



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**



**“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO
ELABORADO ARTESANALMENTE EN LOS CASERÍOS: EL FRUTILLO, LA
LÚCUMA, AGOMARCA Y MAYHUASI DEL DISTRITO DE BAMBAMARCA,
PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA”**

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

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
JOSÉ WILSON CRUZADO PORTAL**

**ASESOR:
Ing. MARCO WILDER HOYOS SAUCEDO**

Cajamarca 2017

DEDICATORIA

Esta tesis lo dedico a mi querido
hijo Akrit Hawking Cruzado Fernández
que Dios ilumine su camino del mejor
fruto de mi vida para que sigas mis pasos.

A mi padre José Vidal Cruzado Lozano,
a mi madre Leonor Portal Huamanta, a mis
hermanos Clodomiro, José Santos, con todo
cariño y amor porque hicieron todo en la vida
para que yo pudiera lograr mis sueños, por
motivarme y darme la mano cuando sentía que
el camino se terminaba a ustedes por siempre
mi corazón y eterno aprecio.

AGRADECIMIENTO

A **Dios**, por haberme dado la vida y por guiarme con su sabiduría para realizar este trabajo.

A mis **Docentes de la Universidad Nacional de Cajamarca** como testimonio de eterna gratitud.

A mi Asesor **Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo**, por guiarme con sus conocimientos y acertadas orientaciones.

A los miembros del jurado calificador

Presidenta : Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón

Secretario : Ing. Ever Rodríguez Guevara

Vocal : Ing. José Lázaro Lezama Leyva

Por su apoyo y tiempo dedicado a las correcciones del presente trabajo.

Mi gratitud a todos **mis compañeros y familiares** quienes en momentos difíciles me animaron a culminar este trabajo.

Finalmente, agradezco a quien lee este trabajo, por permitir que mis experiencias, investigaciones y conocimiento, incurran dentro de su repertorio de información mental.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------|
| DEDICATORIA..... | ii |
| AGRADECIMIENTO..... | iii |
| ÍNDICE..... | iv |
| RESUMEN..... | xii |
| ABSTRACT..... | xiii |
| | |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. PROBLEMA..... | 2 |
| 1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 2 |
| 1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 3 |
| 1.2. HIPÓTESIS..... | 3 |
| 1.2.1. HIPÓTESIS GENERAL..... | 3 |
| 1.2.2. DEFINICIÓN DE VARIABLES..... | 3 |
| 1.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES..... | 3 |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN..... | 4 |
| 1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES..... | 4 |
| 1.5.1. ALCANCES..... | 4 |
| 1.5.2. LIMITACIONES..... | 5 |
| 1.6. OBJETIVOS..... | 5 |
| 1.6.1. OBJETIVO GENERAL..... | 5 |
| 1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 5 |
| | |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO..... | 6 |
| 2.1. ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA INVESTIGACIÓN..... | 7 |
| 2.2. MARCO NORMATIVO PERUANO..... | 14 |
| 2.2.1. NORMAS TÉCNICAS PERUANAS..... | 14 |
| 2.3. MARCO TEÓRICO..... | 15 |
| 2.3.1. LADRILLO..... | 15 |
| 2.3.1.1. TIPOLOGÍA..... | 15 |
| 2.3.1.2. UNIDADES DE ARCILLA..... | 17 |
| 2.3.1.3. UNIDADES CALCÁREAS..... | 19 |
| 2.3.1.4. UNIDADES DE CONCRETO..... | 19 |
| 2.3.1.5. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS..... | 19 |
| 2.3.1.6. CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES... | 24 |
| 2.3.1.7. LIMITACIONES EN SU APLICACIÓN..... | 25 |
| 2.3.2. ALBAÑILERIA..... | 26 |
| 2.3.3. TIPOS DE ALBAÑILERIA..... | 26 |
| 2.3.3.1. POR SU FUNSION ESTRUCTURAL..... | 26 |
| 2.3.3.2. POR LA DISTRIBUCIÓN DE REFUERZO..... | 27 |

| | | |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.4. | MORTERO..... | 33 |
| 2.3.5. | PROPIEDADES DE LA ALBAÑILERIA SIMPLE..... | 36 |
| 2.3.5.1. | MODELAJE, ESPECÍMENES Y ENSAYOS..... | 36 |
| 2.3.5.2. | NATURALEZA DE LA ALBAÑILERÍA Y CRITERIOS DE FALLA..... | 37 |
| 2.3.5.3. | ENSAYO DE PRISMAS (PILAS)..... | 37 |
| 2.3.5.4. | ENSAYO DE MURETES..... | 40 |
| 2.3.6. | COMPORTAMIENTO SÍSMICO..... | 42 |
| 2.3.7. | INCIDENCIA DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL LADRILLO Y MORTERO EN LA RESISTENCIA DE MUROS..... | 44 |
| 2.4. | MARCO CONCEPTUAL..... | 45 |
| CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS..... | | 47 |
| 3.1. | MATERIALES Y EQUIPOS..... | 48 |
| 3.2. | MÉTODOLÓGIA..... | 49 |
| 3.2.1. | UBICACIÓN DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN..... | 49 |
| 3.2.2. | UBICACIÓN DEL LUGAR DONDE SE REALIZARON LOS ENSAYOS..... | 53 |
| 3.2.3. | PERIODO DE INVESTIGACIÓN..... | 54 |
| 3.2.4. | TIPO DE INVESTIGACIÓN..... | 54 |
| 3.2.5. | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN..... | 54 |
| 3.2.6. | POBLACIÓN..... | 55 |
| 3.2.7. | MUESTRA..... | 55 |
| 3.2.8. | TÉCNICA DEL MUESTREO..... | 55 |
| 3.2.9. | INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS..... | 56 |
| 3.2.10. | PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS..... | 56 |
| 3.3. | PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN..... | 56 |
| 3.3.1. | CLASIFICACIÓN DE SUELOS DEL LADRILLO ARTESANAL..... | 56 |
| 3.3.2. | PROCESO DE FABRICACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE BAMBAMARCA | 57 |
| 3.3.3. | ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO | 58 |
| 3.3.4. | ENSAYOS CLASIFICATORIOS DEL LADRILLO..... | 58 |
| 3.3.5. | ENSAYOS NO CLASIFICADOS DE LADRILLO..... | 61 |
| 3.3.6. | PRISMAS DE ALBAÑILERÍA..... | 62 |
| 3.3.6.1. | PILAS..... | 62 |
| 3.3.6.2. | MURETES..... | 65 |
| 3.3.7. | DISEÑO ANALÍTICO DEL MORTERO..... | 67 |
| 3.3.7.1. | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN..... | 68 |
| CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | | 69 |
| 4.1. | DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA ENSAYADAS..... | 70 |
| 4.2. | ENSAYOS CLASIFICATORIOS DE LADRILLO..... | 71 |
| 4.2.1. | VARIACIÓN DIMENSIONAL..... | 71 |

| | | |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.2.2. | ALABEO..... | 72 |
| 4.2.3. | COMPRESIÓN SIMPLE..... | 72 |
| A. | MÓDULO DE ELASTICIDAD (EB)..... | 73 |
| 4.3. | ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS DE LADRILLO..... | 74 |
| 4.3.1. | ENSAYO DE SUCCIÓN..... | 74 |
| 4.3.2. | ENSAYO DE ABSORCIÓN..... | 75 |
| 4.4. | PRISMAS DE ALBAÑILERÍA..... | 76 |
| 4.4.1. | PILAS..... | 76 |
| A. | ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL EN PILAS..... | 76 |
| B. | MÓDULO DE ELASTICIDAD EN PILAS..... | 77 |
| 4.4.2. | MURETES..... | 77 |
| A. | CALCULO DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LOS MURETES..... | 77 |
| B. | ENSAYO DE RESISTENCIA AL CORTE DE LOS MURETES..... | 78 |
| C. | EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE PILAS Y MURETES..... | 79 |
| 4.5. | MORTERO..... | 81 |
| 4.5.1. | ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE LAS PROBETAS DE MORTERO..... | 81 |
| 4.6. | CONTRASTE DE HIPÓTESIS..... | 81 |
| CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | | 82 |
| 5.1. | CONCLUSIONES..... | 83 |
| 5.2. | RECOMENDACIONES..... | 84 |
| CAPITULO VI: FUENTES BIBLIOGRAFICAS..... | | 85 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | | 86 |
| ANEXOS..... | | 88 |
| ANEXO A. PROCESAMIENTO DE DATOS..... | | 89 |
| ANEXO B. PANEL FOTOGRAFICO..... | | 146 |
| FIGURAS | | |
| Fig.1: | Diagrama de fabricación de unidades de arcilla de manera industrial..... | 18 |
| Fig. 2: | Convexidad y concavidad del ladrillo..... | 20 |
| Fig. 3: | Curvas normalizadas esfuerzo de compresión (f^b) vs. Deformación Unitaria de unidades ensayadas a compresión..... | 23 |
| Fig. 4: | Modelaje de tabiques de albañilería (San Bartolomé, a. 1994)..... | 27 |
| Fig. 5: | Fuerza cortante admisible “va” (San Bartolomé, a. 1994)..... | 28 |
| Fig. 6: | Muro con refuerzo horizontal y vertical..... | 28 |
| Fig. 7: | Muro Laminar o Sándwich..... | 29 |
| Fig. 8: | Muros confinados de ladrillo de arcilla..... | 30 |
| Fig. 9: | Requisitos mínimos para que un muro se considere confinado..... | 31 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Fig. 10: Disposición mínima de estribos (San Bartolomé, a. 1994) | 31 |
| Fig. 11: Prisma (pila) estándar para el ensayo de compresión (Gallegos, H y Casabonne, c. 2005)..... | 37 |
| Fig. 12: Esfuerzo en el ladrillo y mortero por efecto de la carga unitaria axial. (Gallegos, H. y Casabonne, c. 2005). 39 | |
| Fig. 13: Esquema de deformación del espécimen (murete) (Gallegos, H y Casabonne, c. 2005) | 41 |
| Fig. 14: Tipo de falla en un espécimen (murete)..... | 42 |
| Fig. 15: Grafica para el cálculo experimental del Rd. (San Bartolomé, a. 1994)..... | 43 |
| Fig. 16: Ubicación geográfica región Cajamarca y provincia de Hualgayoc..... | 49 |
| Fig. 17: Ubicación del distrito de Bambamarca..... | 49 |
| Fig. 18: Ubicación de las ladrilleras artesanales en el distrito de Bambamarca..... | 49 |
| Fig. 19: Fábrica artesanal (FRUT. 1)..... | 50 |
| Fig. 20: Fábrica artesanal (FRUT. 2)..... | 50 |
| Fig. 21: Fábrica artesanal (FRUT. 3)..... | 50 |
| Fig. 22: Fábrica artesanal (FRUT. 4)..... | 51 |
| Fig. 23: Fábrica artesanal (LÚC.)..... | 51 |
| Fig. 24: Fábrica artesanal (AGOM.)..... | 51 |
| Fig. 25: Fábrica artesanal (MAY. 1)..... | 52 |
| Fig. 26: Fábrica artesanal (MAY. 2)..... | 52 |
| Fig. 27: Fábrica artesanal (MAY. 3)..... | 52 |
| fig. 28: Ubicación de la cantera del rio Llaucano – Bambamarca..... | 53 |
| fig. 29: Ubicación gráfica del lugar donde se realizaron ensayos de investigación | 54 |
| Fig. 30: Vista de la preparación del material para el ladrillo artesanal de Bambamarca..... | 147 |
| Fig. 31: Vista del cortado (moldeado) del ladrillo artesanal de Bambamarca..... | 147 |
| fig. 32: Vista del secado el ladrillo artesanal de Bambamarca..... | 148 |
| Fig. 33: Vista de la colocación en el horno y cocido del ladrillo artesanal de Bambamarca..... | 148 |
| Fig. 34: Muestreo en el horno del ladrillo artesanal de Bambamarca..... | 149 |
| Fig. 35: Vista de los ensayos de variación dimensional y alabeo del ladrillo artesanal de Bambamarca... 150 | |
| Fig. 36: Vista de los ensayos a compresión simple del ladrillo artesanal de Bambamarca..... | 150 |
| Fig. 37: Vista de los ensayos de absorción del ladrillo artesanal de Bambamarca..... | 151 |
| Fig. 38: Vista de los ensayos de succión del ladrillo artesanal de Bambamarca..... | 151 |
| Fig. 39: Vista de los ensayos de las propiedades físicas del agregado fino de la cantera del rio Llaucano. 151 | |
| Fig. 40: Vista de la comprobación del aire atrapado en el mortero, en la olla de Washington..... | 152 |
| Fig. 41: Vista del mezclado de materiales y elaboración de los especímenes de mortero..... | 152 |
| Fig. 42: Vista del ensayo a compresión simple de los especímenes de mortero..... | 153 |
| Fig. 43: Vista de la construcción de pilas y muretes de ladrillo artesanal de Bambamarca..... | 153 |
| Fig. 44: Vista del curado de pilas y muretes de ladrillo artesanal de Bambamarca..... | 154 |
| Fig. 45: Vista de colocación de yeso en las esquinas de los muretes de ladrillo artesanal de Bambamarca. 154 | |
| Fig. 46: Vista de los ensayos a compresión de las pilas de ladrillo artesanal de Bambamarca | 155 |
| Fig. 47: Vista de los ensayos al corte de los muretes de ladrillo artesanal de Bambamarca..... | 155 |
| Fig. 48: Vista de los ensayos al corte de los muretes de ladrillo artesanal de Bambamarca..... | 156 |
| Fig. 49: Fotografía tesista y asesor de tesis ensayando las pilas y muretes | 156 |

TABLAS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Operación de variables..... | 3 |
| Tabla 2. Dimensiones del ladrillo artesanal del frutillo – Bambamarca..... | 13 |
| Tabla 3. Limitaciones de aplicación estructural de los tipos de unidades de albañilería..... | 16 |
| Tabla 4. Clase de unidades de albañilería para fines estructurales..... | 25 |
| Tabla 5. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales..... | 25 |
| Tabla 6. Granulometría de la arena gruesa..... | 34 |
| Tabla 7. Tipos de mortero, NTP E- 070..... | 35 |
| Tabla 8. Tipos de morteros, ASTM C – 270..... | 35 |
| Tabla 9. Factores de corrección $f'm$ por esbeltez..... | 39 |
| Tabla 10. Clasificación del suelo del ladrillo artesanal de Bambamarca..... | 56 |
| Tabla 11. Características de los ladrillos artesanales de Bambamarca..... | 70 |
| Tabla 12. Resultados del ensayo de variación dimensional..... | 71 |
| Tabla 13. Resultados del ensayo de alabeo del ladrillo artesanal..... | 72 |
| Tabla 14. Resultados de los Ensayos de compresión del ladrillo..... | 73 |
| Tabla 15: Resultados de módulos de elasticidad de unidades de ladrillo artesanal..... | 74 |
| Tabla 16. Resultados del ensayo de Succión de ladrillo..... | 75 |
| Tabla 17. Resultados de ensayo de absorción de ladrillo..... | 75 |
| Tabla 18. Resultados del ensayo a la resistencia de compresión axial en pilas del ladrillo artesanal..... | 76 |
| Tabla 19. Módulo de elasticidad (E_m) en pilas de ladrillo artesanal..... | 77 |
| Tabla 20. Resultados del peso volumétrico de muretes de ladrillo..... | 78 |
| Tabla 21. Resultados de ensayos a la resistencia de corte de muretes del ladrillo..... | 79 |
| Tabla 22. Diferencias entre cálculos prácticos y teóricos del f_m , E_m y G_m | 80 |
| Tabla 23. Análisis de resistencia al corte..... | 80 |
| Tabla 24. Resultados de los Ensayos de compresión del mortero..... | 81 |
| Tabla 25: Ensayo de variación dimensional del ladrillo artesanal de Bambamarca Fábr. Frut. 1..... | 90 |
| Tabla 26: Ensayo de variación dimensional del ladrillo artesanal de Bambamarca Fábr. Frut. 2..... | 90 |
| Tabla 27: Ensayo de variación dimensional del ladrillo artesanal de Bambamarca Fábr. Frut. 3..... | 90 |
| Tabla 28: Ensayo de variación dimensional del ladrillo artesanal de Bambamarca Fábr. Frut. 4..... | 91 |
| Tabla 29: Ensayo de variación dimensional del ladrillo artesanal de Bambamarca Fábr. Lúcu..... | 91 |
| Tabla 30: Ensayo de variación dimensional del ladrillo artesanal de Bambamarca Fábr. Agom..... | 91 |
| Tabla 31: Ensayo de variación dimensional del ladrillo artesanal de Bambamarca Fábr. May. 1..... | 92 |
| Tabla 32: Ensayo de variación dimensional del ladrillo artesanal de Bambamarca Fábr. May. 2..... | 92 |
| Tabla 33: Ensayo de variación dimensional del ladrillo artesanal de Bambamarca Fábr. May. 3..... | 92 |
| Tabla 34: Ensayo de alabeo del ladrillo Fábr. Frutillo 1..... | 93 |
| Tabla 35: Ensayo de alabeo del ladrillo Fábr. Frutillo 2..... | 93 |
| Tabla 36: Ensayo de alabeo del ladrillo Fábr. Frutillo 3..... | 93 |
| Tabla 37: Ensayo de alabeo del ladrillo Fábr. Frutillo 4..... | 93 |
| Tabla 38: Ensayo de alabeo del ladrillo Fábr. Lúcu..... | 93 |
| Tabla 39: Ensayo de alabeo del ladrillo Fábr. Agomarca..... | 94 |
| Tabla 40: Ensayo de alabeo del ladrillo Fábr. Mayhuasi 1..... | 94 |
| Tabla 41: Ensayo de alabeo del ladrillo Fábr. Mayhuasi 2..... | 94 |
| Tabla 42: Ensayo de alabeo del ladrillo Fábr. Mayhuasi 3..... | 94 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 43: Ensayo a compresión del ladrillo de la Fabr. Frutillo 1..... | 95 |
| Tabla 44: Ensayo a compresión del ladrillo de la Fabr. Frutillo 2..... | 95 |
| Tabla 45: Ensayo a compresión del ladrillo de la Fabr. Frutillo 3..... | 95 |
| Tabla 46: Ensayo a compresión del ladrillo de la Fabr. Frutillo 4..... | 96 |
| Tabla 47: Ensayo a compresión del ladrillo de la Fabr. Agom..... | 96 |
| Tabla 48: Ensayo a compresión del ladrillo de la Fabr. Lúcum..... | 96 |
| Tabla 49: Ensayo a compresión del ladrillo de la Fabr. Mayhuasi 1..... | 97 |
| Tabla 50: Ensayo a compresión del ladrillo de la Fabr. Mayhuasi 2..... | 97 |
| Tabla 51: Ensayo a compresión del ladrillo de la Fabr. Mayhuasi 3..... | 97 |
| Tabla 52: Esfuerzo vs deformación ladrillo artesanal de Bambamarca “FRUTILLO 1” | 98 |
| Tabla 53: Esfuerzo vs deformación ladrillo artesanal de Bambamarca “FRUTILLO 2” | 99 |
| Tabla 54: Esfuerzo vs deformación ladrillo artesanal de Bambamarca “FRUTILLO 3” | 100 |
| Tabla 55: Esfuerzo vs deformación ladrillo artesanal de Bambamarca “FRUTILLO 4” | 101 |
| Tabla 56: Esfuerzo vs deformación ladrillo artesanal de Bambamarca “LÚCUMA” | 102 |
| Tabla 57: Esfuerzo vs deformación ladrillo artesanal de Bambamarca “AGOMARCA” | 103 |
| Tabla 58: Esfuerzo vs deformación ladrillo artesanal de Bambamarca “MAYHUASI 1” | 104 |
| Tabla 59: Esfuerzo vs deformación ladrillo artesanal de Bambamarca “MAYHUASI 2” | 104 |
| Tabla 60: Esfuerzo vs deformación ladrillo artesanal de Bambamarca “MAYHUASI 3” | 106 |
| Tabla 61: Módulos de elasticidad de unidades de ladrillo artesanal de Bambamarca..... | 107 |
| Tabla 62: Ensayo de succión del ladrillo de la Fábr. Frutillo 1..... | 107 |
| Tabla 63: Ensayo de succión del ladrillo de la Fábr. Frutillo 2..... | 107 |
| Tabla 64: Ensayo de succión del ladrillo de la Fábr. Frutillo 3..... | 108 |
| Tabla 65: Ensayo de succión del ladrillo de la Fábr. Frutillo 4..... | 108 |
| Tabla 66: Ensayo de succión del ladrillo de la Fábr. Lúcum..... | 108 |
| Tabla 67: Ensayo de succión del ladrillo de la Fábr. Agomarca..... | 108 |
| Tabla 68: Ensayo de succión del ladrillo de la Fábr. Mayhuasi 1..... | 109 |
| Tabla 69: Ensayo de succión del ladrillo de la Fábr. Mayhuasi 2..... | 109 |
| Tabla 70: Ensayo de succión del ladrillo de la Fábr. Mayhuasi 3..... | 109 |
| Tabla 71: Ensayo de absorción del ladrillo artesanal de la Fábr. Frutillo 1..... | 110 |
| Tabla 72: Ensayo de absorción del ladrillo artesanal de la Fábr. Frutillo 2..... | 110 |
| Tabla 73: Ensayo de absorción del ladrillo artesanal de la Fábr. Frutillo 3..... | 110 |
| Tabla 74: Ensayo de absorción del ladrillo artesanal de la Fábr. Frutillo 4..... | 110 |
| Tabla 75: Ensayo de absorción del ladrillo artesanal de la Fábr. Lúcum..... | 111 |
| Tabla 76: Ensayo de absorción del ladrillo artesanal de la Fábr. Agomarca..... | 111 |
| Tabla 77: Ensayo de absorción del ladrillo artesanal de la Fábr. Mayhuasi 1..... | 111 |
| Tabla 78: Ensayo de absorción del ladrillo artesanal de la Fábr. Mayhuasi 2..... | 111 |
| Tabla 79: Ensayo de absorción del ladrillo artesanal de la Fábr. Mayhuasi 3..... | 111 |
| Tabla 80: Resistencia a compresión axial en pilas de la Fabr. Frulillo 1..... | 112 |
| Tabla 81: Resistencia a compresión axial en pilas de la Fabr. Frulillo 2..... | 112 |
| Tabla 82: Resistencia a compresión axial en pilas de la Fabr. Frulillo 3..... | 112 |
| Tabla 83: Resistencia a compresión axial en pilas de la Fabr. Frulillo 4..... | 112 |
| Tabla 84: Resistencia a compresión axial en pilas de la Fabr. Lúcum..... | 113 |
| Tabla 85: Resistencia a compresión axial en pilas de la Fabr. Agomarca..... | 113 |
| Tabla 86: Resistencia a compresión axial en pilas de la Fabr. Mayhuasi 1..... | 113 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 87: Resistencia a compresión axial en pilas de la Fabr. Mayhuasi 2..... | 113 |
| Tabla 88: Resistencia a compresión axial en pilas de la Fabr. Mayhuasi 3..... | 113 |
| Tabla 89: Esfuerzo vs deformación en pilas del ladrillo artesanal de Bambamarca “FRUTILLO 1” | 114 |
| Tabla 90: Esfuerzo vs deformación en pilas del ladrillo artesanal de Bambamarca “FRUTILLO 2” | 115 |
| Tabla 91: Esfuerzo vs deformación en pilas del ladrillo artesanal de Bambamarca “FRUTILLO 3” | 116 |
| Tabla 92: Esfuerzo vs deformación en pilas del ladrillo artesanal de Bambamarca “FRUTILLO 4” | 117 |
| Tabla 93: Esfuerzo vs deformación en pilas del ladrillo artesanal de Bambamarca “LÚCUMA” | 118 |
| Tabla 94: Esfuerzo vs deformación en pilas del ladrillo artesanal de Bambamarca “AGOMARCA” | 119 |
| Tabla 95: Esfuerzo vs deformación en pilas del ladrillo artesanal de Bambamarca “MAYHUASI 1”..... | 120 |
| Tabla 96: Esfuerzo vs deformación en pilas del ladrillo artesanal de Bambamarca “MAYHUASI 2” | 121 |
| Tabla 97: Esfuerzo vs deformación en pilas del ladrillo artesanal de Bambamarca “MAYHUASI 3” | 122 |
| Tabla 98: Cálculo del módulo de elasticidad (Em) del ladrillo artesanal de Bambamarca..... | 123 |
| Tabla 99: Cálculo de la resistencia al corte en muretes del ladrillo de la Fábr. Frutillo 1..... | 123 |
| Tabla 100: Cálculo de la resistencia al corte en muretes del ladrillo de la Fábr. Frutillo 2..... | 123 |
| Tabla 101: Cálculo de la resistencia al corte en muretes del ladrillo de la Fábr. Frutillo 3..... | 124 |
| Tabla 102: Cálculo de la resistencia al corte en muretes del ladrillo de la Fábr. Frutillo 4..... | 124 |
| Tabla 103: Cálculo de la resistencia al corte en muretes del ladrillo de la Fábr. Lúcuma..... | 124 |
| Tabla 104: Cálculo de la resistencia al corte en muretes del ladrillo de la Fábr. Agomarca..... | 124 |
| Tabla 105: Cálculo de la resistencia al corte en muretes del ladrillo de la Fábr. Mayhuasi 1..... | 125 |
| Tabla 106: Cálculo de la resistencia al corte en muretes del ladrillo de la Fábr. Mayhuasi 2..... | 125 |
| Tabla 107: Cálculo de la resistencia al corte en muretes del ladrillo de la Fábr. Mayhuasi 3..... | 125 |
| Tabla 108: Esfuerzo vs deformación en muretes del ladrillo artesanal de Bambamarca FRUT. 1..... | 126 |
| Tabla 109: Esfuerzo vs deformación en muretes del ladrillo artesanal de Bambamarca FRUT. 2..... | 127 |
| Tabla 110: Esfuerzo vs deformación en muretes del ladrillo artesanal de Bambamarca FRUT. 3..... | 128 |
| Tabla 111: Esfuerzo vs deformación en muretes del ladrillo artesanal de Bambamarca FRUT. 4..... | 130 |
| Tabla 112: Esfuerzo vs deformación en muretes del ladrillo artesanal de Bambamarca LÚC..... | 131 |
| Tabla 113: Esfuerzo vs deformación en muretes del ladrillo artesanal de Bambamarca AGOM..... | 132 |
| Tabla 114: Esfuerzo vs deformación en muretes del ladrillo artesanal de Bambamarca MAY. 1..... | 134 |
| Tabla 115: Esfuerzo vs deformación en muretes del ladrillo artesanal de Bambamarca MAY. 2..... | 135 |
| Tabla 116: Esfuerzo vs deformación en muretes del ladrillo artesanal de Bambamarca MAY. 3..... | 136 |
| Tabla 117: Calculo del módulo de corte del ladrillo artesanal de Bambamarca..... | 138 |
| Tabla 118: Granulometría (ensayo 01)..... | 139 |
| Tabla 119: Granulometría (ensayo 02)..... | 140 |
| Tabla 120: Granulometría (ensayo 03)..... | 141 |
| Tabla 121: Módulo de finura del agregado fino..... | 142 |
| Tabla 122: Contenido de humedad del agregado fino..... | 142 |
| Tabla 123: Absorción del agregado fino..... | 142 |
| Tabla 124: Cálculo del factor “F”..... | 143 |
| Tabla 125: Peso unitario suelto seco del agregado fino..... | 143 |
| Tabla 126: Peso unitario seco compactado del agregado fino..... | 143 |
| Tabla 127: Peso específico de masa del agregado fino..... | 143 |
| Tabla 128: Esfuerzo vs deformación del mortero..... | 145 |
| Tabla 129: Características del mortero..... | 145 |

GRÁFICOS

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfico 01: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación de las unidades de ladrillo artesanal Fábr. FRUT. 1.... | 98 |
| Gráfico 02: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación de las unidades de ladrillo artesanal Fábr. FRUT. 2.... | 99 |
| Gráfico 03: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación de las unidades de ladrillo artesanal Fábr. FRUT. 3.... | 100 |
| Gráfico 04: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación de las unidades de ladrillo artesanal Fábr. FRUT. 4.... | 101 |
| Gráfico 05: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación de las unidades de ladrillo artesanal Fábr. LÚC..... | 102 |
| Gráfico 06: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación de las unidades de ladrillo artesanal Fábr. AGOM..... | 103 |
| Gráfico 07: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación de las unidades de ladrillo artesanal Fábr. MAY. 1.... | 104 |
| Gráfico 08: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación de las unidades de ladrillo artesanal Fábr. MAY. 2.... | 105 |
| Gráfico 09: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación de las unidades de ladrillo artesanal Fábr. MAY. 3.... | 106 |
| Gráfico 10: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en pilas de ladrillo artesanal (Fabrica FRUT. 1)..... | 114 |
| Gráfico 11: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en pilas de ladrillo artesanal (Fabrica FRUT. 2)..... | 115 |
| Gráfico 12: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en pilas de ladrillo artesanal (Fabrica FRUT. 3)..... | 116 |
| Gráfico 13: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en pilas de ladrillo artesanal (Fabrica FRUT. 4)..... | 117 |
| Gráfico 14: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en pilas de ladrillo artesanal (Fabrica LÚC.)..... | 118 |
| Gráfico 15: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en pilas de ladrillo artesanal (Fabrica AGOM.)..... | 119 |
| Gráfico 16: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en pilas de ladrillo artesanal (Fabrica MAY. 1)..... | 120 |
| Gráfico 17: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en pilas de ladrillo artesanal (Fabrica MAY. 2)..... | 121 |
| Gráfico 18: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en pilas de ladrillo artesanal (Fabrica MAY. 3)..... | 122 |
| Gráfico 19: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en muretes de ladrillo artesanal (Fabrica FRUT. 1)..... | 127 |
| Gráfico 20: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en muretes de ladrillo artesanal (Fabrica FRUT. 2)..... | 128 |
| Gráfico 21: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en muretes de ladrillo artesanal (Fabrica FRUT. 3)..... | 129 |
| Gráfico 22: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en muretes de ladrillo artesanal (Fabrica FRUT. 4)..... | 131 |
| Gráfico 23: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en muretes de ladrillo artesanal (Fabrica LÚC.)..... | 132 |
| Gráfico 24: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en muretes de ladrillo artesanal (Fabrica AGOM.)..... | 133 |
| Gráfico 25: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en muretes de ladrillo artesanal (Fabrica MAY. 1)..... | 135 |
| Gráfico 26: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en muretes de ladrillo artesanal (Fabrica MAY. 2)..... | 136 |
| Gráfico 27: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en muretes de ladrillo artesanal (Fabrica MAY. 3)..... | 137 |
| Gráfico 28: Curva granulométrica del agregado fino (Ensayo 01)..... | 139 |
| Gráfico 29: Curva granulométrica del agregado fino (Ensayo 02) | 140 |
| Gráfico 30: Curva granulométrica del agregado fino (Ensayo 03) | 141 |
| Gráfico 31: Grafica de Esfuerzo Vs Deformación de los especímenes de mortero..... | 145 |

RESUMEN

Bambamarca es una Ciudad con excesiva demanda de viviendas, por el cual el ladrillo se ha convertido en la mejor alternativa en la construcción de las edificaciones, los ladrillos elaborados de manera artesanal son más usados que los ladrillos industriales sin importar si cumple o no con la norma técnica. El objetivo del presente trabajo de investigación, es determinar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo elaborado artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, para clasificarlo de acuerdo a la norma E-070, en el presente trabajo de investigación se ha muestreado en nueve fábricas de ladrillo artesanal, seleccionando sesenta unidades de cada una de las fabricas artesanales, para ensayar doce unidades, dos pilas y dos muretes de cada una de las nueve fabricas antes mencionadas, se realizaron: ensayos clasificatorios: variación dimensional, alabeo, compresión simple y ensayos no clasificatorios: succión, absorción, ensayos de pilas y muertes, ensayos de mortero, determinándose la resistencia de los ladrillos ($f'b$), resistencia de pilas ($f'm$), resistencia al corte ($v'm$) y los módulos de elasticidad cada tipo de ladrillo (E_b), pilas (E_m) y de corte en muretes (G_m), clasificando al ladrillo artesanal como tipo I y II de acuerdo a la norma E - 070, se pudo concluir que los ladrillo no cumplieron con las especificaciones proporcionados por el fabricante, pero calificaron como unidades sólidas de albañilería aptas para fines estructurales hasta de dos pisos, ya que estamos en zona sísmica 3 de acuerdo a la Norma E – 030.

PALABRAS CLAVES

Ladrillo, muretes, pilas, albañilería, propiedades, resistencia.

ABSTRACT

Bambamarca is a city with excessive housing demand, whereby the brick has become the best alternative in the construction of the buildings, made handmade bricks are more used than the brick industrial regardless of whether it complies or not with the technical standard. The objective of the present research is to determine the physical and mechanical properties of the brick crafted in the hamlets: El Frutillo, La Lucuma, Agomarca and Mayhuasi of Bambamarca district, province of Hualgayoc, department of Cajamarca, to classify it according to the E-070, in the present research has sampled in nine artisan brick factories, selecting sixty units of each of artisan factories, to test twelve units, two batteries and two walls of each of the nine factories before mentioned, they were: qualifying trials: dimensional variation, warpage, simple compression and no qualifying trials: suction, absorption, testing of batteries and deaths, mortar trials, determining the resistance of bricks ($f'b$), resistance of piles ($f'm$), resistance to cutting ($v'm$) and modules of elasticity each type of brick (E_b), batteries (E_m) and cutting in walls (G_m), classifying the handmade brick as type I and II according to the standard E – 070, one could conclude that the brick did not meet the specifications provided by the manufacturer, but described as solid masonry units suitable for structural purposes up to two floors, since we are in seismic zone 3 according to standard E – 030.

KEYWORDS:

Brick, stone walls, piles, masonry, properties, resistance.

CAPÍTULO I **INTRODUCCIÓN**

1.1 PROBLEMA

1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Bambamarca y en diferentes partes del Perú las construcciones predominantes son las edificaciones de albañilería, que se diferencian de los demás sistemas constructivos, ya que primero se construyen los muros, luego las columnas y posteriormente las vigas de confinamiento para tener edificaciones más seguras y económicas, por este motivo, en el Perú se ha visto en la obligación de elaborar una Norma Técnica que permita estandarizar el proceso de fabricación y calidad de las unidades de albañilería en la que está inmerso el ladrillo, esta Norma es la E – 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

El ladrillo es un elemento básico para la construcción tradicional. Sin dudas es la pieza fundamental para levantar muros portantes y no portantes, dichos muros deben resistir tanto las solicitaciones provenientes de las acciones normales así como peso propio, sobrecargas de uso y acciones eventuales como los sismos, para lo cual debe tener las dimensiones y los refuerzos que le permitan tener un comportamiento seguro frente a todas las acciones que se presenten, este elemento de albañilería es el de uso más frecuente en los estatus medio y bajo de la población, por lo que en algunas ciudades se ha industrializado con el fin de garantizar la seguridad y economía.

Bambamarca, como otras ciudades del Perú no está alejada del crecimiento urbano, lo que ha conllevado a la demanda de vivienda excesiva, siendo el ladrillo la mejor alternativa en la construcción de las edificaciones, y el ladrillo elaborado artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, son los usados de manera preferencial, en el que su elaboración es de manera artesanal, sin tener un control de calidad; por ello se hizo el estudio de sus propiedades físicas y mecánicas con el propósito de orientar a la mejora continua y alcanzar las exigencias de la norma de albañilería y determinar si cumplen o no como unidades de albañilería para ser empleadas en la construcción de viviendas de acuerdo a la Norma E – 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los valores de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos elaborados artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca?

1.2 HIPÓTESIS

1.2.1 HIPÓTESIS GENERAL

Los valores de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos elaborados artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, están dentro del rango establecido en la norma técnica E- 070.

1.2.2 DEFINICIÓN DE VARIABLE

Las Propiedades físicas (variación dimensional, alabeo, absorción) y mecánicas (resistencia a la compresión simple) de los ladrillos elaborados artesanalmente en los Caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca.

1.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

Tabla 1. Operación de variables.

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------|
| | | Indicador (variable intermedia) | Índice/ítem (variable empírica) |
| Propiedad Física | Propiedad de un material que se puede medir sin aplicar cargas. | variación dimensional | % |
| | | Alabeo | mm |
| | | Absorción | % |
| Propiedad Mecánica | Propiedad de un material relacionada con la relación elástica y rígida del mismo, al aplicarse una fuerza. | Resistencia de unidad, pilas y muretes de ladrillo. | kg/cm ² |

1.4 JUSTIFICACIÓN

La excesiva demanda de edificaciones en provincia de Hualgayoc - Bambamarca ha conllevado a la construcción de edificaciones de albañilería de hasta 8 pisos, lo cual hace que sean vulnerables a los efectos del sismo (la Región Cajamarca se encuentra en una zona de actividad sísmica alta, zona 3, según la N.T.P. E-030), por lo que existe la necesidad de determinar si las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo que es utilizado en las edificaciones cumple con el rango establecido en la Norma E-070, con la finalidad de conocer su comportamiento estructural y plantear soluciones más acertadas.

Los resultados permitieron clasificar el ladrillo con fines estructurales de acuerdo a la Norma Técnica E-070, y tener un registro en de sus características técnicas, de manera que los constructores y proyectistas dispongan de esta información, con la finalidad de tomar mejores decisiones en la construcción. Se realizó la investigación se para contribuir a mejorar la fabricación del ladrillo y sugerir a los productores iniciativas que conlleve a mejorar la fabricación del ladrillo, el cual cumpla con las normas de albañilería y sismo resistencia.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1. ALCANCES

La presente tesis brinda información de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo elaborados artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, determinando si cumple para uso estructural o no según la norma E-070.

Se pretende hacer conocer a los estudiantes de Ingeniería, productores, instituciones públicas, privadas y sociedad civil, la calidad de ladrillo que se comercializa en esta ciudad (como establecer mejores técnicas o prácticas de construcción, con la finalidad que cumpla su función real que corresponde)

Se busca establecer una línea de investigación en la Facultad de Ingeniería con el propósito que permita una secuencia en la investigación de la albañilería estructural y así contribuir a mejorar de manera continua la obtención de calidad del ladrillo.

Los ensayos necesarios se realizaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz”, Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Cajamarca.

1.5.2. LIMITACIONES

La presente investigación se limitó solo a estudiar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo elaborados artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las propiedades Físico - Mecánicas del ladrillo elaborados artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca.

1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características físicas: variación dimensional, alabeo y absorción de los ladrillos elaborados artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca.

- Determinar las características mecánicas: resistencia a la compresión de los ladrillos elaborados artesanalmente en Bambamarca.

- Determinar la resistencia a compresión de pilas y muretes.

- Clasificar los ladrillos elaborados artesanalmente en Bambamarca de acuerdo a la Norma Técnica E.070.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 INTERNACIONALES

BIANUCCI, MA. 2009. LADRILLO - ORÍGENES Y DESARROLLO. ARGENTINA, FAU-UNNE. 39 P.

Bianucci analizó el proceso de fabricación del ladrillo común, investigando la materia prima, su composición y el comportamiento de la misma. Se menciona que dentro de los materiales de construcción el ladrillo común está considerado como “piedra artificial”, puesto que se obtiene por un proceso de cocción de arcillas y otros componentes naturales, que dependen del lugar donde se los encuentra. En Chaco, Argentina, los sedimentos tienen su origen en que, en su creciente y bajante de los ríos de la región, por lo que es bastante común en cañadones secos encontrar arcillas muy ricas en óxido de hierro que le da al ladrillo esa coloración rojiza, luego de la cocción. Es común también que entre otros componentes se encuentre el carbonato de calcio, (tosca o caliches) que si las partículas son grandes luego de la cocción se convierte en óxido de calcio. 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. En los ladrillos de buena calidad (bien cocidos), los ensayos de compresión en probetas, llegan a una resistencia de 90 Kg/cm² a la rotura. Lo importante, 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.

AFANADOR, N; GUERRERO, G; MONROY, R. 2012. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS MACIZOS CERÁMICOS PARA MAMPOSTERÍA. BOGOTÁ, UMNG. 15 P.

Afanador, N; Guerrero, G; Monroy, R. evaluaron las propiedades mecánicas de los ladrillos macizos cerámicos fabricados a mano en el municipio de Ocaña, Bogotá, Colombia, utilizando para tal fin, la norma técnica Colombiana NTC-4017, concluyendo que: De acuerdo con los análisis de granulometría por hidrómetro y análisis granulométrico por tamizado por vía seca realizados al material arcilloso, se caracteriza por poseer un alto porcentaje de fracción arenosa y limos equivalente al

81% y una pobre fracción arcillosa equivalente al 19% del total de su composición, es decir, son clasificadas como arcillas arenosas inorgánicas con media plasticidad, con índice de plasticidad mayor al 10%, es decir, son arcillas que permiten el conformado y compactación de las piezas de mampostería; los ladrillos producidos en Ocaña, no cumplen las resistencias establecidas para Colombia; la TIA (Tasa Inicial de Absorción) promedio es de 0.387 g/cm²/mín, indica que las piezas de ladrillos deberán tener un prehumedecimiento mínimo de 24 horas y la AF promedio es de 17.41%, apropiado para muros interiores, pero excede en 4.41% el valor máximo para su utilización en muros exteriores porque su absorción máxima permitida es de 13%; no se encontró una relación que permita estimar una expresión entre la TIA y la resistencia a la compresión del ladrillo macizo de arcilla cocida, como también entre la AF y la resistencia a la compresión del ladrillo, pues sus coeficientes de correlación (R) fueron de 0.032 y 0.037 respectivamente, resultados diferentes a los obtenidos en otras investigaciones donde para f'_{cu} Vs. TIA el $R = -0.77$ y para f'_{cu} Vs. AF es $R = -0.24$. Estos resultados pueden ser producto de la variabilidad del proceso de cocción, puesto que no se puede definir con claridad los ciclos de cocción empleados por los fabricantes en la producción de ladrillos tolete macizos, tomando como referencia que la temperatura promedio no alcanza los 850 °C en la mejor posición dentro del horno, pues hay zonas donde la temperatura escasamente alcanza los 250 °C; y, la resistencia nominal a la compresión de muros en ladrillo macizos de arcilla cocida tiene valores que oscilan entre 0.8 hasta 2.4 MPa y un valor promedio para el municipio de Ocaña de 1.44 MPa lo cual es bajo, si lo comparamos con la especificación de resistencia de 14 MPa para ladrillos macizos y su restricción de usar sólo el 80% de su resistencia, es decir, una resistencia a la compresión de la mampostería de 8.4 MPa, lo cual indica que en Ocaña, la resistencia de la mampostería a la compresión está entre el 9.5 al 28.6% del mínimo esperado, representando al menos, un alto grado de vulnerabilidad a la compresión en muros de ladrillo tolete macizo, usados principalmente en viviendas construidas con el sistema de resistencia sísmica de mampostería confinada. Esto indica la necesidad de implementar hornos comunitarios que garanticen la temperatura de sintetización del material, un mejoramiento en el proceso de producción de las piezas de mampostería ya sea mediante extrucción u otro medio, y el diseño de mezclas de arcilla que permitan un mejoramiento de las propiedades mecánicas.

2.1.2 NACIONALES

SAN BARTOLOMÉ, A. 1980. COMPORTAMIENTO DE ELEMENTOS DE ALBAÑILERÍA EN ENSAYOS DE COMPRESIÓN DIAGONAL Y CORTE DIRECTO. LIMA, PUCP.

San Bartolomé, A. investigó, principalmente, el efecto del esfuerzo de confinamiento (σ) sobre la resistencia al corte (v); para lo cual, se realizaron ensayos de corte directo sobre prismas de tres hiladas de compresión diagonal en muretes cuadrados. Los especímenes fueron construidos empleando ladrillo King Kong industrial ($f^b = 160$ kg/cm²) y mortero 1:4, Los resultados promedios (en Kg/cm²) proporcionaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Corte Directo: } v = 1.16 + 0.94\sigma$$

$$\text{Compresión Diagonal: } v = 4.88 + 0.33\sigma$$

Como conclusión se obtuvo que el ensayo de corte directo (con alta dispersión de resultados: 40%) no refleja el tipo de falla de los muros reales y sus resultados están influenciados por la técnica de ensayo impuesta. Adicionalmente, mediante ensayos de compresión diagonal en muretes, se investigaron otras variables, llegándose a las siguientes conclusiones: Que al emplear un espesor de 2 cm en la junta de mortero, disminuye la resistencia al corte en 25% en relación a utilizar un espesor de 1 cm; el uso de arena fina en el mortero disminuye la resistencia al corte en 40% en relación a emplear arena gruesa; el asentar ladrillos secos (con elevada succión en su estado natural) disminuye la resistencia al corte hasta en 50% en relación a emplear ladrillos regados ("tratados") con agua un día antes de asentarlos; la compactación del mortero en cada uno de los orificios de la unidad perforada, creó un anclaje mecánico (llaves de corte o engrape mecánico) entre las hiladas que elevó la resistencia al corte en 45%. Lógicamente este proceso no es aplicable en obra.

E. SÁNCHEZ. 1982. ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD EN LA CALIDAD DE LOS LADRILLOS PRODUCIDOS EN LA CIUDAD DE LIMA. PUCP.

De alrededor de 50 ladrilleras (incluyendo las clandestinas) existentes en la ciudad de Lima en el año de 1982, se seleccionaron 14 que producían unidades de arcilla para muros portantes. Las principales conclusiones fueron que: No existe control en la calidad de producción (excepto en dos de las ladrilleras muestreadas), por lo que la

dispersión de resultados en todas las pruebas resultó elevada; el ladrillo King Kong artesanal, en todos los casos, fue clasificado como tipo II, de acuerdo a las normas ITINTEC; mientras que los de moldeo mecánico clasificaron entre los tipos III y V; el grado de cocción influye sustancialmente sobre la resistencia a compresión; los ladrillos colocados en la parte baja de los hornos abiertos llegaron a tener una resistencia 100% mayor respecto a los ubicados en la zona alta del horno; la succión varió entre 45 a 100 gr/200cm²-min, por lo que es necesario regar las unidades de arcilla (artesanal e industrial) un día antes de asentarlas.

PASTORUTTI, A. Y SAN BARTOLOMÉ, A. 1985. ENSAYO DE CARGA LATERAL EN MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADOS - EFECTOS DEL REFUERZO. LIMA, PUCP.

Se investigó el refuerzo horizontal en los muros de albañilería debido a que los elementos de confinamiento no resultan eficientes en la etapa de post agrietamiento diagonal, especialmente en las zonas centrales del muro en donde el tamaño de la grieta es grande, se construyeron 4 muros con diferente refuerzo y un muro patrón sin refuerzo. Estos muros se ensayaron a carga lateral cíclica y se pudo concluir lo siguiente: El refuerzo horizontal disminuyó, en etapas de grandes desplazamientos laterales, el deterioro de la albañilería y el de las columnas. A mayor refuerzo, se originan más fisuras pero estas son a su vez más finas. Se observó que es importante que el refuerzo horizontal se ancle en la columna con un gancho de 90°. Para evitar la pérdida de anclaje cuando se genere fisuras por flexión en las columnas.

QUIUN, D; SAN BARTOLOMÉ, A; MENDOZA, G. 2005. CORRECCIÓN POR ESBELTEZ EN PILAS DE ALBAÑILERÍA ENSAYADAS A COMPRESIÓN AXIAL. LIMA. PUCP.

En esta investigación se ensayaron a compresión axial 60 pilas de albañilería, construidas con unidades de arcilla y de concreto, con el objeto de determinar experimentalmente los coeficientes de corrección aplicables sobre la resistencia característica f_m en pilas que presentan esbelteces distintas al valor nominal (5 para SENCICO, 2004; y, para INDECOPI, 2003). Los resultados indicaron la curva de tendencia del coeficiente de corrección (CC) por esbeltez de las pilas de albañilería ensayadas a compresión axial, para 3 tipos distintos de unidades, mostró una buena

aproximación hacia los valores de CC proporcionados por SENCICO, 2004; mientras que los valores especificados por INDECOPI, 2003 (iguales a los indicados por ASTM C1314, 2003) se alejaron más de esta curva. Por tanto, es preferible emplear los valores de CC indicados por SENCICO, 2004, que son los mismos a los dados por ININVI, 1982. INDECOPI, 2003 (al igual que ASTM C 1314, 2003), utiliza una esbeltez nominal $E = 2$ (donde $CC = 1$), que corresponde aproximadamente a una pila compuesta por 2 ladrillos, mientras que la esbeltez estándar para SENCICO, 2004, es $E = 5$; habiéndose comprobado experimentalmente que los valores de CC son muy sensibles para esbelteces menores que 3, resulta aconsejable que la esbeltez estándar sea la especificada por SENCICO, 2004 y que las pilas estén compuestas por lo menos por tres unidades de albañilería; las pilas hechas con ladrillos de concreto industrial (KKC) mostraron resultados incoherentes, obteniéndose mayor resistencia a compresión en las pilas más esbeltas. Por tanto, es necesario continuar la investigación para este tipo de unidad, esta vez construyendo por lo menos 10 pilas por cada esbeltez, para analizar si la inconsistencia puede deberse a las ranuras que muestra esta unidad.

SAN BARTOLOMÉ, A. 2007. DEFECTOS QUE INCIDIERON EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE ALBAÑILERÍA EN EL SISMO DE PISCO DEL 15-08-2007", LIMA, PUCP.

El objetivo de este artículo es indicar los errores cometidos en las construcciones de albañilería, debido a los cuales se produjeron daños catalogados desde leves hasta estados de colapso total, cuando estas edificaciones fueron sometidas a la acción del sismo de Pisco ($M_s = 7.0$, $M_w = 8.0$), ocurrido el 15 de agosto del 2007, concluyendo que el sismo del 15-08-2007, calificado desde el punto de vista estructural por el autor como "leve" para Lima y "moderado" para Pisco o Chincha, puso al desnudo una serie de errores que se cometen en las edificaciones de albañilería, principalmente por el aspecto informal con que se construyen estos sistemas, pese a la existencia de normas nacionales de construcción y diseño estructural; ningún tipo de estructura debió construirse en la zona licuada de Tambo de Mora, por lo que se propone la creación de un museo de sitio, para que la humanidad entera no repita este error, especial precaución deberá tomarse con las edificaciones ubicadas en los pantanos de Villa, donde a pesar que el sismo fue "leve" en Lima, hubo indicios de licuación; y, los daños severos en Pisco se presentaron principalmente en las zonas arenosas con napa freática elevada. Para este tipo de suelo debe exigirse el empleo de cimentaciones rígidas de concreto armado para todo tipo de edificación.

SAN BARTOLOMÉ, A; ANGLÉS, P. 2008. COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE MUROS CONFINADOS CONSTRUIDOS CON LADRILLOS DE CONCRETO Y DE ARCILLA. LIMA, PUCP.

En esta investigación se analizó la influencia del dos tipos de ladrillo: de concreto vibrado y de arcilla cocida, en el comportamiento sísmico de la albañilería confinada, para lo cual, en el Laboratorio de Estructuras de la PUCP, se efectuaron ensayos de carga lateral cíclica en dos muros con las mismas características, pero construidos cada uno con los ladrillos indicados anteriormente; concluyendo que de acuerdo a los resultados de los ensayos, los ladrillos de concreto y de arcilla calificaron como unidades sólidas, aptas para ser utilizadas en la construcción de muros portantes; la resistencia a compresión ($f'm$) fue similar tanto para las pilas construidas con ladrillos de arcilla como para las hechas con ladrillos de concreto; la conexión a ras columna-albañilería en los dos muros confinados, evitó problemas que muchas veces se presentan con la conexión dentada tradicional: cangrejas bajo los dientes y rotura de dientes al compactar el concreto de las columnas. Adicionalmente, los chicotes colocados en los extremos de la albañilería cada dos hiladas, permitieron que el desplazamiento en la conexión columna-albañilería sea menor de 1 mm.

2.1.3 LOCALES

MOSQUEIRA, J. Y DÍAZ, M. 1984. ENSAYOS DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LADRILLOS DE ARCILLA COCIDA. TESIS ING. CIVIL. CAJAMARCA, UNC. 194 P.

En la dicha investigación realizaron estudios de la propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong elaborado artesanalmente por la fábrica del señor Segundo Romero Llanos, ubicado en el Centro Poblado el Cerrillo, Baños del Inca, Cajamarca, a la vez ejecutaron ensayos de pilas y bloques; llegando a las siguientes conclusiones: La resistencia del mortero por tanda ha variado, pese a que se empleó el mismo albañil y las mismas proporciones de los componentes, debido a la cantidad de agua no fue la misma, pues está aplicada buscando la manejabilidad, plasticidad y trabajabilidad del mortero, según criterio del albañil; la resistencia de los ladrillos a la compresión y flexión fue relativamente baja, a pesar de ser de la misma hornada, porque las unidades

presentaban diferente concavidad, convexidad, agrietamientos, porosidad y dimensiones; los ensayos de compresión diagonal, en pilas y muretes aproximadamente cuadrados y no muy pequeños, parece ser bastante representativo de los comportamientos sísmicos típicos observados en muros de edificaciones de albañilería confinada, sometidos a acciones en su plano.

ACUÑA, R. 2014. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DEL CASERÍO EL FRUTILLO – BAMBAMARCA - CAJAMARCA PROYECTO DE INVESTIGACION ING. CAJAMARCA UNC.

El ingeniero Ricarte Acuña Vásquez realizó estudios para determinar las características de algunas ladrilleras de ladrillo King Kong del Caserío el frutillo – Bambamarca, en variabilidad dimensional obtuvo la siguiente tabla.

