICA:** A continuación se presenta los resultados de la variación volumétrica en la Tabla 23.

**Tabla 23. Comparación de la variación volumétrica.**

| Ladrillo                | A     | B     | C     | D     | E     | F     | G     | H     |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta V$ promedio (%) | 21.85 | 17.46 | 13.10 | 17.70 | 21.46 | 18.81 | 20.46 | 29.45 |

La Tabla 23 tenemos que la mayor variación volumétrica se presenta en la ladrillera H, cuyo valor es de 29.45%, luego están las ladrilleras B, D, F, G, E y A cuyos valores son semejantes estando éstos entre el 17.46% y 21.85%. Según la Tabla 23 la ladrillera C es la que tiene el porcentaje más bajo de variación volumétrica cuyo valor es 13.10%.

**B. Alabeo:** En las Tablas 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 y 31 se muestran los resultados del ensayo de alabeo.

**Tabla 24. Comparación del alabeo. Ladrillera A, con valores específicos**

| <b>ALABEO</b>            |                     |                    |                    |
|--------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| <b>En porcentaje (%)</b> |                     |                    |                    |
| Clase de Ladrillo        | Máxima Especificada | Promedio calculado | Condición Ladrillo |
| I                        | 10                  | 3                  | Cumple             |
| II                       | 8                   | 3                  | Cumple             |
| III                      | 6                   | 3                  | Cumple             |
| IV                       | 4                   | 3                  | Cumple             |
| V                        | 2                   | 3                  | No Cumple          |

**Tabla 25. Comparación del alabeo. Ladrillera B, con valores específicos**

| <b>ALABEO</b>            |                     |                    |                    |
|--------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| <b>En porcentaje (%)</b> |                     |                    |                    |
| Clase de Ladrillo        | Máxima Especificada | Promedio calculado | Condición Ladrillo |
| I                        | 10                  | 2                  | Cumple             |
| II                       | 8                   | 2                  | Cumple             |
| III                      | 6                   | 2                  | Cumple             |
| IV                       | 4                   | 2                  | Cumple             |
| V                        | 2                   | 2                  | Cumple             |

**Tabla 26. Comparación del alabeo. Ladrillera C, con valores específicos**

| <b>ALABEO</b>            |                            |                           |                           |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>En porcentaje (%)</b> |                            |                           |                           |
| <b>Clase de Ladrillo</b> | <b>Máxima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición Ladrillo</b> |
| I                        | 10                         | 1                         | Cumple                    |
| II                       | 8                          | 1                         | Cumple                    |
| III                      | 6                          | 1                         | Cumple                    |
| IV                       | 4                          | 1                         | Cumple                    |
| V                        | 2                          | 1                         | Cumple                    |

**Tabla 27. Comparación del alabeo. Ladrillera D, con valores específicos**

| <b>ALABEO</b>            |                            |                           |                           |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>En porcentaje (%)</b> |                            |                           |                           |
| <b>Clase de Ladrillo</b> | <b>Máxima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición Ladrillo</b> |
| I                        | 10                         | 3                         | Cumple                    |
| II                       | 8                          | 3                         | Cumple                    |
| III                      | 6                          | 3                         | Cumple                    |
| IV                       | 4                          | 3                         | Cumple                    |
| V                        | 2                          | 3                         | No Cumple                 |

**Tabla 28. Comparación del alabeo. Ladrillera E, con valores específicos**

| <b>ALABEO</b>            |                            |                           |                           |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>En porcentaje (%)</b> |                            |                           |                           |
| <b>Clase de Ladrillo</b> | <b>Máxima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición Ladrillo</b> |
| I                        | 10                         | 2                         | Cumple                    |
| II                       | 8                          | 2                         | Cumple                    |
| III                      | 6                          | 2                         | Cumple                    |
| IV                       | 4                          | 2                         | Cumple                    |
| V                        | 2                          | 2                         | Cumple                    |

**Tabla 29. Comparación del alabeo. Ladrillera F con valores específicos**

| <b>ALABEO</b>            |                            |                           |                           |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>En porcentaje (%)</b> |                            |                           |                           |
| <b>Clase de Ladrillo</b> | <b>Máxima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición Ladrillo</b> |
| I                        | 10                         | 2                         | Cumple                    |
| II                       | 8                          | 2                         | Cumple                    |
| III                      | 6                          | 2                         | Cumple                    |
| IV                       | 4                          | 2                         | Cumple                    |
| V                        | 2                          | 2                         | Cumple                    |

**Tabla 30. Comparación del alabeo. Ladrillera G, con valores específicos**

| <b>ALABEO</b>            |                            |                           |                           |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>En porcentaje (%)</b> |                            |                           |                           |
| <b>Clase de Ladrillo</b> | <b>Máxima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición Ladrillo</b> |
| I                        | 10                         | 3                         | Cumple                    |
| II                       | 8                          | 3                         | Cumple                    |
| III                      | 6                          | 3                         | Cumple                    |
| IV                       | 4                          | 3                         | Cumple                    |
| V                        | 2                          | 3                         | No Cumple                 |

**Tabla 31. Comparación del alabeo. Ladrillera H, con valores específicos**

| <b>ALABEO</b>            |                            |                           |                           |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>En porcentaje (%)</b> |                            |                           |                           |
| <b>Clase de Ladrillo</b> | <b>Máxima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición Ladrillo</b> |
| I                        | 10                         | 2                         | Cumple                    |
| II                       | 8                          | 2                         | Cumple                    |
| III                      | 6                          | 2                         | Cumple                    |
| IV                       | 4                          | 2                         | Cumple                    |
| V                        | 2                          | 2                         | Cumple                    |

De la Tabla 26 correspondiente a la ladrillera C se obtuvo 1mm promedio de alabeo, siendo el valor más bajo. De las Tablas 25, 28, 29 y 31 correspondientes a las ladrilleras B, E, F y H, se obtiene un alabeo promedio de 2mm y de las Tablas 24, 27 y 30 correspondientes a las ladrilleras A, D y G se obtiene un alabeo promedio de 3mm, siendo el alabeo más alto en estas ladrilleras.

Respecto a la tesis realizada por Dionisia Rosa Aguirre (2004) en la Región central de Junín, clasifica los ladrillos en tipo IV y V en el ensayo alabeo y en nuestros ensayos se ha obtenido una clasificación igual.

Demostrándose que los ladrillos fabricados artesanalmente en el caserío del Frutillo-Bambamarca, tienen un bajo rango de alabeo y cumplen los estándares establecidos por la norma E.070 del reglamento nacional de Edificaciones. Además contradiciendo a la hipótesis planteada.

**C. Compresión simple:** En las Tablas 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38 y 39 se muestran los resultados del ensayo de compresión simple.

**Tabla 32. Comparación de la resistencia característica a la compresión. Ladrillera A, con valores específicos**

| <b>RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A LA COMPRESIÓN</b><br><b>f'b en MPa</b> |                            |                           |                               |
|--|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| <b>Clase de Ladrillo</b>   | <b>Mínima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición del Ladrillo</b> |
| I  | 4.90                       | 10.01                     | Cumple                        |
| II   | 6.90                       | 10.01                     | Cumple                        |
| III  | 9.30                       | 10.01                     | Cumple                        |
| IV   | 12.70                      | 10.01                     | No Cumple                     |
| V  | 17.60                      | 10.01                     | No Cumple                     |

**Tabla 33. Comparación de la resistencia característica a la compresión. Ladrillera B, con valores específicos**

| <b>RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A LA COMPRESIÓN</b><br><b>f'b en MPa</b> |                            |                           |                               |
|--|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| <b>Clase de Ladrillo</b>   | <b>Mínima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición del Ladrillo</b> |
| I  | 4.90                       | 7.00                      | Cumple                        |
| II   | 6.90                       | 7.00                      | Cumple                        |
| III  | 9.30                       | 7.00                      | No Cumple                     |
| IV   | 12.70                      | 7.00                      | No Cumple                     |
| V  | 17.60                      | 7.00                      | No Cumple                     |

**Tabla 34. Comparación de la resistencia característica a la compresión. Ladrillera C, con valores específicos**

| <b>RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A LA COMPRESIÓN</b><br><b>f'b en MPa</b> |                            |                           |                               |
|--|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| <b>Clase de Ladrillo</b>   | <b>Mínima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición del Ladrillo</b> |
| I  | 4.90                       | 7.52                      | Cumple                        |
| II   | 6.90                       | 7.52                      | Cumple                        |
| III  | 9.30                       | 7.52                      | No Cumple                     |
| IV   | 12.70                      | 7.52                      | No Cumple                     |
| V  | 17.60                      | 7.52                      | No Cumple                     |

**Tabla 35. Comparación de la resistencia característica a la compresión.**

**Ladrillera D, con valores específicos**

| <b>RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A LA COMPRESIÓN</b> |                            |                           |                               |
|---|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| <b>f'b en MPa</b>                                 |                            |                           |                               |
| <b>Clase de Ladrillo</b>                          | <b>Mínima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición del Ladrillo</b> |
| I   | 4.90                       | 7.69                      | Cumple                        |
| II  | 6.90                       | 7.69                      | Cumple                        |
| III   | 9.30                       | 7.69                      | No Cumple                     |
| IV  | 12.70                      | 7.69                      | No Cumple                     |
| V   | 17.60                      | 7.69                      | No Cumple                     |

**Tabla 36. Comparación de la resistencia característica a la compresión.**

**Ladrillera E, con valores específicos**

| <b>RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A LA COMPRESIÓN</b> |                            |                           |                               |
|---|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| <b>f'b en MPa</b>                                 |                            |                           |                               |
| <b>Clase de Ladrillo</b>                          | <b>Mínima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición del Ladrillo</b> |
| I   | 4.90                       | 9.42                      | Cumple                        |
| II  | 6.90                       | 9.42                      | Cumple                        |
| III   | 9.30                       | 9.42                      | Cumple                        |
| IV  | 12.70                      | 9.42                      | No Cumple                     |
| V   | 17.60                      | 9.42                      | No Cumple                     |

**Tabla 37. Comparación de la resistencia característica a la compresión.**

**Ladrillera F, con valores específicos**

| <b>RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A LA COMPRESIÓN</b> |                            |                           |                               |
|---|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| <b>f'b en MPa</b>                                 |                            |                           |                               |
| <b>Clase de Ladrillo</b>                          | <b>Mínima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición del Ladrillo</b> |
| I   | 4.90                       | 7.79                      | Cumple                        |
| II  | 6.90                       | 7.79                      | Cumple                        |
| III   | 9.30                       | 7.79                      | No Cumple                     |
| IV  | 12.70                      | 7.79                      | No Cumple                     |
| V   | 17.60                      | 7.79                      | No Cumple                     |

**Tabla 38. Comparación de la resistencia característica a la compresión.**

**Ladrillera G, con valores específicos**

| <b>RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A LA COMPRESIÓN</b> |                            |                           |                               |
|---|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| <b>f'b en MPa</b>                                 |                            |                           |                               |
| <b>Clase de Ladrillo</b>                          | <b>Mínima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición del Ladrillo</b> |
| I   | 4.90                       | 7.48                      | Cumple                        |
| II  | 6.90                       | 7.48                      | Cumple                        |
| III   | 9.30                       | 7.48                      | No Cumple                     |
| IV  | 12.70                      | 7.48                      | No Cumple                     |
| V   | 17.60                      | 7.48                      | No Cumple                     |

**Tabla 39. Comparación de la resistencia característica a la compresión.**

**Ladrillera H, con valores específicos**

| <b>RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A LA COMPRESIÓN</b> |                            |                           |                               |
|---|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| <b>f'b en MPa</b>                                 |                            |                           |                               |
| <b>Clase de Ladrillo</b>                          | <b>Mínima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición del Ladrillo</b> |
| I   | 4.90                       | 7.25                      | Cumple                        |
| II  | 6.90                       | 7.25                      | Cumple                        |
| III   | 9.30                       | 7.25                      | No Cumple                     |
| IV  | 12.70                      | 7.25                      | No Cumple                     |
| V   | 17.60                      | 7.25                      | No Cumple                     |

De las Tablas 32 y 36 correspondiente a las ladrilleras A y E, en los cuales se obtuvieron los valores 10.01 y 9.42 Mpa respectivamente, clasificando el ladrillo en tipo III y de las Tablas 33, 39, 38, 34, 35 y 37 correspondientes a las ladrilleras B, H, G, C, D y F respectivamente, se obtuvieron los valores entre 7.00 y 7.79 Mpa clasificando el ladrillo en tipo II, según la Norma E.070.

Respecto a la tesis realizado por Fernández León (2010) en el C. P. Santa Bárbara – Baños del Inca, clasifica los ladrillos en tipo I hasta el tipo III y en nuestros ensayos se ha obtenido una clasificación de los ladrillos en tipo II y III. Se concluye que los ladrillos artesanales del Caserío del frutillo son de mejor calidad.

Si lo comparamos con la tesis de Bernal, K. 2013 realizado en el C. P. el Cerrillo – Baños del Inca, clasifica los ladrillos en tipo II, parecido a nuestros resultados donde el ladrillo del Frutillo Bambamarca clasifica en Tipo II y III.

Los resultados nos arrojan que los ladrillos fabricados artesanalmente en el caserío del Frutillo clasifican en tipo II y III según la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, la cual nos indica que un ladrillo tipo II mínimo debe tener una resistencia a la compresión de 6.9 Mpa y un ladrillo Tipo III debe tener una resistencia a la compresión de 9.3 Mpa. Lo cual contradicen la hipótesis planteada.

#### 4.3 Ensayos no clasificatorios del ladrillo

A. **Ensayo de absorción:** en las tablas 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46 y 47, se muestran los resultados del ensayo de absorción.

**Tabla 40. Comparación de absorción. Ladrillera A, con valores específicos**

| <b>ABSORCIÓN</b><br>En porcentaje (%) |                            |                           |                           |
|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>Clase de Ladrillo</b>              | <b>Máxima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición Ladrillo</b> |
| I                                     | 22                         | 18.53                     | Cumple                    |
| II                                    | 22                         | 18.53                     | Cumple                    |
| III                                   | 22                         | 18.53                     | Cumple                    |
| IV                                    | 22                         | 18.53                     | Cumple                    |
| V                                     | 22                         | 18.53                     | Cumple                    |

**Tabla 41. Comparación de absorción. Ladrillera B, con valores específicos**

| <b>ABSORCIÓN</b><br>En porcentaje (%) |                            |                           |                           |
|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>Clase de Ladrillo</b>              | <b>Máxima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición Ladrillo</b> |
| I                                     | 22                         | 16.40                     | Cumple                    |
| II                                    | 22                         | 16.40                     | Cumple                    |
| III                                   | 22                         | 16.40                     | Cumple                    |
| IV                                    | 22                         | 16.40                     | Cumple                    |
| V                                     | 22                         | 16.40                     | Cumple                    |

**Tabla 42. Comparación de absorción. Ladrillera C, con valores específicos**

| <b>ABSORCIÓN</b>         |                            |                           |                           |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>En porcentaje (%)</b> |                            |                           |                           |
| <b>Clase de Ladrillo</b> | <b>Máxima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición Ladrillo</b> |
| I                        | 22                         | 19.67                     | Cumple                    |
| II                       | 22                         | 19.67                     | Cumple                    |
| III                      | 22                         | 19.67                     | Cumple                    |
| IV                       | 22                         | 19.67                     | Cumple                    |
| V                        | 22                         | 19.67                     | Cumple                    |

**Tabla 43. Comparación de absorción. Ladrillera D, con valores específicos**

| <b>ABSORCIÓN</b>         |                            |                           |                           |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>En porcentaje (%)</b> |                            |                           |                           |
| <b>Clase de Ladrillo</b> | <b>Máxima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición Ladrillo</b> |
| I                        | 22                         | 15.68                     | Cumple                    |
| II                       | 22                         | 15.68                     | Cumple                    |
| III                      | 22                         | 15.68                     | Cumple                    |
| IV                       | 22                         | 15.68                     | Cumple                    |
| V                        | 22                         | 15.68                     | Cumple                    |

**Tabla 44. Comparación de absorción. Ladrillera E, con valores específicos**

| <b>ABSORCIÓN</b>         |                            |                           |                           |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>En porcentaje (%)</b> |                            |                           |                           |
| <b>Clase de Ladrillo</b> | <b>Máxima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición Ladrillo</b> |
| I                        | 22                         | 19.02                     | Cumple                    |
| II                       | 22                         | 19.02                     | Cumple                    |
| III                      | 22                         | 19.02                     | Cumple                    |
| IV                       | 22                         | 19.02                     | Cumple                    |
| V                        | 22                         | 19.02                     | Cumple                    |

**Tabla 45. Comparación de absorción. Ladrillera F, con valores específicos**

| <b>ABSORCIÓN</b>         |                            |                           |                           |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>En porcentaje (%)</b> |                            |                           |                           |
| <b>Clase de Ladrillo</b> | <b>Máxima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición Ladrillo</b> |
| I                        | 22                         | 17.21                     | Cumple                    |
| II                       | 22                         | 17.21                     | Cumple                    |
| III                      | 22                         | 17.21                     | Cumple                    |
| IV                       | 22                         | 17.21                     | Cumple                    |
| V                        | 22                         | 17.21                     | Cumple                    |

**Tabla 46. Comparación de absorción. Ladrillera G, con valores específicos**

| <b>ABSORCIÓN</b>         |                            |                           |                           |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>En porcentaje (%)</b> |                            |                           |                           |
| <b>Clase de Ladrillo</b> | <b>Máxima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición Ladrillo</b> |
| I                        | 22                         | 16.67                     | Cumple                    |
| II                       | 22                         | 16.67                     | Cumple                    |
| III                      | 22                         | 16.67                     | Cumple                    |
| IV                       | 22                         | 16.67                     | Cumple                    |
| V                        | 22                         | 16.67                     | Cumple                    |

**Tabla 47. Comparación de absorción. Ladrillera H, con valores específicos**

| <b>ABSORCIÓN</b>         |                            |                           |                           |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>En porcentaje (%)</b> |                            |                           |                           |
| <b>Clase de Ladrillo</b> | <b>Máxima Especificada</b> | <b>Promedio calculado</b> | <b>Condición Ladrillo</b> |
| I                        | 22                         | 15.00                     | Cumple                    |
| II                       | 22                         | 15.00                     | Cumple                    |
| III                      | 22                         | 15.00                     | Cumple                    |
| IV                       | 22                         | 15.00                     | Cumple                    |
| V                        | 22                         | 15.00                     | Cumple                    |

Los resultados nos muestran que todas las ladrilleras están por debajo de los límites permisibles de absorción, según las Norma E.070 la cual nos indica que debe estar por debajo del 22%. Contradiendo a nuestra hipótesis planteada.