Tabla 2. Variación dimensional del ladrillo artesanal del frutillo - Bambamarca

| LADRILLERA | Largo | Ancho | Altura |
|-------------------|--------------|--------------|---------------|
| A | 6.34 | 6.19 | 11.06 |
| B | 5.24 | 4.98 | 8.33 |
| C | 3.12 | 2.65 | 7.86 |
| D | 6.98 | 3.12 | 8.68 |
| E | 6.07 | 5.65 | 11.38 |
| F | 5 | 4.49 | 10.53 |
| G | 6.4 | 5.68 | 9.9 |
| H | 7.92 | 9.34 | 15.5 |

Según las tablas tenemos los siguientes resultados sobre el alabeo, La fábrica artesanal C tiene un alabeo de 1 mm, las fabricas B, E, F Y H, tienen un alabeo de 2 mm y las fábricas A, D y G, tienen un alabeo de 3 mm.

Concluyó que la fábrica A, tiene la más alta resistencia a la compresión llegando a un valor de 10.01 Mpa, luego tenemos a la ladrillera E con un valor de 9.42 Mpa y con los valores 7.00, 7.25, 7.48, 7.52, 7.69 y 7.79 Mpa las ladrilleras B, H, G, C, D y F respectivamente.

Los ladrillos fabricados artesanalmente el caserío del Frutillo – Bambamarca clasifican indistintamente para fines estructurales, desde los destinados a construcciones de servicio moderado (clase II), hasta construcciones de servicio de uso general (clase III).

2.2 MARCO NORMATIVO PERUANO

2.2.1 NORMAS TÉCNICAS PERUANAS

Las normas NTP 331.017, 399.604 y 399.613, establecen los requisitos que deben cumplir los ladrillos de arcilla destinados para uso de albañilería estructural y no estructural; y, los procedimientos para el muestro y ensayos de las propiedades físicas y mecánicas, respectivamente.

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 por muros armados.

2.2.3 NORMA TÉCNICA PERUANA E-030

Esta Norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas según sus requerimientos tengan un comportamiento sísmico acorde con la filosofía y principios del diseño sismorresistente que consiste en:

- evitar pérdidas de vidas.
- asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- minimizar los daños a la propiedad.

Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, a la evaluación y reforzamiento de las existentes y a la reparación de las que resultaren dañadas por la acción de los sismos.

2.3 MARCO TEÓRICO

2.3.1 LADRILLO.

San Bartolomé, A. 1994. La unidad de albañilería es el componente básico para la construcción de la albañilería, que pueden ser elaborados de arcilla, concreto, mezcla de sílice y cal. Se forma mediante el moldeo y compactación; si se produce en fábricas artesanales, se hace sin ningún control de calidad; por lo que no debe extrañar las formas, tipos, dimensiones y pesos sean variables y pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares.

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).

2.3.1.1. TIPOLOGÍA.

San Bartolomé, A; Ángeles, P. 2008. 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, y pueden ser:

A. UNIDADES SÓLIDAS O MACIZAS.

San Bartolomé, A. 1994. Son las que no tienen huecos o, en todo caso, presentan alveolos o perforaciones perpendiculares a la superficie de asiento que cubren un área no mayor al 30% del área de la sección bruta en el mismo plano.

B. UNIDADES HUECAS.

San Bartolomé, A. 1994. 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.

C. UNIDADES TUBULARES O PANDERETA.

Norma Técnica E-070. Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento

D. LIMITACIONES DE LA 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 3. 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. Óptima si se llenan alvéolos con concreto líquido | Óptima | No aplicable | Óptima |
| Tubular | No aplicable | Óptima | No aplicable | Óptima |

Fuente: Gallegos, y Casabonne. 2005

2.3.1.2. UNIDADES DE ARCILLA.

San Bartolomé, A; Ángeles, P. 2008. Son los ladrillos sólidos, perforados y tubulares o cerámicos de arcilla cocida, elaborado de manera artesanal o industrial, el color varía de acuerdo a la arcilla, que va de amarillento a rojizo.

A. MATERIA PRIMA.

Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005. La materia prima para la fabricación de los ladrillos es las arcillas, Los ladrillos se clasifican en calcáreas y no calcáreas. Las primeras contienen un 15% de carbonato de calcio, que da lugar a unidades de color amarillento; en las segundas, predomina el silicato de alúmina con un 5% de óxido de hierro, que le proporciona un tono rojizo. Las mejores arcillas contienen un 33% de arena y limo; es necesario que exista arena para reducir los efectos de contracción por secado de la arcilla.

B. CLASIFICACIÓN DE LOS LADRILLOS DE ARCILLA.

De acuerdo a las investigaciones realizadas por el **Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), Pontificia Universidad Católica del Perú y la Universidad Nacional de Ingeniería**, al ladrillo se le puede clasificar de acuerdo a sus dimensiones, en:

- Tipo corriente: 24x14x6 cm. (3 Kg.)
- Tipo King Kong: 24x14x10 cm. (5 a 8 Kg.)
- Tipo pastelero: 20x20x2.5 cm. (4 a 6 Kg.)
- Tipo pandereta: 24x12x10 cm. (2.5 a 3 Kg.)
- Tipo hueco: Se emplea en la construcción de losas aligeradas.
- Tipo IKARO: 24x11.5x9.5 cm. (3 Kg.)

C. FABRICACIÓN

San Bartolomé, A. 1994. El proceso de elaboración del ladrillo es variable, siendo artesanal, semi-industriales e industriales, elaborándose diferentes productos en su forma, tamaño y dimensiones. La elaboración de las unidades de arcilla, tiene las siguientes etapas:

- Extracción del material en la cantera mediante picos, lampas, carretillas y equipo mecánico en la elaboración artesanal; o con palas mecánicas en el proceso

industrial. Luego se tamiza el material empleando mallas metálicas, para de este modo eliminar las piedras y otras materias extrañas.

- Molienda de la materia prima, apisonándola o con molinos.
- Mezclado de la materia prima con agua y arena, dejando dormir la tierra durante un día (artesanal, como el adobe), o empleando máquinas dosificadoras al peso (industrial).
- Moldeado se efectúa amasando la mezcla sobre moldes de madera (como el adobe), con prensas (a gran presión) o con extrusoras; en este último caso, la masa plástica es obligada a pasar por una boquilla con la sección transversal del producto terminado.
- El secado se realiza colocando las unidades sobre un tendal, o introduciéndolas en un horno con temperatura regulable (desde la del medio ambiente hasta los 200 °C).
- 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.

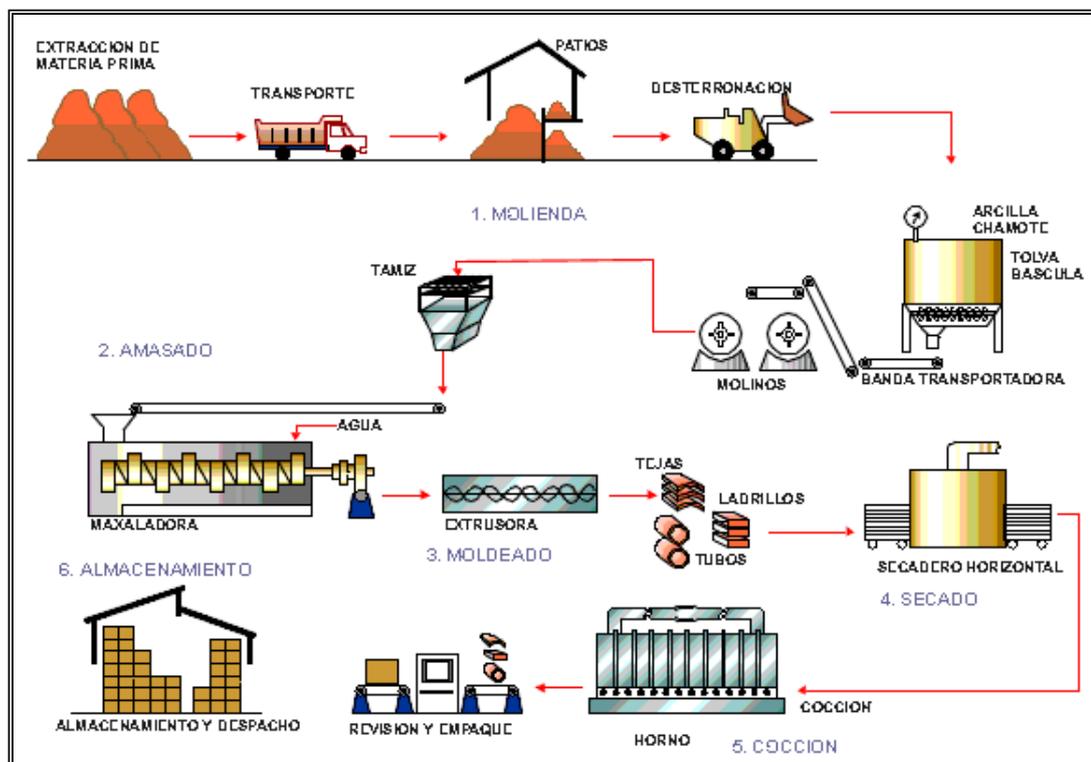


Fig. 1: Diagrama de fabricación de unidades de arcilla de manera industrial.

2.3.1.3. UNIDADES CALCÁREAS.

San Bartolomé, A. 1994. La materia prima que compone estas unidades son: La cal hidratada (10%) y arena con un 75% de sílice, lo que da lugar a unidades de color blanco grisáceo, aunque puede añadirse pigmentos que le proporcionan otras tonalidades. La dosificación de los materiales (incluyendo agua) se hace en peso, y para el moldeo de las unidades se utilizan prensas mecánicas o hidráulicas. Luego, las unidades se endurecen curándolas a vapor en cámaras "autoclave" con elevada presión (entre 8 a 17 atmósferas), tienen muy poca variación en su resistencia a compresión, que suele ser alta. La principal desventaja de estas unidades es que su textura es suave, la adherencia mortero-unidad es reducida; por esta razón, últimamente se han producido unidades sílico-calcáreas con estrías y perforaciones en su superficie de asentado.

2.3.1.4. UNIDADES DE CONCRETO.

San Bartolomé, A. 1994. Estas unidades pueden ser artesanales (ladrillos) o industriales (ladrillos y bloques), con un tono gris verdoso, aunque puede agregarse pigmentos que varíen su color. Su textura usual es gruesa, con poros abiertos, y su peso puede aligerarse empleando piedra pómez como agregado. La ventaja de las unidades de concreto sobre las anteriores es que dependiendo de la dosificación que se emplee (cemento-arena-confitillo- agua), pueden lograrse unidades con una resistencia que dependa del uso a que se destine.

2.3.1.5. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS.

A. VARIABILIDAD DIMENSIONAL

Norma E-070 del RNE. Las dimensiones de la unidad, se expresan como: largo x ancho x altura, en centímetros. El largo y el ancho se refieren a la superficie de asiento, y las dimensiones nominales – comerciales – usualmente incluyen 1cm de junta. La variabilidad dimensional define la altura de las hiladas, ya que se manifiesta, con mayores variaciones, en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo estrictamente necesario por adhesión, que es de 9 a 12mm, conduciendo a una albañilería menos resistente en compresión.

San Bartolomé, A. 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 3mm en el espesor de las juntas horizontales – adicionales al mínimo requerido de 10mm -, la resistencia a compresión de albañilería disminuye en 15%; esto también produce disminución en 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).

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

$$V = \frac{ME - MP}{ME} * 100$$

Dónde:

- V : Variabilidad dimensional (%).
- ME : Medida especificada por el fabricante (mm).
- MP : Medida promedio (mm).

B. ALABEO.

San Bartolomé, A. 1994. Propiedad física, en el que 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.

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).

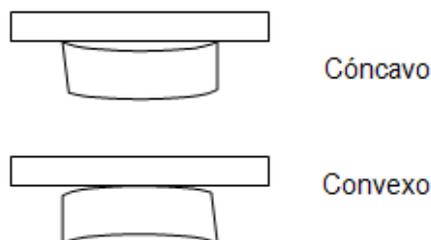


Fig. 2: Convexidad y concavidad del ladrillo.

C. ABSORCIÓN.

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.

Según la NTP E – 070, es una medida de la permeabilidad de la unidad de albañilería. En las unidades de arcilla no debe exceder el 22%, ya que las unidades de albañilería con absorción mayor al 22% serán más porosas, y absorberá agua del mortero, secándolo e impidiendo el adecuado proceso de adherencia mortero-unidad, lo que influye en la disminución de la resistencia del muro.

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

$$A = \frac{P_s - P_{\text{seco}}}{P_{\text{seco}}} * 100$$

Dónde:

- A : Absorción (%) (Tablas 16).
- Ps : Peso saturado (g)
- Pseco : Peso seco (g)

D. SUCCIÓN.

Norma E-070. La succión es la medida de la aidez del agua de la unidad de albañilería en la cara de asiento y es la característica fundamental para definir la relación mortero-unidad en la interfase de contacto y, por lo tanto, la resistencia a tracción de la albañilería.

El ensayo consiste en medir un volumen inicial de agua sobre un recipiente de área definida y vaciar una parte del agua sobre una bandeja, luego se apoya la unidad sobre tres puntos en la bandeja de manera que su superficie de asiento esté en contacto con una película de agua de 3 mm de altura durante un minuto, después de retirar la unidad, se vacía el agua de la bandeja hacia el recipiente y se vuelve a medir el volumen de agua; la succión normalizada a un área de 200 cm².

$$S = \frac{200 * (P_{suc} - P_{sec})}{\text{Área Bruta}}$$

Dónde:

S : Succión

P_{suc} : Peso (gr) de la unidad luego de ser sumergido en agua durante un minuto.

P_{sec} : Peso seco (gr) de la unidad luego de permanecer en el horno.

Área Bruta : Ancho x Largo (cm²).

E. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

San Bartolomé, A. 1994. La resistencia a la compresión de la unidad es, por sí sola, su principal propiedad y la que finalmente determina la resistencia a la compresión del muro de albañilería (f'm). En general, unos valores altos de resistencia a la compresión señalan una buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio, son muestra de unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable.

La resistencia a la compresión, tal como se mide actualmente en el ensayo de compresión estándar, es función no sólo de la resistencia intrínseca de la masa, sino de la altura del testigo y de su forma. Los especímenes son medias 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.

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

$$f_b = \frac{\text{Carga Máx.}}{\text{Área Bruta}} \qquad f'_b = f_b - \sigma$$

Dónde:

f_b: Esfuerzo a la compresión

Carga Max: Carga (kg).

Área Bruta : Ancho x Largo (cm²)

F. MÓDULO DE ELASTICIDAD.

San Bartolomé, A. 1994. Como parte del ensayo de compresión, cuando se dispone de máquinas que pueden medir la reacción del testigo ante la aplicación de deformación controlada, es posible obtener curvas completas esfuerzo-deformación unitaria. En la Fig. 3 se muestran curvas normalizadas para unidades de arcilla, concreto y sílice-cal. Se puede notar en ellas lo siguiente:

- Ante carga de compresión, las unidades de diferentes materias primas presentan comportamientos diferentes.
- Los módulos de elasticidad, medidos como la pendiente de la secante a la mitad de la resistencia última ($1/2 f_b$) se pueden estimar en 400 f_b para unidades de arcilla 1000 f_b para unidades de concreto y 800 f_b para unidades de sílice-cal.
- Las deformaciones unitarias correspondientes al esfuerzo de rotura (f_b) son aproximadamente 0,6% para unidades de arcilla, 0,3% para unidades de concreto y 0,45% para unidades de sílice-cal.
- Las unidades de arcilla muestran comportamientos más frágiles que las de concreto y sílice-cal.

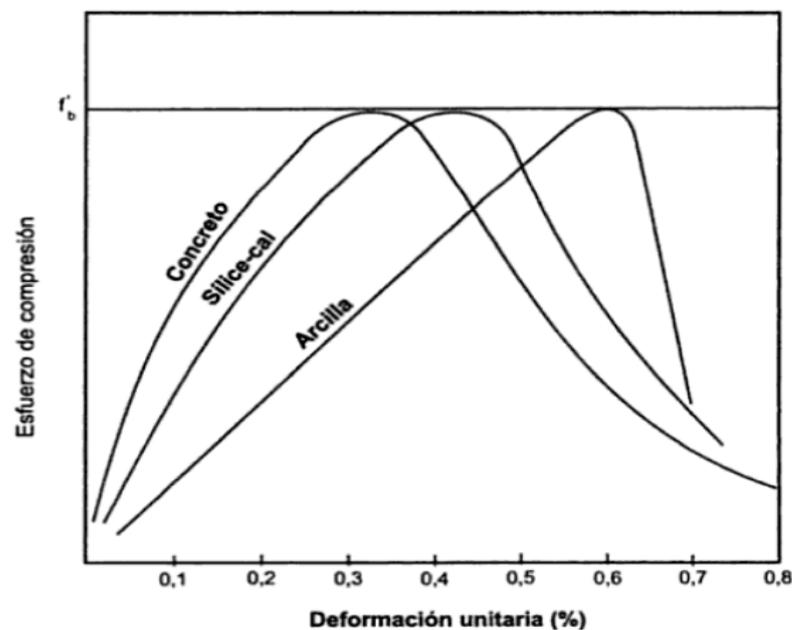


Fig. 3: Curvas normalizadas esfuerzo de compresión (f'_b) vs. Deformación unitaria de unidades ensayadas en compresión.

2.3.1.6. CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES.

De acuerdo a la Norma NTP 331.017, los ladrillos se clasifican en 5 tipos:

TIPO I.

Estos ladrillos tienen una resistencia y durabilidad muy baja; son aptos para ser empleados bajo condiciones de exigencias mínimas (viviendas de 1 o 2 pisos), evitando el contacto directo con la lluvia o el suelo.

TIPO II.

En esta categoría clasifican los ladrillos de baja resistencia y durabilidad; son aptos para usarse bajo condiciones de servicio moderadas (no deben estar en contacto directo con la lluvia, suelo o agua).

TIPO III.

Son ladrillos de mediana resistencia y durabilidad, aptos para emplearse en construcciones sujetas a condiciones de bajo intemperismo.

TIPO IV.

Estos ladrillos son de alta resistencia y durabilidad; aptos para ser utilizados bajo condiciones de servicio rigurosas. Pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo moderado, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.

TIPO V.

Tienen una resistencia y durabilidad muy elevada; son aptos para emplearse en condiciones de servicio muy rigurosas, pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo similares al TIPO IV.

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la Tabla 4, según la Norma Técnica Peruana E- 070.

Tabla 4. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

| CLASE DE LADRILLO | Variación de la dimensión (Máxima en porcentaje) | | | Alabeo máximo (mm) | Resistencia característica a compresión $f'b$ mínimo en MPa (Kg/cm ²) sobre área bruta |
|-------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------|------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Hasta 100 mm | Hasta 150 mm | Más de 150 mm | | |
| I | ± 8 | ±6 | ± 4 | 10 | 4.9 (50) |
| II | ± 7 | ± 6 | ± 4 | 8 | 6.9 (70) |
| III | ± 5 | ± 4 | ± 3 | 6 | 9.3 (95) |
| IV | ± 4 | ± 3 | ± 2 | 4 | 12.7 (130) |
| V | ± 3 | ± 2 | ± 1 | 2 | 17.6 (180) |

$f'b$ =Resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería.
Fuente: NTP E-070

MPa = Megapascal.

2.3.1.7. LIMITACIONES EN SU APLICACIÓN.

NTP E-030. El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 5. 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 exceptuada con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

Tabla 5. 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 a más | Muro portante en todo edificio. |
| Sólido Artesanal | No | Si, hasta 2 pisos | Si |
| Sólido Industrial | Si | Si | Si |
| Hueco | No | No | Si |
| Tubular | No | No | Si, Hasta 2 pisos |

2.3.2 ALBAÑILERÍA

Norma Técnica E.070. Material estructural compuesto por "unidades de albañilería" asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.

2.3.3 TIPOS DE ALBAÑILERÍA

2.3.3.1. POR SU FUNCIÓN ESTRUCTURAL

A. MUROS PORTANTES

Norma Técnica E.070. Muro de las edificaciones, construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior del edificio, como arcos, bóvedas, vigas, viguetas o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical.

Para la construcción de los muros portantes se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Debe tener una sección transversal preferentemente simétrica.
- Continuidad vertical hasta la cimentación.
- Una longitud mayor o igual a 1,20 m para ser considerados como contribuyentes en la resistencia a las fuerzas horizontales.
- Longitudes preferentemente uniformes en cada dirección.
- Juntas de control para evitar movimientos relativos debidos a contracciones, dilataciones y asentamientos diferenciales.
- La distancia máxima entre juntas de control es de 8 m, en el caso de muros con unidades de concreto y de 25 m en el caso de muros con unidades de arcilla.

B. MUROS NO PORTANTES

Norma Técnica E.070. Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Son, por ejemplo, los parapetos, los tabiques y los cercos. Estos muros deben diseñarse básicamente ante cargas perpendiculares a su plano, originadas por el viento, sismo u otras cargas de empuje.

En nuestro medio, los tabiques son generalmente hechos de albañilería y por lo general, en estos elementos se emplea mortero de baja calidad y ladrillos tubulares

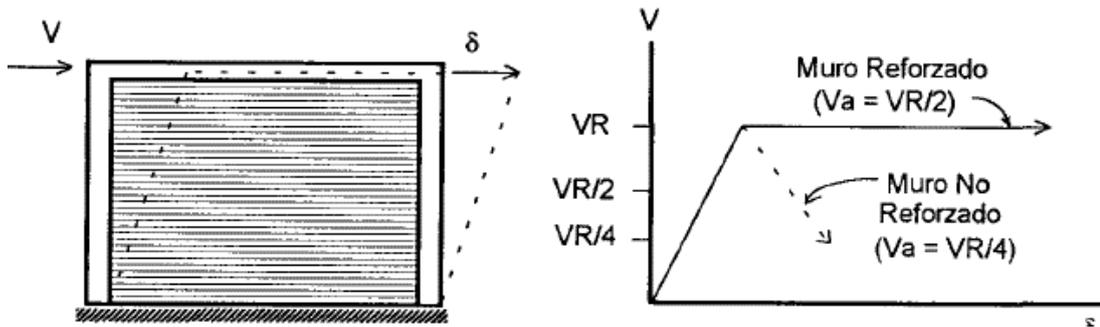


Fig. 5: Fuerza cortante admisible " V_a " (San Bartolomé, A. 1994)

B. MUROS REFORZADOS (ARMADOS, LAMINARES Y CONFINADOS)

MUROS ARMADOS

San Bartolomé, A. 1994. Los Muros Armados se caracterizan por llevar el refuerzo en el interior de la albañilería. Este refuerzo está generalmente distribuido a lo largo de la altura del muro (refuerzo horizontal) como de su longitud (refuerzo vertical), (Fig. 6).

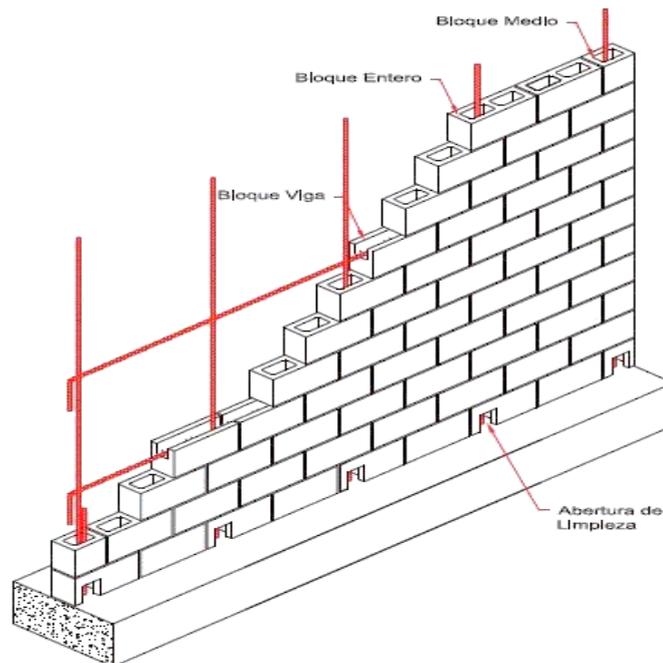


Fig. 6: Muro con refuerzo horizontal y vertical.

Estos muros requieren de la fabricación de unidades especiales, con alveolos donde se pueda colocar el refuerzo vertical; en tanto que, dependiendo del diámetro del refuerzo horizontal, éste se coloca en los canales de la unidad (cuando el diámetro es mayor de 1/4"), o en la junta horizontal (cuando el diámetro es menor o igual a 1/4").

San Bartolomé, A. 1994. El diámetro del refuerzo horizontal depende de la magnitud de la fuerza cortante que tiene que ser soportada íntegramente por el acero. Los requisitos mínimos que debe cumplir un muro armado lo establece la Norma E-070 en su artículo 28.

C. MUROS LAMINARES O SÁNDWICH

Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005. Son muros construidos por una placa delgada de concreto, con un espesor de 1 a 4 pulgadas, usando concreto grout o normal, reforzado con una malla de acero central, y por 2 muros de albañilería simple que sirven como encofrados de la placa (Fig. 7).

Debido a la adherencia que se genera entre el concreto y los muros de albañilería, así como por el refuerzo transversal que se emplea para la conexión de los dos muros, se logra una integración de todo el sistema. Sin embargo, en la investigación experimental realizada en el Perú por el Ing. H. Gallegos, utilizando ladrillos sílico - calcáreos, se observó un buen comportamiento elástico del muro laminar, con una elevada rigidez lateral y resistencia al corte; pero después de producirse el agrietamiento diagonal de la placa, ocurrió una fuerte degradación de resistencia y rigidez (falla frágil), debido principalmente a que los muros de albañilería se separaron de la placa, "soplándose".

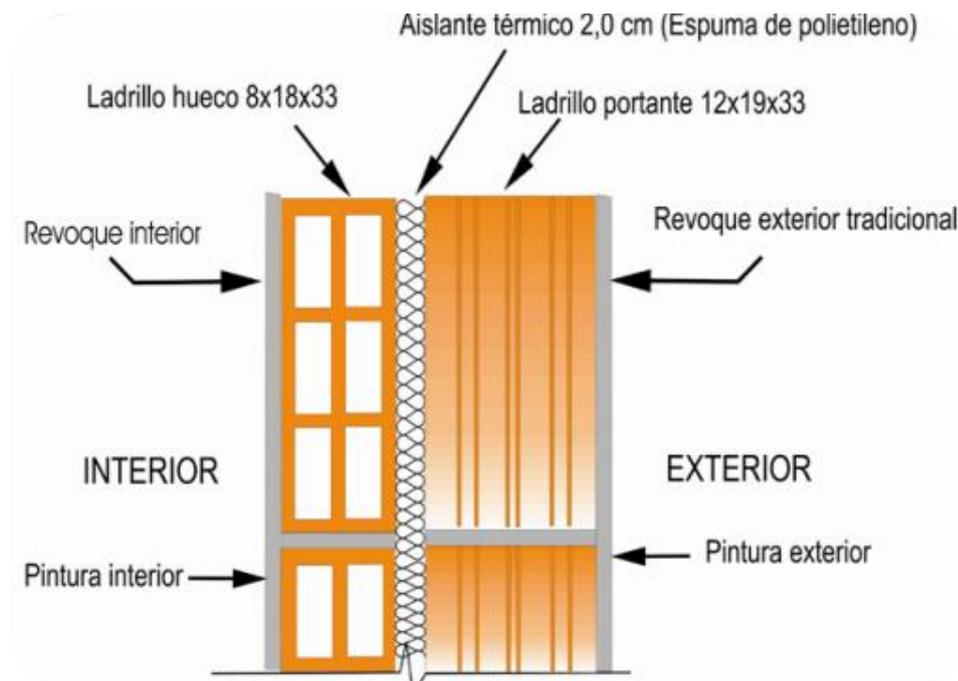


Fig. 7: Muro laminar o sándwich.

D. MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005. Es el sistema más empleado en casi todo el Perú para la construcción de viviendas de hasta 4 pisos. la albañilería confinada se caracteriza por estar constituida por un muro de albañilería simple enmarcado por una cadena de concreto armado, vaciada con posterioridad a la construcción del muro.

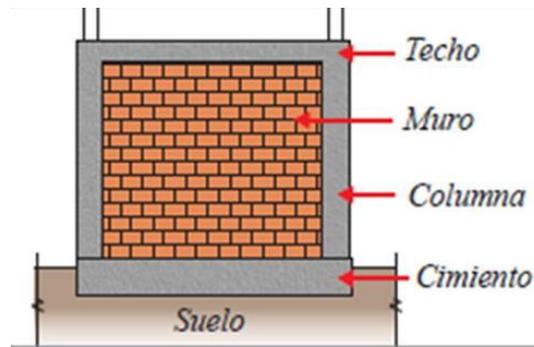


Fig. 8: Muros confinados de ladrillos de arcilla.

Los requisitos básicos que señala la Norma Técnica E-070, para que un muro se considere confinado son:

- Que quede enmarcado en sus cuatro lados por elementos de concreto armado verticales (columnas) y horizontales (vigas soleras), aceptándose la cimentación de concreto como elemento de confinamiento horizontal para el caso de los muros ubicados en el primer piso.
- Que la distancia máxima centro a centro entre las columnas de confinamiento sea dos veces la distancia entre los elementos horizontales de refuerzo y no mayor de 5 m. De cumplirse esta condición, así como de emplearse el espesor mínimo especificado en el Artículo 19.1.a de la norma E-070, la albañilería no necesitará ser diseñada ante acciones sísmicas ortogonales a su plano, excepto cuando exista excentricidad de la carga vertical.
- Se utilizará unidades de albañilería de acuerdo a lo especificado en el artículo 5.3 de la Norma E-070.
- La conexión columna-albañilería podrá ser dentada o a ras, en el caso de emplearse una conexión dentada, la longitud de la unidad saliente no excederá de 5 cm y

deberá limpiarse de los desperdicios de mortero y partículas sueltas antes de vaciar el concreto de la columna de confinamiento, en el caso de emplearse una conexión a ras, deberá adicionarse "chicotes" o "mechas" de anclaje (salvo que exista refuerzo horizontal continuo) compuestos por varillas de 6 mm de diámetro, que penetren por lo menos 40 cm al interior de la albañilería y 12,5 cm al interior de la columna más un doblado vertical a 90° de 10 cm; la cuantía a utilizar será 0,001.

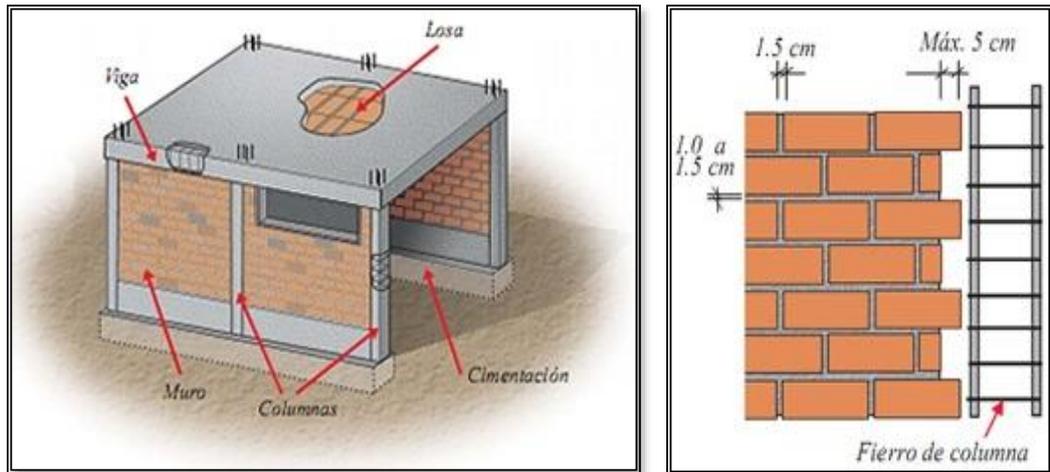


Fig. 9: Requisitos mínimos para que un muro se considere confinado

- El refuerzo horizontal, cuando sea requerido, será continuo y anclará en las columnas de confinamiento 12,5 cm con gancho vertical a 90° de 10 cm.
- Los estribos a emplear en las columnas de confinamiento deberán ser cerrados a 135°, pudiéndose emplear estribos con % de vuelta adicional, atando sus extremos con el refuerzo vertical, o también, zunchos que empiecen y terminen con gancho estándar a 180° doblado en el refuerzo vertical (Fig.10).

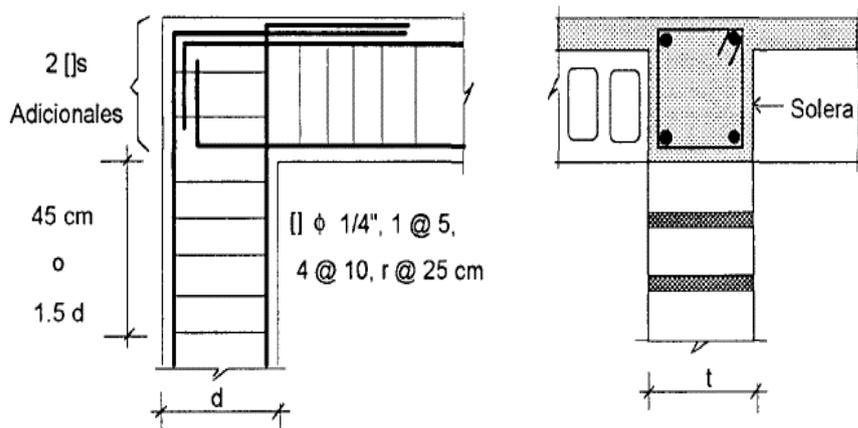


Fig. 10: Disposición Mínima de estribos (San Bartolomé, A. 1994)

- Los traslapes del refuerzo horizontal o vertical tendrán una longitud igual a 45 veces el mayor diámetro de la barra traslapada. No se permitirá el traslape del refuerzo vertical en el primer entrepiso, tampoco en las zonas confinadas ubicadas en los extremos de soleras y columnas.
- El concreto deberá tener una resistencia a compresión (f'_c) mayor o igual a 17.15 MPa (175 Kg/cm²). La mezcla deberá ser fluida, con un revenimiento del orden de 12,7 cm (5 pulgadas) medida en el cono de Abrams. En las columnas de poca dimensión, utilizadas como confinamiento de los muros en aparejo de soga, el tamaño máximo de la piedra chancada no excederá de 1,27 cm (1/2 pulgada).
- Que todos los empalmes y anclajes de la armadura desarrollen plena capacidad a la tracción, de acuerdo a la NTP E-060 de Concreto Armado.
- El espesor mínimo de las columnas y solera será igual al espesor efectivo del muro.
- El peralte mínimo de la viga solera será igual al espesor de la losa de techo.
- El peralte mínimo de la columna de confinamiento será de 15 cm. En el caso que se discontinúen las vigas soleras, por la presencia de ductos en la losa del techo o porque el muro llega a un límite de propiedad, el peralte mínimo de la columna de confinamiento respectiva deberá ser suficiente como para permitir el anclaje de la parte recta del refuerzo longitudinal existente en la viga solera más el recubrimiento respectivo.
- Cuando se utilice refuerzo horizontal en los muros confinados, las varillas de refuerzo penetrarán en las columnas de confinamiento por lo menos 12,50 cm y terminarán en gancho a 90°, vertical de 10 cm de longitud

2.3.4 MORTERO.

La Norma E-070. indica que el mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610.

San Bartolomé, A. 1994. Menciona que la función principal del mortero en la albañilería es adherir las unidades corrigiendo las irregularidades que la misma tiene, así como sellar las juntas contra la penetración del aire y de la humedad.

San Bartolomé, A. 1994. En cuanto a la adherencia unidad-mortero, ésta se logra cuando los solubles del cemento son absorbidos por la unidad, cristalizándose (como agujas) en sus poros. La adherencia se ve favorecida cuando el mortero penetra en las perforaciones y rugosidades de la unidad, formando una especie de llave de corte entre las hiladas.

A. COMPONENTES DEL MORTERO.

La Norma E-070. El mortero básicamente está compuesto por material aglomerante, agregado fino y agua.

AGLOMERANTES.

La Norma E-070. Los materiales aglomerantes del mortero pueden ser: Cemento Portland o cemento adicionado normalizados y cal hidratada normalizada de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas correspondientes.

AGREGADO FINO.

La Norma E-070. Estará constituido por arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la Tabla 6. Se aceptarán otras granulometrías siempre que los ensayos de pilas y muretes, proporcionen resistencias.

Tabla 6. Granulometría de la arena gruesa

| Malla ASTM | % Que Pasa |
|-------------------|-------------------|
| N° 4 (4.75 mm) | 100 |
| N° 8 (2.36 mm) | 95 a 100 |
| N° 16 (1.18 mm) | 70 a 100 |
| N° 30 (0.60 mm) | 40 a 75 |
| N° 50 (0.30 mm) | 10 a 35 |
| N° 100 (0.15 mm) | 2 a 15 |
| N° 200 (0.075 mm) | Menos de 2 |

Fuente: NTP E – 070

- No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas.
- El módulo de fineza estará comprendido entre 1,6 y 2,5.
- El porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1% en peso.
- No deberá emplearse arena de mar.

AGUA.

La Norma E-070. El agua será potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica.

B. ENSAYO A LA COMPRESIÓN.

La Norma E-070. El ensayo de compresión en probetas de mortero (usualmente cilindros de 5 cm. de diámetro, vaciados sobre moldes metálicos, y curados durante 28 días en una poza con agua) se realiza sólo con fines de controlar la calidad del mortero.

C. PROPIEDADES

FLUIDEZ.

La Norma E-070. Se define como la capacidad que tiene la mezcla de poder discurrir (fluir), o de ser trabajable con el badilejo.

RETENTIVIDAD.

La Norma E-070. Se define como la capacidad que tiene la mezcla para mantener su consistencia, o de continuar siendo trabajable después de un lapso de tiempo.

D. CLASIFICACIÓN DE LAS PROPORCIONES.

La Norma E-070. Los morteros se clasifican en: tipo P, empleado en la construcción de los muros portantes; y NP, utilizado en los muros no portantes, Tabla 7.

Los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas en estado suelto como se indica en la Tabla 7.

Tabla 7. Tipos de mortero, NTP E- 070

| Tipo | Cemento | Cal | Arena | Usos |
|-------------|----------------|------------|--------------|--------------------|
| P1 | 1 | 0 al 1/4 | 3 a 3 ½ | Muros Portantes |
| P2 | 1 | 0 al 1/2 | 4 a 5 | Muros Portantes |
| NP | 1 | - | Hasta 6 | Muros no portantes |

Fuente: NTP E – 070

Se podrán emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (embolsado o pre- mezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes, proporcionen resistencias iguales o mayores a las especificadas en los planos (NTP E-070, 2006).

De no contar con cal hidratada normalizada, se podrá utilizar mortero sin cal con las proporciones cemento-arena indicadas en la Tabla 8, (NTP E-070, 2006).

Es necesario señalar que la Norma ASTM C-270 especifica 2 tipos de mortero (M y S) para la construcción de los muros portantes, de manera que el volumen de arena esté comprendido entre 2/4 y 3 veces la suma de los volúmenes de los aglomerantes, cemento y cal, Tabla 8.

Tabla 8. Tipos de morteros, ASTM C – 270

| Tipo | Cemento | Cal | Arena |
|-------------|----------------|------------|--------------|
| M | 1 | 1/4 | 2.8 a 3.8 |
| S | 1 | ¼ al 1/2 | 2.8 a 4.5 |

2.3.5 PROPIEDADES DE LA ALBAÑILERÍA SIMPLE

2.3.5.1. MODELAJE, ESPECÍMENES Y ENSAYOS.

Según Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005. Las resistencias de la albañilería a la compresión, tracción y corte, define el comportamiento estructural de los diferentes elementos de albañilería ante la acción de solicitaciones reales (cargas gravitacionales, sismo y viento). El comportamiento de los especímenes, cuando se somete a ensayo, es el producto de la acción heterogénea de los componentes de la albañilería (unidad, mortero o líquido), imitando o modelando la reacción cuando es sometido a cargas iguales a las del ensayo. El modelaje es complicado por las características de la albañilería y porque en la práctica las cargas no se presentan como en el ensayo. En el ensayo de especímenes se debe escoger las orientaciones siguientes:

- Para ensayos de compresión se aplica carga coplanar perpendicular a la hilada. Esta orientación es prioritaria, pues corresponde a la acción gravitacional en muros horizontales, que son los predominantes. El valor obtenido es útil para analizar el comportamiento en situación que se presentan elevados esfuerzos de compresión, especialmente verticales, en los talones comprimidos.
- La tracción coplanar se genera en los ensayos aplicando fuerzas de corte, para producir tracciones indirectas. Ello suele hacerse tomando tres ángulos con relación a la hilada: 0°, 45° y 90°. Interpolando estos valores determinamos de la resistencia en cualquier dirección intermedia. Todo ello define el comportamiento generado cargas gravitacionales y horizontales coplanares, originadas por sismo o viento.
- Los ensayos de tracción por flexión se aplica carga perpendicular al plano, para generar flexiones paralelas y perpendiculares a la hilada, lo que permite la determinación de los módulos de ruptura de la albañilería en estas direcciones principales.
- Para evaluar la resistencia al corte se utiliza el ensayo de cizalle en la junta horizontal del mortero. Esta junta, sometida al mismo tiempo de corte en su plano y compresión vertical, puede ser el plano de falla de los muros, ya sea de albañilería simple como albañilería confinada.

2.3.5.2. NATURALEZA DE LA ALBAÑILERÍA Y CRITERIOS DE FALLA.

Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005. La albañilería es un material compuesto, heterogéneo y anisotrópico, en el que los planos de debilidad coinciden con las juntas verticales y horizontales y en el que se integran, en un comportamiento único, materiales con características disimiles. Las juntas horizontales, debido a su naturaleza continua, dividen a la albañilería en capas (hiladas), dando la apariencia de un material compuesto laminado.

La elaboración de criterios de fallas, en cargas coplanares, debe contemplar los posibles modos de falla en tracción y en corte por cizalle a lo largo de las juntas horizontales y verticales; en este último caso, debe tener en cuenta el efecto de las compresiones perpendiculares a la junta. Además, es necesario que se considere los efectos de tracción transversal generados las características elásticas diferentes de los materiales componentes. La descripción cuantitativa de la falla en albañilería no puede basarse en un único criterio general, sino en los diversos modos en que esta puede ocurrir en un material compuesto.

2.3.5.3. ENSAYO DE PRISMAS (PILAS)

Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005. El espécimen para determinar la resistencia a la compresión de la albañilería está estandarizado, y consiste en un prisma de unidades asentadas una sobre otra (Fig. 11). Los prismas se llenan con concreto liquido (unidades huecas), asentadas o apiladas (unidades sólidas).

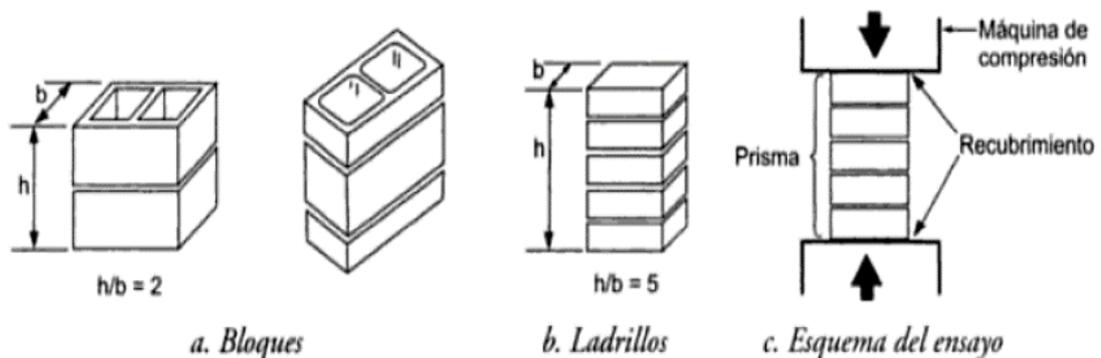


Fig. 11: Prisma (pila) estándar para el ensayo de compresión (Gallegos, H y Casabonne, C. 2005)

La esbeltez y la altura mínima de los prismas dependen si la albañilería es de ladrillos o de bloques. En el caso de los prismas de ladrillos la relación alto - ancho del prisma estará entre 2 y 5, y el alto no será menor de 30 cm. En el caso de las pilas de bloques, la esbeltez estará entre 1.3 y 5, y el alto no será menor de 30 cm. (Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005). La Norma E-070 de albañilería, señala que la resistencia de la albañilería a compresión axial ($f'm$) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre.

Los prismas serán elaborados en obra, utilizando el mismo contenido de humedad de las unidades de albañilería, la misma consistencia del mortero, el mismo espesor de juntas y la misma calidad de la mano de obra que se empleará en la construcción definitiva (NTP E-070, 2006). La resistencia característica ($f'm$) en pilas, se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar (NTP E-070, 2008).

San Bartolomé, A. 1994. Describe que las pilas fallan principalmente por tracción ortogonal a la compresión aplicada (grieta vertical); esto se debe a que el mortero trata de expandirse lateralmente en mayor proporción que la unidad y puesto que debe existir compatibilidad de deformación entre ambos elementos, el mortero trabajará a compresión y la unidad a tracción lateral. Otro tipo de falla en las pilas es por aplastamiento (de la unidad o del mortero), producida cuando se emplean materiales de baja resistencia.

Gallegos, H. y Casabonne, C, 2005. Concluyen que la expansión lateral libre del mortero, asumiendo módulos de Poisson de valor similar para ladrillo y el mortero, será mucho mayor para este último. Debido a que en él prima, y en un muro real de albañilería, el ladrillo y el mortero deben deformarse lo mismo lateralmente, a causa, sobre todo, de la fricción entre ambos materiales, la expansión lateral del mortero estará restringida por el ladrillo por el efecto de la adherencia. Por lo tanto, el mortero, en el prisma cargado, está sometido a compresión triaxial, y el ladrillo a una combinación de compresión axial y tracción biaxial.

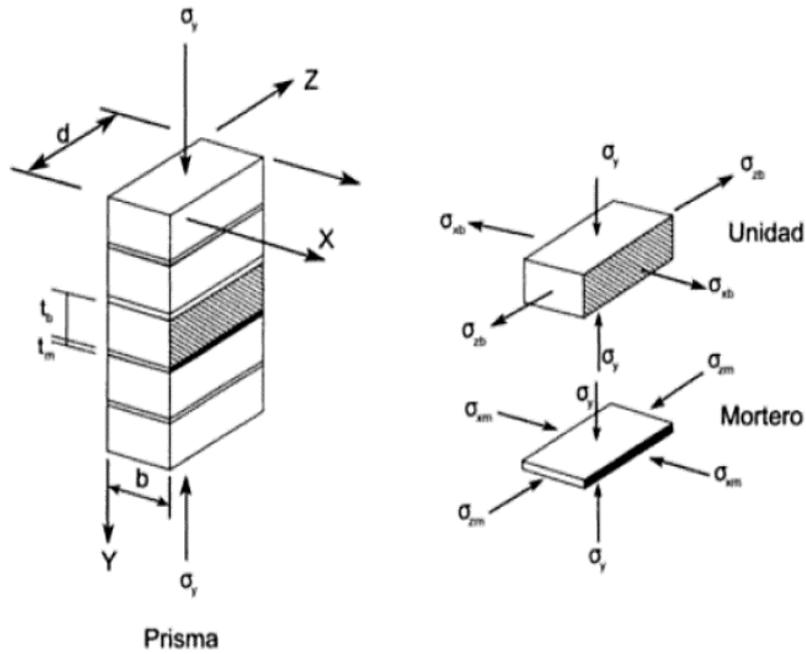


Fig. 12: Esfuerzo en el ladrillo y mortero por efecto de la carga unitaria axial. (Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005).

En los muros reales, los ladrillos no están asentados uno encima del otro, sino con algún tipo de amarre. Las alturas y las esbelteces son bastante mayores que las de los prismas. Sin embargo, si no ocurren fallas previas, por inestabilidad elástica o por excentricidad de la carga, la forma de la falla del muro es semejante a la del prisma. Esto significa que en los muros ocurren agrietamientos de tracción transversal.

El valor $f'm$ se calcula contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la Tabla 9.

Tabla 9. Factores de corrección $f'm$ por esbeltez

| Esbeltez | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 4.0 | 4.5 | 5.0 |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| Factor | 0.73 | 0.80 | 0.91 | 0.95 | 0.98 | 1.00 |

Fuente: NTP E – 070

2.3.5.4. ENSAYO DE MURETES.

Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005. Murete es un testigo de forma cuadrada cuyo lado nominal debe medir 1.00 m. debe ser de albañilería cuyas características se requiere determinar y del espesor del muro investigado. Se puede ensayar especímenes de menor dimensión, esto es posible siempre y cuando se calibren los resultados, ya que producen mayores resultados para la misma albañilería.

El ensayo consiste, en cargar diagonalmente al murete con una carga de compresión creciente y a un ritmo controlado hasta la rotura. El dispositivo de transferencia de la carga del espécimen produce concentración de esfuerzos y debe transferir la carga uniformemente a las superficies de contacto de la albañilería para evitar fallas localizadas. El ensayo más utilizado para determinar la resistencia al corte o resistencia a la tracción diagonal es, el de corte o compresión diagonal, fallando en forma escalonada a través de las juntas, o cortando las unidades, lo último se produce cuando se desarrolla una buena adherencia entre el mortero y la unidad.

La similitud de la forma de falla del ensayo con la forma de falla de ciertos muros de edificaciones ante acciones sísmicas, muchos investigadores, consideran como un ensayo representativo ideal, cuando en realidad las condiciones de borde son, por lo general, totalmente diferentes entre ensayo y realidad, es decir, el valor de este ensayo es un método simple y práctico de evaluar resistencias al corte y a la tracción diagonal de diferentes albañilerías

La Norma E-070 de albañilería, señala que la resistencia de la albañilería al corte ($v'm$) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre. La resistencia característica ($v'm$) en muretes, se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar (NTP E-070, 2006). El valor de $v'm$ para diseño no será mayor de $0.319 \sqrt{f'm}$ MPa ($\sqrt{f'm}$ Kg/cm²). El resultado del ensayo es el valor nominal unitario de corte ($v'm$) obtenido a partir de las siguientes fórmulas:

$$v_m = \frac{P_u}{A_n} \quad ; \quad v'_m = v_m - \sigma$$

Donde:

P_u : Carga de rotura.

A_n : Área del espécimen, se calcula con la siguiente formula.

σ : Desviación estándar.

$$A_n = \frac{1}{2}(L_1 + L_2)by$$

L_1 y L_2 : Son los lados reales del testigo o espécimen.

b : Espesor efectivo del murete.

y : Proporción del área mostrada con relación al área bruta de las unidades.

La deformación por corte mostrada en el esquema (Fig. 13), se calcula:

$$\varepsilon = \frac{\Delta x + \Delta y}{2d} \left(\tan \alpha + \frac{1}{\tan \alpha} \right)$$

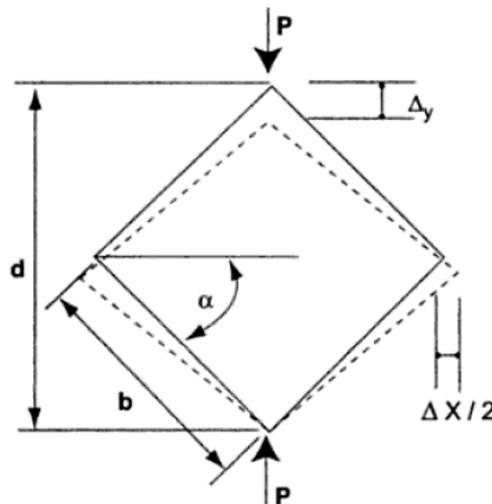


Fig. 13: Esquema de deformación del espécimen (murete)
(Gallegos, H y Casabonne, C. 2005)

En cualquier caso, la evaluación de los ensayos debe hacerse estadísticamente para determinar el valor característico de la resistencia al corte. En general cuando no hay pre-compresiones o estas son muy reducidas, la falla tiende a ocurrir siguiendo las juntas horizontales y verticales, aun ángulo aproximado de 45° con la hilada. Cuando se aplican pre-compresiones las grietas pueden atravesar unidades, y el ángulo de falla se hace dependiente de su magnitud. Estos hechos han conducido a establecer que la falla, en este caso la tracción principal alcanza su valor crítico.

La predicción de la resistencia a cortante del espécimen sometido a compresión diagonal depende de la solución de un problema de elasticidad bidimensional para un material no homogéneo y del conocimiento de la envolvente de falla biaxial de la albañilería. Sin embargo, si se conoce las limitaciones de las teorías de falla aplicables a materiales isotrópicos y homogéneos cuando el espécimen falla por las juntas, estas teorías tradicionales son útiles para evaluaciones cualitativas y comparativas.

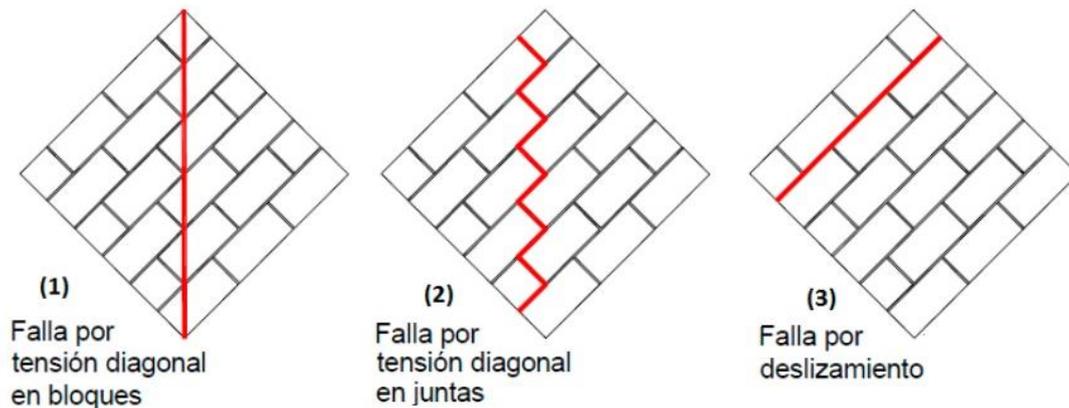


Fig. 14: Tipo de fallas de un espécimen (murete)

2.3.6 COMPORTAMIENTO SÍSMICO

Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005. Después de varias investigaciones mencionan que el diseño económico de estructuras sismo - resistentes, solo puede ser satisfecha si los muros son conducidos a comportamientos (falla preferente) en flexión y si se evita la falla frágil, particularmente de corte y deslizamiento. Las condiciones básicas para lograr lo antes descrito, son las siguientes:

- Los muros deben ser de albañilería confinada o de albañilería armada. Los muros de albañilería simple confinada deben ser diseñados en el rango elástico y, consecuentemente, no están sujetos a demandas cuantitativas de ductilidad.
- La sección transversal de los muros debe ser preferentemente simétrica. Secciones rectangulares o en forma de I.
- Los muros deben tener esbeltez, medida por su relación entre su alto y largo, siempre mayor que uno, y preferentemente mayor que dos, los muros de esbeltez reducida tienen tendencia a fallar en corte. Los muros de edificios de mediana altura deben actuar como voladizos para asegurar una respuesta sísmica dúctil.

San Bartolomé, A. 1994. Indica como calcular experimentalmente el coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas por ductilidad (Rd)

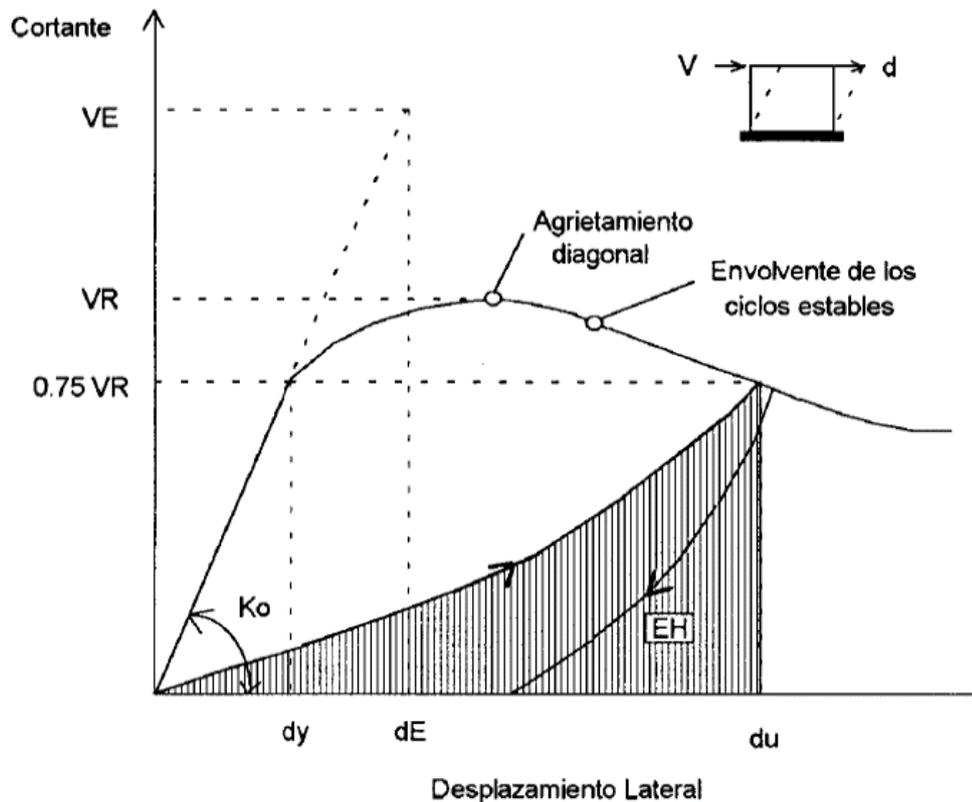


Fig. 15: Grafica para el cálculo experimental del Rd. (San Bartolomé, A. 1994)

Definiendo la ductilidad como la capacidad que tiene un espécimen de deformarse inelásticamente, sin que se produzcan daños irreparables o una severa degradación en la capacidad de carga, propone dos criterios para calcular experimentalmente el coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas por ductilidad "Rd".

- Criterio de igualación de energía ($E = EH$): calculando "EH" para una distorsión angular de $1/200$, asociada al límite de reparabilidad, se obtiene:

$$Rd = \frac{VE}{VR} = \sqrt{2K_0} = \frac{EH}{VR}$$

Donde:

K_0 : Rigidez lateral inicial

EH: Capacidad de absorción de la energía inelástica.

E: Energía elástica equivalente = $VE \cdot dE/2 = (VE)^2/2K_0$

- En función de la ductilidad de desplazamiento correspondiente al 25% de degradación de carga: igualando E a la energía elastoplástica ideal

$$\frac{VR^2(2\mu - 1)}{Ko}$$

Se obtiene:

$$Rd = \frac{VE}{VR} = \sqrt{2\mu - 1}$$

En la que:

μ : Ductilidad de desplazamiento al 25 % de degradación de carga = du/dy

La aplicación del primer criterio proporciona valores de $Rd = 1.8$ para muros sin refuerzo horizontal con alta carga axial ($0.05 f'm < \sigma < 0.15 f'm$), y $Rd = 2.5$ para muros con baja carga axial ($\sigma < 0.05 f'm$), o con alta carga axial ($\sigma < 0.15 f'm$) pero reforzados horizontalmente. La aplicación del segundo criterio proporciona valores muy elevados de Rd.

Gallegos, H. y Casabonné, C. 2005, Indican que las principales causas que explican las fallas sísmicas de las construcciones de albañilería son las siguientes:

- Carencia de refuerzo.
- Configuraciones defectuosas.
- Muros con rigideces relativas muy desiguales.
- Diafragmas incompetentes.
- Unidades de albañilería frágiles.
- Relleno incorrecto de los alvéolos en la albañilería armada.

2.3.7 INCIDENCIA DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL LADRILLO Y MORTERO EN LA RESISTENCIA DE MUROS.

San Bartolomé, A. 1994. El ladrillo y el mortero en la albañilería, deben tener un comportamiento monolítico, es decir ante la presencia de cargas provenientes del exterior, el mortero y el ladrillo deben actuar como una sola unidad, independientemente presentan las siguientes características mecánicas en la resistencia de los muros.

MORTERO

San Bartolomé, A. 1994. El mortero en la mayor parte de sus aplicaciones debe actuar como elemento de unión resistente compartiendo las sollicitaciones del sistema constructivo del que forma parte. El mortero utilizado en juntas debe soportar inicialmente las sucesivas hiladas de ladrillos o bloques. Luego, la resistencia del mortero influirá, por ejemplo, en la capacidad de una fábrica para soportar y transmitir las cargas a las que se ve sometida. Así mismo, el mortero para solados resistirá el peso de personas y enseres que se asienten sobre él.

LADRILLO

San Bartolomé, A. 1994. La resistencia a la compresión de la unidad es, por sí sola, su principal propiedad y la que finalmente determina la resistencia a la compresión del muro de albañilería ($f'm$). En general, unos valores altos de resistencia a la compresión señalan una buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio, son muestra de unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable.

2.4 TÉRMINOS BÁSICOS

Las definiciones que a continuación presentamos han sido consideradas de la Norma Técnica Peruana E-070.

- **Albañilería o Mampostería.** Material estructural compuesto por "unidades de albañilería" asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.
- **Albañilería Confinada.** Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel.
- **Albañilería No Reforzada.** Albañilería sin refuerzo (Albañilería Simple) o con refuerzo que no cumple con los requisitos mínimos de esta Norma.

- **Albañilería Reforzada o Albañilería Estructural.** Albañilería armada o confinada, cuyo refuerzo cumple con las exigencias de esta Norma.
- **Construcciones de Albañilería.** Edificaciones cuya estructura está constituida predominantemente por muros portantes de albañilería.
- **Mortero.** Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería.
- **Unidad de Albañilería.** Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular.
- **Unidad de Albañilería Alveolar.** Unidad de Albañilería Sólida o Hueca con alvéolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar el refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de los muros armados.
- **Unidad de Albañilería Apilable.** Es la unidad de Albañilería alveolar que se asienta sin mortero.
- **Unidad de Albañilería Hueca.** 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.
- **Unidad de Albañilería Sólida (o Maciza).** Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.
- **Unidad de Albañilería Tubular (o Pandereta).** Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento.

CAPÍTULO III
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES Y EQUIPO

3.3.1. MATERIALES

- Ladrillo elaborado artesanalmente en los Caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca.

- Cemento Portland Tipo Ico (Pacasmayo).
NORMA TÉCNICA: NTP: 334.090 / ASTM: C 1157

- Agregado fino de la cantera del Sr. Jaime Lara Díaz (Río Llaucano del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca.).

- Agua potable.

3.3.2. EQUIPOS

- Mallas ASTM N° 4, 8,16, 30, 50,100 y 200.
- 02 Probetas 1000 ml.
- 01 Balanza con capacidad de 5000 g y una aproximación de 0.1 g.
- 01 Balanza con capacidad de 300 Kg y una aproximación de 0.01 g.
- 01 Escuadra metálica graduada al 1 mm.
- 01 Regla metálica graduada al 1 mm.
- 03 Bandejas de 30*50 cm.
- 01 Nivel topográfico y trípode.
- 02 Deflectómetro.
- 01 Vernier digital.
- 01 Horno ventilado de 110 °C a 115 °C.
- 01 Máquina universal para ensayos de comprensión uniaxial.
- 01 Máquina universal para ensayos con acero.

3.2 METODOLOGÍA

3.2.1 UBICACIÓN DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN

Fig. 16: Ubicación Geográfica: Región Cajamarca y provincia de Hualgayoc

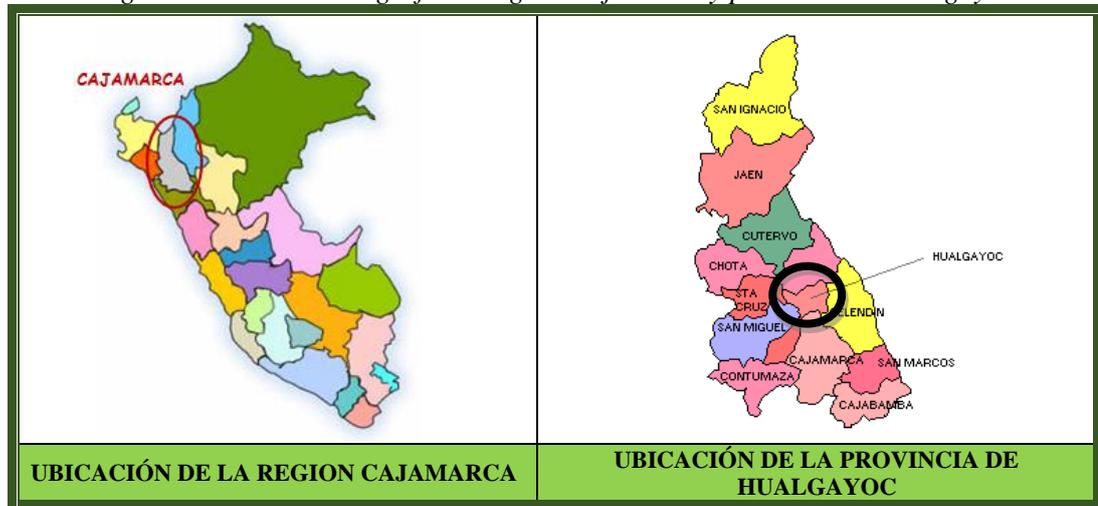


Fig. 17: Ubicación del distrito de Bambamarca



Fig. 18: Ubicación las ladrilleras artesanales en el distrito de Bambamarca



Fuente: Google Earth 2016

➤ **FÁBRICA ARTESANAL “FRUTILLO 1” (FRUT. 1)**

LOCALIDAD: Caserío El Frutillo, distrito de Bambamarca - Hualgayoc - Cajamarca

PROPIETARIA: Mariela Carranza Arbaiza

CAPACIDAD: 35,000.00 Und.

COORDENADAS UTM (Datum: WGS84):

Este: 773,022

Norte: 9 260,369

Cota: 2,709

Zona UTM: 17 S.



Fig. 19: Fábrica artesanal (FRUT. 1)

➤ **FÁBRICA ARTESANAL “FRUTILLO 2” (FRUT. 2)**

LOCALIDAD: Caserío El Frutillo, distrito de Bambamarca - Hualgayoc - Cajamarca

PROPIETARIO: Teófilo Soto Silva

CAPACIDAD: 30,000.00 Und.

COORDENADAS UTM (Datum: WGS84):

Este: 773,023

Norte: 9 259,979

Cota: 2,735

Zona UTM: 17 S.



Fig. 20: Fábrica artesanal (FRUT. 2)

➤ **FÁBRICA ARTESANAL “FRUTILLO 3” (FRUT. 3)**

LOCALIDAD: Caserío El Frutillo, distrito de Bambamarca - Hualgayoc - Cajamarca

PROPIETARIO: Ángel Llacupaico Aguilar

CAPACIDAD: 25,000.00 Und.

COORDENADAS UTM (Datum: WGS84):

Este: 773,299

Norte: 9 259,508

Cota: 2,696

Zona UTM: 17 S.



Fig. 21: Fábrica artesanal (FRUT. 3)

➤ **FÁBRICA ARTESANAL “FRUTILLO 4” (FRUT. 4)**

LOCALIDAD: Caserío El Frutillo, distrito de Bambamarca - Hualgayoc - Cajamarca

PROPIETARIO: Jorge Paredes Cercado

CAPACIDAD: 35,000.00 Und.

COORDENADAS UTM (Datum: WGS84):

Este: 773,280

Norte: 9 260,204

Cota: 2,712

Zona UTM: 17 S.



Fig. 22: Fábrica artesanal (FRUT. 4)

➤ **FÁBRICA ARTESANAL “LÚCUMA” (LÚC.)**

LOCALIDAD: Caserío La Lúcumá, distrito de Bambamarca - Hualgayoc - Cajamarca

PROPIETARIO: Maximino Vásquez Cabrera

CAPACIDAD: 35,000.00 Und.

COORDENADAS UTM (Datum: WGS84):

Este: 772,966

Norte: 9 260,622

Cota: 2,724

Zona UTM: 17 S.



Fig. 23: Fábrica artesanal (LÚC.)

➤ **FÁBRICA ARTESANAL “AGOMARCA” (AGOM.)**

LOCALIDAD: Caserío Agomarca, distrito de Bambamarca - Hualgayoc - Cajamarca

PROPIETARIO: Nelson Terán Ruiz

CAPACIDAD: 40,000.00 Und.

COORDENADAS UTM (Datum: WGS84):

Este: 773,449

Norte: 9 258,038

Cota: 2,658

Zona UTM: 17 S.



Fig. 24: Fábrica artesanal (AGOM.)

➤ **FÁBRICA ARTESANAL “MAYHUASI 1” (MAY. 1)**

LOCALIDAD: Caserío Mayhuasi, distrito de Bambamarca - Hualgayoc - Cajamarca

PROPIETARIO: Joel Cercado Silva

CAPACIDAD: 35,000.00 Und.

COORDENADAS UTM (Datum: WGS84):

Este: 772,982

Norte: 9 257,813

Cota: 2,634

Zona UTM: 17 S.



Fig. 25: Fábrica artesanal (MAY. 1)

➤ **FÁBRICA ARTESANAL “MAYHUASI 2” (MAY. 2)**

LOCALIDAD: Caserío Mayhuasi, distrito de Bambamarca - Hualgayoc - Cajamarca

PROPIETARIO: Geiner Dueñas Alva

CAPACIDAD: 30,000.00 Und.

COORDENADAS UTM (Datum: WGS84):

Este: 773,459

Norte: 9 258,024

Cota: 2,612

Zona UTM: 17 S.



Fig. 26: Fábrica artesanal (MAY. 2)

➤ **FÁBRICA ARTESANAL “MAYHUASI 3” (MAY. 3)**

LOCALIDAD: Caserío Mayhuasi, distrito de Bambamarca - Hualgayoc - Cajamarca

PROPIETARIO: Mariano Campos Vásquez

CAPACIDAD: 40,000.00 Und.

COORDENADAS UTM (Datum: WGS84):

Este: 772,821

Norte: 9 258,256

Cota: 2,705

Zona UTM: 17 S.



Fig. 27: Fábrica artesanal (MAY. 3)

➤ UBICACIÓN DE CANTERA

Fig. 28: Ubicación de la cantera del Rio Llaucano, distrito de Bambamarca



Fuente: Google Earth 2016

CANTERA DE RIO: Jaime Lara Díaz

LOCALIDAD: C. P. Llaucan, distrito de Bambamarca - Hualgayoc - Cajamarca

PROPIETARIO: Jaime Lara Díaz

COORDENADAS UTM (Datum: WGS84):

Este: 773,132

Norte: 9 253,873

Cota: 2,563

Zona UTM: 17 S.

3.2.2 UBICACIÓN DEL LUGAR DONDE SE REALIZARON LOS ENSAYOS.

País : Perú

Departamento : Cajamarca

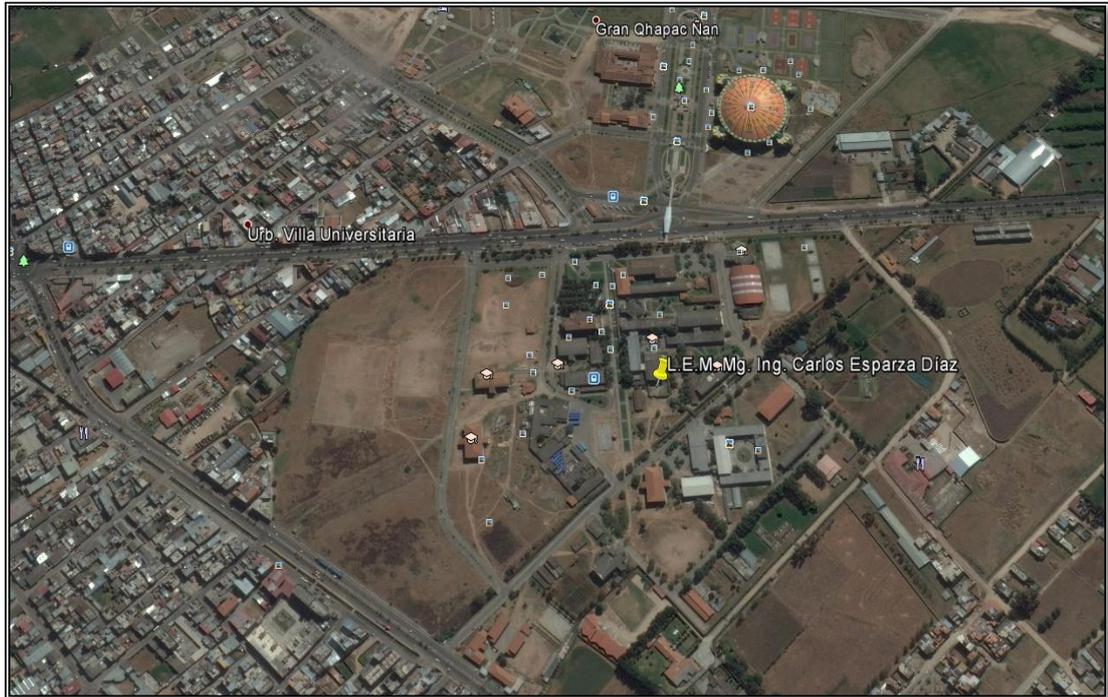
Provincia : Cajamarca

Distrito : Cajamarca

Dirección : Ciudad Universitaria; Av. Atahualpa Km. 3, Cajamarca.

La investigación se realizó en el Laboratorio de Ensayos de Materiales "Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz", edificio 1C de Facultad de Ingeniería.

Fig. 29: Ubicación gráfica del lugar donde se realizaron ensayos de investigación



Fuente: Google Earth 2016

Coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator)

Este: 776,651
Norte: 9 206,979
Cota: 2,680
Zona UTM: 17s.

3.2.3 PERIODO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó durante los meses de julio 2016 – diciembre 2016, en un total de 6 meses consecutivos.

3.2.4 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación descriptiva.

3.2.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Diseño no experimental.

3.2.6 POBLACIÓN.

Ladrillos elaborados artesanalmente, que se ha producido en los meses de Julio del 2016 a setiembre del 2016, en 09 fábricas artesanales de los señores: Mariela Carranza Arbaiza del Caserío El Frutillo, Teófilo Soto Silva del Caserío El Frutillo, Ángel Llacupaico Aguilar del Caserío El Frutillo, Jorge Paredes Cercado del Caserío El Frutillo, Maximino Vásquez Cabrera del Caserío La Lúcumá, Nelson Terán Ruiz del Caserío Agomarca, Joel Cercado Silva del Caserío Mayhuasi, Geiner Dueñas Campos del Caserío Mayhuasi, Mariano Campos Vásquez del Caserío Mayhuasi; del distrito Bambamarca, provincia Hualgayoc, departamento Cajamarca.

3.2.7 MUESTRA.

- Fábrica de la Sra. Mariela Carranza Arbaiza del Caserío Frutillo (FRUT. 1) n = 60
- Fábrica del Sr. Teófilo Soto Silva del Caserío El Frutillo (FRUT. 2) n = 60
- Fábrica del Sr. Ángel Llacupaico Aguilar del Caserío El frutillo (FRUT. 3) n = 60
- Fábrica del Sr. Jorge Paredes Cercado del Caserío El Frutillo (FRUT. 4) n = 60
- Fábrica del Sr. Maximino Vásquez Cabrera del Caserío La Lúcumá (LUC.) n = 60
- Fábrica del Sr. Nelson Terán Ruiz del Caserío Agomarca (AGOM.) n = 60
- Fábrica del Sr. Joel Cercado Silva del Caserío Mayhuasi (MAY. 1) n = 60
- Fábrica del Sr. Geiner Dueñas Campos del Caserío Mayhuasi (MAY. 2) n = 60
- Fábrica del Sr. Mariano Campos Vásquez del Caserío Mayhuasi (MAY. 3) n = 60

3.2.8 TÉCNICA DEL MUESTREO.

El muestreo se realizó por juicio y conveniencia, escogiendo de la siguiente manera:

- Fábrica (FRUT. 1) = 60 unidades de 35,000 unidades.
- Fábrica (FRUT. 2) = 60 unidades de 25,000 unidades.
- Fábrica (FRUT. 3) = 60 unidades de 35,000 unidades.
- Fábrica (FRUT. 4) = 60 unidades de 40,000 unidades.
- Fábrica (LUC.) = 60 unidades de 35,000 unidades.
- Fábrica (AGOM.) = 60 unidades de 22,000 unidades.
- Fábrica (MAY. 1) = 60 unidades de 35,000 unidades.
- Fábrica (MAY. 2) = 60 unidades de 30,000 unidades.
- Fábrica (MAY. 3) = 60 unidades de 22,000 unidades.

3.2.9 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Se realizaron entrevistas, fichas técnicas, ensayos de laboratorio de especímenes de ladrillo (propiedades físicas y mecánicas), pilas y muretes (propiedades mecánicas), estudio de agregado fino (granulometría, propiedades físicas).

3.2.10 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

- Procesamiento de datos y gráficos mediante software Microsoft Excel 2016.
- En el análisis de datos, se hizo con referencia a la norma E-070

3.3 PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. CLASIFICACIÓN DE SUELOS DEL LADRILLO ARTESANAL.

Las muestras fueron extraídas de cada una de las fábricas de ladrillo elaborado artesanalmente en los caseríos El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, los ensayos se realizaron en el Laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, los suelos se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Tabla. 10: Clasificación de suelos del ladrillo artesanal de Bambamarca

| Fábrica Artesanal | Prof. (m) | % que pasa Tamiz N° | | | | | | Limite Líquido | Limite Plástico | Índice de Plasticidad | Clasificación SUCS |
|-------------------|-----------|---------------------|--------|-------|-------|-------|-------|----------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| | | 3/8" | 4 | 10 | 40 | 100 | 200 | | | | |
| FRUT. 1 | 1.50 | 100.00 | 99.90 | 97.06 | 84.36 | 63.30 | 32.70 | 23 | 13 | 10 | SC |
| FRUT. 2 | 1.50 | 100.00 | 99.70 | 97.42 | 88.80 | 64.46 | 34.86 | 24 | 14 | 10 | SC |
| FRUT. 3 | 1.50 | 100.00 | 99.70 | 91.30 | 81.40 | 48.50 | 27.88 | 20 | 11 | 9 | SC |
| FRUT. 4 | 1.50 | 100.00 | 100.00 | 96.60 | 85.10 | 60.60 | 32.36 | 23 | 13 | 10 | SC |
| LÚC. | 1.50 | 100.00 | 99.78 | 96.94 | 81.84 | 58.58 | 34.28 | 24 | 14 | 10 | SC |
| AGOM. | 1.50 | 100.00 | 99.74 | 94.78 | 81.88 | 59.64 | 32.78 | 23 | 13 | 10 | SC |
| MAY. 1 | 1.50 | 100.00 | 98.94 | 95.24 | 82.54 | 56.24 | 28.78 | 20 | 11 | 9 | SC |
| MAY. 2 | 1.50 | 100.00 | 98.76 | 94.06 | 76.82 | 53.38 | 27.52 | 19 | 11 | 8 | SC |
| MAY. 3 | 1.50 | 100.00 | 98.50 | 94.90 | 80.62 | 52.82 | 28.36 | 19 | 11 | 8 | SC |

3.3.2. PROCESO DE FABRICACIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL DE BAMBAMARCA.

➤ **Extracción de la materia prima.**

La excavación es manual de canteras con o sin denuncia, generalmente se realiza a una profundidad menor de dos metros.

➤ **Preparación de la mezcla.**

Se realiza el amasado se realiza en forma manual, agregando agua progresivamente y dándole vueltas con palana, en algunos casos con ayuda de una yunta de toros o con un caballo. Esta masa se deja reposar hasta el día siguiente para que los terrones se humedezcan y se trituren, la mezcla se vuelve consistente hasta y adquiere la textura requerida para el cortado o moldeo.

➤ **Cortado o Moldeado**

Se colocan las masas en unas gabereras o moldes de madera, compactándola manualmente en el molde y luego se enrrasan con un palo de madera para que se tenga una apariencia uniforme. Se prosigue en dejar la masa ya moldeada en el almacén para luego continuar con el mismo proceso.

➤ **Secado**

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. En la etapa final del secado se van colocando los ladrillos de canto uno encima del otro formando pequeñas torres aproximadamente de 1m a 1.20m de altura.

➤ **Cocción**

Primero se colocan los ladrillos secos formando una bóveda por encima del canal de encendido a lo largo del horno, Entre ladrillo y ladrillo se deja una separación de tres a cinco milímetros para permitir la transmisión del fuego y calor durante la cocción. El quemado se efectúa con quemadores de leña y carbón durante 2 días.

3.3.3. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO.

Cantera del Río Llaucano del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca; Propietario Jaime Lara Díaz.

- Recolección de la muestra: se seleccionó por el método del cuarteo.
- Se realizó el análisis granulométrico de acuerdo a las Normas NTP 400.037.
- Determinación del módulo de finura, según la Norma NTP 334.045, ASTM C- 125.
- Se determinó los pesos específicos y porcentajes de absorción, según la Norma NTP 400.022, ASTM C-728;
- Se determinó el contenido de humedad, según la Norma NTP 400.010, ASTM C-728
- Se calculó el peso unitario del agregado fino, según la Norma NTP 400.017.

3.3.4. ENSAYOS CLASIFICATORIOS DEL LADRILLO.

Se realizó los ensayos de los ladrillos a fin de limitar su aplicación en diseños estructurales, de acuerdo a la NTP 399.613, se seleccionó unidades enteras representativas del lote al cual pertenecían, con color uniforme, textura y tamaño, libres de impurezas, limo u otros materiales no asociados con el proceso de fabricación. Para la presente investigación el muestreo se realizó por juicio y conveniencia 60 unidades de cada fábrica artesanal, haciendo un total de 540 unidades.

A. VARIACIÓN DIMENSIONAL

Se usaron 04 unidades de cada fábrica de ladrillo artesanal, haciendo un total de 36 unidades, el ensayo se realizó de la siguiente manera:

- Se secó los ladrillos en un horno ventilado de 110 °C a 115 °C, por 24 horas.
- Después del secado se dejó enfriar a una temperatura de 18 °C, por un periodo de 6 horas, para luego pesarlo con una aproximación de 0.1 g. Luego se procedió a limpiar las aristas y los lados del ladrillo, para eliminar las partículas sueltas y salientes.
- Se midió con un vernier digital, el largo, ancho y alto, a la mitad de las aristas que limitan cada cara, realizándose 4 medidas por cada una de las dimensiones, promediándose para obtener los resultados que se muestran en la Tabla 12.

Los resultados fueron expresados en porcentaje, y se calculó mediante la siguiente fórmula, con una aproximación de 0.5 mm.

$$V = \frac{ME - MP}{ME} * 100$$

Donde:

V: Variación dimensional (%).

ME: Medida especificada por el fabricante (mm).

MP: Medida promedio (mm).

B. ALABEO

Se usaron 04 unidades de cada fábrica de ladrillo, haciendo un total de 36 unidades. Para la realización de este ensayo la Norma NTP 399.613, indica que se necesita una varilla de acero con borde recto, regla o cuña de acero graduada al 1 mm y una superficie plana de acero o vidrio de 300 mm * 300 mm.

Luego se procedió a registrar los valores de alabeo, dependiendo si era cóncavo o convexo, observado cuando se colocó en forma diagonal la regla sobre el centro de las dos caras paralelas al de asiento o de vértice a vértice con una escuadra graduada y se midió el alabeo con la regla metálica graduada al 1 mm. los resultados se muestran en la Tabla 13.

C. COMPRESIÓN SIMPLE

Se usaron 04 unidades de cada fábrica de ladrillo, haciendo un total de 36 unidades, el ensayo se realizó de la siguiente manera:

- Se registró el peso y midiendo el largo, ancho y alto (fig. 35 del anexo B).
- Luego se ensayaron en la máquina universal para ensayos de compresión uniaxial fig. 36 del anexo B).

La resistencia a compresión fb se determinó dividiendo la carga de rotura entre el área bruta; y la resistencia a compresión característica $f'b$ se obtuvo restando una desviación estándar al promedio de los resultados, según como indica la Norma Técnica Peruana E-070.

$$fb = \frac{\text{Carga Max}}{\text{rea Bruta}} \quad ; \quad f'b = fb - \sigma$$

Donde:

$f'b$: Resistencia a la compresión característica.

$f'b$: Resistencia a la compresión promedio

σ : Desviación estandar.

La deducción de la formula la podemos apreciar en el anexo A.

Los valores se expresan en la Tabla 14.

Cculo del módulo de elasticidad (E_b) en ladrillos de arcilla.

Se colocó un deformímetro en la máquina de compresión, para medir las deformaciones totales cada 1000 kg de carga aplicada para cada una de las unidades de albañilería, con las dimensiones de ancho, largo y altura encontradas anteriormente, con las 04 unidades de cada fábrica de ladrillo, haciendo un total de 36 unidades, con los datos obtenidos, se procedió a dibujar la gráfica esfuerzo vs deformación unitaria, haciendo un diagrama de dispersión para cada tipo de ladrillo.

Para obtener el esfuerzo (σ) y la deformación unitaria (ϵ_u) se utilizaron las fórmulas siguientes:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad ; \quad \epsilon_u = \frac{\epsilon_t}{h}$$

Donde:

σ : Esfuerzo

P: Carga Aplicada

A: rea en la que se aplica la carga (Largo x Ancho)

ϵ_u : Deformación Unitaria.

ϵ_t : Deformación Total.

h: Altura del ladrillo

Los módulos de elasticidad se calculó en el límite proporcional elástico dada con la gráfica esfuerzo vs deformación unitaria para de cada tipo ladrillo artesanal los resultados se muestran en Tabla 15.

3.3.5. ENSAYOS NO CLASIFICADOS DE LADRILLO

Las propiedades no clasificatorias del ladrillo, los más importantes son:

- Succión
- Absorción

A. ENSAYOS DE SUCCIÓN.

Se usaron 04 unidades de cada fábrica de ladrillo, haciendo un total de 36 unidades, el ensayo se realizó de la siguiente manera.

- Los ladrillos se secaron en el horno a una temperatura de 110° C por 24 horas y luego se pesaron.
- Se registró el peso seco reiteradas veces hasta no obtener variaciones, cuando sucedió lo contrario el ladrillo debió permanecer en el horno.
- Se colocó dos barras lisas de acero de ½” que sirvieron de apoyo para el ladrillo, en el depósito de agua potable.

La prueba consistió en pesar los ladrillos secos, colocarlos sobre las barras durante 1 minuto y llenar la bandeja con la finalidad de mantener el nivel de agua original, Luego la unidad húmeda se pesó (fig. 38 anexo B). La succión se expresó en gramos por minuto en un área normalizada de 200 cm², como indica la Norma E-070 y se calculó mediante la siguiente fórmula.

$$S = \frac{200 * (P_{suc} - P_{sec})}{Area Bruta}$$

Donde:

S: Succión (ver Tabla 16)

P_{suc}: Peso (gr) de la unidad luego de ser sumergido en agua durante 1 min.

P_{sec}: Peso seco (gr) de la unidad luego de permanecer en el horno.

Área Bruta: Ancho x Largo (cm²).

B. ENSAYOS DE ABSORCIÓN.

Se usaron 04 unidades de cada fábrica de ladrillo, haciendo un total de 36 unidades.

El ensayo se realizó de la siguiente manera:

Los ladrillos de arcilla, se secaron en el horno a una temperatura de 110 °C y se pesaron a las 24 horas. Se registró el peso reiteradas veces hasta no obtener variaciones. Se dejaron enfriar los ladrillos durante 8 horas y se introdujeron en un recipiente lleno con agua potable durante 24 horas, registrando el peso, (fig. 37 anexo B) NTP 399.613. Los resultados fueron expresados en porcentaje dado por la fórmula:

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

Donde:

A: Absorción (%) (Anexo A.)

Ps: Peso Saturado (gr)

Pseco: Peso seco (gr)

3.3.6. PRISMAS DE ALBAÑILERÍA.

Controlar la calidad de los ladrillos no es suficiente para predecir el comportamiento de un muro de albañilería y conocer el comportamiento que tienen los muros confinados ante las sollicitaciones de carga reales, no es fácil conocer, ya que los ensayos son costosos, por lo que se elaboró especímenes pequeños (pilas y muretes) a las cuales se les aplicó cargas que son iguales a las sollicitaciones reales.

3.3.6.1. PILAS.

A. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN.

Se construyeron 18 pilas de 6 hiladas, 2 pilas de cada ladrillera artesanal, con un espesor de mortero de 12 a 15 mm, (fig. 43 anexo B). Debido a la alta succión de los ladrillos de arcilla, se regó las unidades por media hora el mismo día antes del asentado. El diseño del mortero se realizó analíticamente (anexo A - 8.2) con las proporciones indicadas en la Norma Técnica E-070, para muros portantes, mortero tipo P2 = 1:4 (cemento: arena); Al momento de la construcción se controló la altura con el escantillón, y la verticalidad con un nivel y plomada. Se realizó el curado según lo indicado en la Norma E-070. Luego se colocó una capa de yeso de 20 mm aproximadamente en la parte inferior y superior para uniformizar la superficie de contacto en el dispositivo del ensayo de compresión axial. El ensayo de compresión se efectuó cuando los especímenes cumplieron los 28 días de edad.

B. MONTAJE E INSTRUMENTACIÓN.

Se registró el peso de las pilas, con una balanza electrónica de 30 Kg, con aproximación 0.01 g, luego se midió la altura (H) y el espesor efectivo (t).

Se colocó manualmente en la maquina universal para ensayos con acero, aplicándose la carga, leyéndose en el dial de carga cada 1000 Kg, y con la ayuda de un nivel de ingeniero se registró las deformaciones, para obtener las gráficas Esfuerzo vs. Deformación unitaria (fig. 46 del anexo B).

C. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL.

Se registró la carga máxima y la resistencia a compresión axial, se calculó de la siguiente manera.

$$f_m = \frac{P_{\text{máx.}}}{\text{Área}}$$

Donde:

f_m : Resistencia a compresión axial (Kg/cm²)

$P_{\text{máx}}$: Fuerza máxima que resiste la pila (Kg)

Área : Área bruta transversal a la fuerza (cm²)

Luego se corrigió f_m según el factor de corrección por esbeltez de la pila, expresados en la Tabla 18.

El factor resultó de interpolar la esbeltez que indica la Norma Técnica E-070. Se calculó la resistencia característica restando la desviación estándar a la resistencia promedio. Ver tablas 80 - 88.

$$f'_m = f_m - \sigma$$

Donde:

f_m : Resistencia a compresión (Kg/cm²)

f'_m : Resistencia característica a compresión (Kg/cm²)

σ : Desviación estándar.

Las pilas de ladrillo fabricado artesanalmente presentaron grietas verticales en las caras frontales principalmente (fig. 46 anexo B).

D. CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN PILAS (E_m).

Se utilizó la máquina de tracción universal de acero, y con la ayuda de un nivel de ingeniero para medir las deformaciones totales cada 1000 kg de carga aplicada para cada una de las unidades de albañilería, con las dimensiones de ancho, largo y altura encontradas anteriormente, con las 2 pilas ensayadas de cada tipo y con los datos obtenidos se procedió a dibujar la gráfica Esfuerzo vs deformación unitaria, haciendo un diagrama de dispersión para cada tipo de ladrillo artesanal.

Para calcular el módulo de elasticidad se asume de la gráfica esfuerzo – deformación unitaria, tomando el 50% del esfuerzo y restado al 10 % del mismo, dividido al 50 % de la deformación unitaria menos el 10 %, esto se debe a que por razones de seguridad y precisión en los ensayos se obvia la parte inicial del ensayo (10%) porque las deformaciones obtenidas son del yeso, y se toma el 50 %, debido a que las pilas contienen cemento y en este elemento se considera que el primer 50 % es elástico lineal. La fórmula a utilizar para el cálculo del módulo de elasticidad es el siguiente:

$$E_m = \frac{(P_{50\%} - P_{10\%})/A}{(\varepsilon_{50\%} - \varepsilon_{10\%})/L_i}$$

Donde:

$P_{50\%}$ y $P_{10\%}$: Carga axial al 50% y al 10%.

$\varepsilon_{50\%}$ y $\varepsilon_{10\%}$: Deformación al 50% y al 10%.

A: Área de la sección transversal.

L_i : longitud inicial.

E_m : Módulo de elasticidad.

En resumen:
$$E_m = \frac{\delta}{\epsilon}$$

Donde:

E_m : Modulo de elasticidad.

δ : $\sigma' (50\%) - \sigma' (10\%)$: 50% menos el 10 % del esfuerzo.

ϵ : $\varepsilon' (50\%) - \varepsilon' (10\%)$: 50% menos el 10 % de la deformación Unitaria.

3.3.6.2. MURETES.

A. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN.

Se construyeron 18 especímenes de 0.60 * 0.60 m, 2 muretes de cada ladrillera artesanal, con un espesor de mortero de 15 mm y 18 mm, debido a la alta succión de los ladrillos de arcilla, se regó las unidades por media hora el mismo día antes del asentado. Para el diseño del mortero encuentran los valores analíticamente (ver fig. 40 y 41 del anexo B), con las proporciones indicadas en la Norma E-070, para muros portantes. Mortero tipo P2 = 1:4 (cemento: arena).

Al momento de la construcción se controló la verticalidad con un nivel y plomada. Se realizó el curado según lo indicado en la Norma E-070, (ver fig. 44 anexo B). El ensayo de compresión se efectuó cuando los especímenes cumplieron los 28 días de edad. Luego de construir los muretes se colocó una capa de yeso de 2 mm aproximadamente en las esquinas opuestas con la finalidad de uniformizar la superficie de contacto con los cabezales (angulares) del dispositivo de ensayo (fig. 45 anexo B). Los muretes se ensayaron cuando cumplieron 28 días de edad.

B. PESO VOLUMÉTRICO DE LA ALBAÑILERÍA.

El registro del peso de cada murete se realizó mediante una balanza con capacidad de 300 Kg, con una aproximación de 0.01 g; los resultados se expresan en la Tabla 20.

C. INSTRUMENTACIÓN Y MONTAJE.

Los muretes se transportaron manualmente y se colocaron en la maquina universal para ensayos con acero.

Luego se colocó el murete con los ángulos de acero en los extremos, (fig. 47 anexo B), se colocaron con cuidado dos ángulos “L”, aplicándose la carga, leyéndose en el dial de carga cada 500 Kg, y con la ayuda de un nivel de ingeniero se registró las deformaciones, para obtener las gráficas Esfuerzo vs. Deformación unitaria.

D. CALCULO DE LA RESISTENCIA AL CORTE EN MURETES.

La resistencia al corte puro resultó de dividir la carga máxima entre el área diagonal comprimida.

$$v_m = \frac{P_{\text{máx}}}{A_d}$$

Donde:

v_m : Resistencia al corte (Kg/cm²)

P máx.: Máxima Fuerza que resiste en murete (Kg)

A_d: Área diagonal (diagonal del murete x espesor) (cm²)

La resistencia característica (v'_m) es la resistencia al corte promedio menos una desviación estándar (Norma Técnica E-070).

$$v'_m = v_m - \sigma$$

Donde:

v_m : Resistencia al corte (Kg/cm²).

v'_m : Resistencia característica al corte (Kg/cm²).

σ : Desviación estándar.

Los resultados se expresan en la Tabla 21.

Los muretes de ladrillo fabricado artesanalmente en los caseríos: El frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi, del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, tuvieron una falla violenta y frágil, por falta de confinamiento, la grieta cruzó el ladrillo y el mortero, formándose el abanico de tracción diagonal en los ángulos (Fig. 48 anexo B).

E. CALCULO DEL MÓDULO DE CORTE (Gm).

Se utilizó la máquina de tracción universal de acero, y con la ayuda de un nivel de ingeniero para medir las deformaciones totales cada 500 kg de carga aplicada para cada una de las unidades de albañilería, con las dimensiones de ancho, largo, altura y diagonales encontradas anteriormente, con los 2 muros ensayados de cada tipo, se procedió a dibujar la gráfica esfuerzo vs deformación unitaria, haciendo un diagrama de dispersión para cada tipo de ladrillo artesanal.

Para calcular el módulo de corte se asume de la gráfica esfuerzo – deformación unitaria horizontal y vertical, tomando el 50% del esfuerzo y restado al 10 % del mismo, dividido al 50 % de la deformación unitaria menos el 10 %, esto se debe a que por razones de seguridad y precisión en los ensayos se obvia la parte inicial del ensayo (10%) porque las deformaciones obtenidas son del yeso, y se toma el 50 %, debido a que las pilas contienen cemento y en este elemento se considera que el primer 50 % es elástico lineal.

Por lo descrito anteriormente la formula a utilizar para el cálculo del módulo de corte es el siguiente:

$$Gm = \frac{(P_{50\%} - P_{10\%})/A_{diagonal}}{(\varepsilon_{H50\%} - \varepsilon_{H10\%})/LH_i + (\varepsilon_{V50\%} - \varepsilon_{V10\%})/Lv_i}$$

Donde:

$P_{50\%}$ y $P_{10\%}$: Carga axial al 50% y al 10%.

$\varepsilon_{H50\%}$ y $\varepsilon_{H10\%}$: Deformación Horizontal al 50% y al 10%.

$\varepsilon_{V50\%}$ y $\varepsilon_{V10\%}$: Deformación Vertical al 50% y al 10%.

Adiagonal: Área diagonal.

LH_i y LV_i : longitud inicial Horizontal y vertical respectivamente

En resumen:

$$Gm = \frac{\delta}{\varepsilon_V + \varepsilon_H}$$

Donde:

Gm: Módulo de elasticidad.

ε_V : ε_{uv} (50%) – ε_{uv} (10%): 50% menos 10% de la deformación Vertical

ε_H : ε_{uH} (50%) – ε_{uH} (10%): 50% menos 10% de la deformación Horizontal

3.3.7. DISEÑO ANALÍTICO DEL MORTERO.

El diseño del mortero se realizó analíticamente, con los datos obtenidos de la granulometría, propiedades físicas del agregado fino de la cantera de Rio Llaucano del distrito Bambamarca, provincia Hualgayoc, departamento Cajamarca, (Ver anexo A), cemento Portland Tipo Ico (Pacasmayo) y agua. De acuerdo a la Norma E-070, se diseñó para muros portantes por lo que, el mortero es el tipo P2, en proporciones de 1:4 (cemento: arena). Ver diseño de mortero en anexo A.

3.3.5.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

La resistencia a compresión fc se determinó dividiendo la carga de rotura entre el área bruta en los testigos cilíndricos de 15.24 cm de diámetro y 30.48 cm de altura; y la resistencia a compresión característica del mortero $f'c$ se obtuvo restando una desviación estándar al promedio de los resultados.

$$fc = \frac{\text{Carga Máx}}{\text{Área Bruta}} \quad ; \quad f'c = fc - \sigma$$

A. MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL MORTERO (E'M).

Se colocó un deformímetro en la máquina universal (Fig. 42 anexo B), para medir las deformaciones totales cada 1000 kg de carga aplicada para cada una de las unidades de albañilería, con las dimensiones de 15.24 cm de diámetro y 30.48 cm de altura, con las 2 probetas de mortero y con los datos obtenidos, se procedió a dibujar la gráfica Esfuerzo vs deformación unitaria, haciendo un diagrama de dispersión para todos los especímenes de mortero.

Para obtener el esfuerzo (σ) y la deformación unitaria (ϵ_u) se utilizaron las fórmulas siguientes:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad ; \quad \epsilon_u = \frac{\epsilon_t}{h}$$

Donde:

σ : Esfuerzo

P: Carga Aplicada

A: Área en la que se aplica la carga ($A = \pi r^2$)

ϵ_u : Deformación Unitaria.

ϵ_t : Deformación Total.

h: Altura del espécimen.

El módulo de elasticidad se calculó en el límite proporcional elástico dada con la gráfica esfuerzo vs deformación unitaria para todos los especímenes de mortero.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ENSAYADAS.

El ladrillo, fabricado artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, presenta las características que se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Características de los ladrillos artesanales de Bambamarca.

| Fábrica Artesanal | CARACTERISITICAS | | | | | | |
|-------------------|------------------|------------------|------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| | Tipo | Dimensiones (cm) | Número de probetas ensayadas | Peso (Kg) | Resistencia característica a la compresión (f 'b) MPa | Desviación estándar (σ) | Coefficiente de variación (cv) |
| FRUT. 1 | King Kong Sólido | 22.64x13.06x8.21 | 4 | 3.62 | 4.93 | 1.09 | 18.11% |
| FRUT. 2 | King Kong Sólido | 22.56x13.09x7.79 | 4 | 3.43 | 8.50 | 0.93 | 9.83% |
| FRUT. 3 | King Kong Sólido | 22.87x13.03x8.19 | 4 | 3.66 | 4.91 | 0.52 | 9.62% |
| FRUT. 4 | King Kong Sólido | 22.56x12.53x7.69 | 4 | 3.28 | 4.93 | 0.57 | 10.30% |
| LÚC. | King Kong Sólido | 22.31x12.34x7.79 | 4 | 3.63 | 5.18 | 1.40 | 21.26% |
| AGOM. | King Kong Sólido | 21.14x12.46x7.71 | 4 | 3.42 | 6.39 | 1.46 | 18.65% |
| MAY. 1 | King Kong Sólido | 21.54x12.53x8.37 | 4 | 3.57 | 6.04 | 1.03 | 14.50% |
| MAY. 2 | King Kong Sólido | 21.13x12.46x7.71 | 4 | 3.41 | 4.94 | 1.29 | 20.74% |
| MAY. 3 | King Kong Sólido | 21.38x12.69x7.73 | 4 | 3.34 | 5.14 | 1.23 | 19.33% |

Fuente: Elaboración propia.

4.2. ENSAYOS CLASIFICATORIOS DE LADRILLO.

4.2.1. VARIACIÓN DIMENSIONAL.

De la Tabla 12, se deduce que el ladrillo producido artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca. Tiene una variación dimensional promedio de 0.89% respecto a las medidas indicadas por el fabricante al momento de la compra, teniendo un coeficiente de variación promedio de 0.40 %. El proceso de cálculo se encuentra el Anexo A.

Tabla 12. Resultados del ensayo de variación dimensional.

| Fábrica Artesanal | Lado | Medidas del fabricante (mm) | Desviación estándar (σ) | Dimensión Promedio (mm) | Variación Dimensional (V%) | Coefficiente de variación (c.v.%) |
|-------------------|-------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| FRUT. 1 | Largo | 225 | 1.30 | 226.38 | -0.61% | 0.57% |
| | Ancho | 130 | 0.14 | 130.63 | -0.48% | 0.11% |
| | Alto | 85 | 0.43 | 82.06 | 3.46% | 0.52% |
| FRUT. 2 | Largo | 225 | 0.32 | 225.63 | -0.28% | 0.14% |
| | Ancho | 130 | 0.32 | 130.88 | -0.67% | 0.25% |
| | Alto | 80 | 0.48 | 77.88 | 2.66% | 0.61% |
| FRUT. 3 | Largo | 230 | 1.03 | 228.69 | 0.57% | 0.45% |
| | Ancho | 130 | 0.91 | 130.25 | -0.19% | 0.70% |
| | Alto | 85 | 0.48 | 81.88 | 3.68% | 0.58% |
| FRUT. 4 | Largo | 225 | 0.24 | 225.56 | -0.25% | 0.11% |
| | Ancho | 125 | 0.50 | 125.25 | -0.20% | 0.40% |
| | Alto | 80 | 0.83 | 76.94 | 3.83% | 1.07% |
| LÚC. | Largo | 220 | 1.09 | 223.06 | -1.39% | 0.49% |
| | Ancho | 125 | 0.43 | 123.38 | 1.30% | 0.35% |
| | Alto | 80 | 0.63 | 77.94 | 2.58% | 0.80% |
| AGOM. | Largo | 210 | 0.13 | 211.44 | -0.68% | 0.06% |
| | Ancho | 125 | 0.55 | 124.56 | 0.35% | 0.45% |
| | Alto | 80 | 0.32 | 77.13 | 3.59% | 0.42% |
| MAY. 1 | Largo | 215 | 0.52 | 215.44 | -0.20% | 0.24% |
| | Ancho | 125 | 0.29 | 125.25 | -0.20% | 0.23% |
| | Alto | 85 | 0.19 | 83.72 | 1.51% | 0.22% |
| MAY. 2 | Largo | 210 | 0.24 | 211.31 | -0.63% | 0.11% |
| | Ancho | 125 | 0.55 | 124.56 | 0.35% | 0.45% |
| | Alto | 80 | 0.32 | 77.13 | 3.59% | 0.42% |
| MAY. 3 | Largo | 215 | 0.35 | 213.75 | 0.58% | 0.17% |
| | Ancho | 125 | 0.24 | 126.94 | -1.55% | 0.19% |
| | Alto | 80 | 0.59 | 77.31 | 3.36% | 0.76% |

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. ALABEO.

Podemos observar en la Tabla 13, que el ladrillo producido artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca. Cumplen lo recomendado en la Norma Técnica E – 070 para un ladrillo de clase V por ende, los muros tendrán el espesor adecuado de mortero, lo cual no afectara a la resistencia ya que por cada centímetro de junta adicional de mortero, la resistencia baja un 15 % en el muro de albañilería. El proceso de cálculo se encuentra en el Anexo A

Tabla 13. Resultados del ensayo de alabeo del ladrillo artesanal.

| Fábrica Artesanal | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) |
|--------------------------|---------------------|---------------------|
| FRUT. 1 | 0.50 | 0.25 |
| FRUT. 2 | 0.38 | 0.94 |
| FRUT. 3 | 0.50 | 1.00 |
| FRUT. 4 | 0.75 | 1.00 |
| LÚC. | 0.38 | 1.38 |
| AGOM. | 1.00 | 1.13 |
| MAY. 1 | 0.50 | 0.75 |
| MAY. 2 | 0.75 | 1.38 |
| MAY. 3 | 0.56 | 0.63 |

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. COMPRESIÓN SIMPLE.

Se puede observar en la Tabla 14 que:

- El ladrillo de la Fábrica FRUT. 2 tiene una resistencia a la compresión simple característica de 8.50 Mpa (86.65 kg/cm²) clasificando dichos valores como ladrillo de clase II, según la norma E – 070.
- El ladrillo de las Fábricas FRUT. 1, FRUT. 3, FRUT. 4, LUC., AGOM., MAY. 1, MAY. 2 y MAY. 3, según los valores de la Tabla 14 están clasificados como ladrillo de clase I, según la norma E – 070.