De la tabla 42 correspondiente a la ladrillera C nos arroja el 19.67% < 22%, representado la más alta absorción. De la Tabla 47 correspondiente a la ladrillera H nos arroja el 15% < 22%, representando la más baja absorción.

Si lo comparamos con la tesis Dionisia Rosa Aguirre (2004) realizado en la Región central de Junín, determina que la absorción de los ladrillos artesanales de la Región central de Junín es mayor al 22%, en cambio los ladrillos de la zona del Frutillo – Bambamarca están por debajo de este límite.

Por lo tanto, todos los ladrillos cumplen con la Norma E.070 de albañilería

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### A. CONCLUSIONES

1. Los resultados nos muestran que las ladrilleras no tienen un elevado porcentaje de variación dimensional tanto en lo longitudinal, ancho y altura, siendo la ladrillera C la que tiene menor variación. Por lo tanto se puede concluir que las unidades son aceptables para la albañilería de uso moderado y general.
2. Según las tablas 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 y 31 correspondiente al ensayo de alabeo se tiene los siguientes resultados: La ladrillera C tiene un alabeo de 1 mm, las ladrilleras B, E, F Y H tienen un alabeo de 2 mm y las ladrilleras A, D y G, tienen un alabeo de 3 mm. Estando dentro del rango permisible por la norma E.070 del reglamento nacional de edificaciones.
3. De los ensayos de resistencia a la compresión, se concluye que la ladrillera A según la tabla 32, tiene la más alta resistencia a la compresión llegando a 10.01 Mpa, luego tenemos tabla 36 correspondiente a la ladrillera E con 9.42 Mpa, y según las tablas 33, 39, 38,34, 35 y 37 correspondiente a las ladrilleras B, H, G, C, D y F se tiene los valores de 7.00, 7.25, 7.48, 7.52, 7.69 y 7.79 Mpa, respectivamente.
4. Los ladrillos fabricados artesanalmente el caserío del Frutillo – Bambamarca clasifican indistintamente para fines estructurales, desde los destinados a construcciones de servicio moderado (tipo II), hasta construcciones de servicio de uso general (tipo III). Según la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, la cual nos indica que un ladrillo tipo II mínimo debe tener una resistencia a la compresión de 6.9 Mpa y un ladrillo Tipo III debe tener una resistencia a la compresión de 9.3 Mpa.

5. Comparando los resultados obtenidos en la presente investigación de los ladrillos fabricados artesanalmente en el Caserío del Frutillo – Bambamarca los cuales clasifican en Tipo II y III, comparando con los resultados obtenidos por la Fernández, K. (2010) de los estudios realizados en los ladrillos fabricados artesanalmente en el C.P. Santa Bárbara – Baños del Inca se clasifica en Tipo I, II y III. Concluyo que el ladrillo fabricado artesanalmente en el caserío el Frutillo tiene similares características a los elaborados en el C.P. Santa Bárbara - Baños del Inca.
  
6. Todas las ladrilleras artesanales del Frutillo -Bambamarca están por debajo de los límites permisibles de absorción, según las norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones la cual nos indica que debe estar por debajo del 22% para ladrillos artesanales, en los ensayos se ha determinado que las fabricas tienen los siguientes valores de absorción como es el 18.53%, 16.40%, 19.67%, 15.68%, 19.02%, 17.21%, 16.67% y 15.00% en las ladrilleras A, B, C, D, E, F, G y H respectivamente.

## **B. RECOMENDACIONES**

1. Se deben realizar más investigaciones y ensayos de las ladrilleras artesanales del caserío el Frutillos y del distrito de Bambamarca, con la finalidad de tener una data de todas las ladrilleras de la zona y patentar sus características y procesos de fabricación.
2. Se recomienda a los fabricantes de ladrillos artesanales de la zona formalizar sus ladrilleras para tener acceso a licitaciones en obras públicas y privadas.
3. Hacer estudios sobre la materia prima que se utiliza en esta zona para la fabricación de ladrillos.
4. Mejorar la calidad del ladrillo artesanal hasta llegar a la producción semi-industrial, para luego llegar a la industrialización.
5. Recomendar a la Facultad de Ingeniería, que docente y alumnos realicen estudios de albañilería de acuerdo a la realidad del Caserío el Frutillo – Bambamarca.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Barranzuela, J. 2014. Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil. Piura, Perú. Universidad de Piura. 87 p.
2. Clews, F.H. 1969. *Heavy clay technology* (2ª). New York: Academic Press.
3. Del Busto, A. 1991. *La arcilla aplicada en la industria de la construcción para la fabricación de ladrillos y acabados cerámicos*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.
4. Del Río, J. 1975. *Materiales de construcción* (4ª). Barcelona: Juan Bruger.
5. Fernández, Y.K. 2010. Estudio de la Influencia del Tipo de arcilla en las características técnicas del ladrillo. Santa Bárbara – Cajamarca. Tesis Mag. En Ciencias. Cajamarca, Perú. Universidad nacional de Cajamarca. 188 p.
6. Gallegos, H. 2000. *Albañilería estructural*. Perú: Fondo editorial PUCP
7. INDICOPI. 2006. Norma Técnica Peruana. S/E. Lima, Perú
8. Kohl, A., & Bastian, K. 1978. *Tratado moderno de albañilería* (2ª). Barcelona: José Montesó.
9. Marchena, J. 2004. Albañilería estructural. Universidad nacional de Cajamarca. Facultad de Ingeniería. S/E. Cajamarca, Perú.
10. Moreno, F. 1981. *El ladrillo en la construcción*. España: Ediciones CEAC.
11. Ministerio de Vivienda, saneamiento y Construcción. 2006. Reglamento Nacional de Edificaciones. S/E. Edit. Grupo Universitario. Lima, Perú.
12. Norma Técnica Peruana. 2003. *Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos*. (NTP 331.017:2003). Lima: INDECOPI

13. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. (1970). *Establecimiento de industrias y ladrillos de ladrillos y tejas en los países en desarrollo*. New York: Naciones Unidas.
14. Rhodes, D. 1999. *Arcilla y vidriado para el ceramista*. España: Ediciones CEAC.
15. Sociedad geológica mexicana. *Arcilla, clasificación, identificación usos y especificaciones industriales*. Recuperado de <http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/epoca03/de-pablo.pdf>
16. Somayaji, S. 2001. *Civil engineering materials (2ª)*. New Jersey: Prentice Hall.

## ANEXOS

### Anexo N° 1. Ensayo de variación dimensional

**TABLA N° 48. Ensayo de variación dimensional del ladrillo A del Caserío el Frutillo - Bambamarca.**

| Espécimen | Largo (mm) |     |     |           |            | Ancho (mm) |     |     |           |            | Altura (mm) |                         |    |           |       |
|-----------|------------|-----|-----|-----------|------------|------------|-----|-----|-----------|------------|-------------|-------------------------|----|-----------|-------|
|           | L1         | L2  | L3  | L4        | L0         | A1         | A2  | A3  | A4        | A0         | H1          | H2                      | H3 | H4        | H0    |
| A1        | 223        | 223 | 225 | 224       | 223.75     | 129        | 130 | 129 | 131       | 129.75     | 75          | 76                      | 78 | 76        | 76.25 |
| A2        | 224        | 224 | 222 | 224       | 223.50     | 135        | 131 | 129 | 129       | 131.00     | 76          | 76                      | 75 | 75        | 75.50 |
| A3        | 224        | 223 | 222 | 222       | 222.75     | 130        | 129 | 133 | 132       | 131.00     | 74          | 75                      | 77 | 74        | 75.00 |
| A4        | 222        | 223 | 225 | 225       | 223.75     | 128        | 128 | 134 | 133       | 130.75     | 73          | 75                      | 74 | 73        | 73.75 |
| A5        | 225        | 226 | 229 | 229       | 227.25     | 132        | 132 | 134 | 134       | 133.00     | 75          | 75                      | 78 | 79        | 76.75 |
| A6        | 227        | 228 | 225 | 226       | 226.50     | 131        | 131 | 133 | 134       | 132.25     | 75          | 78                      | 78 | 79        | 77.50 |
| A7        | 225        | 226 | 225 | 222       | 224.50     | 131        | 132 | 133 | 135       | 132.75     | 79          | 78                      | 73 | 75        | 76.25 |
| A8        | 227        | 227 | 228 | 227       | 227.25     | 132        | 131 | 133 | 133       | 132.25     | 78          | 78                      | 76 | 77        | 77.25 |
| A9        | 226        | 227 | 226 | 224       | 225.75     | 132        | 132 | 133 | 133       | 132.50     | 75          | 77                      | 78 | 78        | 77.00 |
| A10       | 228        | 227 | 225 | 224       | 226.00     | 131        | 131 | 133 | 135       | 132.50     | 78          | 76                      | 74 | 78        | 76.50 |
| A11       | 224        | 224 | 227 | 226       | 225.25     | 129        | 129 | 134 | 135       | 131.75     | 75          | 75                      | 74 | 76        | 75.00 |
| A12       | 223        | 225 | 224 | 224       | 224.00     | 130        | 130 | 131 | 131       | 130.50     | 74          | 74                      | 76 | 75        | 74.75 |
| A13       | 224        | 224 | 225 | 225       | 224.50     | 130        | 130 | 132 | 131       | 130.75     | 75          | 75                      | 77 | 76        | 75.75 |
| A14       | 224        | 224 | 224 | 224       | 224.00     | 130        | 130 | 132 | 131       | 130.75     | 76          | 75                      | 76 | 76        | 75.75 |
| A15       | 224        | 224 | 225 | 224       | 224.25     | 129        | 130 | 132 | 131       | 130.50     | 76          | 75                      | 76 | 75        | 75.50 |
| A16       | 224        | 223 | 224 | 224       | 223.75     | 130        | 130 | 129 | 132       | 130.25     | 74          | 76                      | 77 | 76        | 75.75 |
| A17       | 223        | 225 | 225 | 226       | 224.75     | 130        | 130 | 132 | 132       | 131.00     | 75          | 75                      | 74 | 75        | 74.75 |
| A18       | 225        | 225 | 226 | 224       | 225.00     | 132        | 132 | 133 | 134       | 132.75     | 77          | 77                      | 76 | 77        | 76.75 |
| A19       | 226        | 226 | 228 | 228       | 227.00     | 132        | 131 | 134 | 134       | 132.75     | 74          | 75                      | 76 | 74        | 74.75 |
| A20       | 223        | 224 | 225 | 225       | 224.25     | 129        | 130 | 131 | 133       | 130.75     | 76          | 74                      | 76 | 75        | 75.25 |
| A21       | 224        | 224 | 225 | 225       | 224.50     | 130        | 130 | 130 | 132       | 130.50     | 76          | 75                      | 76 | 74        | 75.25 |
| A22       | 224        | 224 | 226 | 225       | 224.75     | 130        | 130 | 132 | 131       | 130.75     | 76          | 74                      | 75 | 74        | 74.75 |
| A23       | 225        | 224 | 224 | 225       | 224.50     | 130        | 129 | 133 | 132       | 131.00     | 76          | 75                      | 76 | 75        | 75.50 |
| A24       | 224        | 224 | 226 | 225       | 224.75     | 131        | 130 | 133 | 131       | 131.25     | 75          | 74                      | 74 | 74        | 74.25 |
| A25       | 223        | 223 | 224 | 224       | 223.50     | 129        | 130 | 131 | 131       | 130.25     | 76          | 75                      | 73 | 74        | 74.50 |
|           |            |     |     | L         | 240.00     |            |     |     | A         | 140.00     |             |                         |    | H         | 85.00 |
|           |            |     |     | $\sigma$  | 1.19       |            |     |     | $\sigma$  | 0.95       |             |                         |    | $\sigma$  | 0.96  |
|           |            |     |     | $\bar{L}$ | 224.79     |            |     |     | $\bar{A}$ | 131.33     |             |                         |    | $\bar{H}$ | 75.60 |
|           |            |     |     | %         | 6.34       |            |     |     | %         | 6.19       |             |                         |    | %         | 11.06 |
|           |            |     |     | V         | 2856000.00 |            |     |     | $\bar{V}$ | 2231838.30 |             | $\Delta V$ promedio (%) |    |           | 21.85 |