De los valores de la Tabla 14, los ladrillos tienen esa resistencia a la compresión simple, esto se debe a que el ladrillo es elaborado de forma artesanal, de forma empírica sin respetar las normas y por las variaciones de unidad a unidad. El proceso de cálculo se encuentra en el Anexo A.

Tabla 14. Resultados de los Ensayos de compresión del ladrillo

| Fábrica Artesanal | Resistencia a la compresión promedio (fb) | | Desviación estándar (σ) | | Resistencia a la compresión (f 'b) | | Coeficiente de variación (c.v.) % |
|-------------------|-------------------------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| | Mpa | Kg/cm ² | Mpa | Kg/cm ² | Mpa | Kg/cm ² | |
| FRUT. 1 | 6.02 | 61.36 | 1.09 | 11.11 | 4.93 | 50.24 | 18.11% |
| FRUT. 2 | 9.42 | 96.09 | 0.93 | 9.44 | 8.50 | 86.65 | 9.83% |
| FRUT. 3 | 5.44 | 55.44 | 0.52 | 5.33 | 4.91 | 50.11 | 9.62% |
| FRUT. 4 | 5.49 | 56.03 | 0.57 | 5.77 | 4.93 | 50.26 | 10.30% |
| LÚC. | 6.57 | 67.03 | 1.40 | 14.25 | 5.18 | 52.77 | 21.26% |
| AGOM. | 7.85 | 80.06 | 1.46 | 14.93 | 6.39 | 65.13 | 18.65% |
| MAY. 1 | 7.07 | 72.08 | 1.03 | 10.45 | 6.04 | 61.62 | 14.50% |
| MAY. 2 | 6.23 | 63.51 | 1.29 | 13.17 | 4.94 | 50.34 | 20.74% |
| MAY. 3 | 6.38 | 65.04 | 1.23 | 12.58 | 5.14 | 52.46 | 19.33% |

Fuente: Elaboración propia.

A. MÓDULO DE ELASTICIDAD (EB).

De la Tabla 15, podemos observar que los módulos de elasticidad de los ladrillos producido artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, son menores con respecto a los teóricos. El proceso de cálculo se encuentra en el Anexo A.

Tabla 15: Resultados de módulos de elasticidad de unidades de ladrillo artesanal.

| Fábrica Artesanal | Módulo de Elasticidad (Eb) (kg/cm²) Práctica | Módulo de Elasticidad (Eb) (kg/cm²) Teórica | Diferencia teórica y práctica (%) |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| FRUT. 1 | 997.00 | 20097.60 | 95.04% |
| FRUT. 2 | 1199.10 | 34658.34 | 96.54% |
| FRUT. 3 | 984.58 | 20044.11 | 95.09% |
| FRUT. 4 | 937.23 | 20102.08 | 95.34% |
| LÚC. | 1140.00 | 21109.44 | 94.60% |
| AGOM. | 1218.70 | 26051.23 | 95.32% |
| MAY. 1 | 1107.80 | 24649.46 | 95.51% |
| MAY. 2 | 1170.20 | 20136.43 | 94.19% |
| MAY. 3 | 1133.50 | 20985.62 | 94.60% |

Fuente: Elaboración propia.

4.3. ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS DE LADRILLO.

4.3.1. ENSAYO DE SUCCIÓN.

La norma E- 070 especifica que la succión de los ladrillos de arcilla debe estar comprendido entre los 10 y 20 gr/cm² – min. Cuando excede este valor se necesita regar a los ladrillos de arcilla durante 30 minutos, entre 10 a 15 horas antes de ser asentados.

De la Tabla 16, se observa que los valores del ladrillo producido artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, tienen valores que sobrepasan lo señalado por la Norma Técnica E-070, por lo que debe regarse 30 minutos un día antes de ser asentados.

El proceso de cálculo se encuentra en el Anexo A.

Tabla 16. Resultados del ensayo de Succión de ladrillo.

| Fábrica Artesanal | Succión Promedio (gr/cm²-min) | Desviación estándar (σ) | Coefficiente de variación (c.v.%) |
|--------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|
| FRUT. 1 | 24.94 | 2.94 | 11.78% |
| FRUT. 2 | 17.61 | 1.55 | 8.78% |
| FRUT. 3 | 32.37 | 6.16 | 19.04% |
| FRUT. 4 | 37.73 | 7.56 | 20.04% |
| LÚC. | 27.77 | 2.49 | 8.96% |
| AGOM. | 26.91 | 3.56 | 13.23% |
| MAY. 1 | 31.17 | 5.51 | 17.67% |
| MAY. 2 | 29.80 | 5.76 | 19.33% |
| MAY. 3 | 29.55 | 4.31 | 14.58% |

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. ENSAYO DE ABSORCIÓN.

La norma E -070, señala que la absorción para ladrillos de arcilla no debe ser mayor de 22%. De la Tabla 17, se observa: Absorción del ladrillo producido artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca es menor del 22%.

Por lo tanto, los ladrillos de las 09 fábricas artesanales cumplen con la Norma Técnica E – 070 de albañilería; el proceso de cálculo se encuentra en el Anexo A.

Tabla 17. Resultados de ensayo de absorción del ladrillo artesanal

| Fábrica Artesanal | Absorción Promedio (%) | Desviación estándar (σ) | Coefficiente de variación (c.v.%) |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|
| FRUT. 1 | 19.03 | 0.41 | 2.17% |
| FRUT. 2 | 20.10 | 1.73 | 8.63% |
| FRUT. 3 | 18.48 | 0.47 | 2.54% |
| FRUT. 4 | 17.30 | 0.43 | 2.50% |
| LÚC. | 15.97 | 0.37 | 2.31% |
| AGOM. | 15.98 | 1.79 | 11.21% |
| MAY. 1 | 15.34 | 0.38 | 2.51% |
| MAY. 2 | 13.27 | 1.29 | 9.72% |
| MAY. 3 | 19.23 | 0.90 | 4.67% |

Fuente: Elaboración propia.

4.4. PRISMAS DE ALBAÑILERÍA.

4.4.1. PILAS.

A. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL EN PILAS.

La resistencia promedio de las pilas del ladrillo producido artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, es $f'm = 34.82 \text{ kg/cm}^2$, las cuales no llegan a la resistencia de $f'm = 35 \text{ kg/cm}^2$ establecida por la norma E-070 para ladrillo King Kong Artesanal, cuyos resultados se muestran en la Tabla 18.

A la vez en el anexo A. se muestra las gráficas de ensayos de esfuerzo (σ) vs Deformación unitaria (ϵ), la que nos permite determinar el módulo de elasticidad y el comportamiento ante la carga.

Tabla 18. Resultados del ensayo de resistencia de compresión axial en pilas del ladrillo artesanal

| Fábrica Artesanal | Promedio (fm) (Kg/cm ²) | Desviación estándar (σ) (Kg/cm ²) | Resistencia a la Compresión (f 'm) (Kg/cm ²) | Coefficiente de variación (c.v.%) |
|-------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| FRUT. 1 | 32.34 | 5.17 | 27.17 | 15.99% |
| FRUT. 2 | 41.94 | 0.32 | 41.61 | 0.77% |
| FRUT. 3 | 30.30 | 5.56 | 24.74 | 18.34% |
| FRUT. 4 | 38.95 | 2.24 | 36.72 | 5.74% |
| LÚC. | 46.62 | 4.04 | 42.58 | 8.66% |
| AGOM. | 49.94 | 3.30 | 46.64 | 6.61% |
| MAY. 1 | 38.92 | 2.84 | 36.08 | 7.30% |
| MAY. 2 | 25.40 | 0.93 | 24.47 | 3.68% |
| MAY. 3 | 37.04 | 3.68 | 33.36 | 9.93% |

Fuente: Elaboración propia.

B. MÓDULO DE ELASTICIDAD EN PILAS.

El módulo de elasticidad en pilas de ladrillo producido artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, se muestra en la Tabla 19. De esto se puede deducir que el módulo de elasticidad de las pilas ensayadas no llega al módulo de elasticidad teórica $E_m = 8.65E + 03$, establecida en la Norma Técnica E-070. Lo que ocasionaría que no tenga un buen comportamiento ante las cargas sísmicas.

Tabla 19. Módulo de elasticidad (E_m) en pilas de ladrillo artesanal

| Fábrica Artesanal | Módulo de Elasticidad (E_m) (kg/cm²) Práctica |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| FRUT. 1 | 1.79E+03 |
| FRUT. 2 | 2.50E+03 |
| FRUT. 3 | 1.86E+03 |
| FRUT. 4 | 1.96E+03 |
| LÚC. | 2.74E+03 |
| AGOM. | 2.81E+03 |
| MAY. 1 | 2.47E+03 |
| MAY. 2 | 1.71E+03 |
| MAY. 3 | 2.06E+03 |

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. MURETES.

A. CALCULO DEL PESO VOLUMÉTRICO DE LOS MURETES.

En la Tabla 20: se muestra los resultados del peso volumétrico de los muretes de ladrillo producido artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca. El proceso de cálculo se encuentra en el Anexo A.

Tabla 20. Resultados del peso volumétrico de muretes de ladrillo.

| Fábrica Artesanal | Especimen | Peso Volumétrico (ton/m ³) | Promedio (ton/m ³) |
|-------------------|-----------|----------------------------------------|--------------------------------|
| FRUT. 1 | M1 | 1.67 | 1.71 |
| | M2 | 1.74 | |
| FRUT. 2 | M1 | 1.72 | 1.73 |
| | M2 | 1.74 | |
| FRUT. 3 | M1 | 1.68 | 1.66 |
| | M2 | 1.64 | |
| FRUT. 4 | M1 | 1.74 | 1.78 |
| | M2 | 1.83 | |
| LÚC. | M1 | 1.83 | 1.84 |
| | M2 | 1.85 | |
| AGOM. | M1 | 1.76 | 1.76 |
| | M2 | 1.76 | |
| MAY. 1 | M1 | 1.83 | 1.78 |
| | M2 | 1.73 | |
| MAY. 2 | M1 | 1.79 | 1.80 |
| | M2 | 1.82 | |
| MAY. 3 | M1 | 1.85 | 1.83 |
| | M2 | 1.81 | |

Fuente: Elaboración propia.

B. ENSAYO DE RESISTENCIA AL CORTE DE LOS MURETES.

De la Tabla 21. La resistencia promedio $v'm$ al corte de los muretes del ladrillo producido artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca es $v'm = 3.93 \text{ Kg/cm}^2$, el ladrillo totalmente solido aporta al esfuerzo cortante una mayor resistencia durante el ensayo cuando la grieta recorre el ladrillo por su mayor área de corte.

En el Anexo A, se muestra las gráficas de los ensayos Esfuerzo (σ) vs Deformación (ϵ) y el proceso de cálculo, lo que nos permite conocer el comportamiento ante la carga de los muretes y el módulo de corte de la albañilería.

Tabla 21. Resultados de ensayos a la resistencia de corte de muretes del ladrillo.

| Fábrica Artesanal | Promedio (vm) (Kg/cm ²) | Desviación estándar (σ) (Kg/cm ²) | Resistencia a la Compresión (v'm) (Kg/cm ²) | Coefficiente de variación (c.v.%) |
|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| FRUT. 1 | 3.75 | 0.41 | 3.34 | 10.93% |
| FRUT. 2 | 5.21 | 0.23 | 4.98 | 4.36% |
| FRUT. 3 | 3.56 | 0.28 | 3.28 | 7.92% |
| FRUT. 4 | 3.94 | 0.10 | 3.84 | 2.49% |
| LÚC. | 5.33 | 0.63 | 4.70 | 11.76% |
| AGOM. | 4.51 | 0.36 | 4.14 | 8.06% |
| MAY. 1 | 3.98 | 0.17 | 3.82 | 4.22% |
| MAY. 2 | 3.67 | 0.19 | 3.48 | 5.26% |
| MAY. 3 | 4.25 | 0.43 | 3.82 | 10.16% |

Fuente: Elaboración propia.

Según las gráficas el módulo de corte promedio de muretes de ladrillo producido artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, tiene un valor de $G_m = 468.02 \text{ Kg/cm}^2$.

C. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE PILAS Y MURETES.

Para analizar las resistencias entre pilas y muretes del ladrillo producido artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, se debe tener en cuenta que la norma E – 070 relaciona el módulo de elasticidad (E_m) de la albañilería con la resistencia a la compresión (f'_m), de la siguiente manera:

Para ladrillos de arcilla:

$$E_m = 500f'_m$$

También, se debe tener en cuenta que la norma E – 070 relaciona el módulo de corte (G_m) de la albañilería con el módulo de elasticidad (E_m)

$$G_m = 0.4 * E_m$$

En la Tabla 22, se observa las diferencias entre los cálculos prácticos y teóricos del f_m , E_m y G_m .

Tabla 22. Diferencias entre cálculos prácticos y teóricos del f'_m , E_m y G_m

| Fábrica Artesanal | Ensayos de Laboratorio | | | Según Norma NTP E-070 | | Diferencias entre cálculos prácticos y teóricos | |
|-------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------|--------------|
| | f'_m Kg/cm ² | E_m Kg/cm ² | G_m Kg/cm ² | E_m Kg/cm ² | G_m Kg/cm ² | E_m (%) | G_m (%) |
| FRUT. 1 | 27.17 | 1.79E+03 | 4.48E+02 | 1.36E+04 | 5.43E+03 | 86.82 | 91.76 |
| FRUT. 2 | 41.61 | 2.50E+03 | 5.49E+02 | 2.08E+04 | 8.32E+03 | 87.99 | 93.40 |
| FRUT. 3 | 24.74 | 1.86E+03 | 4.47E+02 | 1.24E+04 | 4.95E+03 | 84.96 | 90.97 |
| FRUT. 4 | 36.72 | 1.96E+03 | 4.29E+02 | 1.84E+04 | 7.34E+03 | 89.34 | 94.16 |
| LÚC. | 42.58 | 2.74E+03 | 5.67E+02 | 2.13E+04 | 8.52E+03 | 87.12 | 93.34 |
| AGOM. | 46.64 | 2.81E+03 | 4.84E+02 | 2.33E+04 | 9.33E+03 | 87.95 | 94.81 |
| MAY. 1 | 36.08 | 2.47E+03 | 4.51E+02 | 1.80E+04 | 7.22E+03 | 86.30 | 93.75 |
| MAY. 2 | 24.47 | 1.71E+03 | 3.80E+02 | 1.22E+04 | 4.89E+03 | 86.00 | 92.23 |
| MAY. 3 | 33.36 | 2.06E+03 | 4.74E+02 | 1.67E+04 | 6.67E+03 | 87.68 | 92.89 |

Fuente: Elaboración propia.

La máxima resistencia del murete está en función de la resistencia a la compresión ($\sqrt{f'_m}$), para efectos de diseño, se debe utilizar el valor mínimo de v'_m ó $\sqrt{f'_m}$. Podemos observar en la tabla 23, que los ladrillos no sobrepasan el valor máximo, por lo que v'_m es menor que el valor de $\sqrt{f'_m}$. El módulo de corte G_m , muestra el estado límite de importancia cuando se produce la primera fisura diagonal y cuando se alcanza la resistencia máxima del muro, ya que la falla fue violenta y frágil por falta de confinamiento.

Tabla 23. Análisis de resistencia al corte.

| Fábrica Artesanal | v_m ensayo Kg/cm ² | f'_m ensayo Kg/cm ² | v_m max* $\sqrt{(f'_m)}$ Kg/cm ² | v_m diseño Kg/cm ² |
|-------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|
| FRUT. 1 | 3.75 | 27.17 | 5.21 | 3.75 |
| FRUT. 2 | 5.21 | 41.61 | 6.45 | 5.21 |
| FRUT. 3 | 3.56 | 24.74 | 4.97 | 3.56 |
| FRUT. 4 | 3.94 | 36.72 | 6.06 | 3.94 |
| LÚC. | 5.33 | 42.58 | 6.53 | 5.33 |
| AGOM. | 4.51 | 46.64 | 6.83 | 4.51 |
| MAY. 1 | 3.98 | 36.08 | 6.01 | 3.98 |
| MAY. 2 | 3.67 | 24.47 | 4.95 | 3.67 |
| MAY. 3 | 4.25 | 33.36 | 5.78 | 4.25 |

Fuente: Elaboración propia.

Los esfuerzos v'_m obtenidos en el laboratorio para los muerres del ladrillo de Bambamarca es menor que lo considerado en la Norma Técnica E – 070 para efectos de diseño, pero con la finalidad de tomar un rango de amplitud y/o seguridad, se debe considerar que $v'_m \text{ diseño} \leq v'_m \text{ de actuante}$, con el propósito de evitar que los muros se fisuren ante los sismos moderados, que son los más frecuentes.

4.5. MORTERO.

4.5.1. ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE LAS PROBETAS DE MORTERO.

De la Tabla 24, nos indica que ha tenido una resistencia promedio de 141.85 Kg/cm² a los 28 días, cumpliendo con el diseño, el cual ha contribuido en el aumento de la resistencia axial en las pilas.

Tabla 24. Resultados de los Ensayos de compresión del mortero.

| Mortero tipo P2 (1:4) | | |
|-----------------------------------|------------|--------------------------|
| Característica | Mpa | Kg/cm² |
| Promedio resistencia (fc) | 13.91 | 141.85 |
| Desviación estándar (σ) | 0.48 | 4.85 |
| Resistencia compresión (f'c) | 13.44 | 137.00 |
| Coefficiente de variación (c.v.)% | 3.42% | 3.42% |

3.4 CONTRASTE DE HIPÓTESIS.

Se verifica que el ladrillo producido artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, se clasifica:

- El ladrillo de la Fábrica FRUT. 2 tiene una resistencia a la compresión simple característica de 8.50 Mpa (86.65 kg/cm²) clasificando dichos valores como ladrillo de clase II, según la norma E – 070.
- El ladrillo de las Fábricas FRUT. 1, FRUT. 3, FRUT. 4, LUC., AGOM., MAY. 1, MAY. 2 y MAY. 3, según los valores de la Tabla 14 están clasificados como ladrillo de clase I, según la norma E – 070.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES:

- **La variación dimensional** del ladrillo artesanal de Bambamarca de las fábricas **Frutillo 1, Frutillo 2, Lúcumá, Mayhuasi 1, Mayhuasi 3** se clasifican como **Ladrillo Clase V** y las otras fábricas **Frutillo 3, Frutillo 4, Agomarca y Mayhuasi 2** se clasifican como **Ladrillo Clase IV**, según la Norma Técnica E-070 (*Ladrillo Clase IV variación dimensional = $\pm 2\%$ y Ladrillo Clase V variación dimensional = $\pm 3\%$*). Siendo la de menor variación dimensional la fábrica artesanal Mayhuasi 1 con variación dimensional = 0.37% y coeficiente de variación = 0.33%.

- **El alabeo** del ladrillo artesanal de Bambamarca cumple para un **ladrillo Clase V** según la Norma Técnica E-070 (*Ladrillo clase V alabeo máximo 2 mm*). Teniendo menor alabeo la fábrica artesanal Frutillo 1: cóncavo = 0.50 mm y convexo = 0.25mm.

- **La resistencia a compresión** del ladrillo artesanal de Bambamarca, 08 de las 09 fábricas analizadas se clasifica como **Ladrillo Clase I** y la fábrica artesanal **Frutillo 2** la que se clasifica como **Ladrillo Clase II**, según la Norma Técnica E-070 [Ladrillo Clase I $f'_{b} = 4.9 \text{ Mpa}$ (50 Kg/cm^2) y Ladrillo Clase II $f'_{b} = 6.9 \text{ Mpa}$ (70 Kg/cm^2)]. Siendo la de mayor resistencia característica la Fábrica Frutillo 2 con $f'_{b} = 8.50 \text{ Mpa}$ (86.65 Kg/cm^2) y coeficiente de variación 9.83%.

- **La succión** del ladrillo artesanal de Bambamarca, 08 de las 09 fábricas analizadas, tienen valores que sobrepasan lo señalado por la Norma Técnica E-070 (10 a 20 $\text{gr/cm}^2\text{-min}$), excepto la **fábrica Frutillo 2** que **si cumple** teniendo una **succión = 17.61 $\text{gr/cm}^2\text{-min}$** , el ladrillo de las demás fábricas artesanales deben regarse 30 minutos de 10 a 15 horas antes de ser asentados.

- **La absorción** del ladrillo artesanal de Bambamarca **de las 09 fábricas** analizadas **cumple teniendo porcentajes absorción menores al recomendado en la Norma Técnica E-070 (menos al 22%)**. Siendo el de menor absorción la fábrica artesanal Mayhuasi 2 cuya Absorción = 13.27% con un coeficiente de variación 9.72%.

- **La resistencia a compresión en pilas** de ladrillo artesanal de Bambamarca de las fábricas **Frutillo 2, Frutillo 4, Lúcuma, Agomarca y Mayhuasi 1** cumplen con lo establecido en la Norma Técnica E-070, mientras que las fábricas artesanales Frutillo 1, Frutillo 3, Mayhuasi 2, Mayhuasi 3 no cumplen con lo establecido en la Norma Técnica E-070 ($f'_{cm} = 3.4 \text{ Mpa} = 35 \text{ Kg/cm}^2$). Siendo la de mayor resistencia característica a compresión en pilas la fábrica artesanal Agomarca con $f'_{cm} = 46.64 \text{ Kg/cm}^2$.
- **La resistencia al corte en muretes** del ladrillo artesanal de Bambamarca **no cumple** con lo recomendado en la **Norma Técnica E-070** ($v'_{cm} = 0.5 \text{ Mpa} = 5.1 \text{ Kg/cm}^2$). Siendo el de mayor resistencia característica al corte la fábrica artesanal Frutillo 2 con $v'_{cm} 4.98 \text{ Kg/cm}^2$ y con un coeficiente de variación 4.36%.

5.2. RECOMENDACIONES:

- Siendo la albañilería una investigación muy importante y buscando siempre una mejora continua, se recomienda a los estudiantes de Ingeniería Civil que tengan interés en este campo, y complementen con estudios de muros a escala real para obtener la rigidez lateral de dichos muros construidos con ladrillo artesanal.
- Las ladrilleras artesanales en Bambamarca, realizan la fabricación de los ladrillos de manera empírica, por lo que se recomienda propiciar la mejora de la calidad del ladrillo hasta que se pueda tener resultados eficientes hasta llegar a la industrialización, haciéndole conocer lo concerniente a las Normas Técnicas.
- A los estudiantes que hacen prácticas en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de Facultad de Ingeniería de Universidad Nacional de Cajamarca, que no utilicen los materiales ni destruyan las muestras o especímenes de los Tesistas.

CAPÍTULO VI
FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

5.1 BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, D. 2004. Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central junín. Tesis mg. Sc. Lima, PUCP.
- Ángeles, P. 2008. Comparación del Comportamiento a Carga Lateral Cíclica de un Muro Confinado con Ladrillos de Concreto y otro con Ladrillos de arcilla. Tesis Ing. Civil, PUCP.
- Arrieta, J. y Peñaherrera, E. 2001. Fabricación de Bloques de Concreto con una Mesa Vibradora. Lima: UNI - CISMID.
- Fernández, k. 2010. Estudio de la influencia del tipo de arcilla en las características técnicas del ladrillo. Santa Bárbara – Cajamarca. Tesis Mg. Sc. Cajamarca, UNC.
- INDECOPI 1978. NORMA TECNICA ITINTEC 331.017. Elementos de arcilla cocida. Lima, Perú.
- INDECOPI 2002. NTP 399.604. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto. lima, Perú.
- NORMA TÉCNICA E.070 – ALBAÑILERÍA. 2006.
- San Bartolomé, A y Morante, A. 2008, Mejora de la Adherencia Mortero-Ladrillo de Concreto. Tesis Ing. Civil, PUCP.
- San Bartolomé, A. 1994. Construcciones de albañilería – Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural. Lima, PUCP.
- PAREDES CASTRO, JONATHAN; CAYCHO PÉREZ, DAVID, Control de la trituración de los ladrillos huecos en muros de albañilería confinada sujetos a carga lateral cíclica, Tesis de título de Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú, abril 2009.
- Pastorutti, A. y San Bartolomé, A. 1985. Ensayo de carga lateral en muros de albañilería confinados – efectos del refuerzo. Lima PUCP.

- Quiun, D; San Bartolomé, A; Mendoza, G. 2005. Corrección por esbeltez en pilas de albañilería ensayadas a la compresión axial. Lima. PUCP.
- San Bartolomé, a. 1994. construcciones de albañilería. comportamiento sísmico y diseño estructural. primera ed. lima, Perú, fondo edit. pucp, 246 p.
- San Bartolomé, A, 2005. COMENTARIOS A LA NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.070 ALBAÑILERÍA - INFORME FINAL (capítulos 1 a 10). Lima, SENCICO. 147 p.
- San Bartolomé, A; Ángeles, P. 2008. Comparación del comportamiento sísmico de muros confinados construidos con ladrillos de concreto y de arcilla cocida. Lima, PUCP.
- Seminario, R, 2013. Variabilidad de las Propiedades de los Ladrillos Industriales de 18 Huecos en la Ciudad de Piura. Piura. UDP.
- Acuña, R. 2014. Características Técnicas del Ladrillo Artesanal del Caserío El Frutillo – Bambamarca – Cajamarca, Proyecto de Investigación Ing. Cajamarca UNC.

ANEXOS

ANEXO A
PROCESAMIENTO
DE DATOS

1. CÁLCULO DE LA VARIACIÓN DIMENCIONAL DEL LADRILLO.

Tabla 25: Ensayo de variación dimensional del ladrillo artesanal de Bambamarca Fábr. Frut. 1

| Fábrica Artesanal | Espec. | Largo (mm) | | | | | Ancho (mm) | | | | | Altura (mm) | | | | |
|-------------------|--------|------------|-----|-----|-----|--------|------------|-----|-----|-----|--------|-------------|----|----|----|-------|
| | | L1 | L2 | L3 | L4 | Lprom | A1 | A2 | A3 | A4 | A prom | H1 | H2 | H3 | H4 | Hprom |
| FRUT. 1 | M-01 | 225 | 226 | 229 | 229 | 227.25 | 130 | 130 | 131 | 131 | 130.50 | 81 | 81 | 82 | 82 | 81.50 |
| | M-02 | 227 | 228 | 225 | 226 | 226.50 | 130 | 130 | 132 | 131 | 130.75 | 82 | 82 | 83 | 83 | 82.50 |
| | M-03 | 225 | 226 | 225 | 222 | 224.50 | 130 | 130 | 132 | 131 | 130.75 | 83 | 82 | 82 | 82 | 82.25 |
| | M-04 | 227 | 227 | 228 | 227 | 227.25 | 129 | 130 | 132 | 131 | 130.50 | 83 | 81 | 81 | 83 | 82.00 |

| | | | | | | |
|-----------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|-------|
| Medidas del Fabricante (mm) | L | 225 | A | 130.00 | H | 85.00 |
| Desviación estándar | σ | 1.30 | σ | 0.14 | σ | 0.43 |
| Dimensión Promedio (mm) | L | 226.38 | A | 130.63 | H | 82.06 |
| Variación Dimensional (V%) | % | -0.61% | % | -0.48% | % | 3.46% |
| Coefficiente de variación | c.v. | 0.57% | c.v. | 0.11% | c.v. | 0.52% |

Tabla 26: Ensayo de variación dimensional del ladrillo artesanal de Bambamarca Fábr. Frut. 2

| Fábrica Artesanal | Espec. | Largo (mm) | | | | | Ancho (mm) | | | | | Altura (mm) | | | | |
|-------------------|--------|------------|-----|-----|-----|--------|------------|-----|-----|-----|--------|-------------|----|----|----|-------|
| | | L1 | L2 | L3 | L4 | Lprom | A1 | A2 | A3 | A4 | A prom | H1 | H2 | H3 | H4 | Hprom |
| FRUT. 2 | M-01 | 225 | 226 | 225 | 226 | 225.50 | 130 | 130 | 130 | 132 | 130.50 | 79 | 78 | 79 | 78 | 78.50 |
| | M-02 | 224 | 225 | 226 | 226 | 225.25 | 130 | 130 | 132 | 131 | 130.75 | 78 | 78 | 77 | 77 | 77.50 |
| | M-03 | 225 | 226 | 226 | 227 | 226.00 | 130 | 129 | 133 | 132 | 131.00 | 77 | 77 | 78 | 78 | 77.50 |
| | M-04 | 224 | 227 | 225 | 227 | 225.75 | 131 | 130 | 133 | 131 | 131.25 | 78 | 79 | 77 | 78 | 78.00 |

| | | | | | | |
|-----------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|-------|
| Medidas del Fabricante (mm) | L | 225 | A | 130.00 | H | 80.00 |
| Desviación estándar | σ | 0.32 | σ | 0.32 | σ | 0.48 |
| Dimensión Promedio (mm) | L | 225.63 | A | 130.88 | H | 77.88 |
| Variación Dimensional (V%) | % | -0.28% | % | -0.67% | % | 2.66% |
| Coefficiente de variación | c.v. | 0.14% | c.v. | 0.25% | c.v. | 0.61% |

Tabla 27: Ensayo de variación dimensional del ladrillo artesanal de Bambamarca Fábr. Frut. 3

| Fábrica Artesanal | Espec. | Largo (mm) | | | | | Ancho (mm) | | | | | Altura (mm) | | | | |
|-------------------|--------|------------|-----|-----|-----|--------|------------|-----|-----|-----|--------|-------------|----|----|----|-------|
| | | L1 | L2 | L3 | L4 | Lprom | A1 | A2 | A3 | A4 | A prom | H1 | H2 | H3 | H4 | Hprom |
| FRUT. 3 | M-01 | 227 | 227 | 228 | 229 | 227.75 | 129 | 129 | 131 | 130 | 129.75 | 83 | 82 | 83 | 82 | 82.50 |
| | M-02 | 229 | 228 | 227 | 228 | 228.00 | 129 | 130 | 132 | 132 | 130.75 | 82 | 82 | 81 | 81 | 81.50 |
| | M-03 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230.00 | 130 | 130 | 133 | 132 | 131.25 | 81 | 81 | 82 | 82 | 81.50 |
| | M-04 | 229 | 229 | 229 | 229 | 229.00 | 128 | 128 | 130 | 131 | 129.25 | 82 | 83 | 81 | 82 | 82.00 |

| | | | | | | |
|-----------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|-------|
| Medidas del Fabricante (mm) | L | 230 | A | 130.00 | H | 85.00 |
| Desviación estándar | σ | 1.03 | σ | 0.91 | σ | 0.48 |
| Dimensión Promedio (mm) | L | 228.69 | A | 130.25 | H | 81.88 |
| Variación Dimensional (V%) | % | 0.57% | % | -0.19% | % | 3.68% |
| Coefficiente de variación | c.v. | 0.45% | c.v. | 0.70% | c.v. | 0.58% |

Tabla 28: Ensayo de variación dimensional del ladrillo artesanal de Bambamarca Fábr. Frut. 4

| Fábrica Artesanal | Espec. | Largo (mm) | | | | | Ancho (mm) | | | | | Altura (mm) | | | | |
|-------------------|--------|------------|-----|-----|-----|--------|------------|-----|-----|-----|--------|-------------|----|----|----|-------|
| | | L1 | L2 | L3 | L4 | Lprom | A1 | A2 | A3 | A4 | A prom | H1 | H2 | H3 | H4 | Hprom |
| FRUT. 4 | M-01 | 225 | 225 | 226 | 226 | 225.50 | 124 | 125 | 125 | 126 | 125.00 | 78 | 77 | 78 | 77 | 77.50 |
| | M-02 | 227 | 226 | 224 | 224 | 225.25 | 124 | 125 | 125 | 126 | 125.00 | 77 | 77 | 78 | 78 | 77.50 |
| | M-03 | 226 | 227 | 225 | 225 | 225.75 | 124 | 124 | 126 | 126 | 125.00 | 75 | 75 | 76 | 77 | 75.75 |
| | M-04 | 225 | 225 | 227 | 226 | 225.75 | 127 | 126 | 125 | 126 | 126.00 | 78 | 76 | 78 | 76 | 77.00 |

| | | | | | | |
|-----------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|-------|
| Medidas del Fabricante (mm) | L | 225 | A | 125.00 | H | 80.00 |
| Desviación estándar | σ | 0.24 | σ | 0.50 | σ | 0.83 |
| Dimensión Promedio (mm) | L | 225.56 | A | 125.25 | H | 76.94 |
| Variación Dimensional (V%) | % | -0.25% | % | -0.20% | % | 3.83% |
| Coefficiente de variación | c.v. | 0.11% | c.v. | 0.40% | c.v. | 1.07% |

Tabla 29: Ensayo de variación dimensional del ladrillo artesanal de Bambamarca Fábr. LúC.

| Fábrica Artesanal | Espec. | Largo (mm) | | | | | Ancho (mm) | | | | | Altura (mm) | | | | |
|-------------------|--------|------------|-----|-----|-----|--------|------------|-----|-----|-----|--------|-------------|----|----|----|-------|
| | | L1 | L2 | L3 | L4 | Lprom | A1 | A2 | A3 | A4 | A prom | H1 | H2 | H3 | H4 | Hprom |
| LÚC. | M-01 | 221 | 221 | 222 | 222 | 221.50 | 122 | 123 | 125 | 126 | 124.00 | 77 | 77 | 77 | 78 | 77.25 |
| | M-02 | 224 | 224 | 225 | 223 | 224.00 | 122 | 123 | 124 | 124 | 123.25 | 77 | 78 | 79 | 77 | 77.75 |
| | M-03 | 224 | 224 | 223 | 223 | 223.50 | 122 | 122 | 123 | 125 | 123.00 | 77 | 78 | 78 | 79 | 78.00 |
| | M-04 | 223 | 224 | 223 | 223 | 223.25 | 122 | 123 | 124 | 124 | 123.25 | 79 | 79 | 78 | 79 | 78.75 |

| | | | | | | |
|-----------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|-------|
| Medidas del Fabricante (mm) | L | 220 | A | 125.00 | H | 80.00 |
| Desviación estándar | σ | 1.09 | σ | 0.43 | σ | 0.63 |
| Dimensión Promedio (mm) | L | 223.06 | A | 123.38 | H | 77.94 |
| Variación Dimensional (V%) | % | -1.39% | % | 1.30% | % | 2.58% |
| Coefficiente de variación | c.v. | 0.49% | c.v. | 0.35% | c.v. | 0.80% |

Tabla 30: Ensayo de variación dimensional del ladrillo artesanal de Bambamarca Fábr. Agom.

| Fábrica Artesanal | Espec. | Largo (mm) | | | | | Ancho (mm) | | | | | Altura (mm) | | | | |
|-------------------|--------|------------|-----|-----|-----|--------|------------|-----|-----|-----|--------|-------------|----|----|----|-------|
| | | L1 | L2 | L3 | L4 | Lprom | A1 | A2 | A3 | A4 | A prom | H1 | H2 | H3 | H4 | Hprom |
| AGOM. | M-01 | 209 | 208 | 214 | 215 | 211.50 | 122 | 123 | 127 | 127 | 124.75 | 78 | 77 | 77 | 78 | 77.50 |
| | M-02 | 209 | 209 | 213 | 215 | 211.50 | 123 | 122 | 125 | 126 | 124.00 | 76 | 78 | 77 | 76 | 76.75 |
| | M-03 | 208 | 209 | 214 | 214 | 211.25 | 124 | 123 | 126 | 128 | 125.25 | 77 | 77 | 77 | 78 | 77.25 |
| | M-04 | 209 | 209 | 213 | 215 | 211.50 | 123 | 122 | 125 | 127 | 124.25 | 77 | 78 | 76 | 77 | 77.00 |

| | | | | | | |
|-----------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|-------|
| Medidas del Fabricante (mm) | L | 210 | A | 125.00 | H | 80.00 |
| Desviación estándar | σ | 0.13 | σ | 0.55 | σ | 0.32 |
| Dimensión Promedio (mm) | L | 211.44 | A | 124.56 | H | 77.13 |
| Variación Dimensional (V%) | % | -0.68% | % | 0.35% | % | 3.59% |
| Coefficiente de variación | c.v. | 0.06% | c.v. | 0.45% | c.v. | 0.42% |

Tabla 31: Ensayo de variación dimensional del ladrillo artesanal de Bambamarca Fábr. May. 1

| Fábrica Artesanal | Espec. | Largo (mm) | | | | | Ancho (mm) | | | | | Altura (mm) | | | | |
|-------------------|--------|------------|-----|-----|-----|--------|------------|-----|-----|-----|--------|-------------|----|----|----|-------|
| | | L1 | L2 | L3 | L4 | Lprom | A1 | A2 | A3 | A4 | A prom | H1 | H2 | H3 | H4 | Hprom |
| MAY. 1 | M-01 | 215 | 214 | 217 | 218 | 216.00 | 124 | 125 | 125 | 126 | 125.00 | 83 | 84 | 83 | 84 | 83.50 |
| | M-02 | 214 | 215 | 215 | 216 | 215.00 | 125 | 124 | 125 | 126 | 125.00 | 83 | 84 | 86 | 83 | 83.88 |
| | M-03 | 214 | 214 | 216 | 216 | 215.00 | 123 | 124 | 128 | 127 | 125.50 | 83 | 84 | 84 | 84 | 83.63 |
| | M-04 | 215 | 215 | 216 | 217 | 215.75 | 124 | 124 | 127 | 127 | 125.50 | 84 | 84 | 84 | 84 | 83.88 |

| | | | | | | |
|-----------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|-------|
| Medidas del Fabricante (mm) | L | 215 | A | 125.0 | H | 85.0 |
| Desviación estándar | σ | 0.52 | σ | 0.29 | σ | 0.19 |
| Dimensión Promedio (mm) | L | 215.44 | A | 125.25 | H | 83.72 |
| Variación Dimensional (V%) | % | -0.20% | % | -0.20% | % | 1.51% |
| Coeficiente de variación | c.v. | 0.24% | c.v. | 0.23% | c.v. | 0.22% |

Tabla 32: Ensayo de variación dimensional del ladrillo artesanal de Bambamarca Fábr. May. 2

| Fábrica Artesanal | Espec. | Largo (mm) | | | | | Ancho (mm) | | | | | Altura (mm) | | | | |
|-------------------|--------|------------|-----|-----|-----|--------|------------|-----|-----|-----|--------|-------------|----|----|----|-------|
| | | L1 | L2 | L3 | L4 | Lprom | A1 | A2 | A3 | A4 | A prom | H1 | H2 | H3 | H4 | Hprom |
| MAY. 2 | M-01 | 209 | 209 | 212 | 214 | 211.00 | 124 | 123 | 126 | 128 | 125.25 | 77 | 78 | 78 | 77 | 77.50 |
| | M-02 | 209 | 208 | 214 | 215 | 211.50 | 123 | 122 | 125 | 127 | 124.25 | 77 | 76 | 76 | 78 | 76.75 |
| | M-03 | 209 | 209 | 213 | 215 | 211.50 | 122 | 123 | 127 | 127 | 124.75 | 77 | 78 | 77 | 77 | 77.25 |
| | M-04 | 208 | 209 | 214 | 214 | 211.25 | 123 | 122 | 125 | 126 | 124.00 | 76 | 77 | 77 | 78 | 77.00 |

| | | | | | | |
|-----------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|-------|
| Medidas del Fabricante (mm) | L | 210 | A | 125.00 | H | 80.00 |
| Desviación estándar | σ | 0.24 | σ | 0.55 | σ | 0.32 |
| Dimensión Promedio (mm) | L | 211.31 | A | 124.56 | H | 77.13 |
| Variación Dimensional (V%) | % | -0.63% | % | 0.35% | % | 3.59% |
| Coeficiente de variación | c.v. | 0.11% | c.v. | 0.45% | c.v. | 0.42% |

Tabla 33: Ensayo de variación dimensional del ladrillo artesanal de Bambamarca Fábr. May. 3

| Fábrica Artesanal | Espec. | Largo (mm) | | | | | Ancho (mm) | | | | | Altura (mm) | | | | |
|-------------------|--------|------------|-----|-----|-----|--------|------------|-----|-----|-----|--------|-------------|----|----|----|-------|
| | | L1 | L2 | L3 | L4 | Lprom | A1 | A2 | A3 | A4 | A prom | H1 | H2 | H3 | H4 | Hprom |
| MAY. 3 | M-01 | 214 | 213 | 213 | 213 | 213.25 | 126 | 126 | 127 | 128 | 126.75 | 78 | 78 | 78 | 77 | 77.75 |
| | M-02 | 215 | 212 | 215 | 214 | 214.00 | 126 | 128 | 125 | 128 | 126.75 | 77 | 78 | 77 | 77 | 77.25 |
| | M-03 | 213 | 213 | 213 | 217 | 214.00 | 125 | 128 | 127 | 128 | 127.00 | 76 | 76 | 77 | 77 | 76.50 |
| | M-04 | 213 | 214 | 214 | 214 | 213.75 | 127 | 127 | 127 | 128 | 127.25 | 79 | 78 | 77 | 77 | 77.75 |

| | | | | | | |
|-----------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|-------|
| Medidas del Fabricante (mm) | L | 215 | A | 125.00 | H | 80.00 |
| Desviación estándar | σ | 0.35 | σ | 0.24 | σ | 0.59 |
| Dimensión Promedio (mm) | L | 213.75 | A | 126.94 | H | 77.31 |
| Variación Dimensional (V%) | % | 0.58% | % | -1.55% | % | 3.36% |
| Coeficiente de variación | c.v. | 0.17% | c.v. | 0.19% | c.v. | 0.76% |

2. CÁLCULO DEL ALABEO DEL LADRILLO.

Tabla 34: Ensayo de alabeo del ladrillo de la Fábr. Frutillo 1

| Fábrica Artesanal | Especimen | Cara A | | Cara B | |
|-------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) |
| FRUT. 1 | M-01 | 0.0 | 0 | 0 | 0.0 |
| | M-02 | 1.0 | 0 | 0 | 0.0 |
| | M-03 | 2.0 | 0 | 0 | 2.0 |
| | M-04 | 1.0 | 0 | 0 | 0.0 |

Cóncavo Prom. 0.50
Convexo Prom. 0.25

Tabla 35: Ensayo de alabeo del ladrillo de la Fábr. Frutillo 2

| Fábrica Artesanal | Especimen | Cara A | | Cara B | |
|-------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) |
| FRUT. 2 | M-01 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| | M-02 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| | M-03 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| | M-04 | 1 | 0 | 0 | 2 |

Cóncavo Prom. 0.38
Convexo Prom. 0.94

Tabla 36: Ensayo de alabeo del ladrillo de la Fábr. Frutillo 3

| Fábrica Artesanal | Especimen | Cara A | | Cara B | |
|-------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) |
| FRUT. 3 | M-01 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| | M-02 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| | M-03 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| | M-04 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Cóncavo Prom. 0.50
Convexo Prom. 1.00

Tabla 37: Ensayo de alabeo del ladrillo de la Fábr. Frutillo 4

| Fábrica Artesanal | Especimen | Cara A | | Cara B | |
|-------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) |
| FRUT. 4 | M-01 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| | M-02 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| | M-03 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | M-04 | 2 | 0 | 0 | 3 |

Cóncavo Prom. 0.75
Convexo Prom. 1.00

Tabla 38: Ensayo de alabeo del ladrillo de la Fábr. Lúcumá

| Fábrica Artesanal | Especimen | Cara A | | Cara B | |
|-------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) |
| LÚC. | M-01 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| | M-02 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | M-03 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| | M-04 | 1 | 0 | 0 | 4 |

Cóncavo Prom. 0.38
Convexo Prom. 1.38

Tabla 39: Ensayo de alabeo del ladrillo de la Fábr. Agomarca

| Fábrica Artesanal | Especimen | Cara A | | Cara B | |
|-------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) |
| AGOM. | M-01 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | M-02 | 3 | 0 | 0 | 2 |
| | M-03 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| | M-04 | 2 | 0 | 0 | 3 |

Cóncavo Prom. 1.00

Convexo Prom. 1.13

Tabla 40: Ensayo de alabeo del ladrillo de la Fábr. Mayhuasi 1

| Fábrica Artesanal | Especimen | Cara A | | Cara B | |
|-------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) |
| MAY. 1 | M-01 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| | M-02 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | M-03 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | M-04 | 1 | 0 | 0 | 2 |

Cóncavo Prom. 0.50

Convexo Prom. 0.75

Tabla 41: Ensayo de alabeo del ladrillo de la Fábr. Mayhuasi 2

| Fábrica Artesanal | Especimen | Cara A | | Cara B | |
|-------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) |
| MAY. 2 | M-01 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| | M-02 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| | M-03 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| | M-04 | 2 | 0 | 0 | 3 |

Cóncavo Prom. 0.75

Convexo Prom. 1.38

Tabla 42: Ensayo de alabeo del ladrillo de la Fábr. Mayhuasi 3

| Fábrica Artesanal | Especimen | Cara A | | Cara B | |
|-------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) | Cóncavo (mm) | Convexo (mm) |
| MAY. 3 | M-01 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| | M-02 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | M-03 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | M-04 | 2 | 0 | 0 | 1 |

Cóncavo Prom. 0.56

Convexo Prom. 0.63

3. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL LADRILLO.

Tabla 43: Ensayo a compresión del ladrillo de la fabr. Frutillo 1

| Fábrica Artesanal | Especimen | Largo (m) | | Ancho (m) | | Altura Prom | Área B | Carga Máx. | | fb | |
|-------------------|-----------|-----------|-------|-----------|-------|-------------|--------|------------|-------|------|--------|
| | | L1 | L2 | A1 | A2 | (m) | m2 | (KN) | Tn | Mpa | Kg/cm2 |
| FRUT. 1 | M-01 | 0.209 | 0.209 | 0.130 | 0.130 | 0.082 | 0.0272 | 203 | 20.70 | 7.47 | 76.14 |
| | M-02 | 0.209 | 0.208 | 0.130 | 0.130 | 0.083 | 0.0271 | 135 | 13.80 | 4.99 | 50.88 |
| | M-03 | 0.209 | 0.209 | 0.130 | 0.130 | 0.082 | 0.0272 | 169 | 17.20 | 6.20 | 63.26 |
| | M-04 | 0.208 | 0.209 | 0.129 | 0.130 | 0.082 | 0.0270 | 146 | 14.90 | 5.41 | 55.15 |

fb **6.02** **61.36**
 σ : **1.09** **11.11**
f'b **4.93** **50.24**
c.v. **18.11%** **18.11%**

Tabla 44: Ensayo a compresión del ladrillo de la fabr. Frutillo 2

| Fábrica Artesanal | Especimen | Largo (m) | | Ancho (m) | | Altura Prom | Área B | Carga Máx. | | fb | |
|-------------------|-----------|-----------|-------|-----------|-------|-------------|--------|------------|-------|-------|--------|
| | | L1 | L2 | A1 | A2 | (m) | m2 | (KN) | Tn | Mpa | Kg/cm2 |
| FRUT. 2 | M-01 | 0.225 | 0.226 | 0.130 | 0.130 | 0.079 | 0.0293 | 248 | 25.30 | 8.46 | 86.25 |
| | M-02 | 0.224 | 0.225 | 0.130 | 0.130 | 0.078 | 0.0292 | 310 | 31.60 | 10.61 | 108.20 |
| | M-03 | 0.225 | 0.226 | 0.130 | 0.129 | 0.078 | 0.0292 | 281 | 28.70 | 9.63 | 98.21 |
| | M-04 | 0.224 | 0.227 | 0.131 | 0.130 | 0.078 | 0.0294 | 265 | 27.00 | 8.99 | 91.69 |

fb **9.42** **96.09**
 σ : **0.93** **9.44**
f'b **8.50** **86.65**
c.v. **9.83%** **9.83%**

Tabla 45: Ensayo a compresión del ladrillo de la fabr. Frutillo 3

| Fábrica Artesanal | Especimen | Largo (m) | | Ancho (m) | | Altura Prom | Área B | Carga Máx. | | fb | |
|-------------------|-----------|-----------|-------|-----------|-------|-------------|--------|------------|-------|------|--------|
| | | L1 | L2 | A1 | A2 | (m) | m2 | (KN) | Tn | Mpa | Kg/cm2 |
| FRUT. 3 | M-01 | 0.227 | 0.227 | 0.129 | 0.129 | 0.083 | 0.0293 | 180 | 18.40 | 6.16 | 62.79 |
| | M-02 | 0.229 | 0.228 | 0.129 | 0.130 | 0.082 | 0.0296 | 146 | 14.90 | 4.93 | 50.32 |
| | M-03 | 0.230 | 0.230 | 0.130 | 0.130 | 0.082 | 0.0299 | 163 | 16.60 | 5.44 | 55.48 |
| | M-04 | 0.229 | 0.229 | 0.128 | 0.128 | 0.082 | 0.0293 | 153 | 15.60 | 5.22 | 53.18 |

fb **5.44** **55.44**
 σ : **0.52** **5.33**
f'b **4.91** **50.11**
c.v. **9.62%** **9.62%**

Tabla 46: Ensayo a compresión del ladrillo de la Fabr. Frutillo 4

| Fábrica Artesanal | Especimen | Largo (m) | | Ancho (m) | | Altura Prom | Área B | Carga Máx. | | fb | |
|-------------------|-----------|-----------|-------|-----------|-------|-------------|--------|------------|-------|------|--------|
| | | L1 | L2 | A1 | A2 | (m) | m2 | (KN) | Tn | Mpa | Kg/cm2 |
| FRUT. 4 | M-01 | 0.225 | 0.225 | 0.124 | 0.125 | 0.078 | 0.0280 | 152 | 15.50 | 5.42 | 55.30 |
| | M-02 | 0.227 | 0.226 | 0.124 | 0.125 | 0.078 | 0.0282 | 144 | 14.70 | 5.11 | 52.09 |
| | M-03 | 0.226 | 0.227 | 0.124 | 0.124 | 0.076 | 0.0281 | 177 | 18.10 | 6.32 | 64.40 |
| | M-04 | 0.225 | 0.225 | 0.127 | 0.126 | 0.077 | 0.0285 | 146 | 14.90 | 5.13 | 52.31 |

fb 5.49 56.03
 σ : 0.57 5.77
f'b 4.93 50.26
c.v. 10.30% 10.30%

Tabla 47: Ensayo a compresión del ladrillo de la fabr. Lúcumá

| Fábrica Artesanal | Especimen | Largo (m) | | Ancho (m) | | Altura Prom | Área B | Carga Máx. | | fb | |
|-------------------|-----------|-----------|-------|-----------|-------|-------------|--------|------------|-------|------|--------|
| | | L1 | L2 | A1 | A2 | (m) | m2 | (KN) | Tn | Mpa | Kg/cm2 |
| LÚC. | M-01 | 0.221 | 0.221 | 0.122 | 0.123 | 0.077 | 0.0271 | 214 | 21.80 | 7.89 | 80.47 |
| | M-02 | 0.224 | 0.224 | 0.122 | 0.123 | 0.078 | 0.0274 | 126 | 12.90 | 4.61 | 46.98 |
| | M-03 | 0.224 | 0.224 | 0.122 | 0.122 | 0.078 | 0.0273 | 184 | 18.80 | 6.74 | 68.75 |
| | M-04 | 0.223 | 0.224 | 0.122 | 0.123 | 0.079 | 0.0274 | 193 | 19.70 | 7.05 | 71.90 |

fb 6.57 67.03
 σ : 1.40 14.25
f'b 5.18 52.77
c.v. 21.26% 21.26%

Tabla 48: Ensayo a compresión del ladrillo de la fabr. Agomarca

| Fábrica Artesanal | Especimen | Largo (m) | | Ancho (m) | | Altura Prom | Área B | Carga Máx. | | fb | |
|-------------------|-----------|-----------|-------|-----------|-------|-------------|--------|------------|-------|------|--------|
| | | L1 | L2 | A1 | A2 | (m) | m2 | (KN) | Tn | Mpa | Kg/cm2 |
| AGOM. | M-01 | 0.209 | 0.208 | 0.122 | 0.123 | 0.078 | 0.0255 | 203 | 20.70 | 7.94 | 80.99 |
| | M-02 | 0.209 | 0.209 | 0.123 | 0.122 | 0.077 | 0.0256 | 253 | 25.80 | 9.88 | 100.70 |
| | M-03 | 0.208 | 0.209 | 0.124 | 0.123 | 0.077 | 0.0257 | 180 | 18.40 | 7.00 | 71.41 |
| | M-04 | 0.209 | 0.209 | 0.123 | 0.122 | 0.077 | 0.0256 | 169 | 17.20 | 6.58 | 67.14 |

fb 7.85 80.06
 σ : 1.46 14.93
f'b 6.39 65.13
c.v. 18.65% 18.65%

Tabla 49: Ensayo a compresión del ladrillo de la Fábr. Mayhuasi 1

| Fábrica Artesanal | Especimen | Largo (m) | | Ancho (m) | | Altura Prom | Área B | Carga Máx. | | fb | |
|-------------------|-----------|-----------|-------|-----------|-------|-------------|--------|------------|-------|------|--------|
| | | L1 | L2 | A1 | A2 | (m) | m2 | (KN) | Tn | Mpa | Kg/cm2 |
| MAY. 1 | M-01 | 0.215 | 0.214 | 0.124 | 0.125 | 0.084 | 0.0267 | 218 | 22.20 | 8.15 | 83.07 |
| | M-02 | 0.214 | 0.215 | 0.125 | 0.124 | 0.084 | 0.0267 | 158 | 16.10 | 5.91 | 60.25 |
| | M-03 | 0.214 | 0.214 | 0.123 | 0.124 | 0.084 | 0.0264 | 203 | 20.70 | 7.68 | 78.27 |
| | M-04 | 0.215 | 0.215 | 0.124 | 0.124 | 0.084 | 0.0267 | 174 | 17.80 | 6.54 | 66.72 |

fb 7.07 72.08
σ: 1.03 10.45
f'b 6.04 61.62
c.v. 14.50% 14.50%

Tabla 50: Ensayo a compresión del ladrillo de la fabr. Mayhuasi 2

| Fábrica Artesanal | Especimen | Largo (m) | | Ancho (m) | | Altura Prom | Área B | Carga Máx. | | fb | |
|-------------------|-----------|-----------|-------|-----------|-------|-------------|--------|------------|-------|------|--------|
| | | L1 | L2 | A1 | A2 | (m) | m2 | (KN) | Tn | Mpa | Kg/cm2 |
| MAY. 2 | M-01 | 0.209 | 0.209 | 0.124 | 0.123 | 0.078 | 0.0258 | 126 | 12.90 | 4.90 | 49.94 |
| | M-02 | 0.209 | 0.208 | 0.123 | 0.122 | 0.077 | 0.0255 | 203 | 20.70 | 7.94 | 80.99 |
| | M-03 | 0.209 | 0.209 | 0.122 | 0.123 | 0.077 | 0.0256 | 146 | 14.90 | 5.70 | 58.16 |
| | M-04 | 0.208 | 0.209 | 0.123 | 0.122 | 0.077 | 0.0255 | 163 | 16.60 | 6.37 | 64.95 |

fb 6.23 63.51
σ: 1.29 13.17
f'b 4.94 50.34
c.v. 20.74% 20.74%

Tabla 51: Ensayo a compresión del ladrillo de la fabr. Mayhuasi 3

| Fábrica Artesanal | Especimen | Largo (m) | | Ancho (m) | | Altura Prom | Área B | Carga Máx. | | fb | |
|-------------------|-----------|-----------|-------|-----------|-------|-------------|--------|------------|-------|------|--------|
| | | L1 | L2 | A1 | A2 | (m) | m2 | (KN) | Tn | Mpa | Kg/cm2 |
| MAY. 3 | M-01 | 0.214 | 0.213 | 0.126 | 0.126 | 0.078 | 0.0269 | 214 | 21.80 | 7.94 | 80.98 |
| | M-02 | 0.215 | 0.212 | 0.126 | 0.128 | 0.077 | 0.0271 | 135 | 13.80 | 4.99 | 50.86 |
| | M-03 | 0.213 | 0.213 | 0.125 | 0.128 | 0.077 | 0.0269 | 177 | 18.10 | 6.58 | 67.13 |
| | M-04 | 0.213 | 0.214 | 0.127 | 0.127 | 0.078 | 0.0271 | 163 | 16.60 | 6.00 | 61.18 |

fb 6.38 65.04
σ: 1.23 12.58
f'b 5.14 52.46
c.v. 19.33% 19.33%

3.1. CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD.

Tabla 52: Esfuerzo vs deformación ladrillo artesanal de Bambamarca. "FRUTILLO 1"

| FABR. FRUT. 1 | Espec. | H (mm) | Área (cm ²) |
|------------------|--------|-----------|----------------------------|--------|-----------|----------------------------|--------|-----------|----------------------------|--------|-----------|----------------------------|
| | M1 | 81.5 | 271.70 | M2 | 82.5 | 271.05 | M3 | 82.25 | 271.70 | M4 | 82 | 270.01 |

| Carga (Kg) | H-06: M - 01 | | | H-06: M - 02 | | | H-06: M - 03 | | | H-06: M - 04 | | |
|---------------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|
| | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 0.10 | 0.0012 | 3.68 | 0.15 | 0.0018 | 3.69 | 0.15 | 0.0018 | 3.68 | 0.21 | 0.0026 | 3.70 |
| 2000 | 0.30 | 0.0037 | 7.36 | 0.63 | 0.0076 | 7.38 | 0.40 | 0.0049 | 7.36 | 0.54 | 0.0066 | 7.41 |
| 3000 | 0.70 | 0.0086 | 11.04 | 1.11 | 0.0135 | 11.07 | 0.95 | 0.0116 | 11.04 | 1.14 | 0.0139 | 11.11 |
| 4000 | 1.00 | 0.0123 | 14.72 | 1.56 | 0.0189 | 14.76 | 1.25 | 0.0152 | 14.72 | 1.50 | 0.0183 | 14.81 |
| 5000 | 1.35 | 0.0166 | 18.40 | 1.98 | 0.0240 | 18.45 | 1.56 | 0.0190 | 18.40 | 1.89 | 0.0230 | 18.52 |
| 6000 | 1.71 | 0.0210 | 22.08 | 2.25 | 0.0273 | 22.14 | 1.92 | 0.0233 | 22.08 | 2.19 | 0.0267 | 22.22 |
| 7000 | 1.92 | 0.0236 | 25.76 | 2.61 | 0.0316 | 25.83 | 2.25 | 0.0274 | 25.76 | 2.58 | 0.0315 | 25.92 |
| 8000 | 2.10 | 0.0258 | 29.44 | 2.94 | 0.0356 | 29.51 | 2.55 | 0.0310 | 29.44 | 2.97 | 0.0362 | 29.63 |
| 9000 | 2.31 | 0.0283 | 33.12 | 3.15 | 0.0382 | 33.20 | 2.79 | 0.0339 | 33.12 | 3.21 | 0.0391 | 33.33 |
| 10000 | 2.52 | 0.0309 | 36.81 | 3.42 | 0.0415 | 36.89 | 3.06 | 0.0372 | 36.81 | 3.51 | 0.0428 | 37.04 |
| 11000 | 2.79 | 0.0342 | 40.49 | 3.66 | 0.0444 | 40.58 | 3.33 | 0.0405 | 40.49 | 3.69 | 0.0450 | 40.74 |
| 12000 | 3.00 | 0.0368 | 44.17 | 3.90 | 0.0473 | 44.27 | 3.60 | 0.0438 | 44.17 | 4.05 | 0.0494 | 44.44 |
| 13000 | 3.45 | 0.0423 | 47.85 | 4.30 | 0.0521 | 47.96 | 3.96 | 0.0481 | 47.85 | 4.29 | 0.0523 | 48.15 |
| 14000 | 4.05 | 0.0497 | 51.53 | 4.80 | 0.0582 | 50.91 | 4.20 | 0.0511 | 51.53 | 4.53 | 0.0552 | 51.85 |
| 15000 | 4.14 | 0.0508 | 55.21 | | | | 4.41 | 0.0536 | 55.21 | 4.80 | 0.0585 | 55.18 |
| 16000 | 4.23 | 0.0519 | 58.89 | | | | 4.62 | 0.0562 | 58.89 | | | |
| 17000 | 5.01 | 0.0615 | 62.57 | | | | 4.83 | 0.0587 | 62.57 | | | |
| 18000 | 5.16 | 0.0633 | 66.25 | | | | 4.95 | 0.0602 | 63.31 | | | |
| 19000 | 5.31 | 0.0652 | 69.93 | | | | | | | | | |
| 20000 | 5.46 | 0.0670 | 73.61 | | | | | | | | | |
| 20700 | 5.55 | 0.0681 | 76.19 | | | | | | | | | |

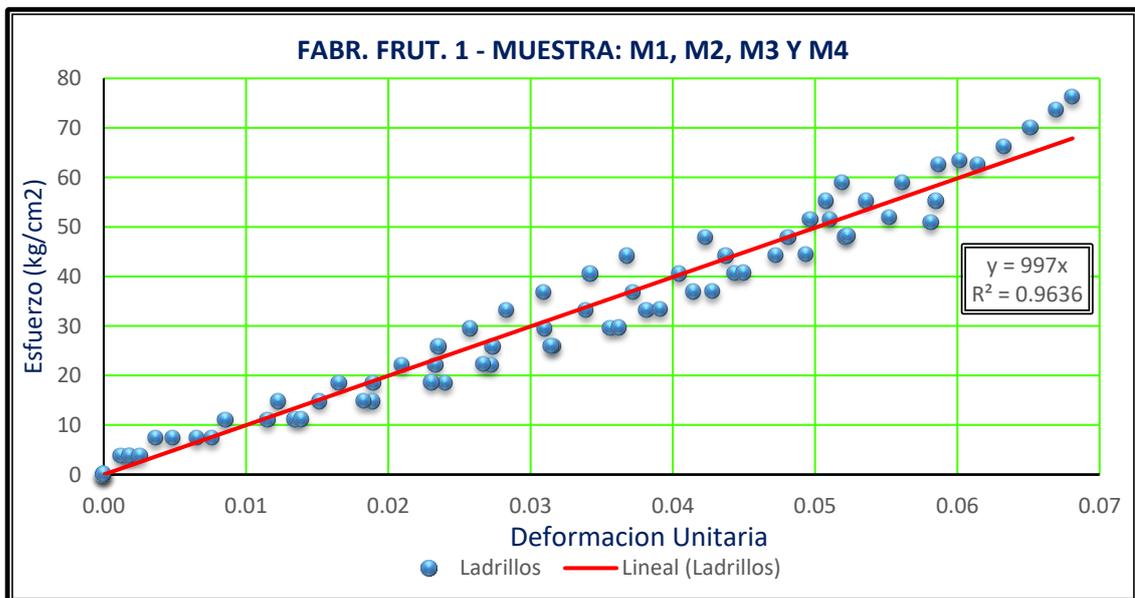


Gráfico 01: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación de las unidades de ladrillo artesanal Fábr. FRUT. 1

Tabla 53: Esfuerzo vs deformación ladrillo artesanal de Bambamarca. "FRUTILLO 2"

| FABR. FRUT. 2 | Espec. | H (mm) | Área (cm ²) | Espec. | H (mm) | Área (cm ²) | Espec. | H (mm) | Área (cm ²) | Espec. | H (mm) | Área (cm ²) |
|---------------|--------------|-----------|-------------------------|--------------|-----------|-------------------------|--------------|-----------|-------------------------|--------------|-----------|-------------------------|
| | M1 | 78.5 | 293.15 | M2 | 77.5 | 291.85 | M3 | 77.5 | 292.02 | M4 | 78 | 294.27 |
| Carga (Kg) | H-07: M - 01 | | | H-07: M - 02 | | | H-07: M - 03 | | | H-07: M - 04 | | |
| | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 0.45 | 0.0057 | 3.41 | 0.00 | 0.0000 | 3.43 | 0.10 | 0.0013 | 3.42 | 0.15 | 0.0019 | 3.40 |
| 2000 | 0.75 | 0.0096 | 6.82 | 0.48 | 0.0062 | 6.85 | 0.45 | 0.0058 | 6.85 | 0.57 | 0.0073 | 6.80 |
| 3000 | 1.02 | 0.0130 | 10.23 | 0.87 | 0.0112 | 10.28 | 1.02 | 0.0132 | 10.27 | 0.99 | 0.0127 | 10.19 |
| 4000 | 1.41 | 0.0180 | 13.64 | 1.17 | 0.0151 | 13.71 | 1.32 | 0.0170 | 13.70 | 1.29 | 0.0165 | 13.59 |
| 5000 | 1.74 | 0.0222 | 17.06 | 1.35 | 0.0174 | 17.13 | 1.56 | 0.0201 | 17.12 | 1.50 | 0.0192 | 16.99 |
| 6000 | 2.07 | 0.0264 | 20.47 | 1.59 | 0.0205 | 20.56 | 1.86 | 0.0240 | 20.55 | 1.77 | 0.0227 | 20.39 |
| 7000 | 2.22 | 0.0283 | 23.88 | 1.74 | 0.0225 | 23.98 | 2.13 | 0.0275 | 23.97 | 2.04 | 0.0262 | 23.79 |
| 8000 | 2.61 | 0.0332 | 27.29 | 1.95 | 0.0252 | 27.41 | 2.46 | 0.0317 | 27.40 | 2.25 | 0.0288 | 27.19 |
| 9000 | 2.76 | 0.0352 | 30.70 | 2.13 | 0.0275 | 30.84 | 2.70 | 0.0348 | 30.82 | 2.49 | 0.0319 | 30.58 |
| 10000 | 3.00 | 0.0382 | 34.11 | 2.28 | 0.0294 | 34.26 | 2.94 | 0.0379 | 34.24 | 2.67 | 0.0342 | 33.98 |
| 11000 | 3.24 | 0.0413 | 37.52 | 2.40 | 0.0310 | 37.69 | 3.15 | 0.0406 | 37.67 | 2.85 | 0.0365 | 37.38 |
| 12000 | 3.54 | 0.0451 | 40.93 | 2.58 | 0.0333 | 41.12 | 3.36 | 0.0434 | 41.09 | 3.06 | 0.0392 | 40.78 |
| 13000 | 3.81 | 0.0485 | 44.35 | 2.70 | 0.0348 | 44.54 | 3.54 | 0.0457 | 44.52 | 3.24 | 0.0415 | 44.18 |
| 14000 | 3.90 | 0.0497 | 47.76 | 2.85 | 0.0368 | 47.97 | 3.75 | 0.0484 | 47.94 | 3.42 | 0.0438 | 47.58 |
| 15000 | 4.11 | 0.0524 | 51.17 | 3.00 | 0.0387 | 51.40 | 3.96 | 0.0511 | 51.37 | 3.60 | 0.0462 | 50.97 |
| 16000 | 4.23 | 0.0539 | 54.58 | 3.12 | 0.0403 | 54.82 | 4.17 | 0.0538 | 54.79 | 3.75 | 0.0481 | 54.37 |
| 17000 | 4.35 | 0.0554 | 57.99 | 3.27 | 0.0422 | 58.25 | 4.35 | 0.0561 | 58.22 | 3.93 | 0.0504 | 57.77 |
| 18000 | 4.47 | 0.0569 | 61.40 | 3.39 | 0.0437 | 61.68 | 4.50 | 0.0581 | 61.64 | 4.11 | 0.0527 | 61.17 |
| 19000 | 4.71 | 0.0600 | 64.81 | 3.54 | 0.0457 | 65.10 | 4.65 | 0.0600 | 65.06 | 4.26 | 0.0546 | 64.57 |
| 20000 | 4.89 | 0.0623 | 68.22 | 3.66 | 0.0472 | 68.53 | 4.80 | 0.0619 | 68.49 | 4.38 | 0.0562 | 67.96 |
| 21000 | 5.07 | 0.0646 | 71.64 | 3.78 | 0.0488 | 71.95 | 4.98 | 0.0643 | 71.91 | 4.50 | 0.0577 | 71.36 |
| 22000 | 5.25 | 0.0669 | 75.05 | 3.99 | 0.0515 | 75.38 | 5.10 | 0.0658 | 75.34 | 4.68 | 0.0600 | 74.76 |
| 23000 | 5.43 | 0.0692 | 78.46 | 4.11 | 0.0530 | 78.81 | 5.22 | 0.0674 | 78.76 | 4.89 | 0.0627 | 78.16 |
| 24000 | 5.61 | 0.0715 | 81.87 | 4.29 | 0.0554 | 82.23 | 5.34 | 0.0689 | 82.19 | 5.10 | 0.0654 | 81.56 |
| 25000 | 5.79 | 0.0738 | 85.28 | 4.41 | 0.0569 | 85.66 | 5.46 | 0.0705 | 85.61 | 5.31 | 0.0681 | 84.96 |
| 26000 | 5.85 | 0.0745 | 86.30 | 4.53 | 0.0585 | 89.09 | 5.58 | 0.0720 | 89.03 | 5.52 | 0.0708 | 88.35 |
| 27000 | | | | 4.65 | 0.0600 | 92.51 | 5.70 | 0.0735 | 92.46 | 5.70 | 0.0731 | 91.75 |
| 28000 | | | | 4.77 | 0.0615 | 95.94 | 5.80 | 0.0748 | 95.88 | | | |
| 29000 | | | | 4.89 | 0.0631 | 99.37 | 6.00 | 0.0774 | 98.28 | | | |
| 30000 | | | | 5.01 | 0.0646 | 102.79 | | | | | | |
| 31000 | | | | 5.10 | 0.0658 | 106.22 | | | | | | |
| 31600 | | | | 5.25 | 0.0677 | 108.27 | | | | | | |

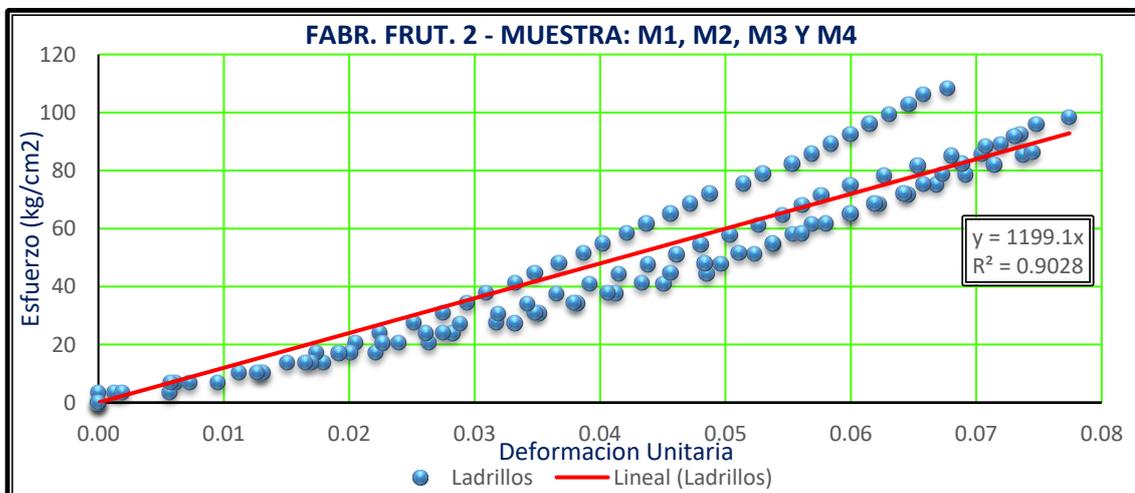


Gráfico 02: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación de las unidades de ladrillo artesanal Fábr. FRUT. 2

Tabla 54: Esfuerzo vs deformación ladrillo artesanal de Bambamarca. "FRUTILLO 3"

| FABR. FRUT. 3 | Espec. | H (mm) | Área (cm ²) |
|------------------|-----------|-----------|----------------------------|-----------|-----------|----------------------------|-----------|-----------|----------------------------|-----------|-----------|----------------------------|
| | M1 | 82.5 | 292.83 | M2 | 81.5 | 295.91 | M3 | 81.5 | 299.00 | M4 | 82 | 293.12 |

| Carga (Kg) | H-08: M - 01 | | | H-08: M - 02 | | | H-08: M - 03 | | | H-08: M - 04 | | |
|---------------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|
| | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 0.15 | 0.0018 | 3.41 | 0.30 | 0.0037 | 3.38 | 0.15 | 0.0018 | 3.34 | 0.30 | 0.0037 | 3.41 |
| 2000 | 0.45 | 0.0055 | 6.83 | 0.72 | 0.0088 | 6.76 | 0.45 | 0.0055 | 6.69 | 0.60 | 0.0073 | 6.82 |
| 3000 | 1.02 | 0.0124 | 10.24 | 1.08 | 0.0133 | 10.14 | 0.96 | 0.0118 | 10.03 | 0.90 | 0.0110 | 10.23 |
| 4000 | 1.32 | 0.0160 | 13.66 | 1.35 | 0.0166 | 13.52 | 1.29 | 0.0158 | 13.38 | 1.14 | 0.0139 | 13.65 |
| 5000 | 1.56 | 0.0189 | 17.07 | 1.68 | 0.0206 | 16.90 | 1.56 | 0.0191 | 16.72 | 1.44 | 0.0176 | 17.06 |
| 6000 | 1.86 | 0.0225 | 20.49 | 1.98 | 0.0243 | 20.28 | 1.83 | 0.0225 | 20.07 | 1.83 | 0.0223 | 20.47 |
| 7000 | 2.13 | 0.0258 | 23.90 | 2.25 | 0.0276 | 23.66 | 2.04 | 0.0250 | 23.41 | 2.01 | 0.0245 | 23.88 |
| 8000 | 2.46 | 0.0298 | 27.32 | 2.52 | 0.0309 | 27.04 | 2.28 | 0.0280 | 26.76 | 2.16 | 0.0263 | 27.29 |
| 9000 | 2.70 | 0.0327 | 30.73 | 2.82 | 0.0346 | 30.42 | 2.55 | 0.0313 | 30.10 | 2.34 | 0.0285 | 30.70 |
| 10000 | 2.94 | 0.0356 | 34.15 | 3.06 | 0.0375 | 33.79 | 2.79 | 0.0342 | 33.44 | 2.55 | 0.0311 | 34.12 |
| 11000 | 3.15 | 0.0382 | 37.56 | 3.33 | 0.0409 | 37.17 | 3.03 | 0.0372 | 36.79 | 2.76 | 0.0337 | 37.53 |
| 12000 | 3.36 | 0.0407 | 40.98 | 3.60 | 0.0442 | 40.55 | 3.30 | 0.0405 | 40.13 | 3.00 | 0.0366 | 40.94 |
| 13000 | 3.54 | 0.0429 | 44.39 | 3.90 | 0.0479 | 43.93 | 3.54 | 0.0434 | 43.48 | 3.36 | 0.0410 | 44.35 |
| 14000 | 3.75 | 0.0455 | 47.81 | 4.35 | 0.0534 | 47.31 | 3.87 | 0.0475 | 46.82 | 3.80 | 0.0463 | 47.76 |
| 15000 | 3.96 | 0.0480 | 51.22 | 4.80 | 0.0589 | 50.35 | 4.11 | 0.0504 | 50.17 | 4.20 | 0.0512 | 51.17 |
| 16000 | 4.17 | 0.0505 | 54.64 | | | | 4.35 | 0.0534 | 53.51 | 4.90 | 0.0598 | 53.22 |
| 17000 | 4.38 | 0.0531 | 58.05 | | | | 4.50 | 0.0552 | 55.52 | | | |
| 18000 | 4.59 | 0.0556 | 61.47 | | | | | | | | | |
| 18400 | 4.80 | 0.0582 | 62.84 | | | | | | | | | |

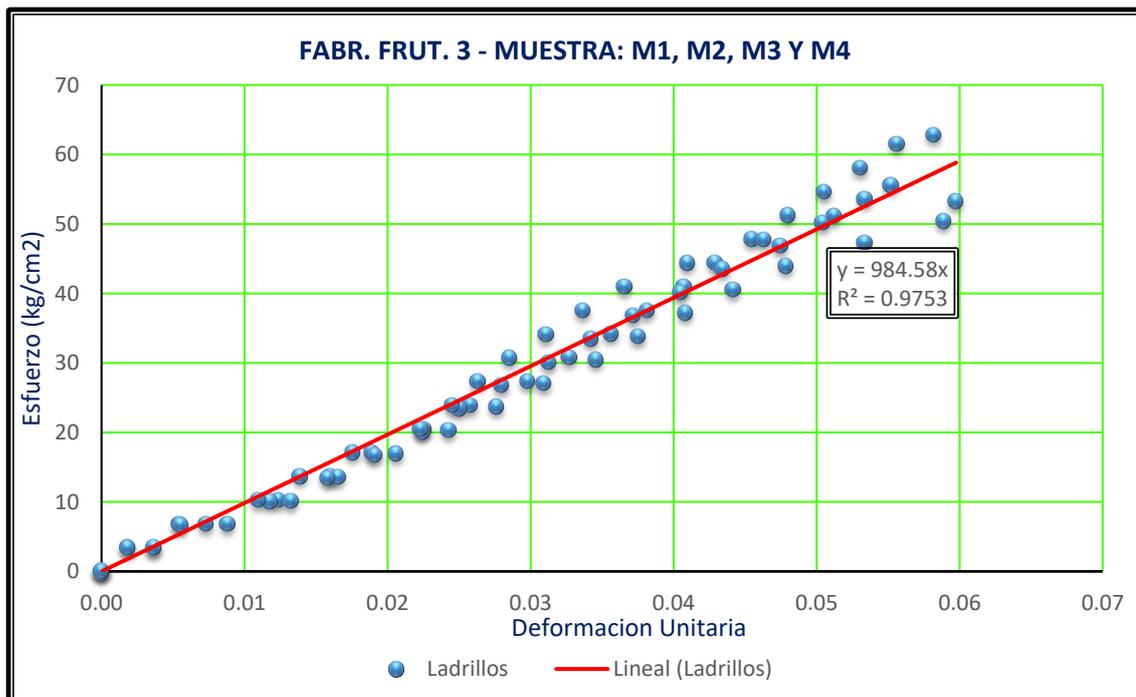


Gráfico 03: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación de las unidades de ladrillo artesanal Fábr. FRUT. 3

Tabla 55: Esfuerzo vs deformación ladrillo artesanal de Bambamarca. "FRUTILLO 4"

| FABR. FRT. 4 | Espec. | H (mm) | Área (cm ²) |
|-----------------|--------|-----------|----------------------------|--------|-----------|----------------------------|--------|-----------|----------------------------|--------|-----------|----------------------------|
| | M1 | 77.5 | 280.13 | M2 | 77.5 | 281.99 | M3 | 75.75 | 280.86 | M4 | 77 | 284.63 |

| Carga (Kg) | H-09: M - 01 | | | H-09: M - 02 | | | H-09: M - 03 | | | H-09: M - 04 | | |
|---------------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|
| | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 0.30 | 0.0039 | 3.57 | 0.30 | 0.0039 | 3.55 | 0.30 | 0.0040 | 3.56 | 0.15 | 0.0019 | 3.51 |
| 2000 | 0.45 | 0.0058 | 7.14 | 0.45 | 0.0058 | 7.09 | 0.60 | 0.0079 | 7.12 | 0.48 | 0.0062 | 7.03 |
| 3000 | 1.20 | 0.0155 | 10.71 | 1.20 | 0.0155 | 10.64 | 0.87 | 0.0115 | 10.68 | 0.78 | 0.0101 | 10.54 |
| 4000 | 1.50 | 0.0194 | 14.28 | 1.50 | 0.0194 | 14.18 | 1.08 | 0.0143 | 14.24 | 0.99 | 0.0129 | 14.05 |
| 5000 | 1.80 | 0.0232 | 17.85 | 1.80 | 0.0232 | 17.73 | 1.29 | 0.0170 | 17.80 | 1.17 | 0.0152 | 17.57 |
| 6000 | 2.13 | 0.0275 | 21.42 | 2.13 | 0.0275 | 21.28 | 1.50 | 0.0198 | 21.36 | 1.35 | 0.0175 | 21.08 |
| 7000 | 2.46 | 0.0317 | 24.99 | 2.55 | 0.0329 | 24.82 | 1.71 | 0.0226 | 24.92 | 1.56 | 0.0203 | 24.59 |
| 8000 | 2.79 | 0.0360 | 28.56 | 2.88 | 0.0372 | 28.37 | 1.92 | 0.0253 | 28.48 | 1.80 | 0.0234 | 28.11 |
| 9000 | 3.12 | 0.0403 | 32.13 | 3.24 | 0.0418 | 31.92 | 2.10 | 0.0277 | 32.04 | 2.01 | 0.0261 | 31.62 |
| 10000 | 3.45 | 0.0445 | 35.70 | 3.57 | 0.0461 | 35.46 | 2.28 | 0.0301 | 35.60 | 2.34 | 0.0304 | 35.13 |
| 11000 | 3.78 | 0.0488 | 39.27 | 3.90 | 0.0503 | 39.01 | 2.46 | 0.0325 | 39.17 | 2.67 | 0.0347 | 38.65 |
| 12000 | 4.05 | 0.0523 | 42.84 | 4.29 | 0.0554 | 42.55 | 2.67 | 0.0352 | 42.73 | 3.06 | 0.0397 | 42.16 |
| 13000 | 4.32 | 0.0557 | 46.41 | 4.45 | 0.0574 | 46.10 | 2.94 | 0.0388 | 46.29 | 3.42 | 0.0444 | 45.67 |
| 14000 | 4.50 | 0.0581 | 49.98 | 4.60 | 0.0594 | 49.65 | 3.21 | 0.0424 | 49.85 | 3.78 | 0.0491 | 49.19 |
| 15000 | 4.74 | 0.0612 | 53.55 | 4.90 | 0.0632 | 52.13 | 3.54 | 0.0467 | 53.41 | 4.20 | 0.0545 | 52.35 |
| 16000 | 4.95 | 0.0639 | 55.33 | | | | 3.60 | 0.0475 | 56.97 | | | |
| 17000 | | | | | | | 3.96 | 0.0523 | 60.53 | | | |
| 18000 | | | | | | | 4.35 | 0.0574 | 64.09 | | | |
| 18100 | | | | | | | 4.50 | 0.0594 | 64.44 | | | |

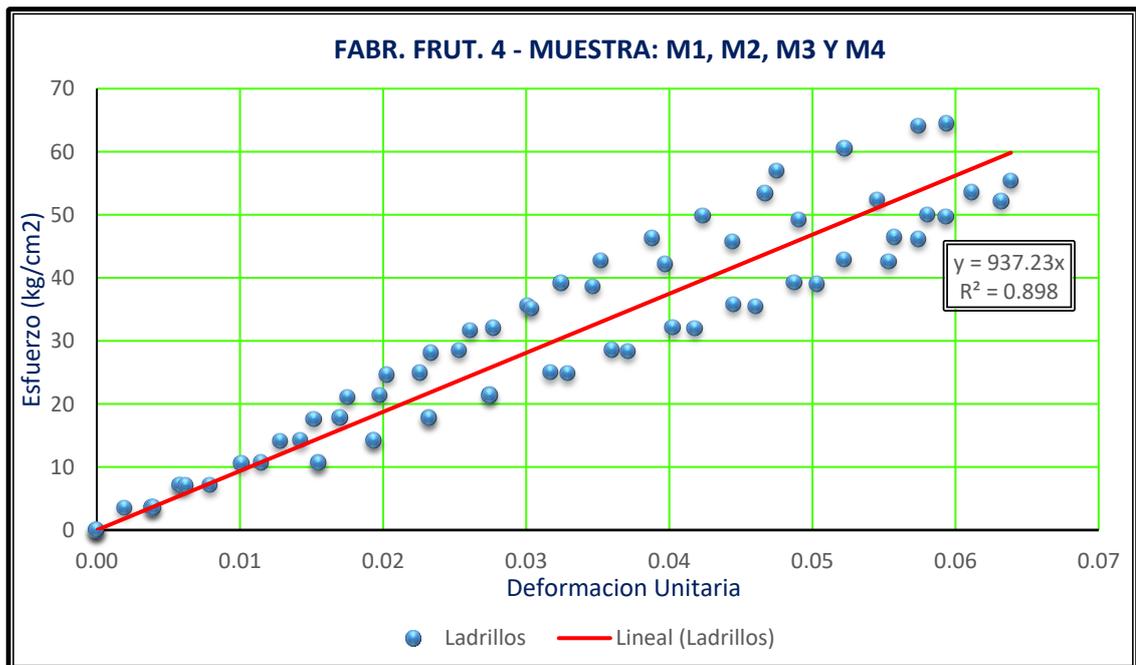


Gráfico 04: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación de las unidades de ladrillo artesanal Fábr. FRUT. 4

Tabla 56: Esfuerzo vs deformación ladrillo artesanal de Bambamarca. "LÚCUMA"

| FABR. LÚC. | Espec. | H (mm) | Área (cm ²) | Espec. | H (mm) | Área (cm ²) | Espec. | H (mm) | Área (cm ²) | Espec. | H (mm) | Área (cm ²) |
|------------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|-------------------------|
| | M1 | 77.25 | 270.73 | M2 | 77.75 | 274.40 | M3 | 78 | 273.28 | M4 | 78.75 | 273.79 |

| Carga (Kg) | H-05: M - 01 | | | H-05: M - 02 | | | H-05: M - 03 | | | H-05: M - 04 | | |
|------------|--------------|-----------|-------|--------------|-----------|-------|--------------|-----------|-------|--------------|-----------|-------|
| | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 0.05 | 0.0006 | 3.74 | 0.15 | 0.0019 | 3.64 | 0.15 | 0.0019 | 3.66 | 0.15 | 0.0019 | 3.65 |
| 2000 | 0.10 | 0.0012 | 7.49 | 0.81 | 0.0104 | 7.29 | 0.54 | 0.0069 | 7.32 | 0.30 | 0.0038 | 7.30 |
| 3000 | 0.42 | 0.0050 | 11.23 | 1.32 | 0.0170 | 10.93 | 1.00 | 0.0128 | 10.98 | 0.60 | 0.0076 | 10.96 |
| 4000 | 0.72 | 0.0086 | 14.98 | 1.80 | 0.0232 | 14.58 | 1.44 | 0.0185 | 14.64 | 0.90 | 0.0114 | 14.61 |
| 5000 | 0.93 | 0.0111 | 18.72 | 2.22 | 0.0286 | 18.22 | 1.75 | 0.0224 | 18.30 | 1.14 | 0.0145 | 18.26 |
| 6000 | 1.23 | 0.0147 | 22.47 | 2.55 | 0.0328 | 21.87 | 2.10 | 0.0269 | 21.96 | 1.44 | 0.0183 | 21.91 |
| 7000 | 1.59 | 0.0190 | 26.21 | 2.94 | 0.0378 | 25.51 | 2.40 | 0.0308 | 25.61 | 1.83 | 0.0232 | 25.57 |
| 8000 | 1.71 | 0.0205 | 29.96 | 3.30 | 0.0424 | 29.15 | 2.73 | 0.0350 | 29.27 | 2.01 | 0.0255 | 29.22 |
| 9000 | 1.80 | 0.0216 | 33.70 | 3.63 | 0.0467 | 32.80 | 3.00 | 0.0385 | 32.93 | 2.16 | 0.0274 | 32.87 |
| 10000 | 1.95 | 0.0234 | 37.45 | 3.90 | 0.0502 | 36.44 | 3.24 | 0.0415 | 36.59 | 2.34 | 0.0297 | 36.52 |
| 11000 | 2.13 | 0.0255 | 41.19 | 4.11 | 0.0529 | 40.09 | 3.48 | 0.0446 | 40.25 | 2.55 | 0.0324 | 40.18 |
| 12000 | 2.25 | 0.0269 | 44.94 | 4.35 | 0.0559 | 43.73 | 3.72 | 0.0477 | 43.91 | 2.76 | 0.0350 | 43.83 |
| 13000 | 2.37 | 0.0284 | 48.68 | 4.50 | 0.0579 | 47.01 | 3.90 | 0.0500 | 47.57 | 3.00 | 0.0381 | 47.48 |
| 14000 | 2.55 | 0.0305 | 52.42 | | | | 4.05 | 0.0519 | 51.23 | 3.27 | 0.0415 | 51.13 |
| 15000 | 2.67 | 0.0320 | 56.17 | | | | 4.17 | 0.0535 | 54.89 | 3.42 | 0.0434 | 54.79 |
| 16000 | 2.79 | 0.0334 | 59.91 | | | | 4.35 | 0.0558 | 58.55 | 3.60 | 0.0457 | 58.44 |
| 17000 | 2.97 | 0.0356 | 63.66 | | | | 4.53 | 0.0581 | 62.21 | 3.81 | 0.0484 | 62.09 |
| 18000 | 3.15 | 0.0377 | 67.40 | | | | 4.71 | 0.0604 | 65.87 | 4.02 | 0.0510 | 65.74 |
| 19000 | 3.36 | 0.0402 | 71.15 | | | | 4.80 | 0.0615 | 68.79 | 4.23 | 0.0537 | 69.40 |
| 20000 | 3.60 | 0.0431 | 74.89 | | | | | | | 4.44 | 0.0564 | 71.95 |
| 21000 | 3.78 | 0.0453 | 78.64 | | | | | | | | | |
| 21800 | 4.05 | 0.0485 | 81.63 | | | | | | | | | |

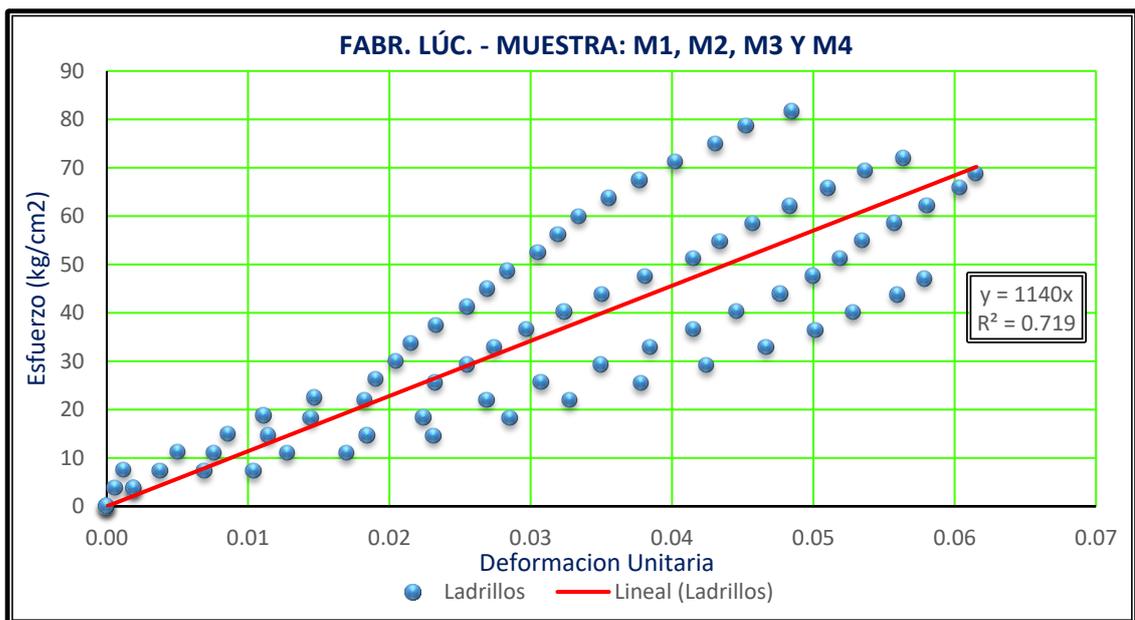


Gráfico 05: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación de las unidades de ladrillo artesanal Fábr. LÚC.

Tabla 57: Esfuerzo vs deformación ladrillo artesanal de Bambamarca. "AGOMARCA"

| FABR. AGOM. | Espec. | H (mm) | Área (cm ²) | Espec. | H (mm) | Área (cm ²) | Espec. | H (mm) | Área (cm ²) | Espec. | H (mm) | Área (cm ²) |
|-------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|-----------|--------|-------------------------|
| | M1 | 77.5 | 255.41 | M2 | 76.75 | 256.03 | M3 | 77.25 | 257.50 | M4 | 77 | 256.03 |

| Carga (Kg) | H-03: M - 01 | | | H-03: M - 02 | | | H-03: M - 03 | | | H-03: M - 04 | | |
|------------|--------------|-----------|-------|--------------|-----------|--------|--------------|-----------|-------|--------------|-----------|-------|
| | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 0.00 | 0.0000 | 3.92 | 0.15 | 0.0020 | 3.91 | 0.30 | 0.0039 | 3.88 | 0.30 | 0.0039 | 3.91 |
| 2000 | 0.00 | 0.0000 | 7.83 | 0.30 | 0.0039 | 7.81 | 0.45 | 0.0058 | 7.77 | 0.42 | 0.0055 | 7.81 |
| 3000 | 0.30 | 0.0039 | 11.75 | 0.75 | 0.0098 | 11.72 | 0.75 | 0.0097 | 11.65 | 0.72 | 0.0094 | 11.72 |
| 4000 | 0.75 | 0.0097 | 15.66 | 1.11 | 0.0145 | 15.62 | 1.20 | 0.0155 | 15.53 | 0.99 | 0.0129 | 15.62 |
| 5000 | 1.23 | 0.0159 | 19.58 | 1.50 | 0.0195 | 19.53 | 1.50 | 0.0194 | 19.42 | 1.26 | 0.0164 | 19.53 |
| 6000 | 1.47 | 0.0190 | 23.49 | 1.80 | 0.0235 | 23.44 | 1.80 | 0.0233 | 23.30 | 1.41 | 0.0183 | 23.44 |
| 7000 | 1.77 | 0.0228 | 27.41 | 2.16 | 0.0281 | 27.34 | 2.13 | 0.0276 | 27.18 | 1.62 | 0.0210 | 27.34 |
| 8000 | 1.95 | 0.0252 | 31.32 | 2.46 | 0.0321 | 31.25 | 2.55 | 0.0330 | 31.07 | 1.77 | 0.0230 | 31.25 |
| 9000 | 2.10 | 0.0271 | 35.24 | 2.70 | 0.0352 | 35.15 | 3.00 | 0.0388 | 34.95 | 1.98 | 0.0257 | 35.15 |
| 10000 | 2.19 | 0.0283 | 39.15 | 2.91 | 0.0379 | 39.06 | 3.30 | 0.0427 | 38.84 | 2.16 | 0.0281 | 39.06 |
| 11000 | 2.37 | 0.0306 | 43.07 | 3.12 | 0.0407 | 42.96 | 3.45 | 0.0447 | 42.72 | 2.28 | 0.0296 | 42.96 |
| 12000 | 2.52 | 0.0325 | 46.98 | 3.36 | 0.0438 | 46.87 | 3.54 | 0.0458 | 46.60 | 2.43 | 0.0316 | 46.87 |
| 13000 | 2.61 | 0.0337 | 50.90 | 3.54 | 0.0461 | 50.78 | 3.66 | 0.0474 | 50.49 | 2.70 | 0.0351 | 50.78 |
| 14000 | 2.91 | 0.0375 | 54.81 | 3.84 | 0.0500 | 54.68 | 3.90 | 0.0505 | 54.37 | 3.06 | 0.0397 | 54.68 |
| 15000 | 3.06 | 0.0395 | 58.73 | 4.08 | 0.0532 | 58.59 | 4.05 | 0.0524 | 58.25 | 3.36 | 0.0436 | 58.59 |
| 16000 | 3.15 | 0.0406 | 62.64 | 4.32 | 0.0563 | 62.49 | 4.26 | 0.0551 | 62.14 | 3.69 | 0.0479 | 62.49 |
| 17000 | 3.48 | 0.0449 | 66.56 | 4.56 | 0.0594 | 66.40 | 4.47 | 0.0579 | 66.02 | 4.02 | 0.0522 | 66.40 |
| 18000 | 3.81 | 0.0492 | 70.47 | 4.71 | 0.0614 | 70.31 | 4.68 | 0.0606 | 69.90 | 4.35 | 0.0565 | 67.18 |
| 19000 | 4.14 | 0.0534 | 74.39 | 4.86 | 0.0633 | 74.21 | 4.89 | 0.0633 | 71.46 | | | |
| 20000 | 4.47 | 0.0577 | 78.31 | 5.01 | 0.0653 | 78.12 | | | | | | |
| 21000 | 4.80 | 0.0619 | 81.05 | 5.16 | 0.0672 | 82.02 | | | | | | |
| 22000 | | | | 5.28 | 0.0688 | 85.93 | | | | | | |
| 23000 | | | | 5.40 | 0.0704 | 89.83 | | | | | | |
| 24000 | | | | 5.52 | 0.0719 | 93.74 | | | | | | |
| 25000 | | | | 5.61 | 0.0731 | 97.65 | | | | | | |
| 25800 | | | | 5.70 | 0.0743 | 100.77 | | | | | | |

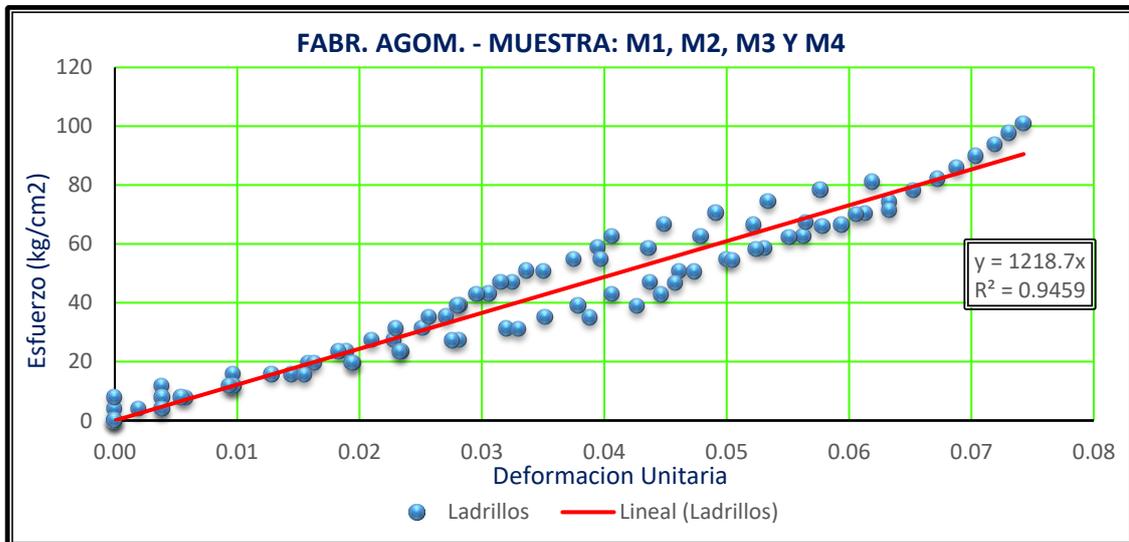


Gráfico 06: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación de las unidades de ladrillo artesanal Fábr. AGOM.

Tabla 58: Esfuerzo vs deformación ladrillo artesanal de Bambamarca. "MAYHUASI 1"

| FABR. MAY. 1 | Espec. | H (mm) | Área (cm ²) | Espec. | H (mm) | Área (cm ²) | Espec. | H (mm) | Área (cm ²) | Espec. | H (mm) | Área (cm ²) |
|--------------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|-------------------------|
| | M1 | 83.5 | 267.05 | M2 | 83.88 | 267.05 | M3 | 83.63 | 264.29 | M4 | 83.88 | 266.60 |

| Carga (Kg) | H-01: M - 01 | | | H-01: M - 02 | | | H-01: M - 03 | | | H-01: M - 04 | | |
|------------|--------------|-----------|-------|--------------|-----------|-------|--------------|-----------|-------|--------------|-----------|-------|
| | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0 | 0.0000 | 0.00 | 0 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 0.06 | 0.0007 | 3.74 | 0.03 | 0.0004 | 3.74 | 0.10 | 0.0012 | 3.78 | 0.15 | 0.0018 | 3.75 |
| 2000 | 0.66 | 0.0079 | 7.49 | 0.72 | 0.0086 | 7.49 | 0.60 | 0.0072 | 7.57 | 0.36 | 0.0043 | 7.50 |
| 3000 | 1.17 | 0.0140 | 11.23 | 1.14 | 0.0136 | 11.23 | 1.05 | 0.0126 | 11.35 | 1.02 | 0.0122 | 11.25 |
| 4000 | 1.53 | 0.0183 | 14.98 | 1.50 | 0.0179 | 14.98 | 1.44 | 0.0172 | 15.13 | 1.50 | 0.0179 | 15.00 |
| 5000 | 1.8 | 0.0216 | 18.72 | 1.83 | 0.0218 | 18.72 | 1.77 | 0.0212 | 18.92 | 1.74 | 0.0207 | 18.75 |
| 6000 | 2.01 | 0.0241 | 22.47 | 2.13 | 0.0254 | 22.47 | 1.89 | 0.0226 | 22.70 | 1.95 | 0.0232 | 22.51 |
| 7000 | 2.25 | 0.0269 | 26.21 | 2.40 | 0.0286 | 26.21 | 2.25 | 0.0269 | 26.49 | 2.31 | 0.0275 | 26.26 |
| 8000 | 2.46 | 0.0295 | 29.96 | 2.67 | 0.0318 | 29.96 | 2.46 | 0.0294 | 30.27 | 2.55 | 0.0304 | 30.01 |
| 9000 | 2.61 | 0.0313 | 33.70 | 3.00 | 0.0358 | 33.70 | 2.55 | 0.0305 | 34.05 | 2.91 | 0.0347 | 33.76 |
| 10000 | 2.82 | 0.0338 | 37.45 | 3.33 | 0.0397 | 37.45 | 2.76 | 0.0330 | 37.84 | 3.00 | 0.0358 | 37.51 |
| 11000 | 2.97 | 0.0356 | 41.19 | 3.75 | 0.0447 | 41.19 | 2.80 | 0.0335 | 41.62 | 3.24 | 0.0386 | 41.26 |
| 12000 | 3.15 | 0.0377 | 44.94 | 4.32 | 0.0515 | 44.94 | 3.09 | 0.0370 | 45.40 | 3.30 | 0.0393 | 45.01 |
| 13000 | 3.39 | 0.0406 | 48.68 | 4.59 | 0.0547 | 48.68 | 3.36 | 0.0402 | 49.19 | 3.66 | 0.0436 | 48.76 |
| 14000 | 3.63 | 0.0435 | 52.42 | 4.86 | 0.0579 | 52.42 | 3.45 | 0.0413 | 52.97 | 4.29 | 0.0511 | 52.51 |
| 15000 | 3.87 | 0.0463 | 56.17 | 5.13 | 0.0612 | 56.17 | 3.75 | 0.0448 | 56.76 | 4.50 | 0.0537 | 56.26 |
| 16000 | 4.11 | 0.0492 | 59.91 | 5.40 | 0.0644 | 59.91 | 4.05 | 0.0484 | 60.54 | 4.71 | 0.0562 | 60.02 |
| 17000 | 4.35 | 0.0521 | 63.66 | 5.67 | 0.0676 | 60.29 | 4.26 | 0.0509 | 64.32 | 4.92 | 0.0587 | 63.77 |
| 18000 | 4.59 | 0.0550 | 67.40 | | | | 4.47 | 0.0535 | 68.11 | 5.13 | 0.0612 | 66.77 |
| 19000 | 4.83 | 0.0578 | 71.15 | | | | 4.68 | 0.0560 | 71.89 | | | |
| 20000 | 5.07 | 0.0607 | 74.89 | | | | 4.89 | 0.0585 | 75.67 | | | |
| 21000 | 5.31 | 0.0636 | 78.64 | | | | 5.10 | 0.0610 | 78.32 | | | |
| 22000 | 5.55 | 0.0665 | 82.38 | | | | | | | | | |
| 22200 | 5.79 | 0.0693 | 83.13 | | | | | | | | | |

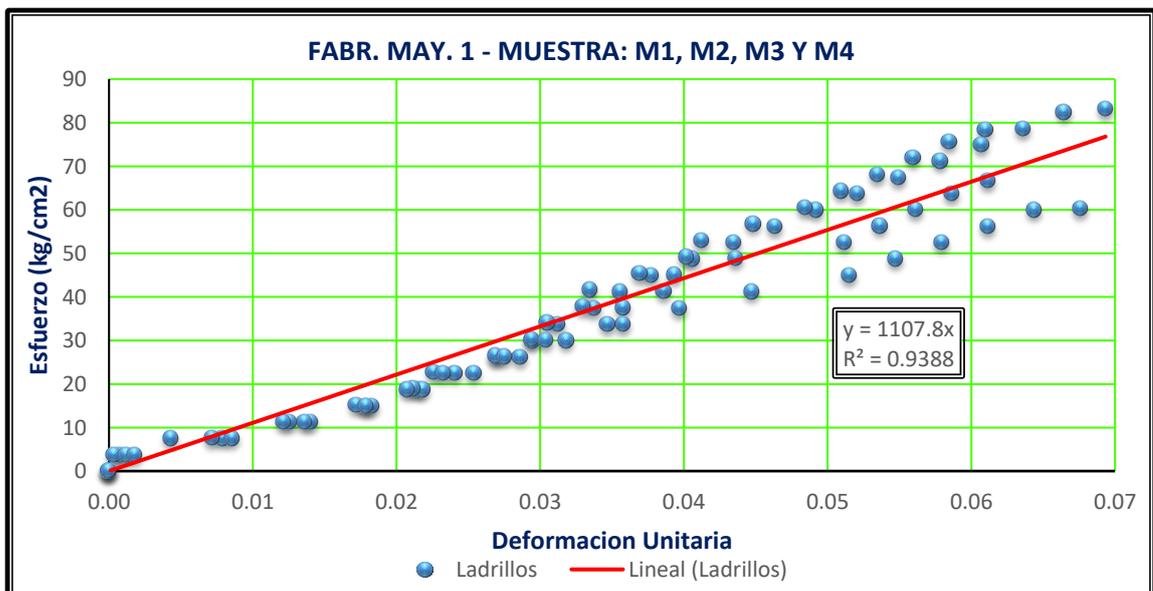


Gráfico 07: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación de las unidades de ladrillo artesanal Fábr. MAY, 1