**Tabla 49. Ensayo de variación dimensional del ladrillo B del Caserío el Frutillo - Bambamarca.**

| Espécimen | Largo (mm) |     |     |           |            | Ancho (mm) |     |     |           |            | Altura (mm) |    |                         |           |       |
|-----------|------------|-----|-----|-----------|------------|------------|-----|-----|-----------|------------|-------------|----|-------------------------|-----------|-------|
|           | L1         | L2  | L3  | L4        | L0         | A1         | A2  | A3  | A4        | A0         | H1          | H2 | H3                      | H4        | H0    |
| B1        | 216        | 215 | 220 | 217       | 217.00     | 122        | 123 | 125 | 126       | 124.00     | 75          | 74 | 72                      | 73        | 73.50 |
| B2        | 218        | 219 | 219 | 220       | 219.00     | 122        | 123 | 124 | 124       | 123.25     | 74          | 76 | 76                      | 74        | 75.00 |
| B3        | 217        | 217 | 218 | 218       | 217.50     | 122        | 122 | 123 | 125       | 123.00     | 76          | 73 | 73                      | 76        | 74.50 |
| B4        | 219        | 219 | 221 | 222       | 220.25     | 122        | 123 | 124 | 124       | 123.25     | 76          | 76 | 74                      | 74        | 75.00 |
| B5        | 216        | 216 | 217 | 218       | 216.75     | 122        | 122 | 122 | 123       | 122.25     | 73          | 73 | 73                      | 72        | 72.75 |
| B6        | 218        | 217 | 218 | 218       | 217.75     | 124        | 125 | 125 | 125       | 124.75     | 73          | 73 | 72                      | 72        | 72.50 |
| B7        | 217        | 217 | 218 | 217       | 217.25     | 124        | 124 | 125 | 126       | 124.75     | 74          | 73 | 74                      | 73        | 73.50 |
| B8        | 216        | 217 | 217 | 218       | 217.00     | 128        | 128 | 125 | 124       | 126.25     | 76          | 74 | 73                      | 73        | 74.00 |
| B9        | 215        | 216 | 219 | 218       | 217.00     | 123        | 123 | 124 | 124       | 123.50     | 74          | 73 | 71                      | 72        | 72.50 |
| B10       | 217        | 218 | 221 | 222       | 219.50     | 123        | 124 | 124 | 125       | 124.00     | 70          | 70 | 73                      | 73        | 71.50 |
| B11       | 217        | 216 | 218 | 218       | 217.25     | 121        | 121 | 124 | 124       | 122.50     | 74          | 73 | 73                      | 74        | 73.50 |
| B12       | 218        | 219 | 218 | 217       | 218.00     | 123        | 123 | 124 | 124       | 123.50     | 70          | 72 | 74                      | 73        | 72.25 |
| B13       | 218        | 218 | 218 | 218       | 218.00     | 123        | 123 | 124 | 124       | 123.50     | 75          | 75 | 73                      | 72        | 73.75 |
| B14       | 219        | 218 | 220 | 221       | 219.50     | 122        | 122 | 124 | 125       | 123.25     | 72          | 71 | 75                      | 75        | 73.25 |
| B15       | 219        | 219 | 221 | 219       | 219.50     | 123        | 122 | 124 | 125       | 123.50     | 75          | 74 | 76                      | 74        | 74.75 |
| B16       | 216        | 215 | 218 | 218       | 216.75     | 121        | 122 | 123 | 123       | 122.25     | 74          | 74 | 76                      | 74        | 74.50 |
| B17       | 216        | 215 | 216 | 215       | 215.50     | 121        | 121 | 124 | 124       | 122.50     | 75          | 74 | 73                      | 73        | 73.75 |
| B18       | 219        | 219 | 221 | 221       | 220.00     | 123        | 123 | 125 | 125       | 124.00     | 76          | 74 | 74                      | 74        | 74.50 |
| B19       | 216        | 216 | 217 | 217       | 216.50     | 122        | 121 | 124 | 124       | 122.75     | 73          | 73 | 75                      | 73        | 73.50 |
| B20       | 219        | 218 | 221 | 221       | 219.75     | 123        | 123 | 124 | 124       | 123.50     | 71          | 73 | 74                      | 74        | 73.00 |
| B21       | 217        | 216 | 221 | 221       | 218.75     | 122        | 122 | 124 | 124       | 123.00     | 74          | 72 | 71                      | 73        | 72.50 |
| B22       | 216        | 218 | 217 | 216       | 216.75     | 123        | 124 | 125 | 126       | 124.50     | 72          | 73 | 72                      | 73        | 72.50 |
| B23       | 215        | 216 | 218 | 219       | 217.00     | 122        | 122 | 124 | 124       | 123.00     | 73          | 74 | 76                      | 74        | 74.25 |
| B24       | 218        | 218 | 219 | 219       | 218.50     | 123        | 124 | 124 | 124       | 123.75     | 72          | 71 | 71                      | 72        | 71.50 |
| B25       | 217        | 217 | 219 | 218       | 217.75     | 122        | 123 | 125 | 125       | 123.75     | 71          | 70 | 72                      | 72        | 71.25 |
|           |            |     |     | L         | 230.00     |            |     |     | A         | 130.00     |             |    |                         | H         | 80.00 |
|           |            |     |     | $\sigma$  | 1.25       |            |     |     | $\sigma$  | 0.88       |             |    |                         | $\sigma$  | 1.07  |
|           |            |     |     | $\bar{L}$ | 217.94     |            |     |     | $\bar{A}$ | 123.53     |             |    |                         | $\bar{H}$ | 73.34 |
|           |            |     |     | %         | 5.24       |            |     |     | %         | 4.98       |             |    |                         | %         | 8.33  |
|           |            |     |     | V         | 2392000.00 |            |     |     | $\bar{V}$ | 1974468.88 |             |    | $\Delta V$ promedio (%) |           | 17.46 |

**Tabla 50. Ensayo de variación dimensional del ladrillo C del Caserío el Frutillo - Bambamarca.**

| Especimen | Largo (mm) |     |     |           |            | Ancho (mm) |     |     |           |            | Altura (mm) |                         |    |           |       |
|-----------|------------|-----|-----|-----------|------------|------------|-----|-----|-----------|------------|-------------|-------------------------|----|-----------|-------|
|           | L1         | L2  | L3  | L4        | L0         | A1         | A2  | A3  | A4        | A0         | H1          | H2                      | H3 | H4        | H0    |
| C1        | 221        | 221 | 222 | 222       | 221.50     | 126        | 126 | 127 | 128       | 126.75     | 76          | 76                      | 74 | 73        | 74.75 |
| C2        | 224        | 224 | 225 | 223       | 224.00     | 126        | 128 | 125 | 128       | 126.75     | 75          | 75                      | 73 | 72        | 73.75 |
| C3        | 224        | 224 | 223 | 223       | 223.50     | 125        | 128 | 127 | 128       | 127.00     | 75          | 75                      | 73 | 73        | 74.00 |
| C4        | 223        | 224 | 223 | 223       | 223.25     | 127        | 127 | 127 | 128       | 127.25     | 74          | 73                      | 72 | 74        | 73.25 |
| C5        | 222        | 222 | 222 | 222       | 222.00     | 125        | 125 | 126 | 126       | 125.50     | 74          | 75                      | 74 | 75        | 74.50 |
| C6        | 223        | 225 | 223 | 224       | 223.75     | 127        | 127 | 127 | 128       | 127.25     | 73          | 74                      | 73 | 73        | 73.25 |
| C7        | 221        | 221 | 223 | 223       | 222.00     | 126        | 124 | 127 | 124       | 125.25     | 73          | 74                      | 76 | 75        | 74.50 |
| C8        | 223        | 224 | 224 | 223       | 223.50     | 125        | 123 | 127 | 129       | 126.00     | 73          | 73                      | 71 | 71        | 72.00 |
| C9        | 221        | 221 | 222 | 222       | 221.50     | 126        | 125 | 127 | 127       | 126.25     | 74          | 73                      | 76 | 74        | 74.25 |
| C10       | 223        | 223 | 223 | 222       | 222.75     | 127        | 125 | 129 | 127       | 127.00     | 71          | 73                      | 75 | 74        | 73.25 |
| C11       | 223        | 223 | 225 | 224       | 223.75     | 127        | 125 | 129 | 126       | 126.75     | 73          | 73                      | 74 | 73        | 73.25 |
| C12       | 221        | 223 | 223 | 223       | 222.50     | 126        | 126 | 127 | 127       | 126.50     | 73          | 73                      | 72 | 73        | 72.75 |
| C13       | 224        | 224 | 223 | 223       | 223.50     | 126        | 126 | 126 | 128       | 126.50     | 75          | 74                      | 74 | 73        | 74.00 |
| C14       | 222        | 223 | 224 | 223       | 223.00     | 126        | 126 | 127 | 127       | 126.50     | 74          | 74                      | 74 | 74        | 74.00 |
| C15       | 223        | 224 | 225 | 224       | 224.00     | 127        | 127 | 128 | 128       | 127.50     | 74          | 74                      | 75 | 75        | 74.50 |
| C16       | 221        | 222 | 223 | 223       | 222.25     | 125        | 125 | 126 | 126       | 125.50     | 75          | 74                      | 75 | 74        | 74.50 |
| C17       | 221        | 221 | 222 | 223       | 221.75     | 126        | 126 | 128 | 128       | 127.00     | 74          | 73                      | 75 | 73        | 73.75 |
| C18       | 222        | 225 | 224 | 223       | 223.50     | 125        | 125 | 126 | 126       | 125.50     | 72          | 73                      | 74 | 73        | 73.00 |
| C19       | 220        | 222 | 222 | 222       | 221.50     | 125        | 125 | 127 | 127       | 126.00     | 74          | 73                      | 73 | 74        | 73.50 |
| C20       | 224        | 224 | 224 | 224       | 224.00     | 127        | 127 | 128 | 127       | 127.25     | 74          | 72                      | 73 | 75        | 73.50 |
| C21       | 220        | 220 | 222 | 222       | 221.00     | 125        | 127 | 128 | 128       | 127.00     | 74          | 74                      | 73 | 73        | 73.50 |
| C22       | 221        | 222 | 220 | 221       | 221.00     | 125        | 125 | 127 | 126       | 125.75     | 72          | 72                      | 74 | 74        | 73.00 |
| C23       | 223        | 223 | 223 | 224       | 223.25     | 126        | 127 | 128 | 128       | 127.25     | 75          | 75                      | 74 | 74        | 74.50 |
| C24       | 223        | 223 | 224 | 225       | 223.75     | 127        | 127 | 128 | 128       | 127.50     | 74          | 74                      | 74 | 74        | 74.00 |
| C25       | 223        | 223 | 225 | 225       | 224.00     | 125        | 126 | 127 | 128       | 126.50     | 74          | 73                      | 74 | 73        | 73.50 |
|           |            |     |     | L         | 230.00     |            |     |     | A         | 130.00     |             |                         |    | H         | 80.00 |
|           |            |     |     | $\sigma$  | 1.00       |            |     |     | $\sigma$  | 0.66       |             |                         |    | $\sigma$  | 0.65  |
|           |            |     |     | $\bar{L}$ | 222.82     |            |     |     | $\bar{A}$ | 126.56     |             |                         |    | $\bar{H}$ | 73.71 |
|           |            |     |     | %         | 3.12       |            |     |     | %         | 2.65       |             |                         |    | %         | 7.86  |
|           |            |     |     | V         | 2392000.00 |            |     |     | $\bar{V}$ | 2078629.31 |             | $\Delta V$ promedio (%) |    |           | 13.10 |

**Tabla 51. Ensayo de variación dimensional del ladrillo D del Caserío el Frutillo - Bambamarca.**

| Espécimen | Largo (mm) |     |     |           |            | Ancho (mm) |     |     |           |            | Altura (mm) |    |                         |           |       |
|-----------|------------|-----|-----|-----------|------------|------------|-----|-----|-----------|------------|-------------|----|-------------------------|-----------|-------|
|           | L1         | L2  | L3  | L4        | L0         | A1         | A2  | A3  | A4        | A0         | H1          | H2 | H3                      | H4        | H0    |
| D1        | 218        | 218 | 219 | 219       | 218.50     | 123        | 123 | 125 | 126       | 124.25     | 72          | 73 | 74                      | 73        | 73.00 |
| D2        | 219        | 219 | 220 | 220       | 219.50     | 124        | 124 | 125 | 126       | 124.75     | 71          | 74 | 73                      | 73        | 72.75 |
| D3        | 218        | 218 | 218 | 215       | 217.25     | 122        | 123 | 124 | 124       | 123.25     | 73          | 74 | 74                      | 73        | 73.50 |
| D4        | 219        | 219 | 220 | 219       | 219.25     | 124        | 124 | 125 | 126       | 124.75     | 74          | 74 | 73                      | 71        | 73.00 |
| D5        | 217        | 217 | 216 | 217       | 216.75     | 122        | 123 | 124 | 124       | 123.25     | 74          | 73 | 73                      | 74        | 73.50 |
| D6        | 218        | 218 | 215 | 217       | 217.00     | 123        | 123 | 124 | 124       | 123.50     | 75          | 73 | 73                      | 74        | 73.75 |
| D7        | 219        | 219 | 217 | 218       | 218.25     | 124        | 124 | 125 | 124       | 124.25     | 73          | 73 | 74                      | 73        | 73.25 |
| D8        | 217        | 217 | 219 | 220       | 218.25     | 125        | 125 | 125 | 125       | 125.00     | 73          | 73 | 74                      | 72        | 73.00 |
| D9        | 218        | 218 | 218 | 218       | 218.00     | 123        | 123 | 125 | 125       | 124.00     | 74          | 73 | 74                      | 72        | 73.25 |
| D10       | 219        | 218 | 217 | 217       | 217.75     | 123        | 123 | 124 | 125       | 123.75     | 74          | 74 | 74                      | 73        | 73.75 |
| D11       | 219        | 219 | 219 | 219       | 219.00     | 124        | 124 | 126 | 126       | 125.00     | 74          | 74 | 72                      | 74        | 73.50 |
| D12       | 218        | 218 |     |           | 109.00     | 124        | 124 | 220 | 220       | 172.00     | 74          | 74 | 74                      | 74        | 74.00 |
| D13       | 218        | 218 | 219 | 219       | 218.50     | 123        | 122 | 125 | 125       | 123.75     | 74          | 73 | 73                      | 74        | 73.50 |
| D14       | 220        | 219 | 220 | 220       | 219.75     | 124        | 124 | 125 | 125       | 124.50     | 73          | 71 | 77                      | 72        | 73.25 |
| D15       | 221        | 218 | 216 | 218       | 218.25     | 124        | 124 | 126 | 125       | 124.75     | 78          | 70 | 72                      | 72        | 73.00 |
| D16       | 221        | 221 | 226 | 226       | 223.50     | 120        | 120 | 127 | 126       | 123.25     | 72          | 72 | 73                      | 70        | 71.75 |
| D17       | 219        | 219 | 219 | 219       | 219.00     | 124        | 124 | 125 | 125       | 124.50     | 74          | 74 | 74                      | 73        | 73.75 |
| D18       | 218        | 218 | 218 | 219       | 218.25     | 123        | 123 | 125 | 125       | 124.00     | 72          | 72 | 72                      | 72        | 72.00 |
| D19       | 217        | 217 | 217 | 219       | 217.50     | 123        | 123 | 125 | 124       | 123.75     | 73          | 71 | 72                      | 72        | 72.00 |
| D20       | 218        | 218 | 220 | 219       | 218.75     | 123        | 124 | 125 | 126       | 124.50     | 73          | 72 | 73                      | 71        | 72.25 |
| D21       | 216        | 216 | 216 | 216       | 216.00     | 122        | 122 | 124 | 124       | 123.00     | 73          | 73 | 74                      | 74        | 73.50 |
| D22       | 218        | 217 | 217 | 217       | 217.25     | 123        | 123 | 124 | 124       | 123.50     | 74          | 72 | 71                      | 73        | 72.50 |
| D23       | 217        | 217 | 217 | 216       | 216.75     | 123        | 123 | 124 | 124       | 123.50     | 74          | 75 | 72                      | 73        | 73.50 |
| D24       | 217        | 218 | 220 | 219       | 218.50     | 123        | 123 | 125 | 125       | 124.00     | 71          | 73 | 74                      | 72        | 72.50 |
| D25       | 218        | 217 | 219 | 219       | 218.25     | 123        | 123 | 125 | 124       | 123.75     | 73          | 72 | 73                      | 73        | 72.75 |
|           |            |     |     | L         | 230.00     |            |     |     | A         | 130.00     |             |    |                         | H         | 80.00 |
|           |            |     |     | $\sigma$  | 21.47      |            |     |     | $\sigma$  | 9.42       |             |    |                         | $\sigma$  | 0.60  |
|           |            |     |     | $\bar{L}$ | 213.95     |            |     |     | $\bar{A}$ | 125.94     |             |    |                         | $\bar{H}$ | 73.06 |
|           |            |     |     | %         | 6.98       |            |     |     | %         | 3.12       |             |    |                         | %         | 8.68  |
|           |            |     |     | V         | 2392000.00 |            |     |     | $\bar{V}$ | 1968591.69 |             |    | $\Delta V$ promedio (%) |           | 17.70 |