Tabla 59: Esfuerzo vs deformación ladrillo artesanal de Bambamarca. "MAYHUASI 2"

| FABR. MAY. 2 | Espec. | H (mm) | Área (cm ²) |
|-----------------|--------|-----------|----------------------------|--------|-----------|----------------------------|--------|-----------|----------------------------|--------|-----------|----------------------------|
| | M1 | 77.5 | 258.12 | M2 | 76.75 | 255.42 | M3 | 77.25 | 256.03 | M4 | 77 | 255.41 |

| Carga (Kg) | H-02: M - 01 | | | H-02: M - 02 | | | H-02: M - 03 | | | H-02: M - 04 | | |
|---------------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|
| | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 0.01 | 0.0001 | 3.87 | 0.10 | 0.0013 | 3.92 | 0.05 | 0.0006 | 3.91 | 0.10 | 0.0013 | 3.92 |
| 2000 | 0.03 | 0.0004 | 7.75 | 0.45 | 0.0059 | 7.83 | 0.66 | 0.0085 | 7.81 | 0.25 | 0.0032 | 7.83 |
| 3000 | 0.75 | 0.0097 | 11.62 | 0.66 | 0.0086 | 11.75 | 1.17 | 0.0151 | 11.72 | 0.70 | 0.0091 | 11.75 |
| 4000 | 1.14 | 0.0147 | 15.50 | 0.90 | 0.0117 | 15.66 | 1.53 | 0.0198 | 15.62 | 1.02 | 0.0132 | 15.66 |
| 5000 | 1.53 | 0.0197 | 19.37 | 1.05 | 0.0137 | 19.58 | 1.80 | 0.0233 | 19.53 | 1.29 | 0.0168 | 19.58 |
| 6000 | 1.86 | 0.0240 | 23.25 | 1.26 | 0.0164 | 23.49 | 2.01 | 0.0260 | 23.44 | 1.56 | 0.0203 | 23.49 |
| 7000 | 2.19 | 0.0283 | 27.12 | 1.44 | 0.0188 | 27.41 | 2.25 | 0.0291 | 27.34 | 1.82 | 0.0236 | 27.41 |
| 8000 | 2.52 | 0.0325 | 30.99 | 1.62 | 0.0211 | 31.32 | 2.46 | 0.0318 | 31.25 | 2.07 | 0.0269 | 31.32 |
| 9000 | 2.97 | 0.0383 | 34.87 | 1.71 | 0.0223 | 35.24 | 2.61 | 0.0338 | 35.15 | 2.34 | 0.0304 | 35.24 |
| 10000 | 3.42 | 0.0441 | 38.74 | 1.92 | 0.0250 | 39.15 | 2.82 | 0.0365 | 39.06 | 2.67 | 0.0347 | 39.15 |
| 11000 | 3.57 | 0.0461 | 42.62 | 2.22 | 0.0289 | 43.07 | 2.97 | 0.0384 | 42.96 | 3.00 | 0.0390 | 43.07 |
| 12000 | 3.72 | 0.0480 | 46.49 | 2.43 | 0.0317 | 46.98 | 3.15 | 0.0408 | 46.87 | 3.30 | 0.0429 | 46.98 |
| 13000 | 3.87 | 0.0499 | 49.20 | 2.55 | 0.0332 | 50.90 | 3.33 | 0.0431 | 50.78 | 3.63 | 0.0471 | 50.90 |
| 14000 | | | | 2.73 | 0.0356 | 54.81 | 3.51 | 0.0454 | 54.68 | 3.84 | 0.0499 | 54.81 |
| 15000 | | | | 3.06 | 0.0399 | 58.73 | 3.69 | 0.0478 | 58.20 | 4.05 | 0.0526 | 58.73 |
| 16000 | | | | 3.21 | 0.0418 | 62.64 | | | | 4.26 | 0.0553 | 62.64 |
| 17000 | | | | 4.20 | 0.0547 | 66.56 | | | | 4.47 | 0.0581 | 64.99 |
| 18000 | | | | 4.32 | 0.0563 | 70.47 | | | | | | |
| 19000 | | | | 4.44 | 0.0579 | 74.39 | | | | | | |
| 20000 | | | | 4.56 | 0.0594 | 78.30 | | | | | | |
| 20900 | | | | 4.68 | 0.0610 | 81.83 | | | | | | |

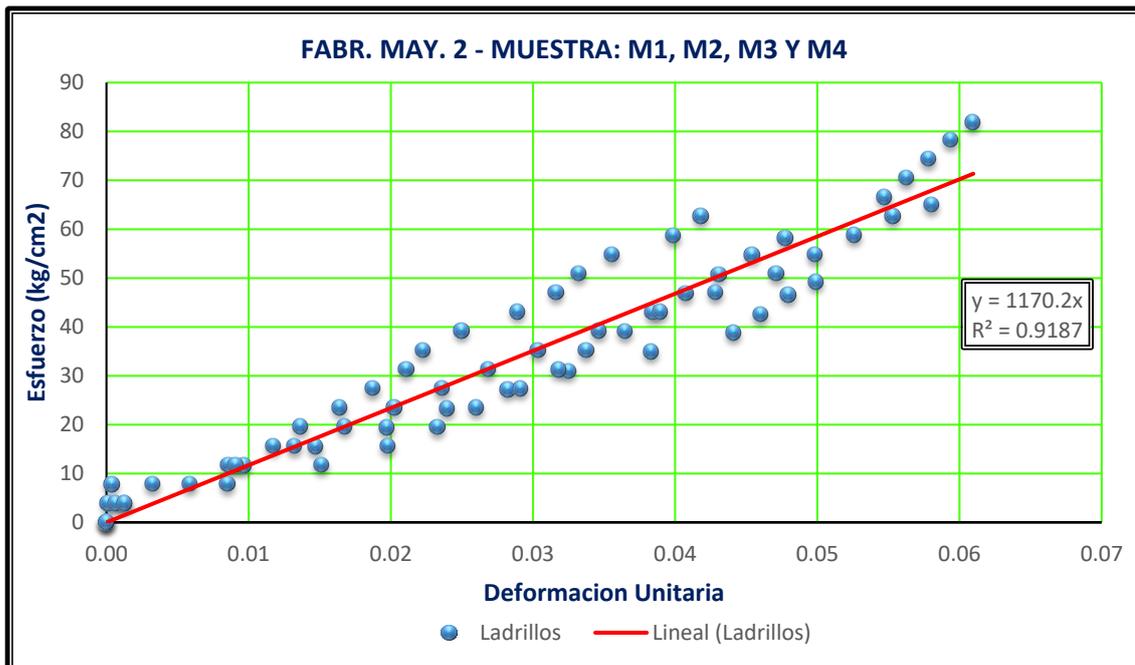


Gráfico 08: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación de las unidades de ladrillo artesanal Fábr. MAY. 2

Tabla 60: Esfuerzo vs deformación ladrillo artesanal de Bambamarca. "MAYHUASI 3"

| FABR. MAY. 3 | Espec. | H (mm) | Área (cm ²) |
|-----------------|--------|-----------|----------------------------|--------|-----------|----------------------------|--------|-----------|----------------------------|--------|-----------|----------------------------|
| | M1 | 77.75 | 269.01 | M2 | 77.25 | 271.13 | M3 | 76.5 | 269.45 | M4 | 77.75 | 271.15 |

| Carga (Kg) | H-04: M - 01 | | | H-04: M - 02 | | | H-04: M - 03 | | | H-04: M - 04 | | |
|---------------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|
| | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 0.36 | 0.0043 | 3.74 | 0.15 | 0.0019 | 3.72 | 0.20 | 0.0026 | 3.71 | 0.15 | 0.0019 | 3.69 |
| 2000 | 0.57 | 0.0068 | 7.49 | 0.60 | 0.0078 | 7.43 | 0.40 | 0.0052 | 7.42 | 0.30 | 0.0039 | 7.38 |
| 3000 | 0.90 | 0.0108 | 11.23 | 0.96 | 0.0124 | 11.15 | 0.81 | 0.0106 | 11.13 | 0.75 | 0.0096 | 11.06 |
| 4000 | 1.05 | 0.0126 | 14.98 | 1.29 | 0.0167 | 14.87 | 1.08 | 0.0141 | 14.85 | 1.11 | 0.0143 | 14.75 |
| 5000 | 1.35 | 0.0162 | 18.72 | 1.53 | 0.0198 | 18.59 | 1.44 | 0.0188 | 18.56 | 1.50 | 0.0193 | 18.44 |
| 6000 | 1.50 | 0.0180 | 22.47 | 1.77 | 0.0229 | 22.30 | 1.65 | 0.0216 | 22.27 | 1.80 | 0.0232 | 22.13 |
| 7000 | 1.65 | 0.0198 | 26.21 | 1.98 | 0.0256 | 26.02 | 1.89 | 0.0247 | 25.98 | 2.16 | 0.0278 | 25.82 |
| 8000 | 1.89 | 0.0226 | 29.96 | 2.22 | 0.0287 | 29.74 | 2.16 | 0.0282 | 29.69 | 2.46 | 0.0316 | 29.50 |
| 9000 | 2.01 | 0.0241 | 33.70 | 2.34 | 0.0303 | 33.46 | 2.34 | 0.0306 | 33.40 | 2.70 | 0.0347 | 33.19 |
| 10000 | 2.22 | 0.0266 | 37.45 | 2.58 | 0.0334 | 37.17 | 2.55 | 0.0333 | 37.11 | 2.91 | 0.0374 | 36.88 |
| 11000 | 2.40 | 0.0287 | 41.19 | 2.85 | 0.0369 | 40.89 | 2.76 | 0.0361 | 40.82 | 3.12 | 0.0401 | 40.57 |
| 12000 | 2.61 | 0.0313 | 44.94 | 3.15 | 0.0408 | 44.61 | 2.97 | 0.0388 | 44.54 | 3.36 | 0.0432 | 44.26 |
| 13000 | 2.94 | 0.0352 | 48.68 | 3.48 | 0.0450 | 48.33 | 3.30 | 0.0431 | 48.25 | 3.54 | 0.0455 | 47.94 |
| 14000 | 3.30 | 0.0395 | 52.42 | 3.75 | 0.0485 | 51.30 | 3.63 | 0.0475 | 51.96 | 3.72 | 0.0478 | 51.63 |
| 15000 | 3.81 | 0.0456 | 56.17 | | | | 3.96 | 0.0518 | 55.67 | 3.90 | 0.0502 | 55.32 |
| 16000 | 4.02 | 0.0481 | 59.91 | | | | 4.23 | 0.0553 | 59.38 | 4.08 | 0.0525 | 59.01 |
| 17000 | 4.29 | 0.0514 | 63.66 | | | | 4.50 | 0.0588 | 63.09 | 4.20 | 0.0540 | 61.22 |
| 18000 | 4.56 | 0.0546 | 67.40 | | | | 4.77 | 0.0624 | 66.80 | | | |
| 19000 | 4.83 | 0.0578 | 71.15 | | | | 4.95 | 0.0647 | 67.18 | | | |
| 20000 | 5.10 | 0.0611 | 74.89 | | | | | | | | | |
| 21000 | 5.37 | 0.0643 | 78.64 | | | | | | | | | |
| 21800 | 5.55 | 0.0665 | 81.63 | | | | | | | | | |

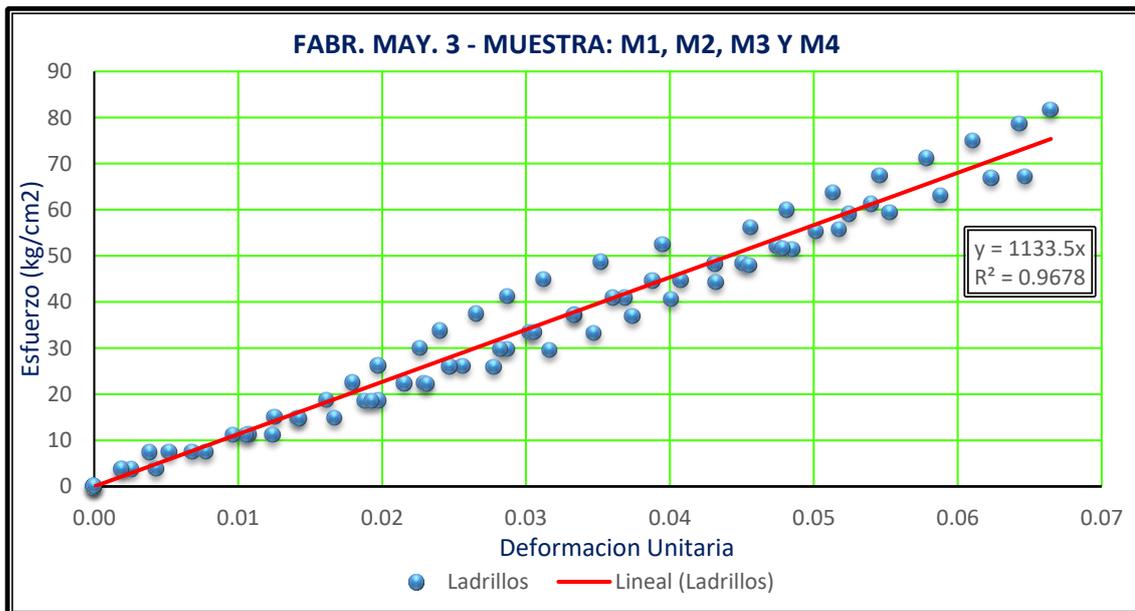


Gráfico 09: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación de las unidades de ladrillo artesanal Fábr. MAY. 3

Tabla 61: Módulos de elasticidad de unidades de ladrillo artesanal de Bambamarca

| Fábrica Artesanal | $\epsilon_{u10\%} * 10^{-3}$ | $\epsilon_{u50\%} * 10^{-3}$ | $\delta_{u10\%}$ (Kg/cm ²) | $\delta_{u50\%}$ (Kg/cm ²) | Módulo de Elasticidad (Eb) (kg/cm ²) Práctica |
|-------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| FRUT. 1 | 6.81E-03 | 3.40E-02 | 6.79 | 33.95 | 9.97E+02 |
| FRUT. 2 | 7.74E-03 | 3.87E-02 | 9.28 | 46.42 | 1.20E+03 |
| FRUT. 3 | 5.98E-03 | 2.99E-02 | 5.88 | 29.42 | 9.85E+02 |
| FRUT. 4 | 6.39E-03 | 3.19E-02 | 5.99 | 29.93 | 9.37E+02 |
| LÚC. | 6.15E-03 | 3.08E-02 | 7.02 | 35.08 | 1.14E+03 |
| AGOM. | 7.43E-03 | 3.71E-02 | 9.05 | 45.25 | 1.22E+03 |
| MAY. 1 | 6.93E-03 | 3.47E-02 | 7.68 | 38.41 | 1.11E+03 |
| MAY. 2 | 6.10E-03 | 3.05E-02 | 7.14 | 35.68 | 1.17E+03 |
| MAY. 3 | 6.65E-03 | 3.32E-02 | 7.53 | 37.67 | 1.13E+03 |

4. CÁLCULO DE LA SUCCIÓN DEL LADRILLO.

Tabla 62: Ensayo de succión del ladrillo de la Fábr. Frutillo 1

| Fábrica Artesanal | Especimen | Largo (mm) | | | Ancho (mm) | | | Área (cm ²) | Psec gr. | Psuc gr | S |
|-------------------|-----------|------------|-----|-------|------------|-----|--------|-------------------------|----------|---------|-------|
| | | L1 | L2 | Lprom | A1 | A2 | Aprom | | | | |
| FRUT. 1 | M-01 | 226 | 229 | 227.5 | 130 | 131 | 130.50 | 296.89 | 3619 | 3652 | 22.23 |
| | M-02 | 228 | 225 | 226.5 | 130 | 132 | 131.00 | 296.72 | 3618 | 3657 | 26.29 |
| | M-03 | 226 | 225 | 225.5 | 130 | 132 | 131.00 | 295.41 | 3622 | 3664 | 28.44 |
| | M-04 | 227 | 228 | 227.5 | 130 | 132 | 131.00 | 298.03 | 3619 | 3653 | 22.82 |

Succión Promedio (gr/cm²-min) 24.94

Desviación estándar (σ) 2.94

Coefficiente de variación (c.v.) 11.78%

Tabla 63: Ensayo de succión del ladrillo de la Fábr. Frutillo 2

| Fábrica Artesanal | Especimen | Largo (mm) | | | Ancho (mm) | | | Área (cm ²) | Psec gr. | Psuc gr | S |
|-------------------|-----------|------------|-----|-------|------------|-----|--------|-------------------------|----------|---------|-------|
| | | L1 | L2 | Lprom | A1 | A2 | Aprom | | | | |
| FRUT. 2 | M-01 | 226 | 225 | 225.5 | 130 | 130 | 130.00 | 293.15 | 3403 | 3432 | 19.79 |
| | M-02 | 225 | 226 | 225.5 | 130 | 132 | 131.00 | 295.41 | 3459 | 3484 | 16.93 |
| | M-03 | 226 | 226 | 226 | 129 | 133 | 131.00 | 296.06 | 3404 | 3428 | 16.21 |
| | M-04 | 227 | 225 | 226 | 130 | 133 | 131.50 | 297.19 | 3439 | 3465 | 17.50 |

Succión Promedio (gr/cm²-min) 17.61

Desviación estándar (σ) 1.55

Coefficiente de variación (c.v.) 8.78%

Tabla 64: Ensayo de succión del ladrillo de la Fábr. Frutillo 3

| Fábrica Artesanal | Especimen | Largo (mm) | | | Ancho (mm) | | | Área (cm ²) | Psec gr. | Psuc gr | S |
|-------------------|-----------|------------|-----|-------|------------|-----|--------|-------------------------|----------|---------|-------|
| | | L1 | L2 | Lprom | A1 | A2 | Aprom | | | | |
| FRUT. 3 | M-01 | 227 | 228 | 227.5 | 129 | 131 | 130.00 | 295.75 | 3641 | 3678 | 25.02 |
| | M-02 | 228 | 227 | 227.5 | 130 | 132 | 131.00 | 298.03 | 3677 | 3736 | 39.59 |
| | M-03 | 230 | 230 | 230 | 130 | 133 | 131.50 | 302.45 | 3641 | 3693 | 34.39 |
| | M-04 | 229 | 229 | 229 | 128 | 130 | 129.00 | 295.41 | 3680 | 3725 | 30.47 |

Succión Promedio (gr/cm²-min) 32.37
 Desviación estándar (σ) 6.16
 Coeficiente de variación (c.v.) 19.04%

Tabla 65: Ensayo de succión del ladrillo de la Fábr. Frutillo 4

| Fábrica Artesanal | Especimen | Largo (mm) | | | Ancho (mm) | | | Área (cm ²) | Psec gr. | Psuc gr | S |
|-------------------|-----------|------------|-----|-------|------------|-----|--------|-------------------------|----------|---------|-------|
| | | L1 | L2 | Lprom | A1 | A2 | Aprom | | | | |
| FRUT. 4 | M-01 | 225 | 226 | 225.5 | 125 | 125 | 125.00 | 281.88 | 3275 | 3322 | 33.35 |
| | M-02 | 226 | 224 | 225 | 125 | 125 | 125.00 | 281.25 | 3288 | 3347 | 41.96 |
| | M-03 | 227 | 225 | 226 | 124 | 126 | 125.00 | 282.50 | 3277 | 3342 | 46.02 |
| | M-04 | 225 | 227 | 226 | 126 | 125 | 125.50 | 283.63 | 3289 | 3331 | 29.62 |

Succión Promedio (gr/cm²-min) 37.73
 Desviación estándar (σ) 7.56
 Coeficiente de variación (c.v.) 20.04%

Tabla 66: Ensayo de succión del ladrillo de la Fábr. Lúcumá

| Fábrica Artesanal | Especimen | Largo (mm) | | | Ancho (mm) | | | Área (cm ²) | Psec gr. | Psuc gr | S |
|-------------------|-----------|------------|-----|-------|------------|-----|--------|-------------------------|----------|---------|-------|
| | | L1 | L2 | Lprom | A1 | A2 | Aprom | | | | |
| LUC. | M-01 | 221 | 222 | 221.5 | 123 | 125 | 124.00 | 274.66 | 3632 | 3671 | 28.40 |
| | M-02 | 224 | 225 | 224.5 | 123 | 124 | 123.50 | 277.26 | 3631 | 3672 | 29.58 |
| | M-03 | 224 | 223 | 223.5 | 122 | 123 | 122.50 | 273.79 | 3636 | 3669 | 24.11 |
| | M-04 | 224 | 223 | 223.5 | 123 | 124 | 123.50 | 276.02 | 3634 | 3674 | 28.98 |

Succión Promedio (gr/cm²-min) 27.77
 Desviación estándar (σ) 2.49
 Coeficiente de variación (c.v.) 8.96%

Tabla 67: Ensayo de succión del ladrillo de la Fábr. Agomarca

| Fábrica Artesanal | Especimen | Largo (mm) | | | Ancho (mm) | | | Área (cm ²) | Psec gr. | Psuc gr | S |
|-------------------|-----------|------------|-----|-------|------------|-----|--------|-------------------------|----------|---------|-------|
| | | L1 | L2 | Lprom | A1 | A2 | Aprom | | | | |
| AGOM. | M-01 | 208 | 214 | 211 | 123 | 127 | 125.00 | 263.75 | 3463 | 3493 | 22.75 |
| | M-02 | 209 | 213 | 211 | 122 | 125 | 123.50 | 260.59 | 3349 | 3389 | 30.70 |
| | M-03 | 209 | 214 | 211.5 | 123 | 126 | 124.50 | 263.32 | 3469 | 3507 | 28.86 |
| | M-04 | 209 | 213 | 211 | 122 | 125 | 123.50 | 260.59 | 3409 | 3442 | 25.33 |

Succión Promedio (gr/cm²-min) 26.91
 Desviación estándar (σ) 3.56
 Coeficiente de variación (c.v.) 13.23%

Tabla 68: Ensayo de succión del ladrillo de la Fábr. Mayhuasi 1

| Fábrica Artesanal | Especimen | Largo (mm) | | | Ancho (mm) | | | Área (cm ²) | Psec gr. | Psuc gr | S |
|-------------------|-----------|------------|-----|-------|------------|-----|--------|-------------------------|----------|---------|-------|
| | | L1 | L2 | Lprom | A1 | A2 | Aprom | | | | |
| MAY. 1 | M-01 | 214 | 217 | 215.5 | 125 | 125 | 125.00 | 269.38 | 3583 | 3625 | 31.18 |
| | M-02 | 215 | 215 | 215 | 124 | 125 | 124.50 | 267.68 | 3563 | 3612 | 36.61 |
| | M-03 | 214 | 216 | 215 | 124 | 128 | 126.00 | 270.90 | 3586 | 3618 | 23.62 |
| | M-04 | 215 | 216 | 215.5 | 124 | 127 | 125.50 | 270.45 | 3565 | 3610 | 33.28 |

Succión Promedio (gr/cm²-min) 31.17

Desviación estándar (σ) 5.51

Coefficiente de variación (c.v.) 17.67%

Tabla 69: Ensayo de succión del ladrillo de la Fábr. Mayhuasi 2

| Fábrica Artesanal | Especimen | Largo (mm) | | | Ancho (mm) | | | Área (cm ²) | Psec gr. | Psuc gr | S |
|-------------------|-----------|------------|-----|-------|------------|-----|--------|-------------------------|----------|---------|-------|
| | | L1 | L2 | Lprom | A1 | A2 | Aprom | | | | |
| MAY. 2 | M-01 | 209 | 212 | 210.5 | 123 | 126 | 124.50 | 262.07 | 3395 | 3437 | 32.05 |
| | M-02 | 208 | 214 | 211 | 122 | 125 | 123.50 | 260.59 | 3420 | 3462 | 32.24 |
| | M-03 | 209 | 213 | 211 | 123 | 127 | 125.00 | 263.75 | 3400 | 3428 | 21.23 |
| | M-04 | 209 | 214 | 211.5 | 122 | 125 | 123.50 | 261.20 | 3426 | 3470 | 33.69 |

Succión Promedio (gr/cm²-min) 29.80

Desviación estándar (σ) 5.76

Coefficiente de variación (c.v.) 19.33%

Tabla 70: Ensayo de succión del ladrillo de la Fábr. Mayhuasi 3

| Fábrica Artesanal | Especimen | Largo (mm) | | | Ancho (mm) | | | Área (cm ²) | Psec gr. | Psuc gr | S |
|-------------------|-----------|------------|-----|-------|------------|-----|--------|-------------------------|----------|---------|-------|
| | | L1 | L2 | Lprom | A1 | A2 | Aprom | | | | |
| MAY. 3 | M-01 | 213 | 213 | 213 | 126 | 127 | 126.50 | 269.45 | 3299 | 3346 | 34.89 |
| | M-02 | 212 | 215 | 213.5 | 128 | 125 | 126.50 | 270.08 | 3297 | 3330 | 24.44 |
| | M-03 | 213 | 213 | 213 | 128 | 127 | 127.50 | 271.58 | 3403 | 3442 | 28.72 |
| | M-04 | 214 | 214 | 214 | 127 | 127 | 127.00 | 271.78 | 3354 | 3395 | 30.17 |

Succión Promedio (gr/cm²-min) 29.55

Desviación estándar (σ) 4.31

Coefficiente de variación (c.v.) 14.58%

5. CÁLCULO DE LA ABSORCIÓN DEL LADRILLO.

Tabla 71: Ensayo de absorción del ladrillo de la Fábr. Frutillo 1

| Fábrica Artesanal | Especimen | Peso seco (gr) | Peso saturado (gr) | Absorción % |
|-------------------|-----------|----------------|--------------------|-------------|
| FRUT. 1 | M-01 | 3619 | 4287 | 18.46 |
| | M-02 | 3618 | 4321 | 19.43 |
| | M-03 | 3622 | 4317 | 19.19 |
| | M-04 | 3619 | 4308 | 19.04 |

Succión Promedio (%) **19.03**
 Desviación estándar (σ) 0.41
 Coeficiente de variación (c.v.) 2.17%

Tabla 72: Ensayo de absorción del ladrillo de la Fábr. Frutillo 2

| Fábrica Artesanal | Especimen | Peso seco (gr) | Peso saturado (gr) | Absorción % |
|-------------------|-----------|----------------|--------------------|-------------|
| FRUT. 2 | M-01 | 3403 | 4096 | 20.36 |
| | M-02 | 3459 | 4222 | 22.06 |
| | M-03 | 3404 | 4089 | 20.12 |
| | M-04 | 3459 | 4076 | 17.84 |

Succión Promedio (%) **20.10**
 Desviación estándar (σ) 1.73
 Coeficiente de variación (c.v.) 8.63%

Tabla 73: Ensayo de absorción del ladrillo de la Fábr. Frutillo 3

| Fábrica Artesanal | Especimen | Peso seco (gr) | Peso saturado (gr) | Absorción % |
|-------------------|-----------|----------------|--------------------|-------------|
| FRUT. 3 | M-01 | 3641 | 4321 | 18.68 |
| | M-02 | 3677 | 4374 | 18.96 |
| | M-03 | 3641 | 4312 | 18.43 |
| | M-04 | 3680 | 4337 | 17.85 |

Succión Promedio (%) **18.48**
 Desviación estándar (σ) 0.47
 Coeficiente de variación (c.v.) 2.54%

Tabla 74: Ensayo de absorción del ladrillo de la Fábr. Frutillo 4

| Fábrica Artesanal | Especimen | Peso seco (gr) | Peso saturado (gr) | Absorción % |
|-------------------|-----------|----------------|--------------------|-------------|
| FRUT. 4 | M-01 | 3275 | 3827 | 16.85 |
| | M-02 | 3288 | 3876 | 17.88 |
| | M-03 | 3277 | 3845 | 17.33 |
| | M-04 | 3289 | 3853 | 17.15 |

Succión Promedio (%) **17.30**
 Desviación estándar (σ) 0.43
 Coeficiente de variación (c.v.) 2.50%

Tabla 75: Ensayo de absorción del ladrillo de la Fábr. Lúcumá

| Fábrica Artesanal | Especimen | Peso seco (gr) | Peso saturado (gr) | Absorción % |
|-------------------|-----------|----------------|--------------------|-------------|
| LUC. | M-01 | 3632 | 4226 | 16.35 |
| | M-02 | 3631 | 4217 | 16.14 |
| | M-03 | 3636 | 4214 | 15.90 |
| | M-04 | 3634 | 4197 | 15.49 |

Succión Promedio (%) **15.97**

Desviación estándar (σ) 0.37

Coefficiente de variación (c.v.) 2.31%

Tabla 76: Ensayo de absorción del ladrillo de la Fábr. Agomarca

| Fábrica Artesanal | Especimen | Peso seco (gr) | Peso saturado (gr) | Absorción % |
|-------------------|-----------|----------------|--------------------|-------------|
| AGOM. | M-01 | 3463 | 3990 | 15.22 |
| | M-02 | 3349 | 3974 | 18.66 |
| | M-03 | 3469 | 3992 | 15.08 |
| | M-04 | 3409 | 3919 | 14.96 |

Succión Promedio (%) **15.98**

Desviación estándar (σ) 1.79

Coefficiente de variación (c.v.) 11.21%

Tabla 77: Ensayo de absorción del ladrillo de la Fábr. Mayhuasi 1

| Fábrica Artesanal | Especimen | Peso seco (gr) | Peso saturado (gr) | Absorción % |
|-------------------|-----------|----------------|--------------------|-------------|
| MAY. 1 | M-01 | 3583 | 4132 | 15.32 |
| | M-02 | 3563 | 4113 | 15.44 |
| | M-03 | 3586 | 4118 | 14.84 |
| | M-04 | 3565 | 4127 | 15.76 |

Succión Promedio (%) **15.34**

Desviación estándar (σ) 0.38

Coefficiente de variación (c.v.) 2.51%

Tabla 78: Ensayo de absorción del ladrillo de la Fábr. Mayhuasi 2

| Fábrica Artesanal | Especimen | Peso seco (gr) | Peso saturado (gr) | Absorción % |
|-------------------|-----------|----------------|--------------------|-------------|
| MAY. 2 | M-01 | 3395 | 3882 | 14.34 |
| | M-02 | 3420 | 3905 | 14.18 |
| | M-03 | 3400 | 3793 | 11.56 |
| | M-04 | 3426 | 3871 | 12.99 |

Succión Promedio (%) **13.27**

Desviación estándar (σ) 1.29

Coefficiente de variación (c.v.) 9.72%

Tabla 79: Ensayo de absorción del ladrillo de la Fábr. Mayhuasi 3

| Fábrica Artesanal | Especimen | Peso seco (gr) | Peso saturado (gr) | Absorción % |
|-------------------|-----------|----------------|--------------------|-------------|
| MAY. 3 | M-01 | 3299 | 3922 | 18.88 |
| | M-02 | 3297 | 3975 | 20.56 |
| | M-03 | 3403 | 4036 | 18.60 |
| | M-04 | 3354 | 3987 | 18.87 |

Succión Promedio (%) **19.23**

Desviación estándar (σ) 0.90

Coefficiente de variación (c.v.) 4.67%

6. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN PILAS (f 'm).

Tabla 80: Resistencia a compresión axial en pilas de la fábr. Frutillo 1.

| Fábrica Artesanal | Especimen | Dimensiones | | | Esbeltez (H/t) | P máx. Ton | Área cm ² | fm (Kg/cm ²) | Factor Corrección | fm (Kg/cm ²) Corregido |
|-------------------|-----------|-------------|---------|---------|-------------------|---------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------------------------------|
| | | L mm | t mm | H mm | | | | | | |
| FRUT. 1 | M1 | 225 | 131 | 599 | 4.573 | 8.60 | 294.75 | 29.18 | 0.983 | 28.681 |
| | M2 | 225 | 130 | 598 | 4.600 | 10.70 | 292.50 | 36.58 | 0.984 | 35.996 |

fm: 32.34 Kg/cm²
 σ : 5.17 Kg/cm²
f'm: 27.17 Kg/cm²
c.v. 15.99%

Tabla 81: Resistencia a compresión axial en pilas de la fábr. Frutillo 2.

| Fábrica Artesanal | Especimen | Dimensiones | | | Esbeltez (H/t) | P máx. Ton | Área cm ² | fm (Kg/cm ²) | Factor Corrección | fm (Kg/cm ²) Corregido |
|-------------------|-----------|-------------|---------|---------|-------------------|---------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------------------------------|
| | | L mm | t mm | H mm | | | | | | |
| FRUT. 2 | M1 | 225 | 130 | 571 | 4.392 | 12.50 | 292.50 | 42.74 | 0.976 | 41.709 |
| | M2 | 225 | 130 | 570 | 4.385 | 12.65 | 292.50 | 43.25 | 0.975 | 42.167 |

fm: 41.94 Kg/cm²
 σ : 0.32 Kg/cm²
f'm: 41.61 Kg/cm²
c.v. 0.77%

Tabla 82: Resistencia a compresión axial en pilas de la fábr. Frutillo 3.

| Fábrica Artesanal | Especimen | Dimensiones | | | Esbeltez (H/t) | P máx. Ton | Área cm ² | fm (Kg/cm ²) | Factor Corrección | fm (Kg/cm ²) Corregido |
|-------------------|-----------|-------------|---------|---------|-------------------|---------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------------------------------|
| | | L mm | t mm | H mm | | | | | | |
| FRUT. 3 | M1 | 228 | 131 | 599 | 4.573 | 10.40 | 298.68 | 34.82 | 0.983 | 34.228 |
| | M2 | 227 | 130 | 600 | 4.615 | 7.90 | 295.10 | 26.77 | 0.985 | 26.369 |

fm: 30.30 Kg/cm²
 σ : 5.56 Kg/cm²
f'm: 24.74 Kg/cm²
c.v. 18.34%

Tabla 83: Resistencia a compresión axial en pilas de la fábr. Frutillo 4.

| Fábrica Artesanal | Especimen | Dimensiones | | | Esbeltez (H/t) | P máx. Ton | Área cm ² | fm (Kg/cm ²) | Factor Corrección | fm (Kg/cm ²) Corregido |
|-------------------|-----------|-------------|---------|---------|-------------------|---------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------------------------------|
| | | L mm | t mm | H mm | | | | | | |
| FRUT. 4 | M1 | 225 | 126 | 571 | 4.532 | 10.80 | 283.50 | 38.10 | 0.981 | 37.371 |
| | M2 | 227 | 125 | 572 | 4.576 | 11.70 | 283.75 | 41.23 | 0.983 | 40.533 |

fm: 38.95 Kg/cm²
 σ : 2.24 Kg/cm²
f'm: 36.72 Kg/cm²
c.v. 5.74%

Tabla 84: Resistencia a compresión axial en pilas de la fábr. Lúcuma.

| Fábrica Artesanal | Especime | Dimensiones | | | Esbeltez (H/t) | P máx. Ton | Área cm ² | fm (Kg/cm ²) | Factor Corrección | fm (Kg/cm ²) Corregido |
|-------------------|----------|-------------|---------|---------|-------------------|---------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------------------------------|
| | | L mm | t mm | H mm | | | | | | |
| LUC. | M1 | 220 | 122 | 570 | 4.672 | 11.90 | 268.40 | 44.34 | 0.987 | 43.760 |
| | M2 | 221 | 122 | 572 | 4.689 | 13.50 | 269.62 | 50.07 | 0.988 | 49.470 |

fm: 46.62 Kg/cm²
 σ : 4.04 Kg/cm²
 f'm: 42.58 Kg/cm²
 c.v. 8.66%

Tabla 85: Resistencia a compresión axial en pilas de la fábr. Agomarca.

| Fábrica Artesanal | Especime | Dimensiones | | | Esbeltez (H/t) | P máx. Ton | Área cm ² | fm (Kg/cm ²) | Factor Corrección | fm (Kg/cm ²) Corregido |
|-------------------|----------|-------------|---------|---------|-------------------|---------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------------------------------|
| | | L mm | t mm | H mm | | | | | | |
| AGOM. | M1 | 210 | 126 | 570 | 4.524 | 14.100 | 264.60 | 53.29 | 0.981 | 52.276 |
| | M2 | 210 | 125 | 574 | 4.592 | 12.700 | 262.50 | 48.38 | 0.984 | 47.607 |

fm: 49.94 Kg/cm²
 σ : 3.30 Kg/cm²
 f'm: 46.64 Kg/cm²
 c.v. 6.61%

Tabla 86: Resistencia a compresión axial en pilas de la fábr. Mayhuasi 1

| Fábrica Artesanal | Especime | Dimensiones | | | Esbeltez (H/t) | P máx. Ton | Área cm ² | fm (Kg/cm ²) | Factor Corrección | fm (Kg/cm ²) Corregido |
|-------------------|----------|-------------|---------|---------|-------------------|---------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------------------------------|
| | | L mm | t mm | H mm | | | | | | |
| MAY. 1 | M1 | 215 | 126 | 600 | 4.762 | 11.20 | 270.90 | 41.34 | 0.990 | 40.930 |
| | M2 | 215 | 125 | 599 | 4.792 | 10.00 | 268.75 | 37.21 | 0.992 | 36.912 |

fm: 38.92 Kg/cm²
 σ : 2.84 Kg/cm²
 f'm: 36.08 Kg/cm²
 c.v. 7.30%

Tabla 87: Resistencia a compresión axial en pilas de la fábr. Mayhuasi 2.

| Fábrica Artesanal | Especime | Dimensiones | | | Esbeltez (H/t) | P máx. Ton | Área cm ² | fm (Kg/cm ²) | Factor Corrección | fm (Kg/cm ²) Corregido |
|-------------------|----------|-------------|---------|---------|-------------------|---------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------------------------------|
| | | L mm | t mm | H mm | | | | | | |
| MAY. 2 | M1 | 211 | 125 | 570 | 4.560 | 7.00 | 263.75 | 26.54 | 0.982 | 26.063 |
| | M2 | 210 | 125 | 575 | 4.600 | 6.60 | 262.50 | 25.14 | 0.984 | 24.741 |

fm: 25.40 Kg/cm²
 σ : 0.93 Kg/cm²
 f'm: 24.47 Kg/cm²
 c.v. 3.68%

Tabla 88: Resistencia a compresión axial en pilas de la fábr. Mayhuasi 3.

| Fábrica Artesanal | Especime | Dimensiones | | | Esbeltez (H/t) | P máx. Ton | Área cm ² | fm (Kg/cm ²) | Factor Corrección | fm (Kg/cm ²) Corregido |
|-------------------|----------|-------------|---------|---------|-------------------|---------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------------------------------|
| | | L mm | t mm | H mm | | | | | | |
| MAY. 3 | M1 | 213 | 128 | 570 | 4.453 | 11.05 | 272.64 | 40.53 | 0.978 | 39.638 |
| | M2 | 214 | 127 | 571 | 4.496 | 9.55 | 271.78 | 35.14 | 0.980 | 34.436 |

fm: 37.04 Kg/cm²
 σ : 3.68 Kg/cm²
 f'm: 33.36 Kg/cm²
 c.v. 9.93%

6.1. CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN PILAS (f 'm).

Tabla 89: Esfuerzo vs deformación en pilas del ladrillo artesanal de Bambamarca.

“FRUTILLO 1”

| Especimen | | H mm | Área (cm ²) |
|-----------|----|------|-------------------------|
| FRUT. 1 | M1 | 599 | 294.75 |
| | M2 | 598 | 292.50 |

| FABR. FRUT. 1 - MUESTRA: M1 | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|-------|
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 2.00 | 0.0033 | 3.39 |
| 2000 | 3.00 | 0.0050 | 6.79 |
| 3000 | 4.20 | 0.0070 | 10.18 |
| 4000 | 5.00 | 0.0083 | 13.57 |
| 5000 | 6.50 | 0.0109 | 16.96 |
| 6000 | 7.80 | 0.0130 | 20.36 |
| 7000 | 8.60 | 0.0144 | 23.75 |
| 8000 | 9.50 | 0.0159 | 27.14 |
| 8600 | 10.20 | 0.0170 | 29.18 |

| FABR. FRUT. 1 - MUESTRA: M2 | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|-------|
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 1.00 | 0.0017 | 3.42 |
| 2000 | 2.50 | 0.0042 | 6.84 |
| 3000 | 4.00 | 0.0067 | 10.26 |
| 4000 | 4.50 | 0.0075 | 13.68 |
| 5000 | 5.50 | 0.0092 | 17.09 |
| 6000 | 7.00 | 0.0117 | 20.51 |
| 7000 | 8.00 | 0.0134 | 23.93 |
| 8000 | 8.80 | 0.0147 | 27.35 |
| 9000 | 9.40 | 0.0157 | 30.77 |
| 10000 | 10.00 | 0.0167 | 34.19 |
| 10700 | 11.00 | 0.0184 | 36.58 |

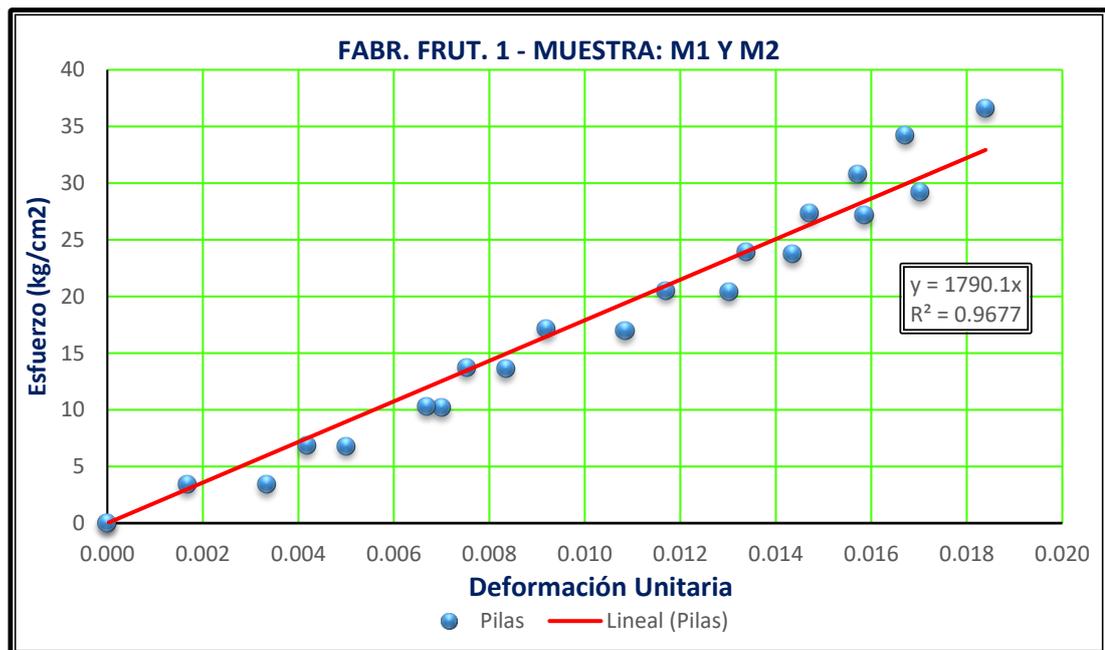


Gráfico 10: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en pilas de ladrillo artesanal (Fabrica FRUT. 1)

Tabla 90: Esfuerzo vs deformación en pilas del ladrillo artesanal de Bambamarca.

“FRUTILLO 2”

| Especimen | | H mm | Área (cm ²) |
|-----------|----|------|-------------------------|
| FRUT. 2 | M1 | 571 | 292.50 |
| | M2 | 570 | 292.50 |

| FABR. FRUT. 2 - MUESTRA: M1 | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|-------|
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 1.00 | 0.0018 | 3.42 |
| 2000 | 2.20 | 0.0039 | 6.84 |
| 3000 | 2.90 | 0.0051 | 10.26 |
| 4000 | 3.50 | 0.0061 | 13.68 |
| 5000 | 4.41 | 0.0077 | 17.09 |
| 6000 | 4.90 | 0.0086 | 20.51 |
| 7000 | 5.60 | 0.0098 | 23.93 |
| 8000 | 6.51 | 0.0114 | 27.35 |
| 9000 | 7.00 | 0.0123 | 30.77 |
| 10000 | 7.75 | 0.0136 | 34.19 |
| 11000 | 8.30 | 0.0145 | 37.61 |
| 12000 | 9.20 | 0.0161 | 41.03 |
| 12500 | 9.80 | 0.0172 | 42.74 |

| FABR. FRUT. 2 - MUESTRA: M2 | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|-------|
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 1.40 | 0.0025 | 3.42 |
| 2000 | 2.45 | 0.0043 | 6.84 |
| 3000 | 3.15 | 0.0055 | 10.26 |
| 4000 | 3.50 | 0.0061 | 13.68 |
| 5000 | 4.20 | 0.0074 | 17.09 |
| 6000 | 4.76 | 0.0084 | 20.51 |
| 7000 | 5.25 | 0.0092 | 23.93 |
| 8000 | 5.74 | 0.0101 | 27.35 |
| 9000 | 6.80 | 0.0119 | 30.77 |
| 10000 | 7.30 | 0.0128 | 34.19 |
| 11000 | 8.20 | 0.0144 | 37.61 |
| 12000 | 9.00 | 0.0158 | 41.03 |
| 12650 | 10.00 | 0.0175 | 43.25 |

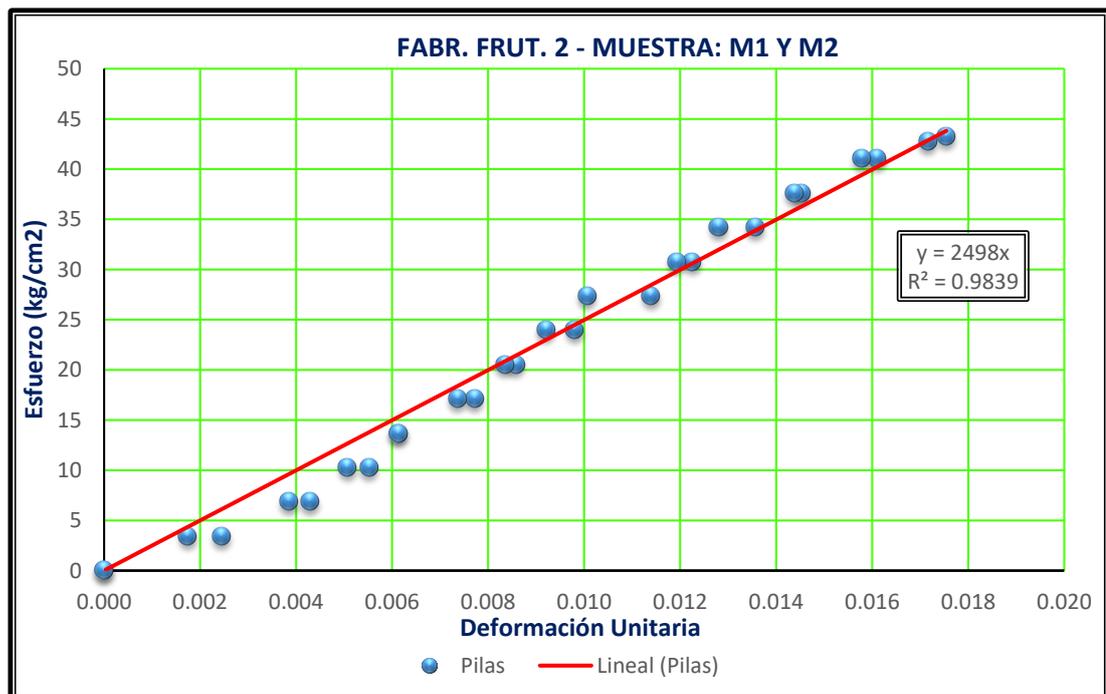


Gráfico 11: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en pilas de ladrillo artesanal (Fabrica FRUT. 2)

Tabla 91: Esfuerzo vs deformación en pilas del ladrillo artesanal de Bambamarca.

“FRUTILLO 3”

| Especimen | | H mm | Área (cm ²) |
|-----------|----|------|-------------------------|
| FRUT. 3 | M1 | 599 | 298.68 |
| | M2 | 600 | 295.10 |

| FABR. FRUT. 3 - MUESTRA: M1 | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|-------|
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 1.00 | 0.0017 | 3.35 |
| 2000 | 1.50 | 0.0025 | 6.70 |
| 3000 | 2.96 | 0.0049 | 10.04 |
| 4000 | 3.45 | 0.0058 | 13.39 |
| 5000 | 5.70 | 0.0095 | 16.74 |
| 6000 | 7.00 | 0.0117 | 20.09 |
| 7000 | 7.80 | 0.0130 | 23.44 |
| 8000 | 8.40 | 0.0140 | 26.78 |
| 9000 | 9.50 | 0.0159 | 30.13 |
| 10000 | 10.00 | 0.0167 | 33.48 |
| 10400 | 10.50 | 0.0175 | 34.82 |

| FABR. FRUT. 3 - MUESTRA: M2 | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|-------|
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 1.00 | 0.0017 | 3.39 |
| 2000 | 2.00 | 0.0033 | 6.78 |
| 3000 | 3.85 | 0.0064 | 10.17 |
| 4000 | 4.40 | 0.0073 | 13.55 |
| 5000 | 5.76 | 0.0096 | 16.94 |
| 6000 | 7.25 | 0.0121 | 20.33 |
| 7000 | 8.00 | 0.0133 | 23.72 |
| 7900 | 9.20 | 0.0153 | 26.77 |

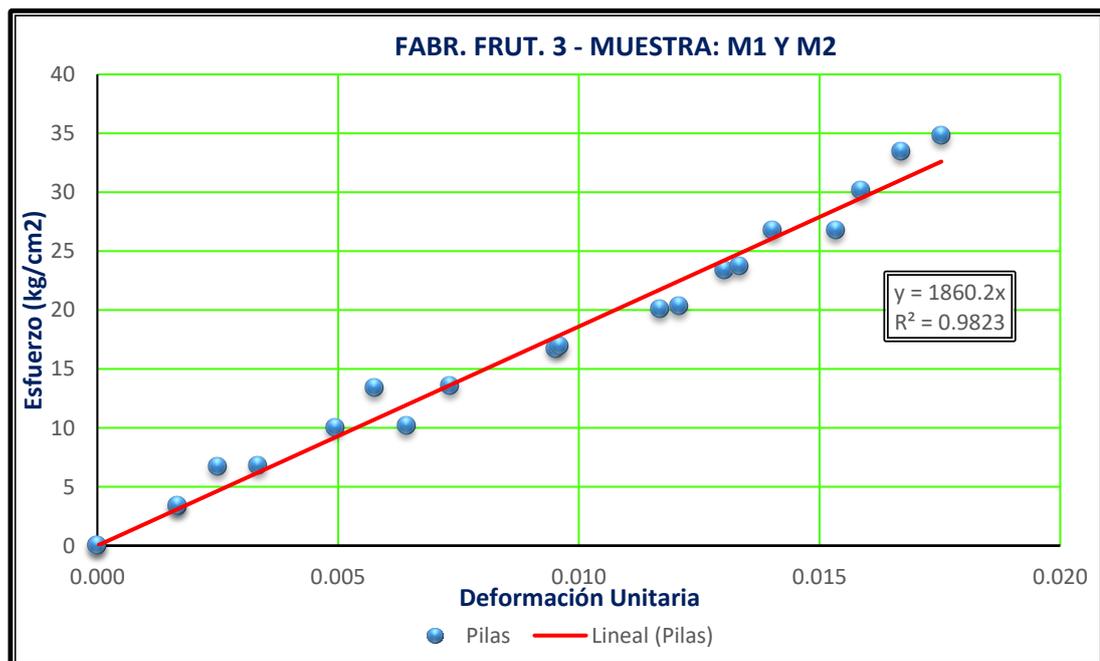


Gráfico 12: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en pilas de ladrillo artesanal (Fabrica FRUT. 3)

Tabla 92: Esfuerzo vs deformación en pilas del ladrillo artesanal de Bambamarca.

“FRUTILLO 4”

| Especimen | | H mm | Área (cm ²) |
|-----------|----|------|-------------------------|
| FRUT. 4 | M1 | 571 | 283.50 |
| | M2 | 572 | 283.75 |

| FABR. FRUT. 4 - MUESTRA M1 | | | |
|----------------------------|-----------|-----------|-------|
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 1.50 | 0.0026 | 3.53 |
| 2000 | 2.70 | 0.0047 | 7.05 |
| 3000 | 3.75 | 0.0066 | 10.58 |
| 4000 | 4.42 | 0.0077 | 14.11 |
| 5000 | 5.40 | 0.0095 | 17.64 |
| 6000 | 6.58 | 0.0115 | 21.16 |
| 7000 | 7.20 | 0.0126 | 24.69 |
| 8000 | 8.55 | 0.0150 | 28.22 |
| 9000 | 9.20 | 0.0161 | 31.75 |
| 10000 | 9.80 | 0.0172 | 35.27 |
| 10800 | 10.50 | 0.0184 | 38.10 |

| FABR. FRUT. 4 - MUESTRA: M2 | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|-------|
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 1.50 | 0.0026 | 3.52 |
| 2000 | 3.60 | 0.0063 | 7.05 |
| 3000 | 4.00 | 0.0070 | 10.57 |
| 4000 | 4.80 | 0.0084 | 14.10 |
| 5000 | 5.60 | 0.0098 | 17.62 |
| 6000 | 6.80 | 0.0119 | 21.15 |
| 7000 | 7.35 | 0.0128 | 24.67 |
| 8000 | 8.40 | 0.0147 | 28.19 |
| 9000 | 9.00 | 0.0157 | 31.72 |
| 10000 | 10.00 | 0.0175 | 35.24 |
| 11000 | 10.50 | 0.0184 | 38.77 |
| 11700 | 11.20 | 0.0196 | 41.23 |

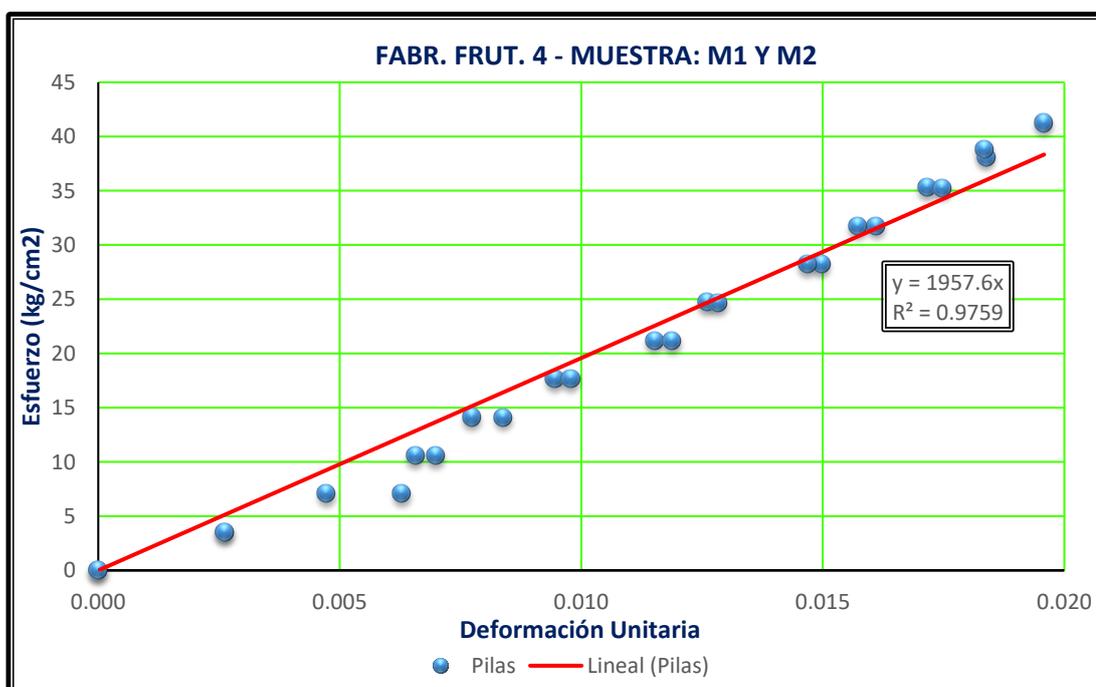


Gráfico 13: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en pilas de ladrillo artesanal (Fabrica FRT. 4)

Tabla 93: Esfuerzo vs deformación en pilas del ladrillo artesanal de Bambamarca.

“LÚCUMA”

| Especimen | | H mm | Área (cm ²) |
|-----------|----|------|-------------------------|
| LÚC. | M1 | 570 | 268.40 |
| | M2 | 572 | 269.62 |

| FABR. LÚC. - MUESTRA: M1 | | | |
|--------------------------|-----------|-----------|-------|
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 0.70 | 0.0012 | 3.73 |
| 2000 | 1.40 | 0.0025 | 7.45 |
| 3000 | 2.45 | 0.0043 | 11.18 |
| 4000 | 3.85 | 0.0068 | 14.90 |
| 5000 | 4.55 | 0.0080 | 18.63 |
| 6000 | 5.32 | 0.0093 | 22.35 |
| 7000 | 5.95 | 0.0104 | 26.08 |
| 8000 | 7.00 | 0.0123 | 29.81 |
| 9000 | 8.15 | 0.0143 | 33.53 |
| 10000 | 8.50 | 0.0149 | 37.26 |
| 11000 | 9.00 | 0.0158 | 40.98 |
| 11900 | 9.80 | 0.0172 | 44.34 |

| FABR. LÚC. - MUESTRA: M2 | | | |
|--------------------------|-----------|-----------|-------|
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 0.50 | 0.0009 | 3.71 |
| 2000 | 1.40 | 0.0024 | 7.42 |
| 3000 | 2.10 | 0.0037 | 11.13 |
| 4000 | 2.80 | 0.0049 | 14.84 |
| 5000 | 3.25 | 0.0057 | 18.54 |
| 6000 | 3.50 | 0.0061 | 22.25 |
| 7000 | 4.20 | 0.0073 | 25.96 |
| 8000 | 5.50 | 0.0096 | 29.67 |
| 9000 | 6.00 | 0.0105 | 33.38 |
| 10000 | 7.00 | 0.0122 | 37.09 |
| 11000 | 7.70 | 0.0135 | 40.80 |
| 12000 | 8.50 | 0.0149 | 44.51 |
| 13000 | 9.50 | 0.0166 | 48.22 |
| 13500 | 10.50 | 0.0184 | 50.07 |

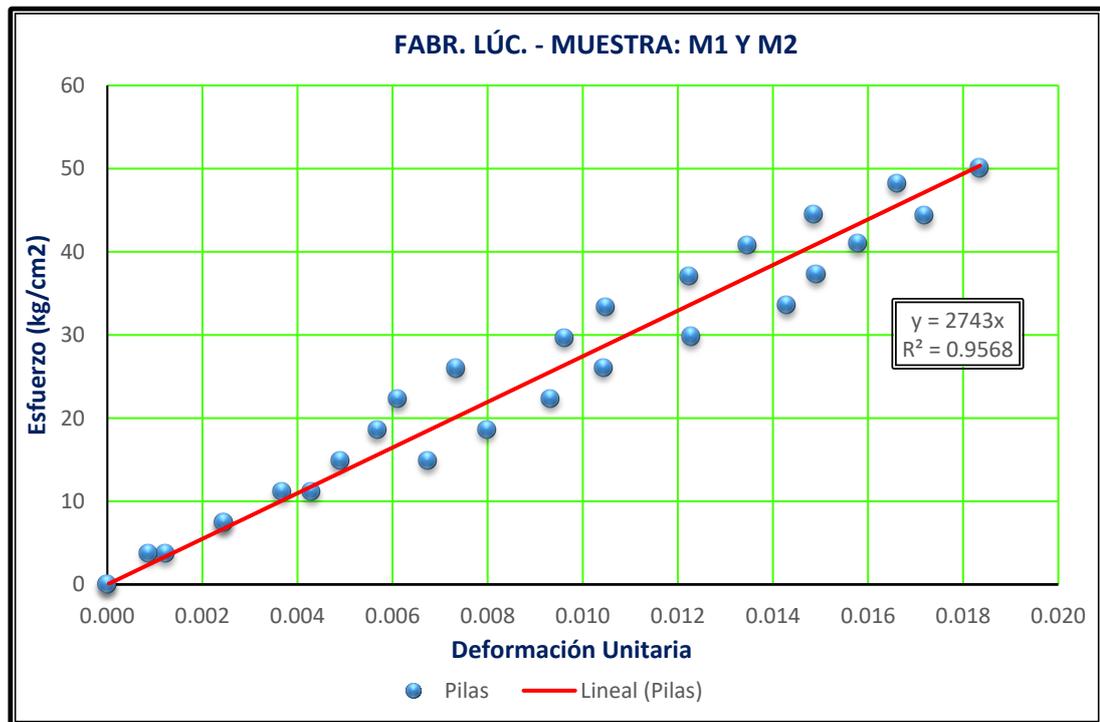


Gráfico 14: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en pilas de ladrillo artesanal (Fabrica LÚC.)

Tabla 94: Esfuerzo vs deformación en pilas del ladrillo artesanal de Bambamarca.

“AGOMARCA”

| Especimen | | H mm | Área (cm ²) |
|-----------|----|------|-------------------------|
| AGOM. | M1 | 570 | 264.60 |
| | M2 | 574 | 262.50 |

| FABR. AGOM. - MUESTRA: M1 | | | |
|---------------------------|-----------|-----------|-------|
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 0.50 | 0.0009 | 3.78 |
| 2000 | 1.20 | 0.0021 | 7.56 |
| 3000 | 2.80 | 0.0049 | 11.34 |
| 4000 | 3.60 | 0.0063 | 15.12 |
| 5000 | 4.10 | 0.0072 | 18.90 |
| 6000 | 5.00 | 0.0088 | 22.68 |
| 7000 | 5.60 | 0.0098 | 26.46 |
| 8000 | 6.40 | 0.0112 | 30.23 |
| 9000 | 6.80 | 0.0119 | 34.01 |
| 10000 | 7.45 | 0.0131 | 37.79 |
| 11000 | 8.10 | 0.0142 | 41.57 |
| 12000 | 8.75 | 0.0154 | 45.35 |
| 13000 | 9.50 | 0.0167 | 49.13 |
| 14000 | 10.50 | 0.0184 | 52.91 |
| 14100 | 11.00 | 0.0193 | 53.29 |

| FABR. AGOM. - MUESTRA: M2 | | | |
|---------------------------|-----------|-----------|-------|
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 0.80 | 0.0014 | 3.81 |
| 2000 | 1.20 | 0.0021 | 7.62 |
| 3000 | 2.00 | 0.0035 | 11.43 |
| 4000 | 2.80 | 0.0049 | 15.24 |
| 5000 | 4.00 | 0.0070 | 19.05 |
| 6000 | 4.50 | 0.0078 | 22.86 |
| 7000 | 5.20 | 0.0091 | 26.67 |
| 8000 | 5.60 | 0.0098 | 30.48 |
| 9000 | 6.80 | 0.0118 | 34.29 |
| 10000 | 8.00 | 0.0139 | 38.10 |
| 11000 | 8.80 | 0.0153 | 41.90 |
| 12000 | 9.60 | 0.0167 | 45.71 |
| 12700 | 10.50 | 0.0183 | 48.38 |

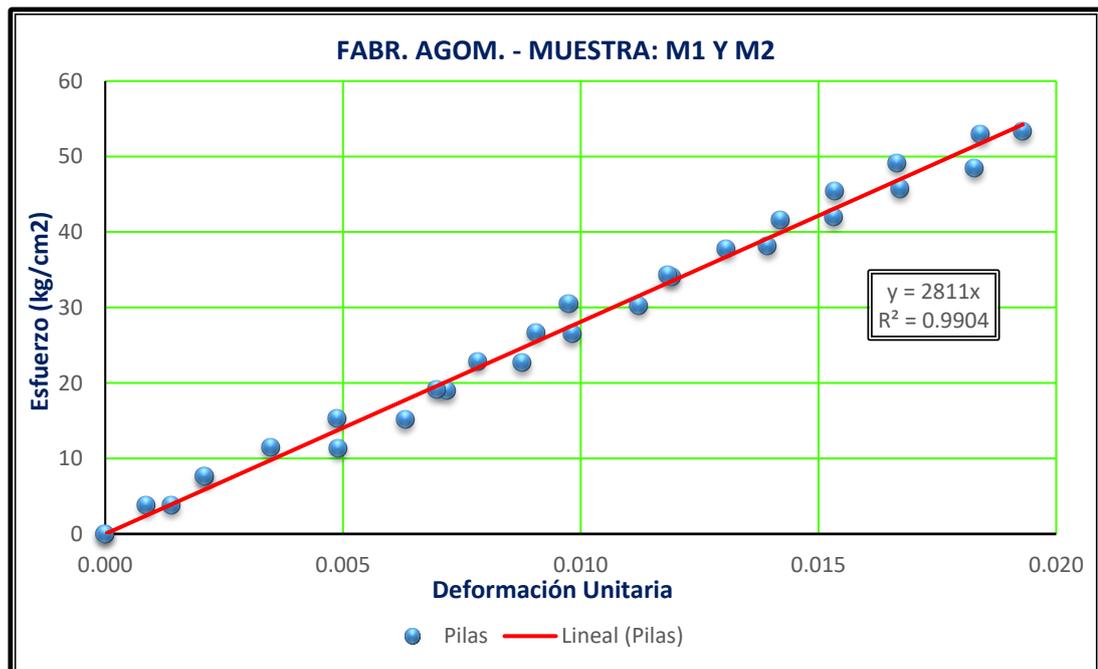


Gráfico 15: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en pilas de ladrillo artesanal (Fabrica AGOM.)

Tabla 95: Esfuerzo vs deformación en pilas del ladrillo artesanal de Bambamarca.

“MAYHUASI I”

| Especimen | | H mm | Área (cm ²) |
|-----------|----|------|-------------------------|
| MAY. 1 | M1 | 600 | 270.90 |
| | M2 | 599 | 268.75 |

| FABR. MAY. 1 - MUESTRA: M1 | | | |
|----------------------------|-----------|-----------|-------|
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 0.70 | 0.0012 | 3.69 |
| 2000 | 1.25 | 0.0021 | 7.38 |
| 3000 | 3.15 | 0.0053 | 11.07 |
| 4000 | 3.85 | 0.0064 | 14.77 |
| 5000 | 4.62 | 0.0077 | 18.46 |
| 6000 | 5.46 | 0.0091 | 22.15 |
| 7000 | 6.10 | 0.0102 | 25.84 |
| 8000 | 6.80 | 0.0113 | 29.53 |
| 9000 | 7.75 | 0.0129 | 33.22 |
| 10000 | 8.50 | 0.0142 | 36.91 |
| 11000 | 9.20 | 0.0153 | 40.61 |
| 11200 | 9.60 | 0.0160 | 41.34 |

| FABR. MAY. 1 - MUESTRA: M2 | | | |
|----------------------------|-----------|-----------|-------|
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 1.00 | 0.0017 | 3.72 |
| 2000 | 1.75 | 0.0029 | 7.44 |
| 3000 | 2.65 | 0.0044 | 11.16 |
| 4000 | 3.50 | 0.0058 | 14.88 |
| 5000 | 4.20 | 0.0070 | 18.60 |
| 6000 | 5.25 | 0.0088 | 22.33 |
| 7000 | 7.00 | 0.0117 | 26.05 |
| 8000 | 8.00 | 0.0134 | 29.77 |
| 9000 | 8.60 | 0.0144 | 33.49 |
| 10000 | 9.50 | 0.0159 | 37.21 |

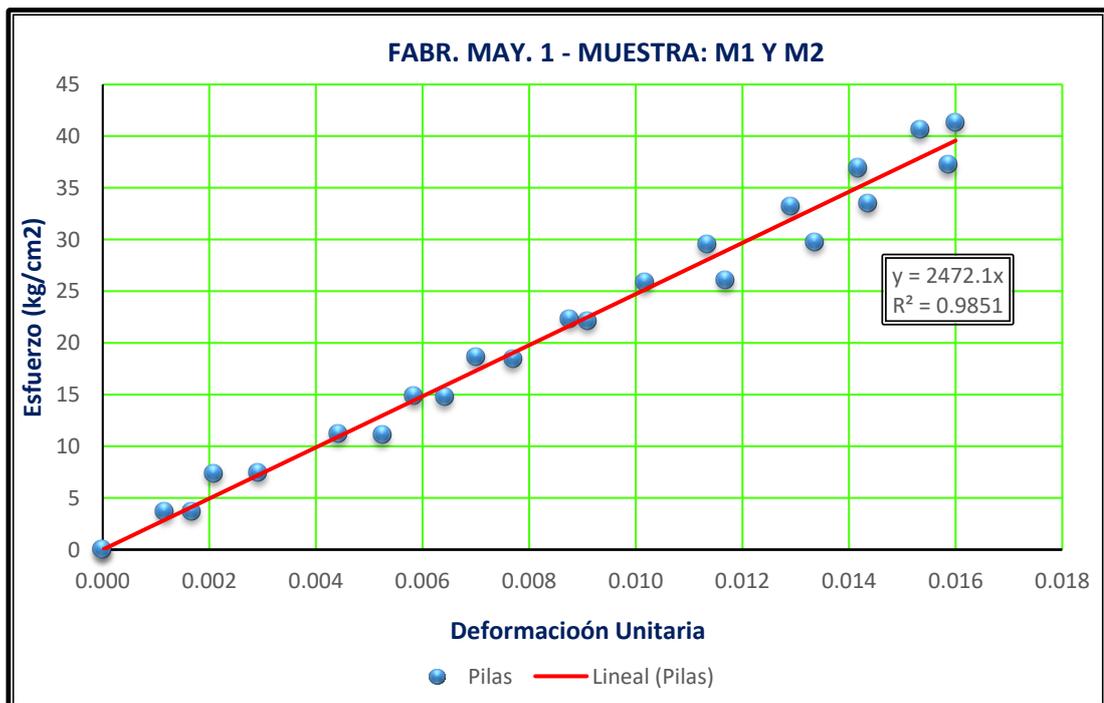


Gráfico 16: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en pilas de ladrillo artesanal (Fabrica MAY. 1)

Tabla 96: Esfuerzo vs deformación en pilas del ladrillo artesanal de Bambamarca.

“MAHUASI 2”

| Especimen | | H mm | Área (cm ²) |
|-----------|----|------|-------------------------|
| MAY. 2 | M1 | 570 | 263.75 |
| | M2 | 575 | 262.50 |

| FABR. MAY. 2 - MUESTRA: M1 | | | |
|----------------------------|-----------|-----------|-------|
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 0.70 | 0.0012 | 3.79 |
| 2000 | 1.50 | 0.0026 | 7.58 |
| 3000 | 3.50 | 0.0061 | 11.37 |
| 4000 | 4.90 | 0.0086 | 15.17 |
| 5000 | 6.00 | 0.0105 | 18.96 |
| 6000 | 6.50 | 0.0114 | 22.75 |
| 7000 | 7.70 | 0.0135 | 26.54 |

| FABR. MAY. 2 - MUESTRA: M2 | | | |
|----------------------------|-----------|-----------|-------|
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 1.75 | 0.0030 | 3.81 |
| 2000 | 3.15 | 0.0055 | 7.62 |
| 3000 | 4.90 | 0.0085 | 11.43 |
| 4000 | 6.30 | 0.0110 | 15.24 |
| 5000 | 7.15 | 0.0124 | 19.05 |
| 6000 | 7.70 | 0.0134 | 22.86 |
| 6600 | 8.50 | 0.0148 | 25.14 |

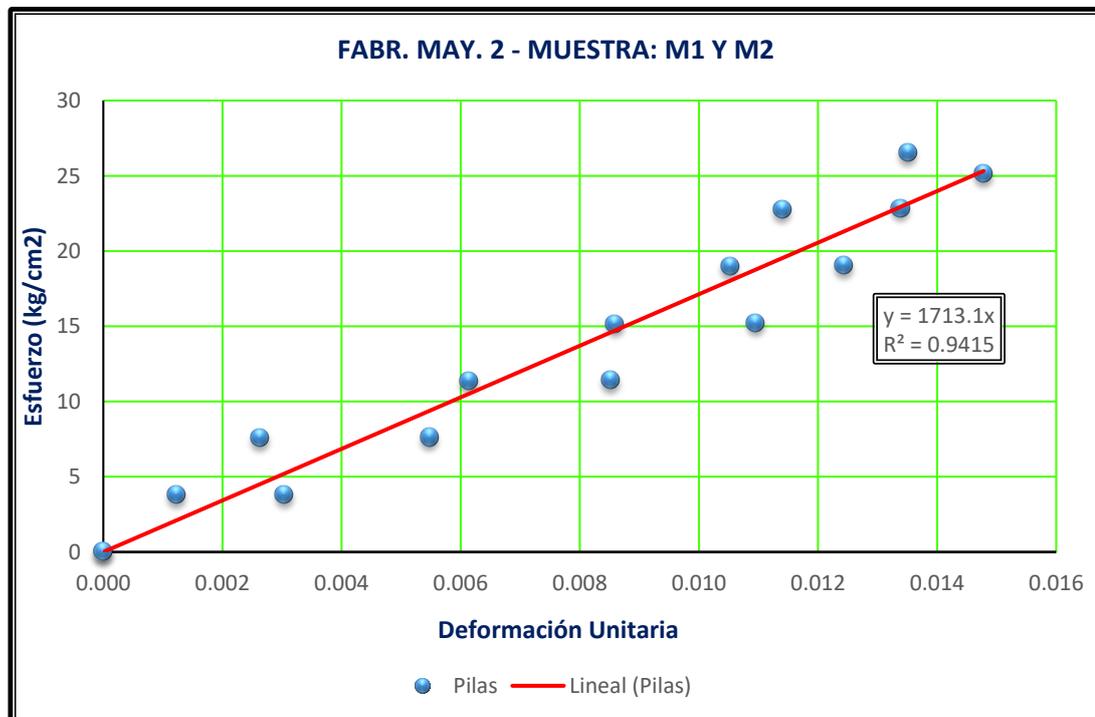


Gráfico 17: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en pilas de ladrillo artesanal (Fabrica MAY. 2)

Tabla 97: Esfuerzo vs deformación en pilas del ladrillo artesanal de Bambamarca.

“MAYHUASI 3”

| Especimen | | H mm | Área (cm ²) |
|-----------|----|------|-------------------------|
| MAY. 3 | M1 | 570 | 272.64 |
| | M2 | 571 | 271.78 |

| FABR. MAY. 3 - MUESTRA: M1 | | | |
|----------------------------|-----------|-----------|-------|
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 1.50 | 0.0026 | 3.67 |
| 2000 | 2.25 | 0.0039 | 7.34 |
| 3000 | 3.00 | 0.0053 | 11.00 |
| 4000 | 3.82 | 0.0067 | 14.67 |
| 5000 | 4.50 | 0.0079 | 18.34 |
| 6000 | 5.62 | 0.0099 | 22.01 |
| 7000 | 7.00 | 0.0123 | 25.67 |
| 8000 | 7.80 | 0.0137 | 29.34 |
| 9000 | 8.30 | 0.0146 | 33.01 |
| 10000 | 9.20 | 0.0161 | 36.68 |
| 11000 | 10.00 | 0.0175 | 40.35 |
| 11050 | 10.50 | 0.0184 | 40.53 |

| FABR. MAY. 3 - MUESTRA: M2 | | | |
|----------------------------|-----------|-----------|-------|
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 1000 | 1.50 | 0.0026 | 3.68 |
| 2000 | 2.25 | 0.0039 | 7.36 |
| 3000 | 4.50 | 0.0079 | 11.04 |
| 4000 | 5.25 | 0.0092 | 14.72 |
| 5000 | 6.15 | 0.0108 | 18.40 |
| 6000 | 7.25 | 0.0127 | 22.08 |
| 7000 | 7.80 | 0.0137 | 25.76 |
| 8000 | 8.85 | 0.0155 | 29.44 |
| 9000 | 9.50 | 0.0166 | 33.12 |
| 9550 | 10.00 | 0.0175 | 35.14 |

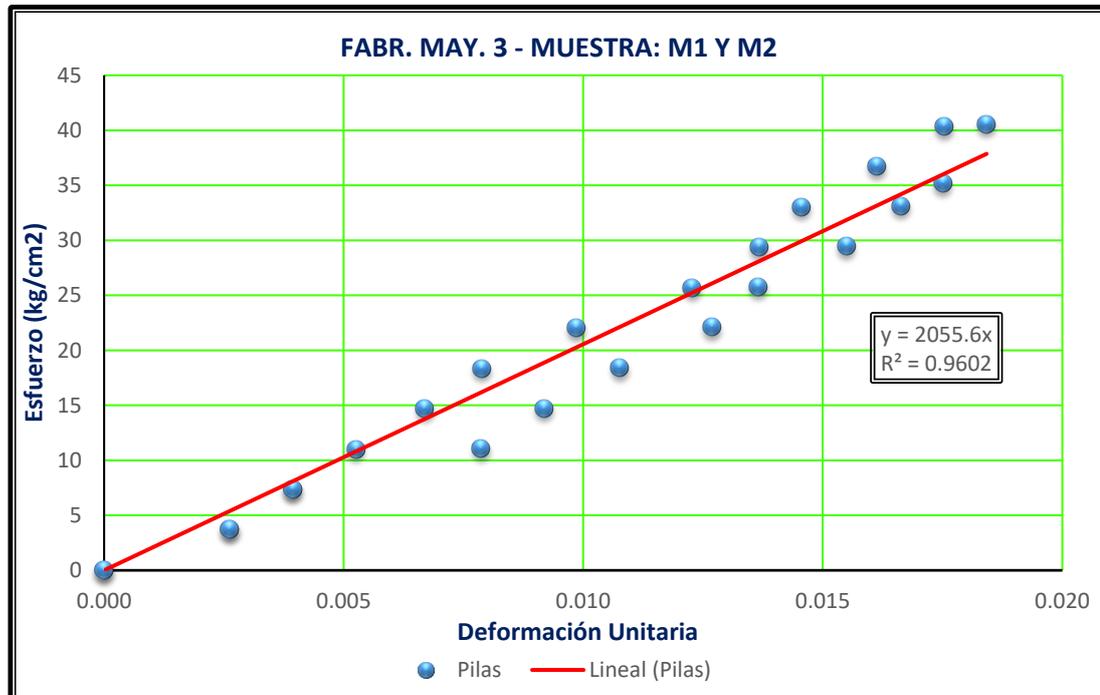


Gráfico 18: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en pilas de ladrillo artesanal (Fabrica MAY. 3)

Tabla 98: Cálculo del módulo de elasticidad (E_m) del ladrillo artesanal de Bambamarca.

| Fábrica Artesanal | $\epsilon_{u_{10\%}} * 10^{-3}$ | $\epsilon_{u_{50\%}} * 10^{-3}$ | $\delta_{u_{10\%}}$ (Kg/cm ²) | $\delta_{u_{50\%}}$ (Kg/cm ²) | Módulo de Elasticidad (E_m) (kg/cm ²) Práctica |
|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| FRUT. 1 | 3.34E-03 | 1.67E-02 | 5.99 | 29.93 | 1.79E+03 |
| FRUT. 2 | 3.19E-03 | 1.59E-02 | 7.97 | 39.84 | 2.50E+03 |
| FRUT. 3 | 3.19E-03 | 1.59E-02 | 5.93 | 29.64 | 1.86E+03 |
| FRUT. 4 | 3.56E-03 | 1.78E-02 | 6.97 | 34.85 | 1.96E+03 |
| LÚC. | 3.34E-03 | 1.67E-02 | 9.15 | 45.77 | 2.74E+03 |
| AGOM. | 3.51E-03 | 1.75E-02 | 9.86 | 49.32 | 2.81E+03 |
| MAY. 1 | 2.91E-03 | 1.45E-02 | 7.19 | 35.96 | 2.47E+03 |
| MAY. 2 | 2.69E-03 | 1.34E-02 | 4.60 | 23.02 | 1.71E+03 |
| MAY. 3 | 3.35E-03 | 1.67E-02 | 6.88 | 34.42 | 2.06E+03 |

7. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA AL CORTE EN MURETES ($V' m$).

Tabla 99: Cálculo de la resistencia al corte en muretes del ladrillo de la Fábr. Frutillo 1

| Fábrica Artesanal | Especimen | Dimensiones | | | Dimensiones con Yeso | | | P máx. (Kg) | Área (cm ²) | v'm (Kg/cm ²) |
|-------------------|-----------|-------------|--------|--------|----------------------|---------|---------|-------------|-------------------------|---------------------------|
| | | L (mm) | A (mm) | t (mm) | D (mm) | Lo (mm) | Ao (mm) | | | |
| FRUT. 1 | M1 | 600 | 599 | 130 | 858 | 610 | 609 | 4,500.00 | 1,115.40 | 4.034 |
| | M2 | 600 | 598 | 130 | 857 | 610 | 608 | 3,850.00 | 1,114.10 | 3.456 |

Vm Prom: 3.75 Kg/cm²
 σ : 0.41 Kg/cm²
v'm: 3.34 Kg/cm²
c.v.: 10.93%

Tabla 100: Cálculo de la resistencia al corte en muretes del ladrillo de la Fábr. Frutillo 2

| Fábrica Artesanal | Especimen | Dimensiones | | | Dimensiones con Yeso | | | P máx. (Kg) | Área (cm ²) | v'm (Kg/cm ²) |
|-------------------|-----------|-------------|--------|--------|----------------------|---------|---------|-------------|-------------------------|---------------------------|
| | | L (mm) | A (mm) | t (mm) | D (mm) | Lo (mm) | Ao (mm) | | | |
| FRUT. 2 | M1 | 600 | 571 | 130 | 838 | 610 | 581 | 5,500.00 | 1,089.40 | 5.049 |
| | M2 | 600 | 570 | 130 | 838 | 610 | 580 | 5,850.00 | 1,089.40 | 5.370 |

Vm Prom: 5.21 Kg/cm²
 σ : 0.23 Kg/cm²
v'm: 4.98 Kg/cm²
c.v.: 4.36%

Tabla 101: Cálculo de la resistencia al corte en muretes del ladrillo de la Fábr. Frutillo 3

| Fábrica Artesanal | Especimen | Dimensiones | | | Dimensiones con Yeso | | | P máx. (Kg) | Área (cm ²) | v'm (Kg/cm ²) |
|-------------------|-----------|-------------|--------|--------|----------------------|---------|---------|-------------|-------------------------|---------------------------|
| | | L (mm) | A (mm) | t (mm) | D (mm) | Lo (mm) | Ao (mm) | | | |
| FRUT. 3 | M1 | 600 | 599 | 130 | 858 | 610 | 609 | 3,750.00 | 1,115.40 | 3.362 |
| | M2 | 600 | 600 | 130 | 859 | 610 | 610 | 4,200.00 | 1,116.70 | 3.761 |

Vm Prom: 3.56 Kg/cm²
 σ : 0.28 Kg/cm²
 v'm: 3.28 Kg/cm²
 c.v.: 7.92%

Tabla 102: Cálculo de la resistencia al corte en muretes del ladrillo de la Fábr. Frutillo 4

| Fábrica Artesanal | Especimen | Dimensiones | | | Dimensiones con Yeso | | | P máx. (Kg) | Área (cm ²) | v'm (Kg/cm ²) |
|-------------------|-----------|-------------|--------|--------|----------------------|---------|---------|-------------|-------------------------|---------------------------|
| | | L (mm) | A (mm) | t (mm) | D (mm) | Lo (mm) | Ao (mm) | | | |
| FRUT. 4 | M1 | 600 | 571 | 125 | 838 | 610 | 581 | 4,050.00 | 1,047.50 | 3.866 |
| | M2 | 600 | 572 | 125 | 839 | 610 | 582 | 4,200.00 | 1,048.75 | 4.005 |

Vm Prom: 3.94 Kg/cm²
 σ : 0.10 Kg/cm²
 v'm: 3.84 Kg/cm²
 c.v.: 2.49%

Tabla 103: Cálculo de la resistencia al corte en muretes del ladrillo de la Fábr. Lúcumá

| Fábrica Artesanal | Especimen | Dimensiones | | | Dimensiones con Yeso | | | P máx. (Kg) | Área (cm ²) | v'm (Kg/cm ²) |
|-------------------|-----------|-------------|--------|--------|----------------------|---------|---------|-------------|-------------------------|---------------------------|
| | | L (mm) | A (mm) | t (mm) | D (mm) | Lo (mm) | Ao (mm) | | | |
| LUC. | M1 | 600 | 570 | 122 | 838 | 610 | 580 | 5,900.00 | 1,022.36 | 5.771 |
| | M2 | 600 | 572 | 122 | 839 | 610 | 582 | 5,000.00 | 1,023.58 | 4.885 |

Vm Prom: 5.33 Kg/cm²
 σ : 0.63 Kg/cm²
 v'm: 4.70 Kg/cm²
 c.v.: 11.76%

Tabla 104: Cálculo de la resistencia al corte en muretes del ladrillo de la Fábr. Agomarca

| Fábrica Artesanal | Especimen | Dimensiones | | | Dimensiones con Yeso | | | P máx. (Kg) | Área (cm ²) | v'm (Kg/cm ²) |
|-------------------|-----------|-------------|--------|--------|----------------------|---------|---------|-------------|-------------------------|---------------------------|
| | | L (mm) | A (mm) | t (mm) | D (mm) | Lo (mm) | Ao (mm) | | | |
| AGOM. | M1 | 600 | 570 | 125 | 838 | 610 | 580 | 4,450.00 | 1,047.50 | 4.248 |
| | M2 | 600 | 574 | 125 | 840 | 610 | 584 | 5,000.00 | 1,050.00 | 4.762 |

Vm Prom: 4.51 Kg/cm²
 σ : 0.36 Kg/cm²
 v'm: 4.14 Kg/cm²
 c.v.: 8.06%

Tabla 105: Cálculo de la resistencia al corte en muretes del ladrillo de la Fábr. Mayhuasi 1

| Fábrica Artesanal | Especimen | Dimensiones | | | Dimensiones con Yeso | | | P máx. (Kg) | Área (cm ²) | v'm (Kg/cm ²) |
|-------------------|-----------|-------------|--------|--------|----------------------|---------|---------|-------------|-------------------------|---------------------------|
| | | L (mm) | A (mm) | t (mm) | D (mm) | Lo (mm) | Ao (mm) | | | |
| MAY. 1 | M1 | 600 | 600 | 125 | 859 | 610 | 610 | 4,150.00 | 1,073.75 | 3.865 |
| | M2 | 600 | 599 | 125 | 858 | 610 | 909 | 4,400.00 | 1,072.50 | 4.103 |

Vm Prom: 3.98 Kg/cm²

σ : 0.17 Kg/cm²

v'm: 3.82 Kg/cm²

c.v. 4.22%

Tabla 106: Cálculo de la resistencia al corte en muretes del ladrillo de la Fábr. Mayhuasi 2

| Fábrica Artesanal | Especimen | Dimensiones | | | Dimensiones con Yeso | | | P máx. (Kg) | Área (cm ²) | v'm (Kg/cm ²) |
|-------------------|-----------|-------------|--------|--------|----------------------|---------|---------|-------------|-------------------------|---------------------------|
| | | L (mm) | A (mm) | t (mm) | D (mm) | Lo (mm) | Ao (mm) | | | |
| MAY. 2 | M1 | 600 | 570 | 125 | 838 | 610 | 580 | 3,700.00 | 1,047.50 | 3.532 |
| | M2 | 600 | 575 | 125 | 841 | 610 | 585 | 4,000.00 | 1,051.25 | 3.805 |

Vm Prom: 3.67 Kg/cm²

σ : 0.19 Kg/cm²

v'm: 3.48 Kg/cm²

c.v. 5.26%

Tabla 107: Cálculo de la resistencia al corte en muretes del ladrillo de la Fábr. Mayhuasi 3

| Fábrica Artesanal | Especimen | Dimensiones | | | Dimensiones con Yeso | | | P máx. (Kg) | Área (cm ²) | v'm (Kg/cm ²) |
|-------------------|-----------|-------------|--------|--------|----------------------|---------|---------|-------------|-------------------------|---------------------------|
| | | L (mm) | A (mm) | t (mm) | D (mm) | Lo (mm) | Ao (mm) | | | |
| MAY. 3 | M1 | 600 | 570 | 127 | 838 | 610 | 580 | 4,850.00 | 1,064.26 | 4.557 |
| | M2 | 600 | 571 | 127 | 838 | 610 | 581 | 4,200.00 | 1,064.26 | 3.946 |

Vm Prom: 4.25 Kg/cm²

σ : 0.43 Kg/cm²

v'm: 3.82 Kg/cm²

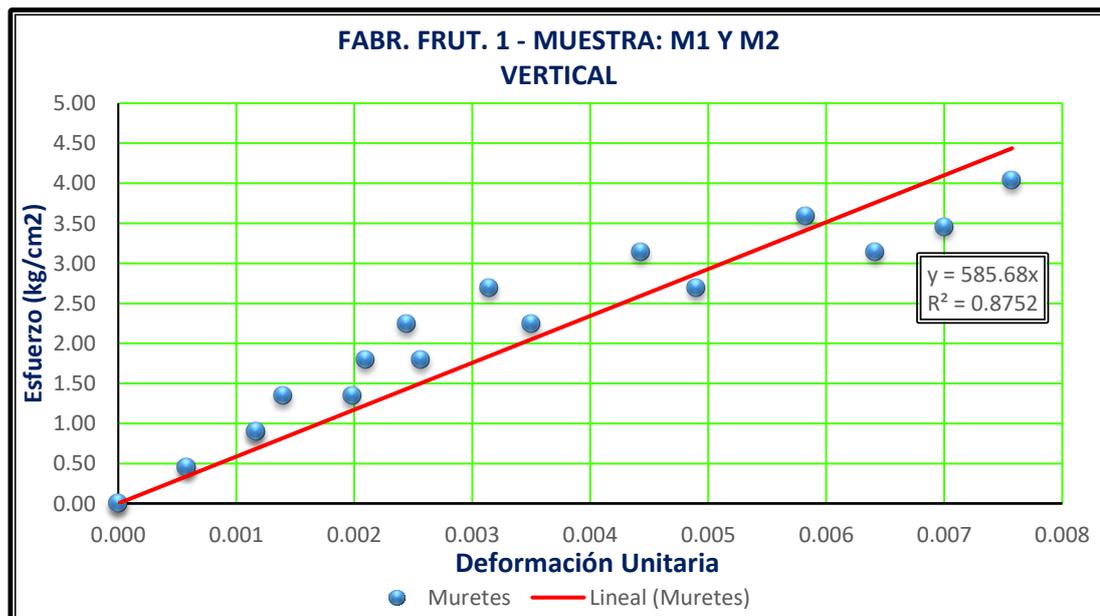
c.v. 10.16%

7.1. CÁLCULO DEL MÓDULO DE CORTE EN MURETES.

Tabla 108: Esfuerzo vs deformación en muretes del ladrillo artesanal de Bambamarca FRUT. 1

| FABR. FRUT. 1 - MUESTRA: M1 | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|------|------------|-----------|-----------|------|
| VERTICAL | | | | HORIZONTAL | | | |
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 500 | 0.50 | 0.0006 | 0.45 | 500 | 0.10 | 0.0001 | 0.45 |
| 1000 | 1.00 | 0.0012 | 0.90 | 1000 | 0.50 | 0.0006 | 0.90 |
| 1500 | 1.20 | 0.0014 | 1.34 | 1500 | 0.65 | 0.0008 | 1.34 |
| 2000 | 1.80 | 0.0021 | 1.79 | 2000 | 0.71 | 0.0008 | 1.79 |
| 2500 | 2.10 | 0.0024 | 2.24 | 2500 | 0.85 | 0.0010 | 2.24 |
| 3000 | 2.70 | 0.0031 | 2.69 | 3000 | 1.10 | 0.0013 | 2.69 |
| 3500 | 3.80 | 0.0044 | 3.14 | 3500 | 1.27 | 0.0015 | 3.14 |
| 4000 | 5.00 | 0.0058 | 3.59 | 4000 | 1.40 | 0.0016 | 3.59 |
| 4500 | 6.50 | 0.0076 | 4.03 | 4500 | 1.75 | 0.0020 | 4.03 |

| FABR. FRUT. 1 - MUESTRA: M2 | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|------|------------|-----------|-----------|------|
| VERTICAL | | | | HORIZONTAL | | | |
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 500 | 0.50 | 0.0006 | 0.45 | 500 | 0.25 | 0.0003 | 0.45 |
| 1000 | 1.00 | 0.0012 | 0.90 | 1000 | 0.45 | 0.0005 | 0.90 |
| 1500 | 1.70 | 0.0020 | 1.35 | 1500 | 0.65 | 0.0008 | 1.35 |
| 2000 | 2.20 | 0.0026 | 1.80 | 2000 | 0.73 | 0.0009 | 1.80 |
| 2500 | 3.00 | 0.0035 | 2.24 | 2500 | 1.00 | 0.0012 | 2.24 |
| 3000 | 4.20 | 0.0049 | 2.69 | 3000 | 1.40 | 0.0016 | 2.69 |
| 3500 | 5.50 | 0.0064 | 3.14 | 3500 | 1.70 | 0.0020 | 3.14 |
| 3850 | 6.00 | 0.0070 | 3.46 | 3850 | 2.00 | 0.0023 | 3.46 |



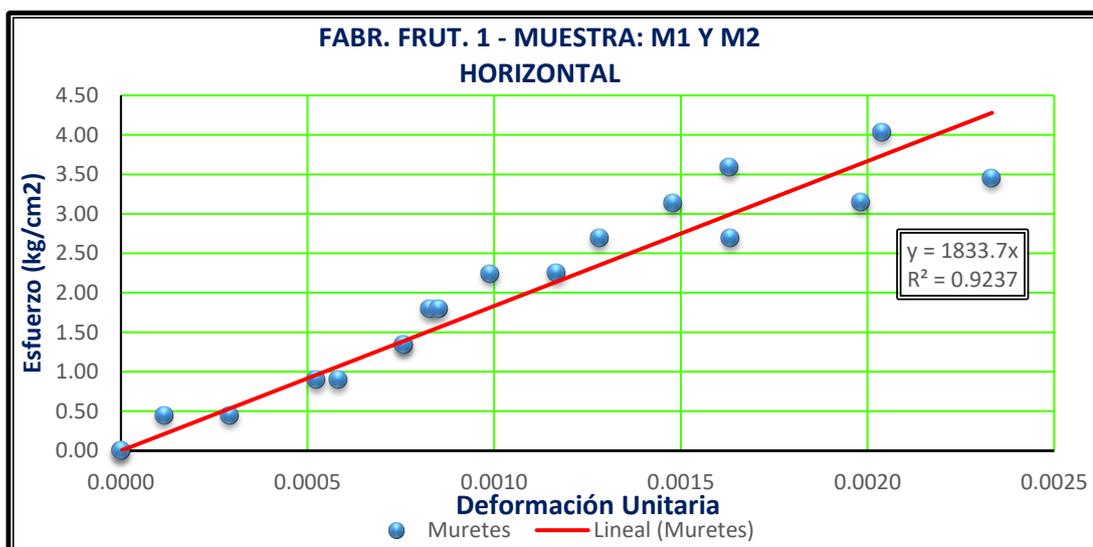


Gráfico 19: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en muretes de ladrillo artesanal (Fabrica FRUT. 1)

Tabla 109: Esfuerzo vs deformación en muretes del ladrillo artesanal de Bambamarca FRUT. 2

| FABR. FRUT. 2 - MUESTRA: M1 | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|------|------------|-----------|-----------|------|
| VERTICAL | | | | HORIZONTAL | | | |
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 500 | 0.75 | 0.0009 | 0.46 | 500 | 0.00 | 0.0000 | 0.46 |
| 1000 | 1.50 | 0.0018 | 0.92 | 1000 | 0.25 | 0.0003 | 0.92 |
| 1500 | 1.85 | 0.0022 | 1.38 | 1500 | 0.50 | 0.0006 | 1.38 |
| 2000 | 2.40 | 0.0029 | 1.84 | 2000 | 0.70 | 0.0008 | 1.84 |
| 2500 | 3.00 | 0.0036 | 2.29 | 2500 | 0.85 | 0.0010 | 2.29 |
| 3000 | 3.35 | 0.0040 | 2.75 | 3000 | 1.00 | 0.0012 | 2.75 |
| 3500 | 3.75 | 0.0045 | 3.21 | 3500 | 1.20 | 0.0014 | 3.21 |
| 4000 | 4.20 | 0.0050 | 3.67 | 4000 | 1.40 | 0.0017 | 3.67 |
| 4500 | 4.70 | 0.0056 | 4.13 | 4500 | 1.57 | 0.0019 | 4.13 |
| 5000 | 5.40 | 0.0064 | 4.59 | 5000 | 1.80 | 0.0021 | 4.59 |
| 5500 | 6.50 | 0.0078 | 5.05 | 5500 | 2.10 | 0.0025 | 5.05 |

| FABR. FRUT. 2 - MUESTRA: M2 | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|------|------------|-----------|-----------|------|
| VERTICAL | | | | HORIZONTAL | | | |
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 500 | 0.80 | 0.0010 | 0.46 | 500 | 0.10 | 0.0001 | 0.46 |
| 1000 | 1.20 | 0.0014 | 0.92 | 1000 | 0.20 | 0.0002 | 0.92 |
| 1500 | 1.65 | 0.0020 | 1.38 | 1500 | 0.25 | 0.0003 | 1.38 |
| 2000 | 2.10 | 0.0025 | 1.84 | 2000 | 0.40 | 0.0005 | 1.84 |
| 2500 | 2.30 | 0.0027 | 2.29 | 2500 | 0.67 | 0.0008 | 2.29 |
| 3000 | 2.65 | 0.0032 | 2.75 | 3000 | 0.85 | 0.0010 | 2.75 |
| 3500 | 3.00 | 0.0036 | 3.21 | 3500 | 1.00 | 0.0012 | 3.21 |
| 4000 | 3.40 | 0.0041 | 3.67 | 4000 | 1.15 | 0.0014 | 3.67 |
| 4500 | 4.00 | 0.0048 | 4.13 | 4500 | 1.40 | 0.0017 | 4.13 |
| 5000 | 4.70 | 0.0056 | 4.59 | 5000 | 1.67 | 0.0020 | 4.59 |
| 5500 | 5.20 | 0.0062 | 5.05 | 5500 | 1.89 | 0.0023 | 5.05 |
| 5850 | 6.00 | 0.0072 | 5.37 | 5850 | 2.35 | 0.0028 | 5.37 |

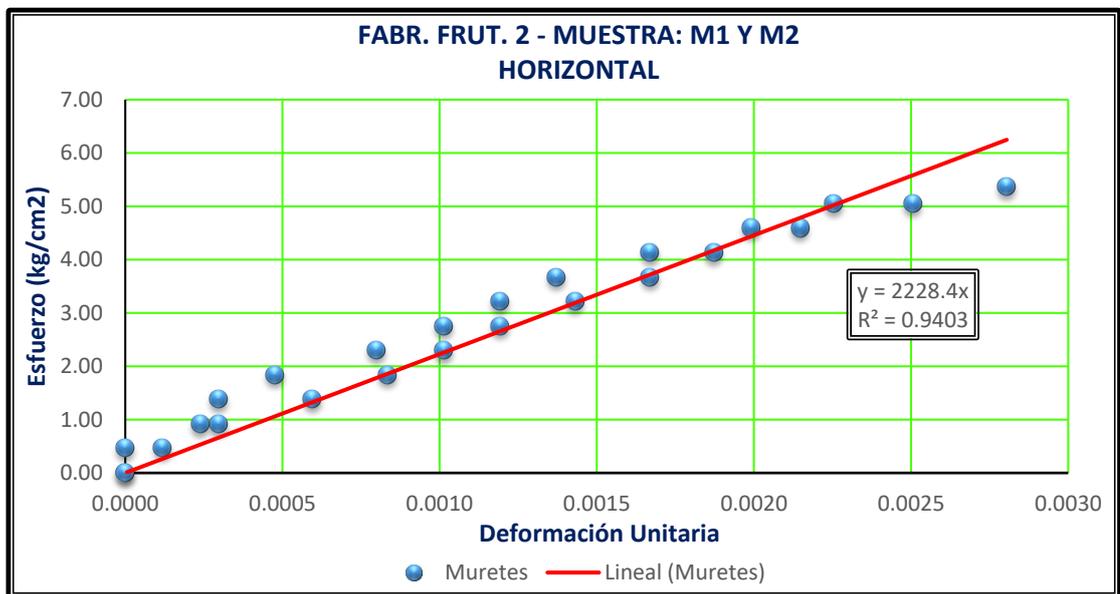
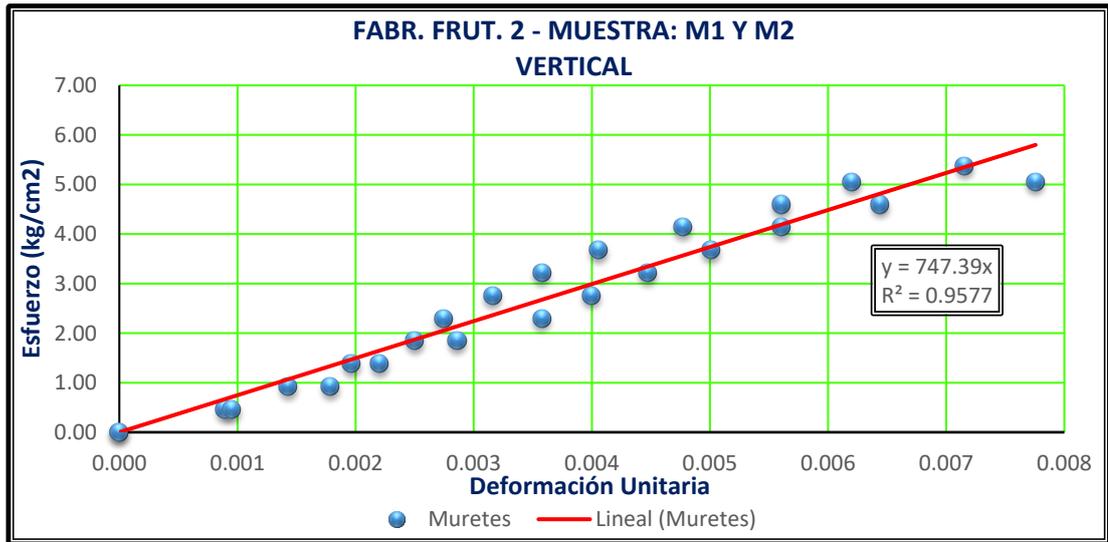


Gráfico 20: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en muretes de ladrillo artesanal (Fabrica FRUT. 2)

Tabla 110: Esfuerzo vs deformación en muretes del ladrillo artesanal de Bambamarca FRUT. 3

| FABR. FRUT. 3 - MUESTRA: M1 | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|------|------------|-----------|-----------|------|
| VERTICAL | | | | HORIZONTAL | | | |
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 500 | 1.00 | 0.0012 | 0.45 | 500 | 0.30 | 0.0003 | 0.45 |
| 1000 | 1.30 | 0.0015 | 0.90 | 1000 | 0.45 | 0.0005 | 0.90 |
| 1500 | 2.00 | 0.0023 | 1.34 | 1500 | 0.60 | 0.0007 | 1.34 |
| 2000 | 2.50 | 0.0029 | 1.79 | 2000 | 0.92 | 0.0011 | 1.79 |
| 2500 | 3.20 | 0.0037 | 2.24 | 2500 | 1.19 | 0.0014 | 2.24 |
| 3000 | 4.00 | 0.0047 | 2.69 | 3000 | 1.48 | 0.0017 | 2.69 |
| 3500 | 4.50 | 0.0052 | 3.14 | 3500 | 1.78 | 0.0021 | 3.14 |
| 3750 | 5.00 | 0.0058 | 3.36 | 3750 | 2.00 | 0.0023 | 3.36 |

| FABR. FRUT. 3 - MUESTRA: M2 | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|------|------------|-----------|-----------|------|
| VERTICAL | | | | HORIZONTAL | | | |
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 500 | 0.50 | 0.0006 | 0.45 | 500 | 0.15 | 0.0002 | 0.45 |
| 1000 | 1.10 | 0.0013 | 0.90 | 1000 | 0.30 | 0.0003 | 0.90 |
| 1500 | 1.70 | 0.0020 | 1.34 | 1500 | 0.50 | 0.0006 | 1.34 |
| 2000 | 2.50 | 0.0029 | 1.79 | 2000 | 0.65 | 0.0008 | 1.79 |
| 2500 | 3.20 | 0.0037 | 2.24 | 2500 | 1.00 | 0.0012 | 2.24 |
| 3000 | 3.50 | 0.0041 | 2.69 | 3000 | 1.30 | 0.0015 | 2.69 |
| 3500 | 4.00 | 0.0047 | 3.13 | 3500 | 1.42 | 0.0017 | 3.13 |
| 4000 | 4.60 | 0.0054 | 3.58 | 4000 | 1.65 | 0.0019 | 3.58 |
| 4200 | 5.50 | 0.0064 | 3.76 | 4200 | 2.04 | 0.0024 | 3.76 |