**Tabla 52. Ensayo de variación dimensional del ladrillo E del Caserío el Frutillo - Bambamarca.**

| Espécimen | Largo (mm) |     |     |           |            | Ancho (mm) |     |     |           |            | Altura (mm) |                         |    |           |       |
|-----------|------------|-----|-----|-----------|------------|------------|-----|-----|-----------|------------|-------------|-------------------------|----|-----------|-------|
|           | L1         | L2  | L3  | L4        | L0         | A1         | A2  | A3  | A4        | A0         | H1          | H2                      | H3 | H4        | H0    |
| E1        | 213        | 213 | 213 | 214       | 213.25     | 129        | 129 | 133 | 133       | 131.00     | 74          | 74                      | 74 | 73        | 73.75 |
| E2        | 215        | 215 | 216 | 216       | 215.50     | 130        | 130 | 133 | 133       | 131.50     | 76          | 76                      | 76 | 74        | 75.50 |
| E3        | 219        | 218 | 219 | 219       | 218.75     | 133        | 132 | 134 | 135       | 133.50     | 74          | 75                      | 77 | 76        | 75.50 |
| E4        | 215        | 215 | 215 | 214       | 214.75     | 130        | 129 | 131 | 130       | 130.00     | 76          | 76                      | 77 | 76        | 76.25 |
| E5        | 215        | 214 | 215 | 215       | 214.75     | 130        | 133 | 133 | 133       | 132.25     | 77          | 76                      | 75 | 74        | 75.50 |
| E6        | 219        | 220 | 220 | 219       | 219.50     | 132        | 133 | 136 | 136       | 134.25     | 76          | 75                      | 76 | 76        | 75.75 |
| E7        | 219        | 219 | 221 | 220       | 219.75     | 133        | 133 | 134 | 132       | 133.00     | 71          | 72                      | 76 | 75        | 73.50 |
| E8        | 212        | 214 | 214 | 215       | 213.75     | 130        | 129 | 129 | 132       | 130.00     | 76          | 75                      | 74 | 74        | 74.75 |
| E9        | 218        | 216 | 219 | 217       | 217.50     | 132        | 130 | 133 | 136       | 132.75     | 74          | 75                      | 74 | 74        | 74.25 |
| E10       | 214        | 214 | 215 | 214       | 214.25     | 132        | 132 | 132 | 132       | 132.00     | 78          | 77                      | 77 | 76        | 77.00 |
| E11       | 220        | 220 | 219 | 222       | 220.25     | 133        | 132 | 134 | 134       | 133.25     | 75          | 76                      | 77 | 75        | 75.75 |
| E12       | 214        | 213 | 213 | 214       | 213.50     | 128        | 129 | 129 | 129       | 128.75     | 74          | 74                      | 74 | 74        | 74.00 |
| E13       | 214        | 214 | 216 | 218       | 215.50     | 130        | 131 | 132 | 134       | 131.75     | 75          | 75                      | 76 | 76        | 75.50 |
| E14       | 219        | 218 | 219 | 218       | 218.50     | 132        | 131 | 133 | 133       | 132.25     | 76          | 76                      | 74 | 73        | 74.75 |
| E15       | 219        | 218 | 220 | 220       | 219.25     | 133        | 134 | 137 | 133       | 134.25     | 76          | 78                      | 75 | 74        | 75.75 |
| E16       | 214        | 211 | 211 | 212       | 212.00     | 128        | 128 | 127 | 128       | 127.75     | 74          | 74                      | 75 | 75        | 74.50 |
| E17       | 211        | 211 | 211 | 212       | 211.25     | 129        | 129 | 131 | 130       | 129.75     | 74          | 73                      | 74 | 74        | 73.75 |
| E18       | 214        | 213 | 215 | 216       | 214.50     | 129        | 130 | 132 | 132       | 130.75     | 76          | 76                      | 78 | 77        | 76.75 |
| E19       | 215        | 214 | 216 | 214       | 214.75     | 130        | 130 | 133 | 132       | 131.25     | 76          | 77                      | 77 | 77        | 76.75 |
| E20       | 214        | 213 | 214 | 213       | 213.50     | 128        | 128 | 130 | 131       | 129.25     | 74          | 75                      | 75 | 75        | 74.75 |
| E21       | 216        | 214 | 215 | 215       | 215.00     | 131        | 131 | 135 | 136       | 133.25     | 77          | 77                      | 77 | 75        | 76.50 |
| E22       | 215        | 215 | 216 | 215       | 215.25     | 135        | 135 | 133 | 132       | 133.75     | 76          | 75                      | 75 | 76        | 75.50 |
| E23       | 219        | 220 | 222 | 221       | 220.50     | 133        | 133 | 136 | 135       | 134.25     | 76          | 75                      | 75 | 75        | 75.25 |
| E24       | 219        | 219 | 220 | 220       | 219.50     | 135        | 133 | 137 | 136       | 135.25     | 77          | 77                      | 77 | 75        | 76.50 |
| E25       | 215        | 215 | 217 | 216       | 215.75     | 136        | 135 | 138 | 137       | 136.50     | 76          | 74                      | 77 | 75        | 75.50 |
|           |            |     |     | L         | 230.00     |            |     |     | A         | 140.00     |             |                         |    | H         | 85.00 |
|           |            |     |     | $\sigma$  | 2.68       |            |     |     | $\sigma$  | 2.08       |             |                         |    | $\sigma$  | 0.98  |
|           |            |     |     | $\bar{L}$ | 216.03     |            |     |     | $\bar{A}$ | 132.09     |             |                         |    | $\bar{H}$ | 75.33 |
|           |            |     |     | %         | 6.07       |            |     |     | %         | 5.65       |             |                         |    | %         | 11.38 |
|           |            |     |     | V         | 2737000.00 |            |     |     | $\bar{V}$ | 2149571.89 |             | $\Delta V$ promedio (%) |    |           | 21.46 |

**Tabla 53. Ensayo de variación dimensional del ladrillo Fdel Caserío el Frutillo - Bambamarca.**

| Especímen | Largo (mm) |     |     |           |            | Ancho (mm) |     |     |           |            | Altura (mm) |    |                         |           |       |
|-----------|------------|-----|-----|-----------|------------|------------|-----|-----|-----------|------------|-------------|----|-------------------------|-----------|-------|
|           | L1         | L2  | L3  | L4        | L0         | A1         | A2  | A3  | A4        | A0         | H1          | H2 | H3                      | H4        | H0    |
| F1        | 227        | 228 | 228 | 226       | 227.25     | 132        | 132 | 133 | 133       | 132.50     | 74          | 76 | 79                      | 78        | 76.75 |
| F2        | 229        | 229 | 228 | 228       | 228.50     | 134        | 135 | 135 | 137       | 135.25     | 78          | 76 | 74                      | 75        | 75.75 |
| F3        | 228        | 228 | 229 | 227       | 228.00     | 133        | 133 | 135 | 134       | 133.75     | 75          | 75 | 76                      | 75        | 75.25 |
| F4        | 229        | 227 | 229 | 229       | 228.50     | 134        | 132 | 135 | 134       | 133.75     | 77          | 77 | 76                      | 76        | 76.50 |
| F5        | 227        | 227 | 227 | 227       | 227.00     | 132        | 132 | 133 | 133       | 132.50     | 75          | 75 | 75                      | 76        | 75.25 |
| F6        | 227        | 227 | 228 | 228       | 227.50     | 132        | 133 | 133 | 135       | 133.25     | 74          | 75 | 75                      | 75        | 74.75 |
| F7        | 227        | 228 | 227 | 227       | 227.25     | 133        | 133 | 135 | 134       | 133.75     | 78          | 78 | 75                      | 74        | 76.25 |
| F8        | 228        | 228 | 226 | 226       | 227.00     | 133        | 133 | 134 | 133       | 133.25     | 76          | 76 | 77                      | 77        | 76.50 |
| F9        | 229        | 229 | 229 | 229       | 229.00     | 134        | 134 | 135 | 135       | 134.50     | 76          | 77 | 78                      | 76        | 76.75 |
| F10       | 229        | 229 | 227 | 228       | 228.25     | 133        | 133 | 134 | 134       | 133.50     | 77          | 76 | 77                      | 77        | 76.75 |
| F11       | 228        | 228 | 229 | 230       | 228.75     | 134        | 133 | 134 | 134       | 133.75     | 74          | 75 | 77                      | 78        | 76.00 |
| F12       | 227        | 227 | 227 | 227       | 227.00     | 133        | 133 | 135 | 134       | 133.75     | 78          | 77 | 76                      | 77        | 77.00 |
| F13       | 228        | 228 | 229 | 229       | 228.50     | 133        | 132 | 126 | 134       | 131.25     | 76          | 76 | 75                      | 76        | 75.75 |
| F14       | 228        | 228 | 229 | 228       | 228.25     | 133        | 133 | 135 | 134       | 133.75     | 77          | 75 | 75                      | 75        | 75.50 |
| F15       | 229        | 228 | 229 | 228       | 228.50     | 133        | 134 | 134 | 134       | 133.75     | 74          | 75 | 75                      | 73        | 74.25 |
| F16       | 228        | 228 | 227 | 228       | 227.75     | 134        | 133 | 134 | 134       | 133.75     | 76          | 76 | 77                      | 77        | 76.50 |
| F17       | 228        | 228 | 229 | 229       | 228.50     | 134        | 133 | 135 | 133       | 133.75     | 76          | 75 | 76                      | 76        | 75.75 |
| F18       | 227        | 227 | 229 | 229       | 228.00     | 134        | 132 | 135 | 134       | 133.75     | 78          | 77 | 75                      | 74        | 76.00 |
| F19       | 227        | 227 | 230 | 229       | 228.25     | 133        | 133 | 134 | 135       | 133.75     | 77          | 76 | 76                      | 76        | 76.25 |
| F20       | 227        | 227 | 228 | 229       | 227.75     | 133        | 134 | 134 | 135       | 134.00     | 77          | 75 | 78                      | 78        | 77.00 |
| F21       | 229        | 228 | 227 | 228       | 228.00     | 134        | 137 | 139 | 135       | 136.25     | 75          | 76 | 75                      | 76        | 75.50 |
| F22       | 230        | 230 | 230 | 230       | 230.00     | 135        | 135 | 135 | 136       | 135.25     | 76          | 77 | 76                      | 76        | 76.25 |
| F23       | 229        | 229 | 229 | 229       | 229.00     | 130        | 134 | 135 | 135       | 133.50     | 77          | 77 | 77                      | 78        | 77.25 |
| F24       | 225        | 226 | 227 | 223       | 225.25     | 130        | 130 | 130 | 132       | 130.50     | 76          | 75 | 75                      | 76        | 75.50 |
| F25       | 228        | 228 | 229 | 229       | 228.50     | 138        | 138 | 134 | 135       | 136.25     | 78          | 76 | 76                      | 75        | 76.25 |
|           |            |     |     | L         | 240.00     |            |     |     | A         | 140.00     |             |    |                         | H         | 85.00 |
|           |            |     |     | $\sigma$  | 0.90       |            |     |     | $\sigma$  | 1.24       |             |    |                         | $\sigma$  | 0.72  |
|           |            |     |     | $\bar{L}$ | 228.01     |            |     |     | $\bar{A}$ | 133.72     |             |    |                         | $\bar{H}$ | 76.05 |
|           |            |     |     | %         | 5.00       |            |     |     | %         | 4.49       |             |    |                         | %         | 10.53 |
|           |            |     |     | V         | 2856000.00 |            |     |     | $\bar{V}$ | 2318726.26 |             |    | $\Delta V$ promedio (%) |           | 18.81 |

**Tabla 54. Ensayo de variación dimensional del ladrillo G del Caserío el Frutillo - Bambamarca.**

| Espécimen | Largo (mm) |     |     |           |            | Ancho (mm) |     |     |           |            | Altura (mm) |    |                         |           |       |
|-----------|------------|-----|-----|-----------|------------|------------|-----|-----|-----------|------------|-------------|----|-------------------------|-----------|-------|
|           | L1         | L2  | L3  | L4        | L0         | A1         | A2  | A3  | A4        | A0         | H1          | H2 | H3                      | H4        | H0    |
| G1        | 215        | 215 | 214 | 215       | 214.75     | 121        | 121 | 122 | 124       | 122.00     | 73          | 74 | 73                      | 72        | 73.00 |
| G2        | 214        | 216 | 215 | 216       | 215.25     | 122        | 121 | 124 | 124       | 122.75     | 71          | 71 | 72                      | 71        | 71.25 |
| G3        | 213        | 213 | 214 | 213       | 213.25     | 120        | 121 | 122 | 123       | 121.50     | 73          | 73 | 73                      | 72        | 72.75 |
| G4        | 214        | 212 | 215 | 215       | 214.00     | 121        | 122 | 123 | 122       | 122.00     | 72          | 71 | 73                      | 71        | 71.75 |
| G5        | 215        | 214 | 216 | 215       | 215.00     | 121        | 121 | 122 | 123       | 121.75     | 75          | 75 | 73                      | 72        | 73.75 |
| G6        | 214        | 215 | 216 | 216       | 215.25     | 122        | 121 | 125 | 125       | 123.25     | 73          | 71 | 72                      | 72        | 72.00 |
| G7        | 213        | 213 | 216 | 217       | 214.75     | 120        | 212 | 123 | 123       | 144.50     | 75          | 72 | 72                      | 71        | 72.50 |
| G8        | 215        | 214 | 215 | 214       | 214.50     | 121        | 119 | 123 | 123       | 121.50     | 74          | 70 | 71                      | 73        | 72.00 |
| G9        | 214        | 213 | 213 | 213       | 213.25     | 120        | 119 | 122 | 122       | 120.75     | 73          | 73 | 71                      | 71        | 72.00 |
| G10       | 215        | 212 | 215 | 214       | 214.00     | 121        | 120 | 122 | 122       | 121.25     | 71          | 71 | 71                      | 72        | 71.25 |
| G11       | 213        | 213 | 213 | 217       | 214.00     | 121        | 120 | 125 | 124       | 122.50     | 70          | 74 | 73                      | 72        | 72.25 |
| G12       | 213        | 214 | 214 | 214       | 213.75     | 121        | 121 | 122 | 122       | 121.50     | 72          | 73 | 73                      | 73        | 72.75 |
| G13       | 214        | 214 | 214 | 214       | 214.00     | 121        | 121 | 121 | 122       | 121.25     | 72          | 72 | 73                      | 72        | 72.25 |
| G14       | 212        | 213 | 213 | 215       | 213.25     | 120        | 120 | 124 | 124       | 122.00     | 71          | 70 | 71                      | 71        | 70.75 |
| G15       | 214        | 214 | 215 | 216       | 214.75     | 121        | 121 | 125 | 125       | 123.00     | 73          | 72 | 72                      | 72        | 72.25 |
| G16       | 212        | 212 | 214 | 215       | 238.25     | 120        | 119 | 123 | 123       | 121.25     | 73          | 72 | 71                      | 71        | 71.75 |
| G17       | 214        | 213 | 214 | 215       | 214.00     | 120        | 120 | 121 | 123       | 121.00     | 73          | 72 | 72                      | 73        | 72.50 |
| G18       | 213        | 213 | 213 | 215       | 213.50     | 119        | 120 | 121 | 121       | 120.25     | 74          | 72 | 71                      | 71        | 72.00 |
| G19       | 213        | 213 | 214 | 215       | 213.75     | 121        | 121 | 121 | 121       | 121.00     | 72          | 72 | 71                      | 71        | 71.50 |
| G20       | 216        | 215 | 218 | 218       | 216.75     | 122        | 123 | 126 | 124       | 123.75     | 69          | 69 | 73                      | 71        | 70.50 |
| G21       | 214        | 213 | 214 | 214       | 213.75     | 120        | 120 | 120 | 121       | 120.25     | 72          | 71 | 74                      | 71        | 72.00 |
| G22       | 216        | 215 | 217 | 217       | 216.25     | 122        | 121 | 123 | 123       | 122.25     | 72          | 71 | 74                      | 72        | 72.25 |
| G23       | 213        | 213 | 214 | 214       | 213.50     | 120        | 121 | 122 | 123       | 121.50     | 72          | 72 | 73                      | 73        | 72.50 |
| G24       | 215        | 215 | 215 | 215       | 215.00     | 121        | 121 | 121 | 121       | 121.00     | 72          | 72 | 72                      | 73        | 72.25 |
| G25       | 212        | 212 | 216 | 215       | 213.75     | 120        | 121 | 123 | 122       | 121.50     | 71          | 72 | 74                      | 72        | 72.25 |
|           |            |     |     | L         | 230.00     |            |     |     | A         | 130.00     |             |    |                         | H         | 80.00 |
|           |            |     |     | $\sigma$  | 4.77       |            |     |     | $\sigma$  | 4.55       |             |    |                         | $\sigma$  | 0.68  |
|           |            |     |     | $\bar{L}$ | 215.29     |            |     |     | $\bar{A}$ | 122.61     |             |    |                         | $\bar{H}$ | 72.08 |
|           |            |     |     | %         | 6.40       |            |     |     | %         | 5.68       |             |    |                         | %         | 9.90  |
|           |            |     |     | V         | 2392000.00 |            |     |     | $\bar{V}$ | 1902674.63 |             |    | $\Delta V$ promedio (%) |           | 20.46 |

**Tabla 55. Ensayo de variación dimensional del ladrillo H del Caserío el Frutillo - Bambamarca.**

| Especimen | Largo (mm) |     |     |           |            | Ancho (mm) |     |     |           |            | Altura (mm) |    |                         |           |       |
|-----------|------------|-----|-----|-----------|------------|------------|-----|-----|-----------|------------|-------------|----|-------------------------|-----------|-------|
|           | L1         | L2  | L3  | L4        | L0         | A1         | A2  | A3  | A4        | A0         | H1          | H2 | H3                      | H4        | H0    |
| H1        | 222        | 223 | 225 | 224       | 223.50     | 126        | 126 | 129 | 129       | 127.50     | 74          | 77 | 77                      | 76        | 76.00 |
| H2        | 216        | 217 | 219 | 219       | 217.75     | 124        | 124 | 124 | 126       | 124.50     | 76          | 76 | 77                      | 76        | 76.25 |
| H3        | 217        | 218 | 219 | 220       | 218.50     | 124        | 123 | 123 | 124       | 123.50     | 76          | 76 | 77                      | 76        | 76.25 |
| H4        | 218        | 219 | 219 | 219       | 218.75     | 124        | 123 | 127 | 127       | 125.25     | 76          | 76 | 76                      | 76        | 76.00 |
| H5        | 217        | 218 | 219 | 219       | 218.25     | 124        | 123 | 125 | 124       | 124.00     | 78          | 78 | 76                      | 76        | 77.00 |
| H6        | 215        | 217 | 217 | 219       | 217.00     | 124        | 123 | 125 | 126       | 124.50     | 76          | 75 | 78                      | 78        | 76.75 |
| H7        | 222        | 222 | 224 | 224       | 223.00     | 127        | 126 | 130 | 130       | 128.25     | 77          | 77 | 78                      | 77        | 77.25 |
| H8        | 218        | 217 | 220 | 219       | 218.50     | 125        | 125 | 127 | 129       | 126.50     | 76          | 76 | 75                      | 75        | 75.50 |
| H9        | 219        | 219 | 221 | 223       | 220.50     | 126        | 126 | 130 | 129       | 127.75     | 77          | 76 | 76                      | 76        | 76.25 |
| H10       | 220        | 221 | 222 | 220       | 220.75     | 127        | 128 | 127 | 129       | 127.75     | 75          | 75 | 78                      | 73        | 75.25 |
| H11       | 223        | 223 | 225 | 224       | 223.75     | 128        | 128 | 129 | 130       | 128.75     | 76          | 75 | 77                      | 76        | 76.00 |
| H12       | 220        | 219 | 220 | 220       | 219.75     | 125        | 125 | 128 | 128       | 126.50     | 76          | 76 | 78                      | 76        | 76.50 |
| H13       | 219        | 219 | 223 | 224       | 221.25     | 126        | 125 | 128 | 129       | 127.00     | 73          | 77 | 77                      | 76        | 75.75 |
| H14       | 223        | 223 | 222 | 224       | 223.00     | 128        | 129 | 128 | 129       | 128.50     | 77          | 76 | 74                      | 74        | 75.25 |
| H15       | 221        | 221 | 224 | 224       | 222.50     | 127        | 127 | 129 | 129       | 128.00     | 76          | 76 | 77                      | 75        | 76.00 |
| H16       | 220        | 221 | 223 | 224       | 222.00     | 126        | 126 | 128 | 128       | 127.00     | 78          | 77 | 75                      | 77        | 76.75 |
| H17       | 220        | 220 | 221 | 222       | 220.75     | 126        | 127 | 128 | 128       | 127.25     | 77          | 76 | 74                      | 74        | 75.25 |
| H18       | 224        | 224 | 224 | 224       | 224.00     | 129        | 129 | 129 | 130       | 129.25     | 74          | 75 | 76                      | 76        | 75.25 |
| H19       | 218        | 218 | 218 | 218       | 218.00     | 124        | 124 | 126 | 126       | 125.00     | 78          | 78 | 78                      | 76        | 77.50 |
| H20       | 222        | 222 | 224 | 224       | 223.00     | 128        | 126 | 129 | 128       | 127.75     | 76          | 76 | 77                      | 76        | 76.25 |
| H21       | 217        | 217 | 221 | 220       | 218.75     | 124        | 124 | 126 | 126       | 125.00     | 76          | 76 | 77                      | 76        | 76.25 |
| H22       | 221        | 222 | 222 | 224       | 222.25     | 126        | 126 | 129 | 129       | 127.50     | 79          | 77 | 76                      | 76        | 77.00 |
| H23       | 223        | 223 | 224 | 224       | 223.50     | 129        | 129 | 130 | 130       | 129.50     | 72          | 73 | 76                      | 75        | 74.00 |
| H24       | 223        | 223 | 225 | 225       | 224.00     | 127        | 128 | 130 | 130       | 128.75     | 76          | 76 | 77                      | 77        | 76.50 |
| H25       | 221        | 221 | 224 | 222       | 222.00     | 126        | 128 | 129 | 129       | 128.00     | 73          | 74 | 75                      | 76        | 74.50 |
|           |            |     |     | L         | 240.00     |            |     |     | A         | 140.00     |             |    |                         | H         | 90.00 |
|           |            |     |     | $\sigma$  | 2.22       |            |     |     | $\sigma$  | 1.68       |             |    |                         | $\sigma$  | 0.81  |
|           |            |     |     | $\bar{L}$ | 221.00     |            |     |     | $\bar{A}$ | 126.93     |             |    |                         | $\bar{H}$ | 76.05 |
|           |            |     |     | %         | 7.92       |            |     |     | %         | 9.34       |             |    |                         | %         | 15.50 |
|           |            |     |     | V         | 3024000.00 |            |     |     | $\bar{V}$ | 2133318.86 |             |    | $\Delta V$ promedio (%) |           | 29.45 |

## Anexo N° 2. Ensayo de alabeo

Tabla 56. Ensayo de alabeo de los ladrillos A del Caserío el Frutillo - Bambamarca

| Especímen | Cara A       |              | Cara B       |                 | Alabeo mm |
|-----------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-----------|
|           | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) | Cóncavo (mm) | Convexo (mm)    |           |
| A1        | 2            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| A2        | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| A3        | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| A4        | 2            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| A5        | 3            | 0            | 0            | 1               | 3         |
| A6        | 2            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| A7        | 3            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| A8        | 2            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| A9        | 2            | 0            | 0            | 4               | 4         |
| A10       | 2            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| A11       | 2            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| A12       | 2            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| A13       | 2            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| A14       | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| A15       | 3            | 0            | 0            | 2               | 3         |
| A16       | 2            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| A17       | 2            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| A18       | 2            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| A19       | 3            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| A20       | 1            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| A21       | 1            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| A22       | 2            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| A23       | 2            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| A24       | 2            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| A25       | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
|           |              |              |              | <b>Promedio</b> | <b>3</b>  |

Tabla 57. Ensayo de alabeo de los ladrillos B del Caserío el Frutillo - Bambamarca

| Especimen | Cara A       |              | Cara B       |                 | Alabeo mm |
|-----------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-----------|
|           | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) | Cóncavo (mm) | Convexo (mm)    |           |
| B1        | 2            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| B2        | 4            | 0            | 0            | 2               | 4         |
| B3        | 2            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| B4        | 3            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| B5        | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| B6        | 1            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| B7        | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| B8        | 2            | 0            | 0            | 1               | 2         |
| B9        | 3            | 0            | 0            | 1               | 3         |
| B10       | 3            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| B11       | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| B12       | 1            | 0            | 1            | 1               | 1         |
| B13       | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| B14       | 2            | 0            | 0            | 1               | 2         |
| B15       | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| B16       | 2            | 0            | 0            | 1               | 2         |
| B17       | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| B18       | 4            | 0            | 0            | 1               | 2         |
| B19       | 2            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| B20       | 2            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| B21       | 2            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| B22       | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| B23       | 1            | 0            | 0            | 0               | 1         |
| B24       | 2            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| B25       | 2            | 0            | 0            | 2               | 2         |
|           |              |              |              | <b>Promedio</b> | <b>2</b>  |

Tabla 58. Ensayo de alabeo de los ladrillos C del Caserío el Frutillo - Bambamarca

| Especimen | Cara A       |              | Cara B       |                 | Alabeo mm |
|-----------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-----------|
|           | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) | Cóncavo (mm) | Convexo (mm)    |           |
| C1        | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| C2        | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| C3        | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| C4        | 2            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| C5        | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| C6        | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| C7        | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| C8        | 1            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| C9        | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| C10       | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| C11       | 2            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| C12       | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| C13       | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| C14       | 2            | 0            | 0            | 1               | 2         |
| C15       | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| C16       | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| C17       | 2            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| C18       | 2            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| C19       | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| C20       | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| C21       | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| C22       | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| C23       | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| C24       | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| C25       | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
|           |              |              |              | <b>Promedio</b> | <b>1</b>  |

Tabla 59. Ensayo de alabeo de los ladrillos D del Caserío el Frutillo - Bambamarca

| Especimen       | Cara A       |              | Cara B       |              | Alabeo mm |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------|
|                 | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) |           |
| D1              | 2            | 0            | 0            | 3            | 3         |
| D2              | 1            | 0            | 0            | 2            | 2         |
| D3              | 1            | 0            | 0            | 3            | 3         |
| D4              | 0            | 0            | 0            | 2            | 2         |
| D5              | 1            | 0            | 0            | 4            | 4         |
| D6              | 1            | 0            | 0            | 2            | 2         |
| D7              | 1            | 0            | 0            | 2            | 2         |
| D8              | 3            | 0            | 0            | 3            | 3         |
| D9              | 1            | 0            | 0            | 2            | 2         |
| D10             | 1            | 0            | 0            | 2            | 2         |
| D11             | 1            | 0            | 0            | 1            | 1         |
| D12             | 2            | 0            | 0            | 3            | 3         |
| D13             | 2            | 0            | 0            | 3            | 3         |
| D14             | 1            | 0            | 0            | 3            | 3         |
| D15             | 1            | 0            | 0            | 1            | 1         |
| D16             | 1            | 0            | 0            | 3            | 3         |
| D17             | 1            | 0            | 0            | 4            | 4         |
| D18             | 1            | 0            | 0            | 3            | 3         |
| D19             | 1            | 0            | 0            | 3            | 3         |
| D20             | 2            | 0            | 0            | 2            | 2         |
| D21             | 1            | 0            | 0            | 2            | 2         |
| D22             | 1            | 0            | 0            | 3            | 3         |
| D23             | 1            | 0            | 0            | 3            | 3         |
| D24             | 1            | 0            | 0            | 3            | 3         |
| D25             | 1            | 0            | 0            | 4            | 4         |
| <b>Promedio</b> |              |              |              |              | <b>3</b>  |

Tabla 60. Ensayo de alabeo de los ladrillos E del Caserío el Frutillo - Bambamarca

| Especimen | Cara A       |              | Cara B          |              | Alabeo mm |
|-----------|--------------|--------------|-----------------|--------------|-----------|
|           | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) | Cóncavo (mm)    | Convexo (mm) |           |
| E1        | 1            | 0            | 0               | 1            | 1         |
| E2        | 1            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| E3        | 1            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| E4        | 1            | 0            | 0               | 1            | 1         |
| E5        | 1            | 0            | 0               | 3            | 3         |
| E6        | 2            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| E7        | 1            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| E8        | 0            | 0            | 0               | 1            | 1         |
| E9        | 2            | 0            | 0               | 1            | 2         |
| E10       | 1            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| E11       | 1            | 0            | 0               | 3            | 3         |
| E12       | 1            | 0            | 0               | 1            | 1         |
| E13       | 1            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| E14       | 0            | 0            | 0               | 3            | 3         |
| E15       | 1            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| E16       | 1            | 0            | 0               | 1            | 1         |
| E17       | 0            | 0            | 0               | 1            | 1         |
| E18       | 2            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| E19       | 2            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| E20       | 1            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| E21       | 1            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| E22       | 1            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| E23       | 1            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| E24       | 1            | 0            | 0               | 1            | 1         |
| E25       | 2            | 0            | 0               | 4            | 4         |
|           |              |              | <b>Promedio</b> |              | <b>2</b>  |

Tabla 61. Ensayo de alabeo de los ladrillos F del Caserío el Frutillo - Bambamarca

| Especimen | Cara A       |              | Cara B       |                 | Alabeo mm |
|-----------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-----------|
|           | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) | Cóncavo (mm) | Convexo (mm)    |           |
| F1        | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| F2        | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| F3        | 1            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| F4        | 1            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| F5        | 0            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| F6        | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| F7        | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| F8        | 2            | 0            | 0            | 1               | 2         |
| F9        | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| F10       | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| F11       | 2            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| F12       | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| F13       | 2            | 0            | 0            | 4               | 4         |
| F14       | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| F15       | 1            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| F16       | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| F17       | 1            | 0            | 0            | 1               | 2         |
| F18       | 4            | 0            | 0            | 2               | 4         |
| F19       | 2            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| F20       | 3            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| F21       | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| F22       | 2            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| F23       | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| F24       | 2            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| F25       | 1            | 0            | 0            | 3               | 3         |
|           |              |              |              | <b>Promedio</b> | <b>2</b>  |

Tabla 62. Ensayo de alabeo de los ladrillos G del Caserío el Frutillo - Bambamarca

| Espécimen | Cara A       |              | Cara B          |              | Alabeo mm |
|-----------|--------------|--------------|-----------------|--------------|-----------|
|           | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) | Cóncavo (mm)    | Convexo (mm) |           |
| G1        | 0            | 0            | 0               | 3            | 3         |
| G2        | 1            | 0            | 0               | 3            | 3         |
| G3        | 0            | 0            | 0               | 3            | 3         |
| G4        | 1            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| G5        | 2            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| G6        | 1            | 0            | 0               | 4            | 4         |
| G7        | 1            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| G8        | 1            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| G9        | 1            | 0            | 0               | 3            | 3         |
| G10       | 1            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| G11       | 1            | 0            | 0               | 3            | 3         |
| G12       | 1            | 0            | 0               | 3            | 3         |
| G13       | 2            | 0            | 0               | 3            | 3         |
| G14       | 1            | 0            | 0               | 3            | 3         |
| G15       | 1            | 0            | 0               | 1            | 1         |
| G16       | 2            | 0            | 0               | 3            | 3         |
| G17       | 2            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| G18       | 1            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| G19       | 1            | 0            | 0               | 3            | 3         |
| G20       | 1            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| G21       | 1            | 0            | 0               | 3            | 3         |
| G22       | 1            | 0            | 0               | 4            | 4         |
| G23       | 1            | 0            | 0               | 2            | 2         |
| G24       | 2            | 0            | 0               | 3            | 3         |
| G25       | 3            | 0            | 0               | 3            | 3         |
|           |              |              | <b>Promedio</b> |              | <b>3</b>  |

Tabla 63. Ensayo de alabeo de los ladrillos H del Caserío el Frutillo - Bambamarca

| Especimen | Cara A       |              | Cara B       |                 | Alabeo mm |
|-----------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-----------|
|           | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) | Cóncavo (mm) | Convexo (mm)    |           |
| H1        | 1            | 0            | 0            | 4               | 4         |
| H2        | 1            | 0            | 0            | 1               | 1         |
| H3        | 1            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| H4        | 2            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| H5        | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| H6        | 1            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| H7        | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| H8        | 1            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| H9        | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| H10       | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| H11       | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| H12       | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| H13       | 1            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| H14       | 1            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| H15       | 1            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| H16       | 1            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| H17       | 1            | 0            | 0            | 3               | 3         |
| H18       | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| H19       | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| H20       | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| H21       | 2            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| H22       | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| H23       | 0            | 1            | 0            | 2               | 2         |
| H24       | 1            | 0            | 0            | 2               | 2         |
| H25       | 2            | 0            | 0            | 4               | 4         |
|           |              |              |              | <b>Promedio</b> | <b>2</b>  |

### Anexo N° 3. Ensayo de Compresión

**Tabla 64. Ensayo de compresión simple del ladrillo A del Caserío el Frutillo - Bambamarca**

| Espécimen | Largo (m) |       | Ancho (m) |       | Altura (m) |       | Carga Máx.<br>N | Área B         | fb           |
|-----------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|-----------------|----------------|--------------|
|           | L1        | L2    | A1        | A2    | H1         | H2    |                 | m <sup>2</sup> | Mpa          |
| A26       | 0.226     | 0.227 | 0.132     | 0.132 | 0.078      | 0.078 | 338100.00       | 0.0299         | 11.31        |
| A27       | 0.223     | 0.225 | 0.130     | 0.133 | 0.075      | 0.075 | 355250.00       | 0.0295         | 12.06        |
| A28       | 0.225     | 0.227 | 0.132     | 0.133 | 0.079      | 0.079 | 365050.00       | 0.0299         | 12.19        |
| A29       | 0.224     | 0.224 | 0.130     | 0.132 | 0.077      | 0.077 | 367500.00       | 0.0293         | 12.52        |
| A30       | 0.226     | 0.227 | 0.130     | 0.132 | 0.077      | 0.076 | 338100.00       | 0.0297         | 11.39        |
| A31       | 0.225     | 0.224 | 0.130     | 0.134 | 0.077      | 0.076 | 318500.00       | 0.0296         | 10.75        |
| A32       | 0.224     | 0.226 | 0.130     | 0.133 | 0.076      | 0.077 | 328300.00       | 0.0296         | 11.10        |
| A33       | 0.224     | 0.225 | 0.130     | 0.133 | 0.750      | 0.075 | 303800.00       | 0.0295         | 10.29        |
| A34       | 0.223     | 0.224 | 0.130     | 0.131 | 0.076      | 0.076 | 372400.00       | 0.0292         | 12.77        |
| A35       | 0.224     | 0.226 | 0.130     | 0.133 | 0.076      | 0.075 | 294000.00       | 0.0296         | 9.94         |
| A36       | 0.224     | 0.226 | 0.130     | 0.132 | 0.770      | 0.076 | 292040.00       | 0.0295         | 9.91         |
| A37       | 0.224     | 0.226 | 0.130     | 0.132 | 0.077      | 0.075 | 308700.00       | 0.0295         | 10.47        |
| A38       | 0.224     | 0.224 | 0.132     | 0.132 | 0.078      | 0.077 | 296450.00       | 0.0296         | 10.03        |
| A39       | 0.224     | 0.226 | 0.130     | 0.131 | 0.077      | 0.076 | 328300.00       | 0.0294         | 11.18        |
| A40       | 0.224     | 0.224 | 0.130     | 0.132 | 0.076      | 0.076 | 333200.00       | 0.0293         | 11.35        |
| A41       | 0.224     | 0.225 | 0.132     | 0.134 | 0.075      | 0.078 | 298900.00       | 0.0299         | 10.01        |
| A42       | 0.225     | 0.226 | 0.130     | 0.132 | 0.075      | 0.075 | 294000.00       | 0.0295         | 9.95         |
| A43       | 0.224     | 0.226 | 0.130     | 0.132 | 0.077      | 0.077 | 298900.00       | 0.0295         | 10.14        |
| A44       | 0.223     | 0.225 | 0.131     | 0.131 | 0.077      | 0.077 | 298900.00       | 0.0293         | 10.19        |
| A45       | 0.224     | 0.227 | 0.130     | 0.132 | 0.076      | 0.076 | 298900.00       | 0.0295         | 10.12        |
| A46       | 0.225     | 0.226 | 0.129     | 0.132 | 0.077      | 0.076 | 308700.00       | 0.0294         | 10.49        |
| A47       | 0.224     | 0.224 | 0.130     | 0.132 | 0.077      | 0.077 | 328300.00       | 0.0293         | 11.19        |
| A48       | 0.224     | 0.226 | 0.130     | 0.133 | 0.077      | 0.077 | 318500.00       | 0.0296         | 10.76        |
| A49       | 0.225     | 0.226 | 0.130     | 0.132 | 0.076      | 0.075 | 338100.00       | 0.0295         | 11.45        |
| A50       | 0.224     | 0.227 | 0.130     | 0.133 | 0.076      | 0.075 | 298900.00       | 0.0297         | 10.08        |
|           |           |       |           |       |            |       |                 | <b>fb</b>      | <b>10.87</b> |
|           |           |       |           |       |            |       |                 | <b>S</b>       | <b>0.86</b>  |
|           |           |       |           |       |            |       |                 | <b>f'b</b>     | <b>10.01</b> |

**Tabla 65. Ensayo de compresión simple del ladrillo B del Caserío el Frutillo - Bambamarca**

| Especimen | Largo (m) |       | Ancho (m) |       | Altura (m) |       | Carga Máx.<br>N | Área B         | fb          |
|-----------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|-----------------|----------------|-------------|
|           | L1        | L2    | A1        | A2    | H1         | H2    |                 | m <sup>2</sup> | Mpa         |
| B26       | 0.218     | 0.219 | 0.124     | 0.126 | 0.072      | 0.072 | 240100.00       | 0.0273         | 8.79        |
| B27       | 0.217     | 0.219 | 0.121     | 0.123 | 0.074      | 0.073 | 191100.00       | 0.0266         | 7.19        |
| B28       | 0.217     | 0.219 | 0.122     | 0.123 | 0.074      | 0.075 | 179340.00       | 0.0267         | 6.72        |
| B29       | 0.216     | 0.216 | 0.123     | 0.123 | 0.074      | 0.071 | 210700.00       | 0.0266         | 7.93        |
| B30       | 0.216     | 0.216 | 0.124     | 0.124 | 0.074      | 0.073 | 230300.00       | 0.0268         | 8.60        |
| B31       | 0.215     | 0.218 | 0.122     | 0.123 | 0.073      | 0.073 | 229320.00       | 0.0265         | 8.65        |
| B32       | 0.219     | 0.219 | 0.122     | 0.123 | 0.075      | 0.074 | 186200.00       | 0.0268         | 6.94        |
| B33       | 0.215     | 0.219 | 0.122     | 0.125 | 0.073      | 0.074 | 249900.00       | 0.0268         | 9.32        |
| B34       | 0.218     | 0.219 | 0.123     | 0.124 | 0.074      | 0.075 | 227850.00       | 0.0270         | 8.44        |
| B35       | 0.220     | 0.221 | 0.123     | 0.123 | 0.074      | 0.074 | 196000.00       | 0.0271         | 7.23        |
| B36       | 0.217     | 0.219 | 0.123     | 0.124 | 0.072      | 0.073 | 230300.00       | 0.0269         | 8.55        |
| B37       | 0.216     | 0.219 | 0.122     | 0.124 | 0.074      | 0.074 | 200900.00       | 0.0268         | 7.51        |
| B38       | 0.219     | 0.221 | 0.123     | 0.124 | 0.074      | 0.076 | 183750.00       | 0.0272         | 6.76        |
| B39       | 0.218     | 0.219 | 0.124     | 0.124 | 0.073      | 0.072 | 200900.00       | 0.0271         | 7.41        |
| B40       | 0.219     | 0.222 | 0.123     | 0.125 | 0.073      | 0.072 | 210700.00       | 0.0273         | 7.71        |
| B41       | 0.218     | 0.221 | 0.123     | 0.124 | 0.074      | 0.075 | 220500.00       | 0.0271         | 8.13        |
| B42       | 0.216     | 0.220 | 0.122     | 0.124 | 0.072      | 0.072 | 245000.00       | 0.0268         | 9.14        |
| B43       | 0.217     | 0.218 | 0.123     | 0.124 | 0.075      | 0.074 | 200900.00       | 0.0269         | 7.48        |
| B44       | 0.220     | 0.220 | 0.122     | 0.124 | 0.074      | 0.074 | 191100.00       | 0.0271         | 7.06        |
| B45       | 0.218     | 0.220 | 0.122     | 0.124 | 0.075      | 0.074 | 210700.00       | 0.0269         | 7.82        |
| B46       | 0.218     | 0.219 | 0.122     | 0.123 | 0.073      | 0.075 | 186200.00       | 0.0268         | 6.96        |
| B47       | 0.219     | 0.220 | 0.123     | 0.124 | 0.074      | 0.073 | 224420.00       | 0.0271         | 8.28        |
| B48       | 0.215     | 0.218 | 0.121     | 0.123 | 0.075      | 0.075 | 229320.00       | 0.0264         | 8.68        |
| B49       | 0.217     | 0.217 | 0.123     | 0.124 | 0.073      | 0.073 | 274400.00       | 0.0268         | 10.24       |
| A50       | 0.220     | 0.222 | 0.123     | 0.124 | 0.075      | 0.073 | 183260.00       | 0.0273         | 6.71        |
|           |           |       |           |       |            |       |                 | <b>fb</b>      | <b>7.93</b> |
|           |           |       |           |       |            |       |                 | <b>S</b>       | <b>0.93</b> |
|           |           |       |           |       |            |       |                 | <b>f'b</b>     | <b>7.00</b> |

**Tabla 66. Ensayo de compresión simple del ladrillo C del Caserío el Frutillo - Bambamarca**

| Especimen | Largo (m) |       | Ancho (m) |       | Altura (m) |       | Carga Máx. | Área B         | fb          |
|-----------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|------------|----------------|-------------|
|           | L1        | L2    | A1        | A2    | H1         | H2    | N          | m <sup>2</sup> | Mpa         |
| C26       | 0.222     | 0.223 | 0.126     | 0.127 | 0.074      | 0.074 | 220500.00  | 0.0281         | 7.83        |
| C27       | 0.223     | 0.224 | 0.126     | 0.127 | 0.074      | 0.075 | 215600.00  | 0.0283         | 7.63        |
| C28       | 0.222     | 0.224 | 0.126     | 0.127 | 0.073      | 0.074 | 220500.00  | 0.0282         | 7.82        |
| C29       | 0.222     | 0.224 | 0.126     | 0.127 | 0.074      | 0.073 | 206780.00  | 0.0282         | 7.33        |
| C30       | 0.223     | 0.223 | 0.127     | 0.128 | 0.074      | 0.074 | 210700.00  | 0.0284         | 7.41        |
| C31       | 0.223     | 0.224 | 0.127     | 0.127 | 0.074      | 0.073 | 254800.00  | 0.0284         | 8.98        |
| C32       | 0.224     | 0.225 | 0.127     | 0.129 | 0.075      | 0.074 | 245000.00  | 0.0287         | 8.53        |
| C33       | 0.224     | 0.224 | 0.123     | 0.128 | 0.076      | 0.074 | 220500.00  | 0.0281         | 7.84        |
| C34       | 0.224     | 0.226 | 0.127     | 0.129 | 0.073      | 0.073 | 225400.00  | 0.0288         | 7.83        |
| C35       | 0.224     | 0.223 | 0.126     | 0.126 | 0.073      | 0.074 | 225400.00  | 0.0282         | 8.00        |
| C36       | 0.222     | 0.223 | 0.126     | 0.126 | 0.073      | 0.074 | 225400.00  | 0.0280         | 8.04        |
| C37       | 0.221     | 0.223 | 0.126     | 0.128 | 0.074      | 0.074 | 210700.00  | 0.0282         | 7.47        |
| C38       | 0.222     | 0.224 | 0.125     | 0.127 | 0.074      | 0.074 | 215600.00  | 0.0281         | 7.67        |
| C39       | 0.223     | 0.225 | 0.126     | 0.128 | 0.074      | 0.075 | 218050.00  | 0.0284         | 7.66        |
| C40       | 0.224     | 0.225 | 0.127     | 0.129 | 0.076      | 0.076 | 220500.00  | 0.0287         | 7.67        |
| C41       | 0.225     | 0.224 | 0.127     | 0.128 | 0.073      | 0.075 | 222460.00  | 0.0286         | 7.77        |
| C42       | 0.222     | 0.223 | 0.125     | 0.128 | 0.074      | 0.074 | 210700.00  | 0.0281         | 7.49        |
| C43       | 0.224     | 0.224 | 0.127     | 0.128 | 0.074      | 0.074 | 225400.00  | 0.0286         | 7.89        |
| C44       | 0.223     | 0.225 | 0.126     | 0.128 | 0.073      | 0.073 | 230300.00  | 0.0284         | 8.10        |
| C45       | 0.223     | 0.225 | 0.127     | 0.128 | 0.075      | 0.075 | 225400.00  | 0.0286         | 7.89        |
| C46       | 0.224     | 0.226 | 0.127     | 0.128 | 0.075      | 0.075 | 230300.00  | 0.0287         | 8.03        |
| C47       | 0.222     | 0.223 | 0.126     | 0.127 | 0.074      | 0.074 | 220500.00  | 0.0281         | 7.83        |
| C48       | 0.224     | 0.225 | 0.128     | 0.128 | 0.073      | 0.075 | 245000.00  | 0.0287         | 8.53        |
| C49       | 0.223     | 0.224 | 0.127     | 0.128 | 0.074      | 0.074 | 228340.00  | 0.0285         | 8.01        |
| C50       | 0.222     | 0.223 | 0.126     | 0.127 | 0.073      | 0.075 | 220500.00  | 0.0281         | 7.83        |
|           |           |       |           |       |            |       |            | <b>fb</b>      | <b>7.88</b> |
|           |           |       |           |       |            |       |            | <b>s</b>       | <b>0.37</b> |
|           |           |       |           |       |            |       |            | <b>f'b</b>     | <b>7.52</b> |

**Tabla 67. Ensayo de compresión simple del ladrillo D del Caserío el Frutillo - Bambamarca**

| Especimen | Largo (m) |       | Ancho (m) |       | Altura (m) |       | Carga Máx.<br>N | Área B         | fb          |
|-----------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|-----------------|----------------|-------------|
|           | L1        | L2    | A1        | A2    | H1         | H2    |                 | m <sup>2</sup> | Mpa         |
| D26       | 0.217     | 0.218 | 0.123     | 0.126 | 0.074      | 0.074 | 253820.000      | 0.0271         | 9.37        |
| D27       | 0.218     | 0.219 | 0.124     | 0.124 | 0.073      | 0.074 | 235200.000      | 0.0271         | 8.68        |
| D28       | 0.218     | 0.218 | 0.123     | 0.124 | 0.073      | 0.073 | 242550.000      | 0.0269         | 9.01        |
| D29       | 0.219     | 0.219 | 0.125     | 0.125 | 0.073      | 0.074 | 213150.000      | 0.0274         | 7.79        |
| D30       | 0.218     | 0.218 | 0.124     | 0.125 | 0.074      | 0.073 | 215600.000      | 0.0271         | 7.94        |
| D31       | 0.218     | 0.219 | 0.124     | 0.125 | 0.074      | 0.074 | 213150.000      | 0.0272         | 7.84        |
| D32       | 0.219     | 0.219 | 0.124     | 0.126 | 0.073      | 0.073 | 210700.000      | 0.0274         | 7.70        |
| D33       | 0.219     | 0.219 | 0.124     | 0.125 | 0.073      | 0.074 | 220500.000      | 0.0273         | 8.09        |
| D34       | 0.218     | 0.219 | 0.123     | 0.125 | 0.073      | 0.074 | 264600.000      | 0.0271         | 9.77        |
| D35       | 0.218     | 0.222 | 0.124     | 0.125 | 0.074      | 0.074 | 222950.000      | 0.0274         | 8.14        |
| D36       | 0.218     | 0.219 | 0.123     | 0.125 | 0.074      | 0.074 | 203350.000      | 0.0271         | 7.51        |
| D37       | 0.218     | 0.218 | 0.123     | 0.125 | 0.074      | 0.073 | 252350.000      | 0.0270         | 9.34        |
| D38       | 0.218     | 0.219 | 0.123     | 0.125 | 0.074      | 0.074 | 208250.000      | 0.0271         | 7.69        |
| D39       | 0.218     | 0.222 | 0.124     | 0.126 | 0.075      | 0.074 | 210700.000      | 0.0275         | 7.66        |
| D40       | 0.218     | 0.218 | 0.123     | 0.125 | 0.073      | 0.073 | 240100.000      | 0.0270         | 8.88        |
| D41       | 0.219     | 0.222 | 0.124     | 0.125 | 0.074      | 0.073 | 200900.000      | 0.0275         | 7.32        |
| D42       | 0.219     | 0.219 | 0.124     | 0.124 | 0.073      | 0.073 | 235200.000      | 0.0272         | 8.66        |
| D43       | 0.217     | 0.219 | 0.123     | 0.125 | 0.075      | 0.072 | 264600.000      | 0.0270         | 9.79        |
| D44       | 0.218     | 0.216 | 0.123     | 0.124 | 0.074      | 0.074 | 259700.000      | 0.0268         | 9.69        |
| D45       | 0.218     | 0.218 | 0.122     | 0.125 | 0.073      | 0.074 | 227850.000      | 0.0269         | 8.46        |
| D46       | 0.218     | 0.218 | 0.123     | 0.124 | 0.074      | 0.074 | 232750.000      | 0.0269         | 8.65        |
| D47       | 0.218     | 0.217 | 0.123     | 0.125 | 0.073      | 0.073 | 203350.000      | 0.0270         | 7.54        |
| D48       | 0.219     | 0.222 | 0.124     | 0.124 | 0.073      | 0.074 | 225400.000      | 0.0273         | 8.24        |
| D49       | 0.219     | 0.222 | 0.124     | 0.124 | 0.073      | 0.073 | 230300.000      | 0.0273         | 8.42        |
| D50       | 0.218     | 0.218 | 0.124     | 0.125 | 0.074      | 0.073 | 242550.000      | 0.0271         | 8.94        |
|           |           |       |           |       |            |       |                 | <b>fb</b>      | <b>8.44</b> |
|           |           |       |           |       |            |       |                 | <b>s</b>       | <b>0.76</b> |
|           |           |       |           |       |            |       |                 | <b>f'b</b>     | <b>7.69</b> |

**Tabla 68. Ensayo de compresión simple del ladrillo E del Caserío el Frutillo - Bambamarca**

| Espécimen | Largo (m) |       | Ancho (m) |       | Altura (m) |       | Carga Máx.<br>N | Área B         | fb           |
|-----------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|-----------------|----------------|--------------|
|           | L1        | L2    | A1        | A2    | H1         | H2    |                 | m <sup>2</sup> | Mpa          |
| E26       | 0.212     | 0.213 | 0.129     | 0.131 | 0.076      | 0.076 | 264600.00       | 0.0276         | 9.58         |
| E27       | 0.213     | 0.215 | 0.129     | 0.130 | 0.075      | 0.074 | 311150.00       | 0.0277         | 11.23        |
| E28       | 0.215     | 0.215 | 0.129     | 0.130 | 0.074      | 0.075 | 298900.00       | 0.0278         | 10.74        |
| E29       | 0.217     | 0.217 | 0.131     | 0.132 | 0.076      | 0.076 | 298900.00       | 0.0285         | 10.47        |
| E30       | 0.218     | 0.221 | 0.131     | 0.136 | 0.076      | 0.074 | 284200.00       | 0.0293         | 9.70         |
| E31       | 0.214     | 0.215 | 0.131     | 0.133 | 0.076      | 0.076 | 303800.00       | 0.0283         | 10.73        |
| E32       | 0.214     | 0.217 | 0.129     | 0.133 | 0.076      | 0.076 | 315560.00       | 0.0282         | 11.18        |
| E33       | 0.218     | 0.213 | 0.129     | 0.133 | 0.076      | 0.076 | 308700.00       | 0.0282         | 10.94        |
| E34       | 0.215     | 0.216 | 0.129     | 0.130 | 0.075      | 0.074 | 294000.00       | 0.0279         | 10.53        |
| E35       | 0.218     | 0.215 | 0.129     | 0.131 | 0.074      | 0.072 | 316050.00       | 0.0281         | 11.23        |
| E36       | 0.218     | 0.219 | 0.132     | 0.136 | 0.075      | 0.075 | 286650.00       | 0.0293         | 9.79         |
| E37       | 0.209     | 0.213 | 0.125     | 0.128 | 0.072      | 0.073 | 289100.00       | 0.0267         | 10.83        |
| E38       | 0.218     | 0.214 | 0.130     | 0.131 | 0.076      | 0.076 | 308700.00       | 0.0282         | 10.95        |
| E39       | 0.220     | 0.222 | 0.132     | 0.136 | 0.077      | 0.077 | 291550.00       | 0.0296         | 9.84         |
| E40       | 0.215     | 0.216 | 0.130     | 0.131 | 0.076      | 0.076 | 293020.00       | 0.0281         | 10.42        |
| E41       | 0.221     | 0.224 | 0.133     | 0.136 | 0.077      | 0.075 | 259700.00       | 0.0299         | 8.68         |
| E42       | 0.215     | 0.215 | 0.130     | 0.131 | 0.074      | 0.076 | 296450.00       | 0.0281         | 10.57        |
| E43       | 0.221     | 0.221 | 0.132     | 0.135 | 0.074      | 0.074 | 274400.00       | 0.0295         | 9.30         |
| E44       | 0.214     | 0.215 | 0.129     | 0.131 | 0.074      | 0.074 | 333200.00       | 0.0279         | 11.95        |
| E45       | 0.219     | 0.220 | 0.132     | 0.136 | 0.077      | 0.076 | 269500.00       | 0.0294         | 9.16         |
| E46       | 0.216     | 0.217 | 0.130     | 0.132 | 0.077      | 0.076 | 313600.00       | 0.0284         | 11.06        |
| E47       | 0.214     | 0.218 | 0.131     | 0.133 | 0.076      | 0.074 | 318500.00       | 0.0285         | 11.17        |
| E48       | 0.219     | 0.219 | 0.132     | 0.131 | 0.076      | 0.076 | 262150.00       | 0.0288         | 9.10         |
| E49       | 0.211     | 0.212 | 0.128     | 0.132 | 0.073      | 0.073 | 245000.00       | 0.0275         | 8.91         |
| E50       | 0.214     | 0.217 | 0.129     | 0.132 | 0.074      | 0.074 | 267050.00       | 0.0281         | 9.50         |
|           |           |       |           |       |            |       |                 | <b>fb</b>      | <b>10.30</b> |
|           |           |       |           |       |            |       |                 | <b>s</b>       | <b>0.88</b>  |
|           |           |       |           |       |            |       |                 | <b>f'b</b>     | <b>9.42</b>  |

**Tabla 69. Ensayo de compresión simple del ladrillo F del Caserío el Frutillo - Bambamarca**

| Especimen | Largo (m) |       | Ancho (m) |       | Altura (m) |       | Carga Máx.<br>N | Área B         | fb          |
|-----------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|-----------------|----------------|-------------|
|           | L1        | L2    | A1        | A2    | H1         | H2    |                 | m <sup>2</sup> | Mpa         |
| F26       | 0.228     | 0.227 | 0.132     | 0.133 | 0.076      | 0.077 | 229320.000      | 0.0301         | 7.61        |
| F27       | 0.228     | 0.229 | 0.133     | 0.134 | 0.076      | 0.076 | 254800.000      | 0.0305         | 8.35        |
| F28       | 0.228     | 0.228 | 0.134     | 0.136 | 0.076      | 0.077 | 262150.000      | 0.0308         | 8.52        |
| F29       | 0.229     | 0.227 | 0.132     | 0.134 | 0.075      | 0.075 | 245000.000      | 0.0303         | 8.08        |
| F30       | 0.227     | 0.229 | 0.133     | 0.134 | 0.076      | 0.075 | 311150.000      | 0.0304         | 10.22       |
| F31       | 0.228     | 0.228 | 0.133     | 0.134 | 0.077      | 0.077 | 274400.000      | 0.0304         | 9.02        |
| F32       | 0.228     | 0.229 | 0.135     | 0.136 | 0.076      | 0.077 | 301350.000      | 0.0310         | 9.73        |
| F33       | 0.229     | 0.231 | 0.135     | 0.136 | 0.076      | 0.077 | 289100.000      | 0.0312         | 9.28        |
| F34       | 0.228     | 0.230 | 0.134     | 0.136 | 0.076      | 0.076 | 284200.000      | 0.0309         | 9.19        |
| F35       | 0.229     | 0.228 | 0.133     | 0.134 | 0.078      | 0.078 | 252350.000      | 0.0305         | 8.27        |
| F36       | 0.229     | 0.230 | 0.134     | 0.135 | 0.075      | 0.076 | 230300.000      | 0.0309         | 7.46        |
| F37       | 0.227     | 0.227 | 0.134     | 0.135 | 0.075      | 0.075 | 274400.000      | 0.0305         | 8.99        |
| F38       | 0.227     | 0.228 | 0.133     | 0.135 | 0.074      | 0.075 | 245000.000      | 0.0305         | 8.04        |
| F39       | 0.227     | 0.228 | 0.134     | 0.135 | 0.075      | 0.075 | 245000.000      | 0.0306         | 8.01        |
| F40       | 0.227     | 0.228 | 0.133     | 0.134 | 0.075      | 0.077 | 294000.000      | 0.0304         | 9.68        |
| F41       | 0.228     | 0.229 | 0.132     | 0.135 | 0.077      | 0.077 | 230300.000      | 0.0305         | 7.55        |
| F42       | 0.228     | 0.228 | 0.132     | 0.134 | 0.076      | 0.077 | 286650.000      | 0.0303         | 9.45        |
| F43       | 0.227     | 0.229 | 0.132     | 0.134 | 0.076      | 0.076 | 296450.000      | 0.0303         | 9.78        |
| F44       | 0.228     | 0.229 | 0.132     | 0.134 | 0.076      | 0.075 | 298900.000      | 0.0304         | 9.84        |
| F45       | 0.227     | 0.228 | 0.132     | 0.133 | 0.075      | 0.075 | 254800.000      | 0.0301         | 8.45        |
| F46       | 0.228     | 0.230 | 0.133     | 0.135 | 0.077      | 0.076 | 232750.000      | 0.0307         | 7.58        |
| F47       | 0.229     | 0.230 | 0.134     | 0.135 | 0.074      | 0.075 | 237650.000      | 0.0309         | 7.70        |
| F48       | 0.227     | 0.228 | 0.133     | 0.134 | 0.076      | 0.076 | 235200.000      | 0.0304         | 7.74        |
| F49       | 0.228     | 0.228 | 0.134     | 0.134 | 0.076      | 0.076 | 281750.000      | 0.0306         | 9.22        |
| F50       | 0.227     | 0.227 | 0.133     | 0.134 | 0.074      | 0.075 | 250880.000      | 0.0303         | 8.28        |
|           |           |       |           |       |            |       |                 | <b>fb</b>      | <b>8.64</b> |
|           |           |       |           |       |            |       |                 | <b>S</b>       | <b>0.85</b> |
|           |           |       |           |       |            |       |                 | <b>f'b</b>     | <b>7.79</b> |

**Tabla 70. Ensayo de compresión simple del ladrillo G del Caserío el Frutillo - Bambamarca**

| Especimen | Largo (m) |       | Ancho (m) |       | Altura (m) |       | Carga Máx.<br>N | Área B         | fb          |
|-----------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|-----------------|----------------|-------------|
|           | L1        | L2    | A1        | A2    | H1         | H2    |                 | m <sup>2</sup> | Mpa         |
| G26       | 0.213     | 0.215 | 0.121     | 0.123 | 0.073      | 0.073 | 257250.000      | 0.0261         | 9.85        |
| G27       | 0.213     | 0.214 | 0.121     | 0.123 | 0.073      | 0.073 | 257250.000      | 0.0260         | 9.88        |
| G28       | 0.213     | 0.215 | 0.120     | 0.122 | 0.720      | 0.073 | 230300.000      | 0.0259         | 8.89        |
| G29       | 0.213     | 0.215 | 0.121     | 0.122 | 0.074      | 0.073 | 235200.000      | 0.0260         | 9.05        |
| G30       | 0.215     | 0.217 | 0.122     | 0.124 | 0.073      | 0.073 | 200900.000      | 0.0266         | 7.56        |
| G31       | 0.213     | 0.216 | 0.122     | 0.124 | 0.074      | 0.073 | 220500.000      | 0.0264         | 8.36        |
| G32       | 0.213     | 0.216 | 0.122     | 0.125 | 0.073      | 0.072 | 191100.000      | 0.0265         | 7.21        |
| G33       | 0.214     | 0.215 | 0.120     | 0.123 | 0.072      | 0.074 | 244020.000      | 0.0261         | 9.36        |
| G34       | 0.213     | 0.215 | 0.120     | 0.124 | 0.072      | 0.073 | 215600.000      | 0.0261         | 8.26        |
| G35       | 0.214     | 0.215 | 0.121     | 0.122 | 0.073      | 0.074 | 171500.000      | 0.0261         | 6.58        |
| G36       | 0.213     | 0.215 | 0.120     | 0.122 | 0.074      | 0.074 | 191100.000      | 0.0259         | 7.38        |
| G37       | 0.214     | 0.215 | 0.120     | 0.121 | 0.074      | 0.073 | 225400.000      | 0.0258         | 8.72        |
| G38       | 0.213     | 0.214 | 0.121     | 0.123 | 0.072      | 0.072 | 205800.000      | 0.0260         | 7.90        |
| G39       | 0.215     | 0.215 | 0.121     | 0.122 | 0.074      | 0.073 | 215600.000      | 0.0261         | 8.25        |
| G40       | 0.214     | 0.213 | 0.121     | 0.122 | 0.072      | 0.072 | 200900.000      | 0.0259         | 7.74        |
| G41       | 0.215     | 0.214 | 0.123     | 0.123 | 0.072      | 0.073 | 210700.000      | 0.0264         | 7.99        |
| G42       | 0.213     | 0.216 | 0.121     | 0.123 | 0.073      | 0.072 | 193060.000      | 0.0262         | 7.38        |
| G43       | 0.213     | 0.215 | 0.122     | 0.125 | 0.072      | 0.073 | 215600.000      | 0.0264         | 8.16        |
| G44       | 0.215     | 0.213 | 0.123     | 0.123 | 0.074      | 0.072 | 222950.000      | 0.0263         | 8.47        |
| G45       | 0.215     | 0.216 | 0.123     | 0.126 | 0.074      | 0.073 | 196000.000      | 0.0268         | 7.31        |
| G46       | 0.214     | 0.213 | 0.122     | 0.122 | 0.073      | 0.073 | 249900.000      | 0.0260         | 9.59        |
| G47       | 0.215     | 0.217 | 0.122     | 0.123 | 0.073      | 0.072 | 235200.000      | 0.0265         | 8.89        |
| G48       | 0.213     | 0.215 | 0.120     | 0.121 | 0.072      | 0.072 | 220500.000      | 0.0258         | 8.55        |
| G49       | 0.214     | 0.215 | 0.123     | 0.125 | 0.072      | 0.073 | 245000.000      | 0.0266         | 9.21        |
| G50       | 0.214     | 0.215 | 0.121     | 0.122 | 0.073      | 0.074 | 210700.000      | 0.0261         | 8.08        |
|           |           |       |           |       |            |       |                 | <b>fb</b>      | <b>8.34</b> |
|           |           |       |           |       |            |       |                 | <b>S</b>       | <b>0.87</b> |
|           |           |       |           |       |            |       |                 | <b>f'b</b>     | <b>7.48</b> |

**Tabla 71. Ensayo de compresión simple del ladrillo H del Caserío el Frutillo - Bambamarca**

| Espécimen | Largo (m) |       | Ancho (m) |       | Altura (m) |       | Carga Máx.<br>N | Área B         | fb          |
|-----------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|-----------------|----------------|-------------|
|           | L1        | L2    | A1        | A2    | H1         | H2    |                 | m <sup>2</sup> | Mpa         |
| H26       | 0.221     | 0.225 | 0.126     | 0.131 | 0.078      | 0.077 | 284200.00       | 0.0287         | 9.92        |
| H27       | 0.219     | 0.223 | 0.126     | 0.130 | 0.077      | 0.076 | 249900.00       | 0.0283         | 8.83        |
| H28       | 0.223     | 0.226 | 0.129     | 0.130 | 0.078      | 0.078 | 264600.00       | 0.0291         | 9.10        |
| H29       | 0.219     | 0.223 | 0.128     | 0.130 | 0.078      | 0.078 | 254800.00       | 0.0285         | 8.94        |
| H30       | 0.222     | 0.223 | 0.127     | 0.131 | 0.078      | 0.078 | 264600.00       | 0.0287         | 9.22        |
| H31       | 0.221     | 0.224 | 0.128     | 0.131 | 0.078      | 0.078 | 215600.00       | 0.0288         | 7.48        |
| H32       | 0.217     | 0.219 | 0.125     | 0.127 | 0.078      | 0.079 | 269500.00       | 0.0275         | 9.81        |
| H33       | 0.221     | 0.222 | 0.128     | 0.129 | 0.075      | 0.078 | 206780.00       | 0.0285         | 7.26        |
| H34       | 0.220     | 0.222 | 0.126     | 0.129 | 0.078      | 0.079 | 225400.00       | 0.0282         | 8.00        |
| H35       | 0.217     | 0.221 | 0.124     | 0.127 | 0.076      | 0.079 | 239120.00       | 0.0275         | 8.70        |
| H36       | 0.221     | 0.223 | 0.126     | 0.129 | 0.077      | 0.077 | 264600.00       | 0.0283         | 9.35        |
| H37       | 0.220     | 0.223 | 0.128     | 0.129 | 0.076      | 0.078 | 245000.00       | 0.0285         | 8.61        |
| H38       | 0.222     | 0.223 | 0.128     | 0.130 | 0.074      | 0.079 | 216580.00       | 0.0287         | 7.55        |
| H39       | 0.222     | 0.222 | 0.127     | 0.130 | 0.079      | 0.780 | 220500.00       | 0.0285         | 7.73        |
| H40       | 0.228     | 0.220 | 0.123     | 0.126 | 0.079      | 0.077 | 220500.00       | 0.0279         | 7.91        |
| H41       | 0.228     | 0.220 | 0.124     | 0.128 | 0.076      | 0.076 | 214620.00       | 0.0282         | 7.61        |
| H42       | 0.220     | 0.221 | 0.124     | 0.128 | 0.074      | 0.077 | 220500.00       | 0.0278         | 7.94        |
| H43       | 0.221     | 0.222 | 0.127     | 0.131 | 0.078      | 0.078 | 198940.00       | 0.0286         | 6.96        |
| H44       | 0.222     | 0.223 | 0.128     | 0.129 | 0.077      | 0.077 | 196000.00       | 0.0286         | 6.86        |
| H45       | 0.223     | 0.226 | 0.129     | 0.131 | 0.076      | 0.077 | 225400.00       | 0.0292         | 7.72        |
| H46       | 0.223     | 0.225 | 0.128     | 0.133 | 0.075      | 0.077 | 225400.00       | 0.0292         | 7.71        |
| H47       | 0.222     | 0.223 | 0.126     | 0.128 | 0.079      | 0.078 | 191100.00       | 0.0283         | 6.76        |
| H48       | 0.222     | 0.224 | 0.127     | 0.129 | 0.078      | 0.077 | 235200.00       | 0.0285         | 8.24        |
| H49       | 0.222     | 0.223 | 0.127     | 0.129 | 0.077      | 0.077 | 225400.00       | 0.0285         | 7.91        |
| H50       | 0.221     | 0.224 | 0.128     | 0.130 | 0.078      | 0.078 | 215600.00       | 0.0287         | 7.51        |
|           |           |       |           |       |            |       |                 | <b>fb</b>      | <b>8.14</b> |
|           |           |       |           |       |            |       |                 | <b>S</b>       | <b>0.89</b> |
|           |           |       |           |       |            |       |                 | <b>f'b</b>     | <b>7.25</b> |

#### Anexo N° 4. Ensayo de Absorción

Tabla 72. Ensayos de absorción de los ladrillos A, del Caserío el Frutillo - Bambamarca

| Espécimen | Peso seco 1<br>gr | Peso saturado | Absorción<br>% |
|-----------|-------------------|---------------|----------------|
| A1        | 3416.4            | 4063.4        | 18.94          |
| A2        | 3424.3            | 4090.4        | 19.45          |
| A3        | 3573.2            | 4101.6        | 14.79          |
| A4        | 3544.8            | 4111.3        | 15.98          |
| A5        | 3677.1            | 4320.4        | 17.49          |
| A6        | 3676.6            | 4340.8        | 18.07          |
| A7        | 3605.9            | 4303.7        | 19.35          |
| A8        | 3651.6            | 4323.5        | 18.40          |
| A9        | 3647.3            | 4320.5        | 18.46          |
| A10       | 3681.3            | 4367.1        | 18.63          |
| A11       | 3484.7            | 4166.4        | 19.56          |
| A12       | 3435.8            | 4105.1        | 19.48          |
| A13       | 3474.1            | 4116.8        | 18.50          |
| A14       | 3518.5            | 4173.1        | 18.60          |
| A15       | 3490.7            | 4165.4        | 19.33          |
| A16       | 3406.4            | 4096.8        | 20.27          |
| A17       | 3454.2            | 4124.9        | 19.42          |
| A18       | 3678.0            | 4322.3        | 17.52          |
| A19       | 3589.2            | 4266.5        | 18.87          |
| A20       | 3464.7            | 4145.2        | 19.64          |
| A21       | 3472.1            | 4155.8        | 19.69          |
| A22       | 3462.1            | 4124.4        | 19.13          |
| A23       | 3516.9            | 4136.5        | 17.62          |
| A24       | 3463.5            | 4090.6        | 18.11          |
| A25       | 3480.4            | 4108.9        | 18.06          |
|           |                   | $\bar{A}$     | <b>18.53</b>   |

Tabla 73. Ensayos de absorción de los ladrillos B, del Caserío el Frutillo - Bambamarca

| Espécimen | Peso seco 1<br>gr | Peso saturado | Absorción<br>% |
|-----------|-------------------|---------------|----------------|
| B1        | 3158.6            | 3687.1        | 16.73          |
| B2        | 3058.3            | 3598.3        | 17.66          |
| B3        | 3058.5            | 3595.1        | 17.54          |
| B4        | 3138.4            | 3684.4        | 17.40          |
| B5        | 2990.4            | 3528.6        | 18.00          |
| B6        | 3099.2            | 3620.9        | 16.83          |
| B7        | 3164.2            | 3684.6        | 16.45          |
| B8        | 3126.3            | 3655.1        | 16.91          |
| B9        | 3032.2            | 3548.4        | 17.02          |
| B10       | 3044.9            | 3582.2        | 17.65          |
| B11       | 3149.1            | 3693.2        | 17.28          |
| B12       | 3063.5            | 3592.9        | 17.28          |
| B13       | 3077.8            | 3607.5        | 17.21          |
| B14       | 3999.5            | 3652.7        | -8.67          |
| B15       | 3168.6            | 3736.9        | 17.94          |
| B16       | 3093.3            | 3640.5        | 17.69          |
| B17       | 3132.1            | 3677.3        | 17.41          |
| B18       | 3081.4            | 3653.1        | 18.55          |
| B19       | 3072.3            | 3640.6        | 18.50          |
| B20       | 3167.7            | 3730.3        | 17.76          |
| B21       | 3154.1            | 3682.8        | 16.76          |
| B22       | 3110.6            | 3646.8        | 17.24          |
| B23       | 3162.3            | 3720.7        | 17.66          |
| B24       | 2997.2            | 3546.3        | 18.32          |
| B25       | 3024.7            | 3535.2        | 16.88          |
|           |                   | $\bar{A}$     | <b>16.40</b>   |

Tabla 74. Ensayos de absorción de los ladrillos C, del Caserío el Frutillo - Bambamarca

| Espécimen | Peso seco 1<br>gr | Peso saturado | Absorción<br>% |
|-----------|-------------------|---------------|----------------|
| C1        | 3167.8            | 3791.8        | 19.70          |
| C2        | 3170.4            | 3806.6        | 20.07          |
| C3        | 3205.8            | 3829.6        | 19.46          |
| C4        | 3204.4            | 3838.5        | 19.79          |
| C5        | 3146.3            | 3770.6        | 19.84          |
| C6        | 3212.1            | 3859.2        | 20.15          |
| C7        | 3205.2            | 3819.5        | 19.17          |
| C8        | 3192.2            | 3797.4        | 18.96          |
| C9        | 3141.8            | 3767.4        | 19.91          |
| C10       | 3207.1            | 3831.1        | 19.46          |
| C11       | 3184.9            | 3794.6        | 19.14          |
| C12       | 3146.7            | 3760.8        | 19.52          |
| C13       | 3199.2            | 3832.7        | 19.80          |
| C14       | 3205.1            | 3848.7        | 20.08          |
| C15       | 3205.1            | 3838.3        | 19.76          |
| C16       | 3173.1            | 3800.6        | 19.78          |
| C17       | 3201.8            | 3807.2        | 18.91          |
| C18       | 3153.2            | 3782.6        | 19.96          |
| C19       | 3157.1            | 3791.0        | 20.08          |
| C20       | 3169.2            | 3812.6        | 20.30          |
| C21       | 3154.9            | 3762.8        | 19.27          |
| C22       | 3110.5            | 3727.3        | 19.83          |
| C23       | 3224.6            | 3864.7        | 19.85          |
| C24       | 3234.4            | 3854.9        | 19.18          |
| C25       | 3172.9            | 3804.5        | 19.91          |

$\bar{A}$

**19.67**

Tabla 75. Ensayos de absorción de los ladrillos D, del Caserío el Frutillo - Bambamarca

| Espécimen | Peso seco 1<br>gr | Peso saturado | Absorción<br>% |
|-----------|-------------------|---------------|----------------|
| D1        | 3252.5            | 3783.2        | 16.32          |
| D2        | 3235.2            | 3777.1        | 16.75          |
| D3        | 3331.1            | 3825.5        | 14.84          |
| D4        | 3255.9            | 3799.1        | 16.68          |
| D5        | 3315.6            | 3802.7        | 14.69          |
| D6        | 3326.8            | 3817.3        | 14.74          |
| D7        | 3261.1            | 3801.2        | 16.56          |
| D8        | 3196.2            | 3722.3        | 16.46          |
| D9        | 3258.7            | 3791          | 16.33          |
| D10       | 3284.4            | 3822.5        | 16.38          |
| D11       | 3292.5            | 3838.7        | 16.59          |
| D12       | 3288.9            | 3832.5        | 16.53          |
| D13       | 3399.1            | 3824.3        | 12.51          |
| D14       | 3253.6            | 3829.6        | 17.70          |
| D15       | 3286.4            | 3792.4        | 15.40          |
| D16       | 3161.8            | 3682.6        | 16.47          |
| D17       | 3332.5            | 3864.9        | 15.98          |
| D18       | 3261.3            | 3748.6        | 14.94          |
| D19       | 3295.3            | 3782.7        | 14.79          |
| D20       | 3255.0            | 3774.8        | 15.97          |
| D21       | 3333.4            | 3818.5        | 14.55          |
| D22       | 3305.1            | 3781.1        | 14.40          |
| D23       | 3332.5            | 3820.2        | 14.63          |
| D24       | 3240.4            | 3761.4        | 16.08          |
| D25       | 3252.9            | 3763.3        | 15.69          |

$\bar{A}$

**15.68**

Tabla 76. Ensayos de absorción de los ladrillos E, del Caserío el Frutillo - Bambamarca

| Espécimen | Peso seco 1<br>gr | Peso saturado | Absorción<br>% |
|-----------|-------------------|---------------|----------------|
| E1        | 3192.2            | 3772.3        | 18.17          |
| E2        | 3261.1            | 3882.5        | 19.05          |
| E3        | 3515.1            | 4110.3        | 16.93          |
| E4        | 3334              | 3939.8        | 18.17          |
| E5        | 3351.6            | 3988.6        | 19.01          |
| E6        | 3375.3            | 4095.1        | 21.33          |
| E7        | 3320.2            | 4023.4        | 21.18          |
| E8        | 3223.8            | 3844.8        | 19.26          |
| E9        | 3280.9            | 3873.4        | 18.06          |
| E10       | 3365.6            | 3966.2        | 17.85          |
| E11       | 3434.8            | 4072.4        | 18.56          |
| E12       | 3156.9            | 3805.7        | 20.55          |
| E13       | 3332.4            | 3980.6        | 19.45          |
| E14       | 3351.3            | 4035.3        | 20.41          |
| E15       | 3513.8            | 4098.6        | 16.64          |
| E16       | 3138.2            | 3714.8        | 18.37          |
| E17       | 3106.4            | 3743.2        | 20.50          |
| E18       | 3327.5            | 3927.1        | 18.02          |
| E19       | 3328.2            | 3963.7        | 19.09          |
| E20       | 3157.2            | 3774.7        | 19.56          |
| E21       | 3318.8            | 3979.1        | 19.90          |
| E22       | 3310.4            | 3953.2        | 19.42          |
| E23       | 3474.2            | 4111.1        | 18.33          |
| E24       | 3534.2            | 4163.5        | 17.81          |
| E25       | 3298.6            | 3952.6        | 19.83          |
|           |                   | $\bar{A}$     | <b>19.02</b>   |

Tabla 77. Ensayos de absorción de los ladrillos F, del Caserío el Frutillo - Bambamarca

| Espécimen | Peso seco 1<br>gr | Peso saturado | Absorción<br>% |
|-----------|-------------------|---------------|----------------|
| F1        | 3725.2            | 4345.6        | 16.65          |
| F2        | 3870.5            | 4482.7        | 15.82          |
| F3        | 3662.4            | 4325.1        | 18.09          |
| F4        | 3650.4            | 4280.9        | 17.27          |
| F5        | 3708.5            | 4300.5        | 15.96          |
| F6        | 3602.7            | 4237.2        | 17.61          |
| F7        | 3609.8            | 4244.5        | 17.58          |
| F8        | 3698.6            | 4339.1        | 17.32          |
| F9        | 3875.4            | 4500.5        | 16.13          |
| F10       | 3684.9            | 4271.1        | 15.91          |
| F11       | 3837.3            | 4410.3        | 14.93          |
| F12       | 3652.9            | 4300.4        | 17.73          |
| F13       | 3821.2            | 4411.5        | 15.45          |
| F14       | 3696.5            | 4320.4        | 16.88          |
| F15       | 3598.6            | 4299.1        | 19.47          |
| F16       | 3722.8            | 4362.8        | 17.19          |
| F17       | 3645.2            | 4319.7        | 18.50          |
| F18       | 3604.3            | 4276.5        | 18.65          |
| F19       | 3580.6            | 4214.8        | 17.71          |
| F20       | 3538.8            | 4203.4        | 18.78          |
| F21       | 3578.7            | 4278.6        | 19.56          |
| F22       | 3804.2            | 4439.3        | 16.69          |
| F23       | 3889.6            | 4511.6        | 15.99          |
| F24       | 3561.4            | 4154.4        | 16.65          |
| F25       | 3693.6            | 4351.9        | 17.82          |
|           |                   | $\bar{A}$     | <b>17.21</b>   |

Tabla 78. Ensayos de absorción de los ladrillos G, del Caserío el Frutillo - Bambamarca

| Espécimen | Peso seco 1<br>gr | Peso saturado | Absorción<br>% |
|-----------|-------------------|---------------|----------------|
| G1        | 3087.2            | 3619          | 17.23          |
| G2        | 2977.8            | 3510.4        | 17.89          |
| G3        | 3029.1            | 3522.6        | 16.29          |
| G4        | 2955.5            | 3465.2        | 17.25          |
| G5        | 3004.5            | 3511.6        | 16.88          |
| G6        | 2916.8            | 3433.8        | 17.72          |
| G7        | 2997.4            | 3511.2        | 17.14          |
| G8        | 2989.5            | 3486.4        | 16.62          |
| G9        | 3000.5            | 3492.6        | 16.40          |
| G10       | 3012.9            | 3501.4        | 16.21          |
| G11       | 3029.8            | 3523.3        | 16.29          |
| G12       | 3040.2            | 3520.6        | 15.80          |
| G13       | 3044.6            | 3529.7        | 15.93          |
| G14       | 3049.1            | 3527.8        | 15.70          |
| G15       | 2955.7            | 3493.9        | 18.21          |
| G16       | 3024.6            | 3513.3        | 16.16          |
| G17       | 3073.1            | 3542.4        | 15.27          |
| G18       | 3075.1            | 3547.5        | 15.36          |
| G19       | 3055.2            | 3541.4        | 15.91          |
| G20       | 2974.9            | 3523.6        | 18.44          |
| G21       | 2972.6            | 3477.4        | 16.98          |
| G22       | 2998.4            | 3520.5        | 17.41          |
| G23       | 3050.5            | 3569.3        | 17.01          |
| G24       | 3069.8            | 3582.7        | 16.71          |
| G25       | 2966.5            | 3438.6        | 15.91          |

$\bar{A}$

**16.67**

Tabla 79. Ensayos de absorción de los ladrillos H, del Caserío el Frutillo - Bambamarca

| Espécimen | Peso seco 1<br>gr | Peso saturado | Absorción<br>% |
|-----------|-------------------|---------------|----------------|
| H1        | 3680.1            | 4273.9        | 16.14          |
| H2        | 3543.2            | 4058.6        | 14.55          |
| H3        | 3478.3            | 4007.2        | 15.21          |
| H4        | 3526.2            | 4044.8        | 14.71          |
| H5        | 3543.8            | 4068.7        | 14.81          |
| H6        | 3481.9            | 4009.6        | 15.16          |
| H7        | 3621.1            | 4189.1        | 15.69          |
| H8        | 3589.1            | 4117.6        | 14.73          |
| H9        | 3643.1            | 4161.5        | 14.23          |
| H10       | 3579.2            | 4086.3        | 14.17          |
| H11       | 3606.2            | 4165.4        | 15.51          |
| H12       | 3465.6            | 4059.8        | 17.15          |
| H13       | 3600.0            | 4110.9        | 14.19          |
| H14       | 3670.0            | 4199.8        | 14.44          |
| H15       | 3624.1            | 4176.7        | 15.25          |
| H16       | 3655.2            | 4189.5        | 14.62          |
| H17       | 3605.6            | 4112.7        | 14.06          |
| H18       | 3606.1            | 4164.9        | 15.50          |
| H19       | 3541.1            | 4072.5        | 15.01          |
| H20       | 3653.7            | 4185.3        | 14.55          |
| H21       | 3548.3            | 4044.8        | 13.99          |
| H22       | 3619.8            | 4187.2        | 15.67          |
| H23       | 3571.4            | 4130.7        | 15.66          |
| H24       | 3641.8            | 4224.4        | 16.00          |
| H25       | 3620.2            | 4131.1        | 14.11          |
|           |                   | $\bar{A}$     | <b>15.00</b>   |