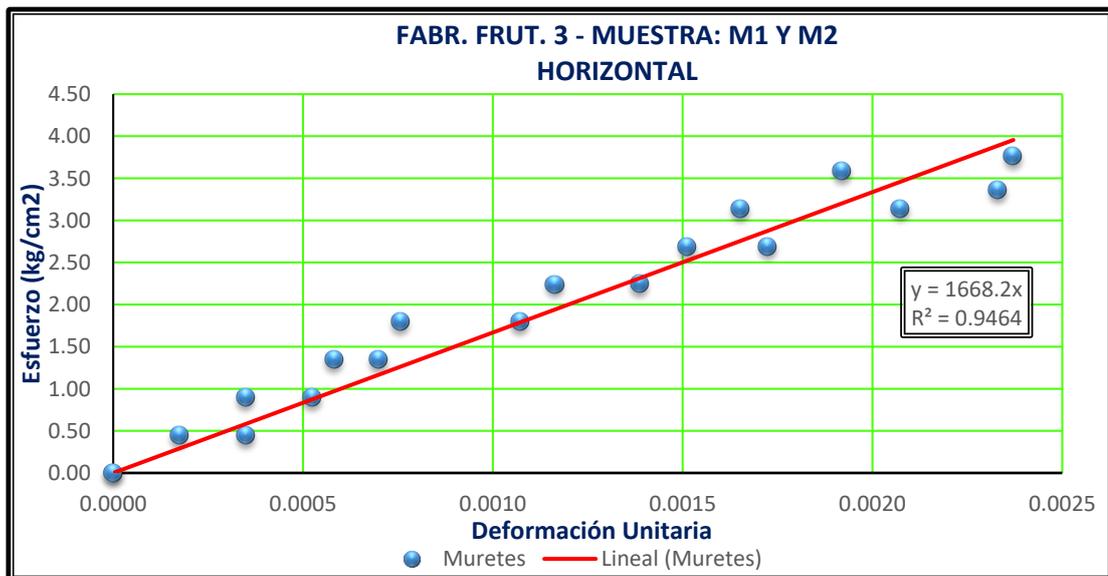
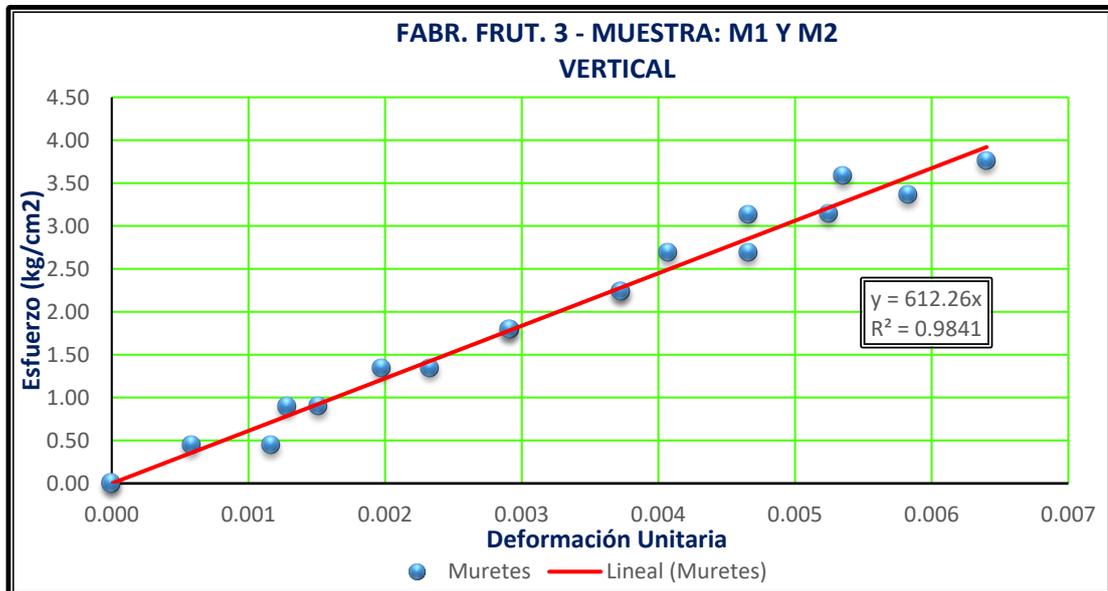
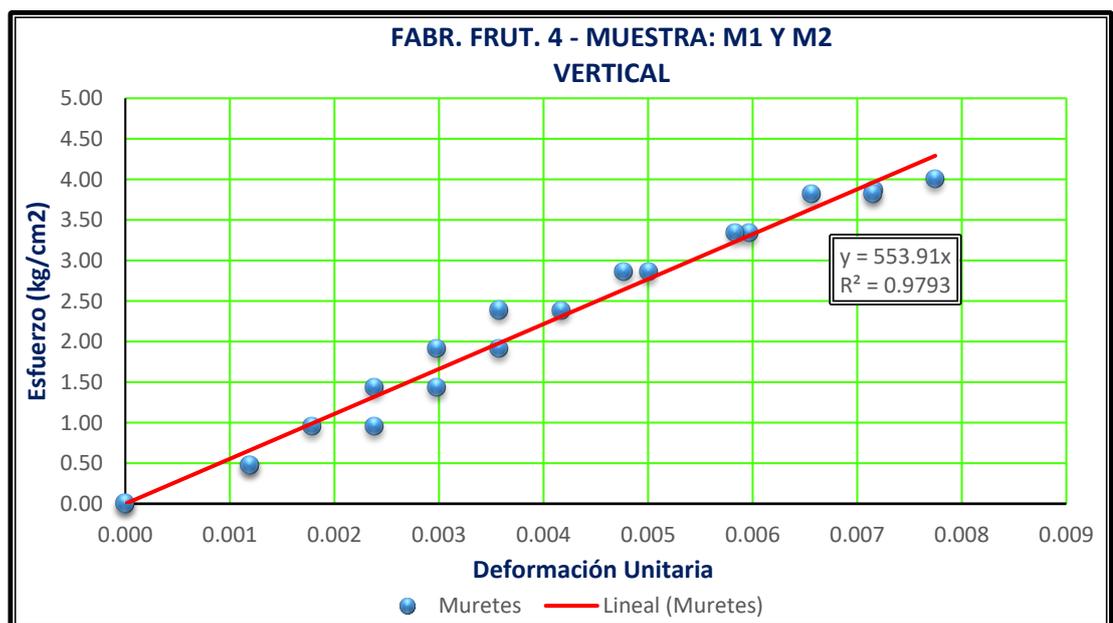


Gráfico 21: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en muretes de ladrillo artesanal (Fabrica FRUT. 3)

Tabla 111: Esfuerzo vs deformación en muretes del ladrillo artesanal de Bambamarca EL FRT. 04

| FABR. FRUT. 4 - MUESTRA: M1 | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|------|------------|-----------|-----------|------|
| VERTICAL | | | | HORIZONTAL | | | |
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 500 | 1.00 | 0.0012 | 0.48 | 500 | 0.25 | 0.0003 | 0.48 |
| 1000 | 1.50 | 0.0018 | 0.95 | 1000 | 0.50 | 0.0006 | 0.95 |
| 1500 | 2.00 | 0.0024 | 1.43 | 1500 | 0.67 | 0.0008 | 1.43 |
| 2000 | 2.50 | 0.0030 | 1.91 | 2000 | 0.83 | 0.0010 | 1.91 |
| 2500 | 3.00 | 0.0036 | 2.39 | 2500 | 1.00 | 0.0012 | 2.39 |
| 3000 | 4.00 | 0.0048 | 2.86 | 3000 | 1.33 | 0.0016 | 2.86 |
| 3500 | 5.00 | 0.0060 | 3.34 | 3500 | 1.65 | 0.0020 | 3.34 |
| 4000 | 5.50 | 0.0066 | 3.82 | 4000 | 1.76 | 0.0021 | 3.82 |
| 4050 | 6.00 | 0.0072 | 3.87 | 4050 | 1.83 | 0.0022 | 3.87 |

| FABR. FRUT. 4 - MUESTRA: M2 | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|------|------------|-----------|-----------|------|
| VERTICAL | | | | HORIZONTAL | | | |
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 500 | 1.00 | 0.0012 | 0.48 | 500 | 0.30 | 0.0004 | 0.48 |
| 1000 | 2.00 | 0.0024 | 0.95 | 1000 | 0.60 | 0.0007 | 0.95 |
| 1500 | 2.50 | 0.0030 | 1.43 | 1500 | 0.85 | 0.0010 | 1.43 |
| 2000 | 3.00 | 0.0036 | 1.91 | 2000 | 1.00 | 0.0012 | 1.91 |
| 2500 | 3.50 | 0.0042 | 2.38 | 2500 | 1.17 | 0.0014 | 2.38 |
| 3000 | 4.20 | 0.0050 | 2.86 | 3000 | 1.40 | 0.0017 | 2.86 |
| 3500 | 4.90 | 0.0058 | 3.34 | 3500 | 1.50 | 0.0018 | 3.34 |
| 4000 | 6.00 | 0.0072 | 3.81 | 4000 | 1.65 | 0.0020 | 3.81 |
| 4200 | 6.50 | 0.0077 | 4.00 | 4200 | 1.90 | 0.0023 | 4.00 |



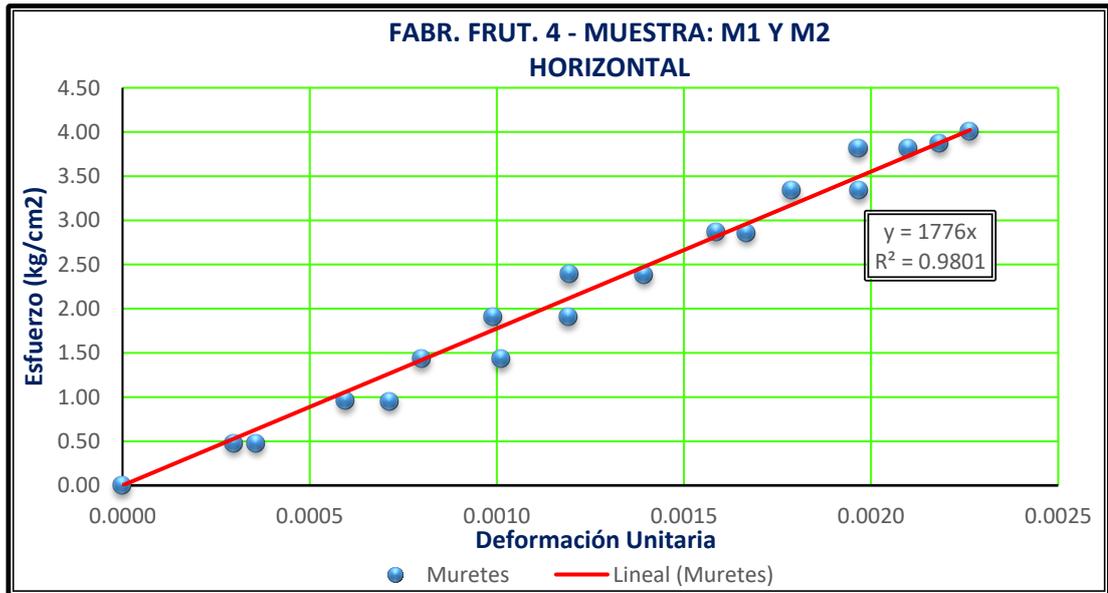


Gráfico 22: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en muretes de ladrillo artesanal (Fabrica FRUT. 4)

Tabla 112: Esfuerzo vs deformación en muretes del ladrillo artesanal de Bambamarca LÚC.

| FABR. LÚC. - MUESTRA: M1 | | | | | | | |
|--------------------------|-----------|-----------|------|------------|-----------|-----------|------|
| VERTICAL | | | | HORIZONTAL | | | |
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 500 | 0.50 | 0.0006 | 0.49 | 500 | 0.10 | 0.0001 | 0.49 |
| 1000 | 1.00 | 0.0012 | 0.98 | 1000 | 0.25 | 0.0003 | 0.98 |
| 1500 | 2.00 | 0.0024 | 1.47 | 1500 | 0.55 | 0.0007 | 1.47 |
| 2000 | 2.80 | 0.0033 | 1.96 | 2000 | 0.78 | 0.0009 | 1.96 |
| 2500 | 3.20 | 0.0038 | 2.45 | 2500 | 0.89 | 0.0011 | 2.45 |
| 3000 | 3.60 | 0.0043 | 2.93 | 3000 | 1.00 | 0.0012 | 2.93 |
| 3500 | 4.00 | 0.0048 | 3.42 | 3500 | 1.11 | 0.0013 | 3.42 |
| 4000 | 4.50 | 0.0054 | 3.91 | 4000 | 1.25 | 0.0015 | 3.91 |
| 4500 | 4.90 | 0.0058 | 4.40 | 4500 | 1.36 | 0.0016 | 4.40 |
| 5000 | 5.50 | 0.0066 | 4.89 | 5000 | 1.53 | 0.0018 | 4.89 |
| 5500 | 6.00 | 0.0072 | 5.38 | 5500 | 1.68 | 0.0020 | 5.38 |
| 5900 | 7.00 | 0.0084 | 5.77 | 5900 | 2.00 | 0.0024 | 5.77 |

| FABR. LÚC. - MUESTRA: M2 | | | | | | | |
|--------------------------|-----------|-----------|------|------------|-----------|-----------|------|
| VERTICAL | | | | HORIZONTAL | | | |
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 500 | 0.50 | 0.0006 | 0.49 | 500 | 0.15 | 0.0002 | 0.49 |
| 1000 | 1.00 | 0.0012 | 0.98 | 1000 | 0.30 | 0.0004 | 0.98 |
| 1500 | 1.40 | 0.0017 | 1.47 | 1500 | 0.41 | 0.0005 | 1.47 |
| 2000 | 2.00 | 0.0024 | 1.95 | 2000 | 0.59 | 0.0007 | 1.95 |
| 2500 | 2.30 | 0.0027 | 2.44 | 2500 | 0.68 | 0.0008 | 2.44 |
| 3000 | 2.80 | 0.0033 | 2.93 | 3000 | 0.82 | 0.0010 | 2.93 |
| 3500 | 3.80 | 0.0045 | 3.42 | 3500 | 1.12 | 0.0013 | 3.42 |
| 4000 | 4.20 | 0.0050 | 3.91 | 4000 | 1.24 | 0.0015 | 3.91 |
| 4500 | 4.80 | 0.0057 | 4.40 | 4500 | 1.45 | 0.0017 | 4.40 |
| 5000 | 6.00 | 0.0072 | 4.88 | 5000 | 1.80 | 0.0021 | 4.88 |

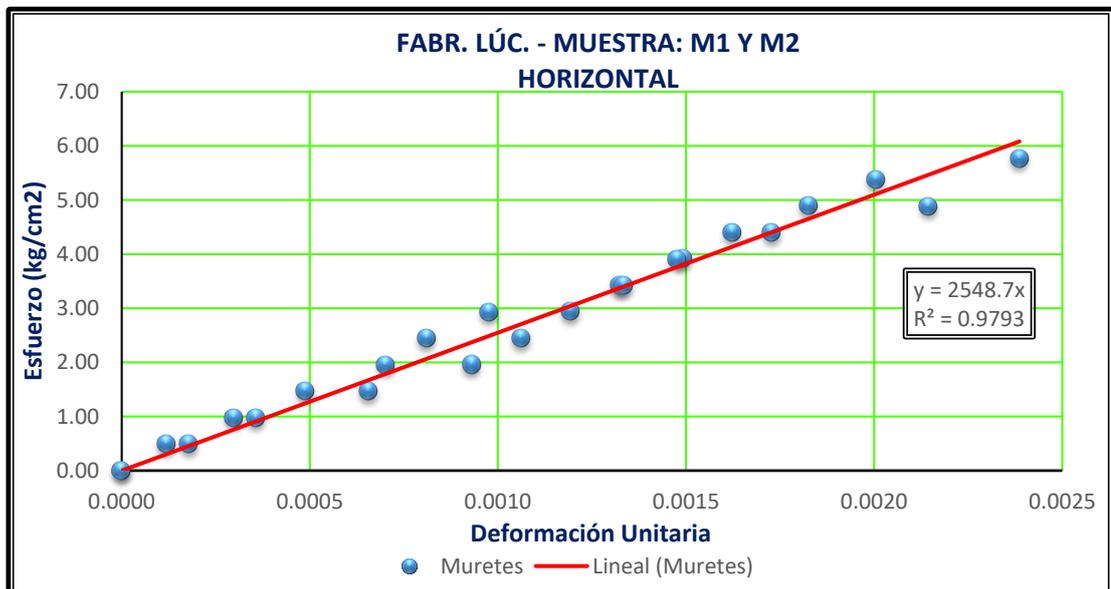
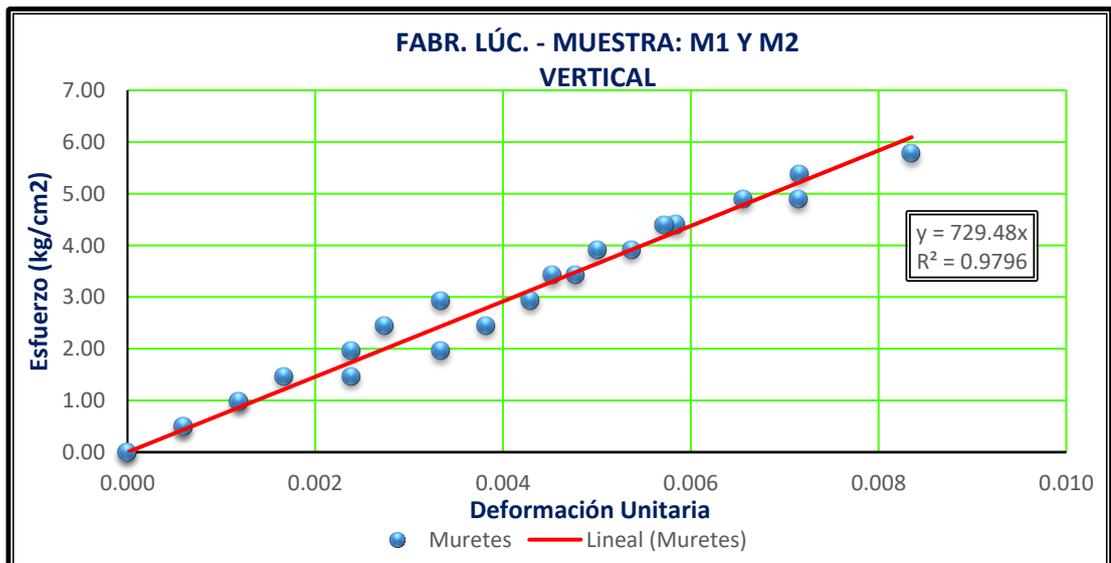


Gráfico 23: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en muretes de ladrillo artesanal (Fabrica LÚC.)

Tabla 113: Esfuerzo vs deformación en muretes del ladrillo artesanal de Bambamarca AGOM.

| FABR. AGOM. - MUESTRA: M1 | | | | | | | |
|---------------------------|-----------|-----------|------|------------|-----------|-----------|------|
| VERTICAL | | | | HORIZONTAL | | | |
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 500 | 0.80 | 0.0010 | 0.48 | 500 | 0.25 | 0.0003 | 0.48 |
| 1000 | 1.25 | 0.0015 | 0.95 | 1000 | 0.42 | 0.0005 | 0.95 |
| 1500 | 2.15 | 0.0026 | 1.43 | 1500 | 0.72 | 0.0009 | 1.43 |
| 2000 | 2.52 | 0.0030 | 1.91 | 2000 | 0.85 | 0.0010 | 1.91 |
| 2500 | 3.15 | 0.0038 | 2.39 | 2500 | 1.00 | 0.0012 | 2.39 |
| 3000 | 3.60 | 0.0043 | 2.86 | 3000 | 1.20 | 0.0014 | 2.86 |
| 3500 | 4.50 | 0.0054 | 3.34 | 3500 | 1.50 | 0.0018 | 3.34 |
| 4000 | 5.00 | 0.0060 | 3.82 | 4000 | 1.65 | 0.0020 | 3.82 |
| 4450 | 5.50 | 0.0066 | 4.25 | 4450 | 1.80 | 0.0021 | 4.25 |

| FABR. AGOM. - MUESTRA: M2 | | | | | | | |
|---------------------------|-----------|-----------|------|------------|-----------|-----------|------|
| VERTICAL | | | | HORIZONTAL | | | |
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 500 | 1.00 | 0.0012 | 0.48 | 500 | 0.35 | 0.0004 | 0.48 |
| 1000 | 1.30 | 0.0015 | 0.95 | 1000 | 0.40 | 0.0005 | 0.95 |
| 1500 | 2.25 | 0.0027 | 1.43 | 1500 | 0.70 | 0.0008 | 1.43 |
| 2000 | 2.70 | 0.0032 | 1.90 | 2000 | 0.90 | 0.0011 | 1.90 |
| 2500 | 3.00 | 0.0036 | 2.38 | 2500 | 1.00 | 0.0012 | 2.38 |
| 3000 | 3.75 | 0.0045 | 2.86 | 3000 | 1.20 | 0.0014 | 2.86 |
| 3500 | 4.50 | 0.0054 | 3.33 | 3500 | 1.50 | 0.0018 | 3.33 |
| 4000 | 4.80 | 0.0057 | 3.81 | 4000 | 1.60 | 0.0019 | 3.81 |
| 4500 | 5.20 | 0.0062 | 4.29 | 4500 | 1.70 | 0.0020 | 4.29 |
| 5000 | 6.00 | 0.0071 | 4.76 | 5000 | 2.00 | 0.0024 | 4.76 |

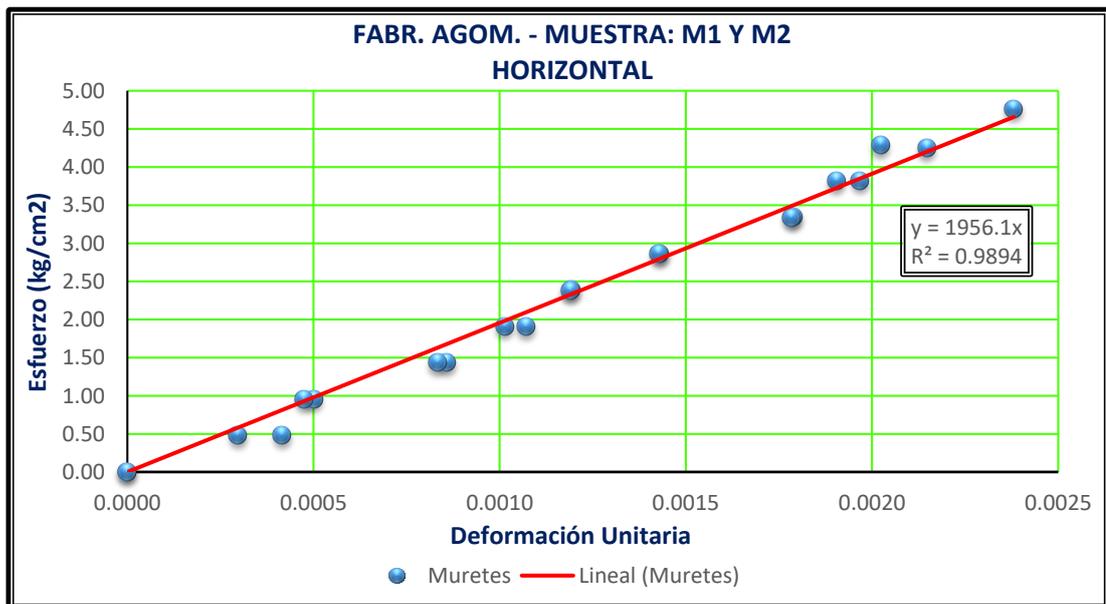
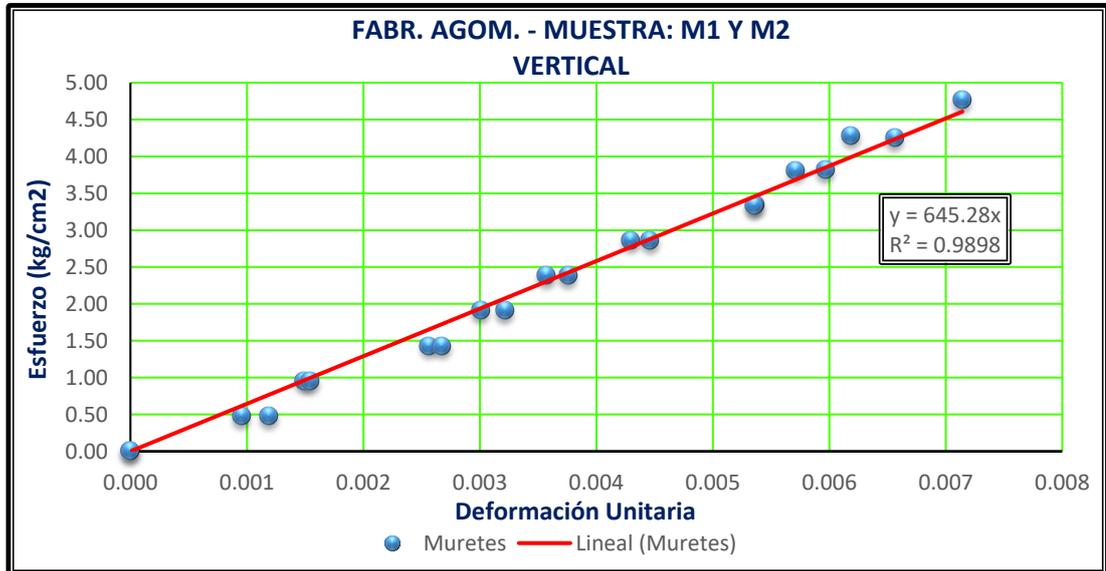
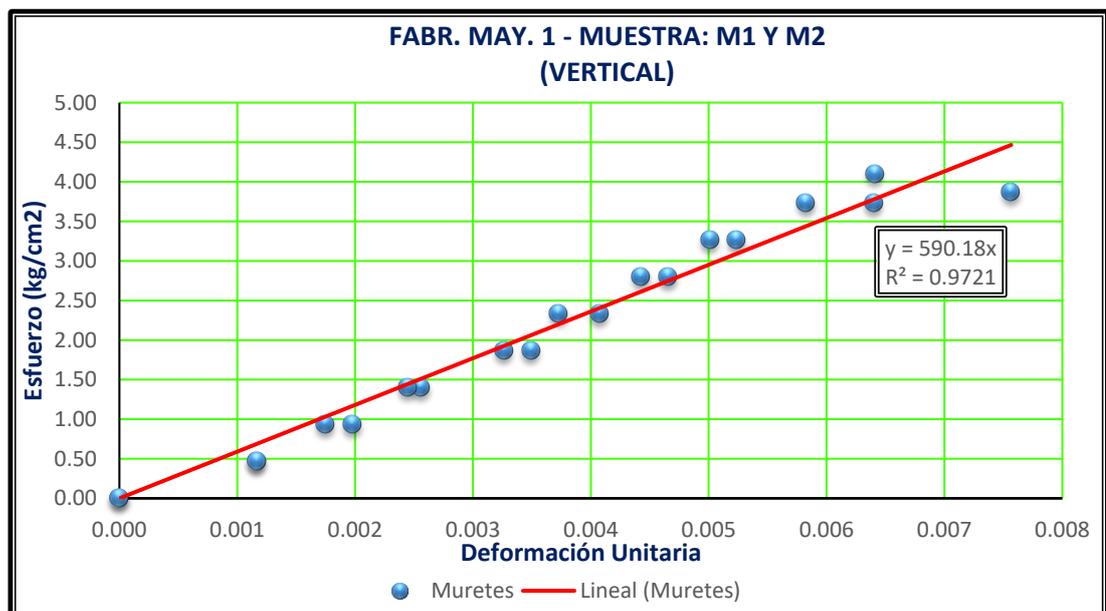


Gráfico 24: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en muretes de ladrillo artesanal (Fabrica AGOM.)

Tabla 114: Esfuerzo vs deformación en muretes del ladrillo artesanal de Bambamarca MAY. 1

| FABR. MAY. 1 - MUESTRA: M1 | | | | | | | |
|----------------------------|-----------|-----------|------|------------|-----------|-----------|------|
| VERTICAL | | | | HORIZONTAL | | | |
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 500 | 1.00 | 0.0012 | 0.47 | 500 | 0.30 | 0.0003 | 0.47 |
| 1000 | 1.70 | 0.0020 | 0.93 | 1000 | 0.55 | 0.0006 | 0.93 |
| 1500 | 2.20 | 0.0026 | 1.40 | 1500 | 0.73 | 0.0008 | 1.40 |
| 2000 | 3.00 | 0.0035 | 1.86 | 2000 | 1.00 | 0.0012 | 1.86 |
| 2500 | 3.50 | 0.0041 | 2.33 | 2500 | 1.20 | 0.0014 | 2.33 |
| 3000 | 4.00 | 0.0047 | 2.79 | 3000 | 1.30 | 0.0015 | 2.79 |
| 3500 | 4.50 | 0.0052 | 3.26 | 3500 | 1.50 | 0.0017 | 3.26 |
| 4000 | 5.50 | 0.0064 | 3.73 | 4000 | 1.85 | 0.0022 | 3.73 |
| 4150 | 6.50 | 0.0076 | 3.86 | 4150 | 2.00 | 0.0023 | 3.86 |

| FABR. MAY. 1 - MUESTRA: M2 | | | | | | | |
|----------------------------|-----------|-----------|------|------------|-----------|-----------|------|
| VERTICAL | | | | HORIZONTAL | | | |
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 500 | 1.00 | 0.0012 | 0.47 | 500 | 0.35 | 0.0004 | 0.47 |
| 1000 | 1.50 | 0.0017 | 0.93 | 1000 | 0.50 | 0.0006 | 0.93 |
| 1500 | 2.10 | 0.0024 | 1.40 | 1500 | 0.70 | 0.0008 | 1.40 |
| 2000 | 2.80 | 0.0033 | 1.86 | 2000 | 0.95 | 0.0011 | 1.86 |
| 2500 | 3.20 | 0.0037 | 2.33 | 2500 | 1.05 | 0.0012 | 2.33 |
| 3000 | 3.80 | 0.0044 | 2.80 | 3000 | 1.30 | 0.0015 | 2.80 |
| 3500 | 4.30 | 0.0050 | 3.26 | 3500 | 1.40 | 0.0016 | 3.26 |
| 4000 | 5.00 | 0.0058 | 3.73 | 4000 | 1.65 | 0.0019 | 3.73 |
| 4400 | 5.50 | 0.0064 | 4.10 | 4400 | 1.85 | 0.0022 | 4.10 |



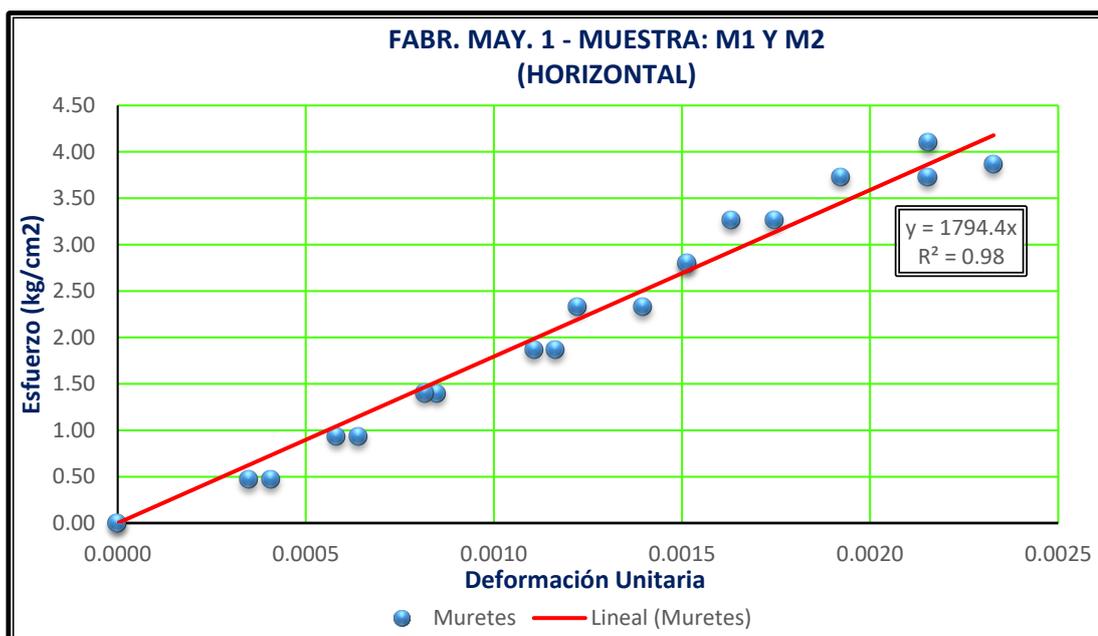


Gráfico 25: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en muretes de ladrillo artesanal (Fabrica MAY. 01)

Tabla 115: Esfuerzo vs deformación en muretes del ladrillo artesanal de Bambamarca MAY. 2

| FABR. MAY. 2 - MUESTRA: M1 | | | | | | | |
|----------------------------|-----------|-----------|------|------------|-----------|-----------|------|
| VERTICAL | | | | HORIZONTAL | | | |
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 500 | 1.00 | 0.0012 | 0.48 | 500 | 0.25 | 0.0003 | 0.48 |
| 1000 | 1.50 | 0.0018 | 0.95 | 1000 | 0.50 | 0.0006 | 0.95 |
| 1500 | 2.50 | 0.0030 | 1.43 | 1500 | 0.80 | 0.0010 | 1.43 |
| 2000 | 3.00 | 0.0036 | 1.91 | 2000 | 1.00 | 0.0012 | 1.91 |
| 2500 | 4.20 | 0.0050 | 2.39 | 2500 | 1.40 | 0.0017 | 2.39 |
| 3000 | 5.00 | 0.0060 | 2.86 | 3000 | 1.50 | 0.0018 | 2.86 |
| 3500 | 5.80 | 0.0069 | 3.34 | 3500 | 1.80 | 0.0021 | 3.34 |
| 3700 | 6.00 | 0.0072 | 3.53 | 3700 | 2.00 | 0.0024 | 3.53 |

| FABR. MAY. 2 - MUESTRA: M2 | | | | | | | |
|----------------------------|-----------|-----------|------|------------|-----------|-----------|------|
| VERTICAL | | | | HORIZONTAL | | | |
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 500 | 1.00 | 0.0012 | 0.48 | 500 | 0.20 | 0.0002 | 0.48 |
| 1000 | 1.50 | 0.0018 | 0.95 | 1000 | 0.50 | 0.0006 | 0.95 |
| 1500 | 2.50 | 0.0030 | 1.43 | 1500 | 0.75 | 0.0009 | 1.43 |
| 2000 | 3.20 | 0.0038 | 1.90 | 2000 | 1.10 | 0.0013 | 1.90 |
| 2500 | 4.00 | 0.0048 | 2.38 | 2500 | 1.30 | 0.0015 | 2.38 |
| 3000 | 4.50 | 0.0054 | 2.85 | 3000 | 1.50 | 0.0018 | 2.85 |
| 3500 | 5.50 | 0.0065 | 3.33 | 3500 | 1.70 | 0.0020 | 3.33 |
| 4000 | 7.00 | 0.0083 | 3.80 | 4000 | 1.80 | 0.0021 | 3.80 |

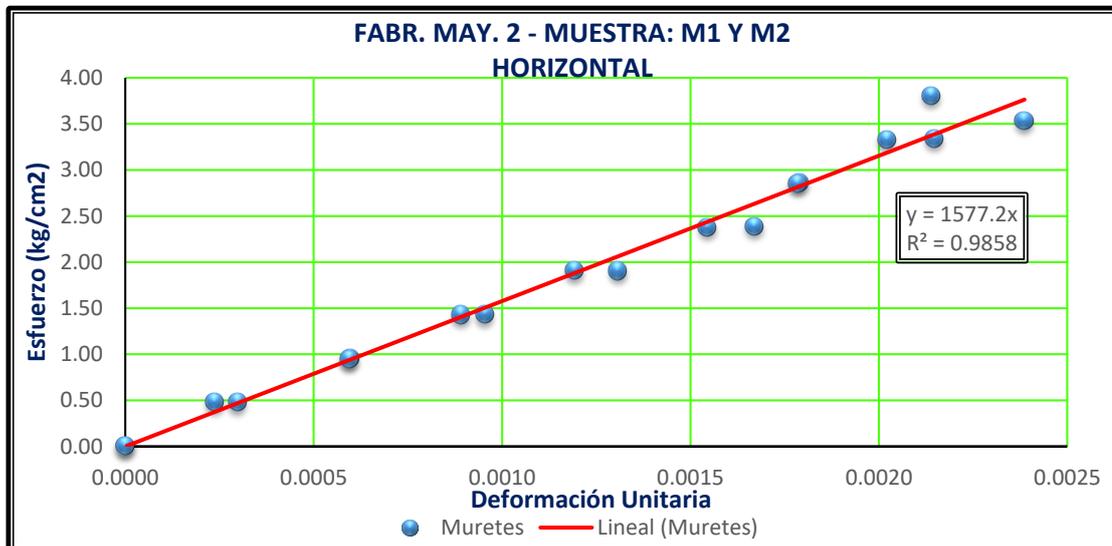
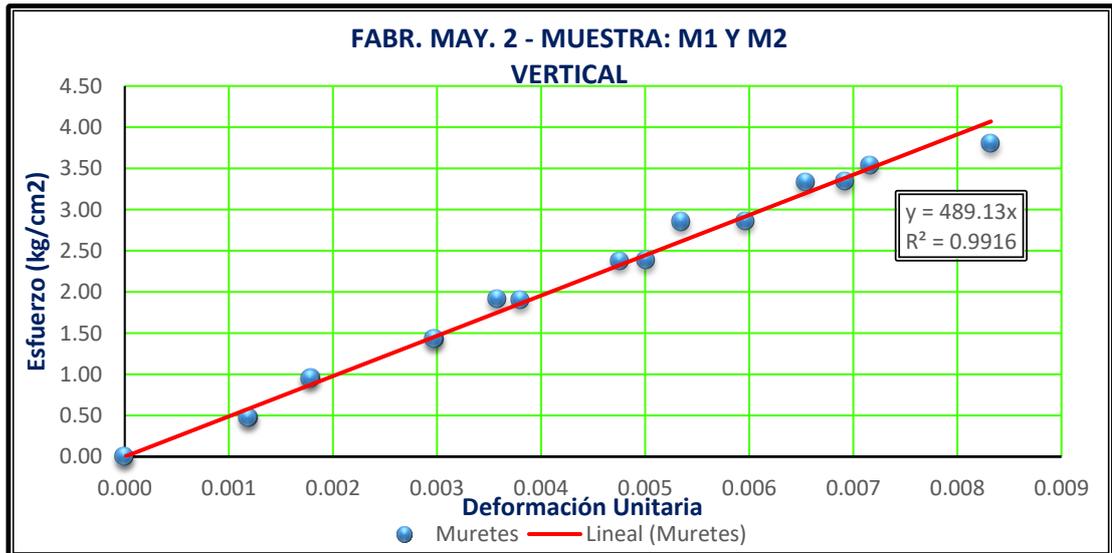


Gráfico 26: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en muretes de ladrillo artesanal (Fabrica MAY. 2)

Tabla 116: Esfuerzo vs deformación en muretes del ladrillo artesanal de Bambamarca MAY. 3

| FABR. MAY. 3 - MUESTRA: M1 | | | | | | | |
|----------------------------|-----------|-----------|------|------------|-----------|-----------|------|
| VERTICAL | | | | HORIZONTAL | | | |
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 500 | 0.80 | 0.0010 | 0.47 | 500 | 0.20 | 0.0002 | 0.47 |
| 1000 | 1.60 | 0.0019 | 0.94 | 1000 | 0.45 | 0.0005 | 0.94 |
| 1500 | 2.50 | 0.0030 | 1.41 | 1500 | 0.71 | 0.0008 | 1.41 |
| 2000 | 3.20 | 0.0038 | 1.88 | 2000 | 0.90 | 0.0011 | 1.88 |
| 2500 | 4.00 | 0.0048 | 2.35 | 2500 | 1.15 | 0.0014 | 2.35 |
| 3000 | 4.40 | 0.0053 | 2.82 | 3000 | 1.26 | 0.0015 | 2.82 |
| 3500 | 4.80 | 0.0057 | 3.29 | 3500 | 1.37 | 0.0016 | 3.29 |
| 4000 | 5.20 | 0.0062 | 3.76 | 4000 | 1.49 | 0.0018 | 3.76 |
| 4500 | 6.00 | 0.0072 | 4.23 | 4500 | 1.70 | 0.0020 | 4.23 |
| 4850 | 6.50 | 0.0078 | 4.56 | 4850 | 1.85 | 0.0022 | 4.56 |

| FABR. MAY. 3 - MUESTRA: M2 | | | | | | | |
|----------------------------|-----------|-----------|------|------------|-----------|-----------|------|
| VERTICAL | | | | HORIZONTAL | | | |
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.0000 | 0.00 |
| 500 | 0.80 | 0.0010 | 0.47 | 500 | 0.25 | 0.0003 | 0.47 |
| 1000 | 1.30 | 0.0016 | 0.94 | 1000 | 0.43 | 0.0005 | 0.94 |
| 1500 | 1.75 | 0.0021 | 1.41 | 1500 | 0.58 | 0.0007 | 1.41 |
| 2000 | 2.25 | 0.0027 | 1.88 | 2000 | 0.75 | 0.0009 | 1.88 |
| 2500 | 2.40 | 0.0029 | 2.35 | 2500 | 0.80 | 0.0010 | 2.35 |
| 3000 | 2.80 | 0.0033 | 2.82 | 3000 | 0.93 | 0.0011 | 2.82 |
| 3500 | 3.60 | 0.0043 | 3.29 | 3500 | 1.20 | 0.0014 | 3.29 |
| 4000 | 4.50 | 0.0054 | 3.76 | 4000 | 1.50 | 0.0018 | 3.76 |
| 4200 | 5.20 | 0.0062 | 3.95 | 4200 | 1.75 | 0.0021 | 3.95 |

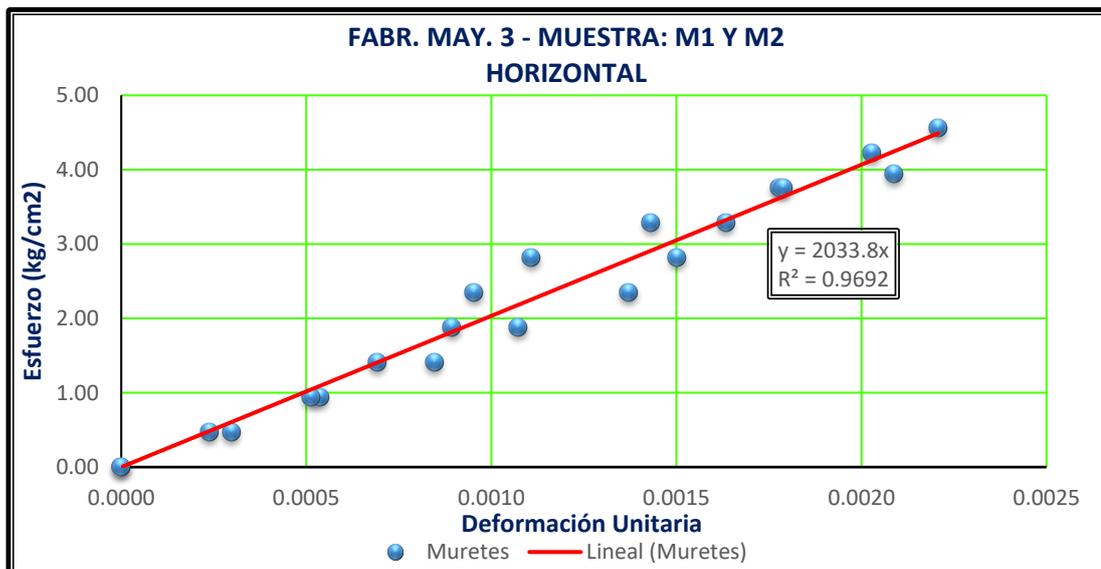
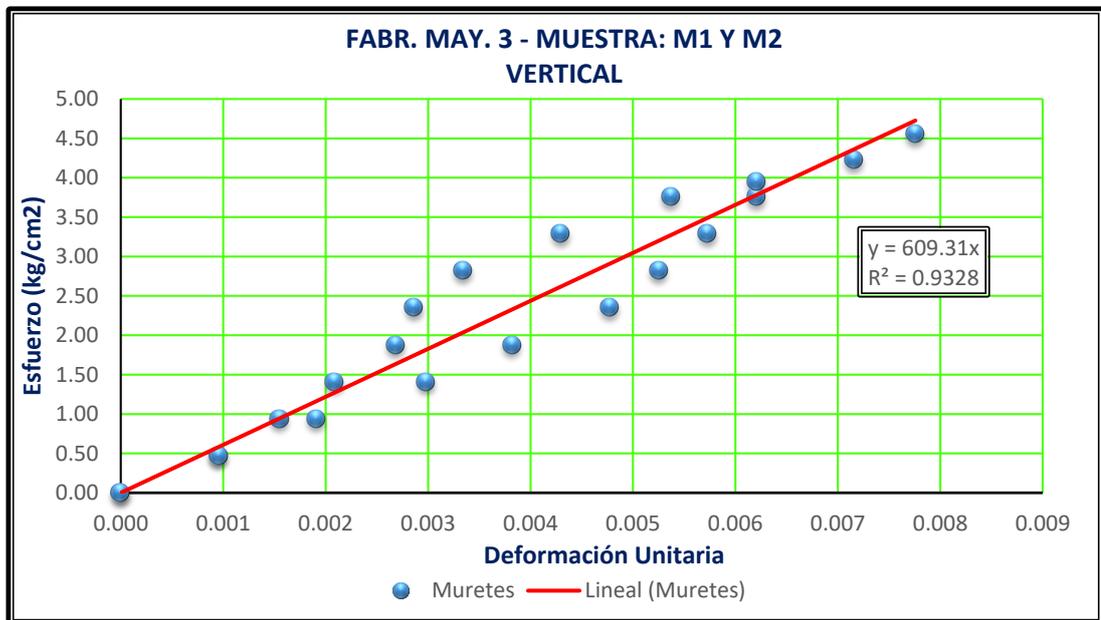


Gráfico 27: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación en muretes de ladrillo artesanal (Fabrica MAY. 3)

Tabla 117. Calculo del módulo de corte del ladrillo artesanal de Bambamarca

| Fábrica Artesanal | $\epsilon_{uv10\%} * 10^{-3}$ | $\epsilon_{uv50\%} * 10^{-3}$ | $\epsilon_{uH10\%} * 10^{-3}$ | $\epsilon_{uH50\%} * 10^{-3}$ | $\delta_{u10\%}$ (Kg/cm²) | $\delta_{u50\%}$ (Kg/cm²) | Módulo de Corte (Gm) (kg/cm²) |
|--------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| FRUT. 1 | 7.58E-04 | 3.79E-03 | 2.33E-04 | 1.17E-03 | 0.44 | 2.22 | 4.48E+02 |
| FRUT. 2 | 7.76E-04 | 3.88E-03 | 2.80E-04 | 1.40E-03 | 0.58 | 2.90 | 5.49E+02 |
| FRUT. 3 | 6.40E-04 | 3.20E-03 | 2.37E-04 | 1.19E-03 | 0.39 | 1.96 | 4.47E+02 |
| FRUT. 4 | 7.75E-04 | 3.87E-03 | 2.26E-04 | 1.13E-03 | 0.43 | 2.15 | 4.29E+02 |
| LÚC. | 8.35E-04 | 4.18E-03 | 2.39E-04 | 1.19E-03 | 0.61 | 3.05 | 5.67E+02 |
| AGOM. | 7.14E-04 | 3.57E-03 | 2.38E-04 | 1.19E-03 | 0.46 | 2.30 | 4.84E+02 |
| MAY. 1 | 7.57E-04 | 3.78E-03 | 2.33E-04 | 1.16E-03 | 0.45 | 2.23 | 4.51E+02 |
| MAY. 2 | 8.32E-04 | 4.16E-03 | 2.39E-04 | 1.19E-03 | 0.41 | 2.04 | 3.80E+02 |
| MAY. 3 | 7.76E-04 | 3.88E-03 | 2.21E-04 | 1.10E-03 | 0.47 | 2.36 | 4.74E+02 |

8. MORTERO.

8.1. PROPIEDADES DEL AGREGADO FINO

A. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO.

Ensayos según la norma ASTM C33-07; el uso granulométrico es del tipo C.

➤ ENSAYO N° 01

Tabla 118. Granulometría (ensayo 01)

| Peso de la muestra seca al horno = 1500 gr. | | | | | |
|---------------------------------------------|---------------|--------------------|------------|----------------------|------------|
| Tamiz N° | Abertura (mm) | Peso retenido (gr) | % retenido | % Retenido acumulado | % que pasa |
| 4 | 4.75 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 8 | 2.38 | 52 | 3.47 | 3.47 | 96.53 |
| 16 | 1.18 | 233 | 15.53 | 19.00 | 81.00 |
| 30 | 0.6 | 300 | 20.00 | 39.00 | 61.00 |
| 50 | 0.3 | 440 | 29.33 | 68.33 | 31.67 |
| 100 | 0.15 | 341 | 22.73 | 91.07 | 8.93 |
| 200 | 0.07 | 114 | 7.60 | 98.67 | 1.33 |
| Cazoleta | | 20 | 1.33 | 100.00 | 0.00 |

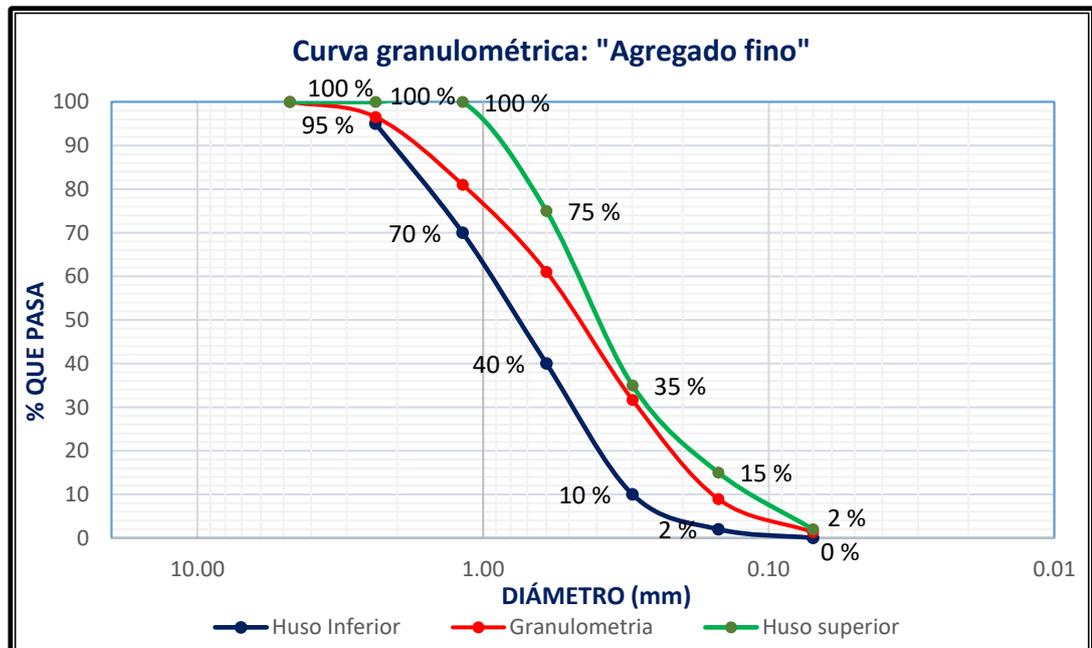


Gráfico 28: Curva granulométrica del agregado fino (Ensayo 01)

➤ ENSAYO N° 02

Tabla 119. Granulometría (ensayo 02)

| Peso de la muestra seca al horno = 1500 gr. | | | | | |
|---------------------------------------------|---------------|--------------------|------------|----------------------|------------|
| Tamiz N° | Abertura (mm) | Peso retenido (gr) | % retenido | % Retenido acumulado | % que pasa |
| 4 | 4.75 | 0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 8 | 2.38 | 53 | 3.53 | 3.53 | 96.47 |
| 16 | 1.18 | 232 | 15.47 | 19.00 | 81.00 |
| 30 | 0.6 | 303 | 20.20 | 39.20 | 60.80 |
| 50 | 0.3 | 436 | 29.07 | 68.27 | 31.73 |
| 100 | 0.15 | 330 | 22.00 | 90.27 | 9.73 |
| 200 | 0.07 | 119 | 7.93 | 98.20 | 1.80 |
| Cazoleta | | 27 | 1.80 | 100.00 | 0.00 |

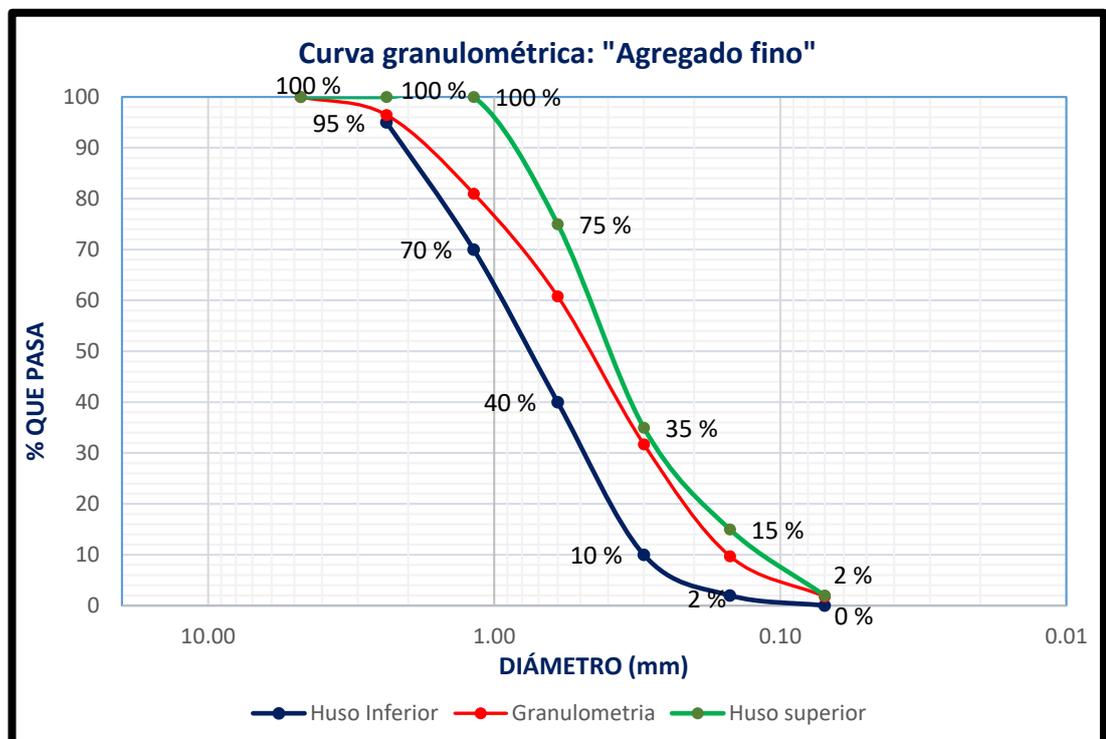


Gráfico 29: Curva granulométrica del agregado fino (Ensayo 02)

➤ ENSAYO N° 03

Tabla 120. Granulometría (ensayo 03)

| Peso de la muestra seca al horno = 1500 gr. | | | | | |
|---------------------------------------------|---------------|--------------------|------------|----------------------|------------|
| Tamiz N° | Abertura (mm) | Peso retenido (gr) | % retenido | % Retenido acumulado | % que pasa |
| 4 | 4.75 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 8 | 2.38 | 44 | 2.93 | 2.93 | 97.07 |
| 16 | 1.18 | 244 | 16.27 | 19.20 | 80.80 |
| 30 | 0.6 | 311 | 20.73 | 39.93 | 60.07 |
| 50 | 0.3 | 428 | 28.53 | 68.47 | 31.53 |
| 100 | 0.15 | 333 | 22.20 | 90.67 | 9.33 |
| 200 | 0.07 | 117 | 7.80 | 98.47 | 1.53 |
| Cazoleta | | 23 | 1.53 | 100.00 | 0.00 |

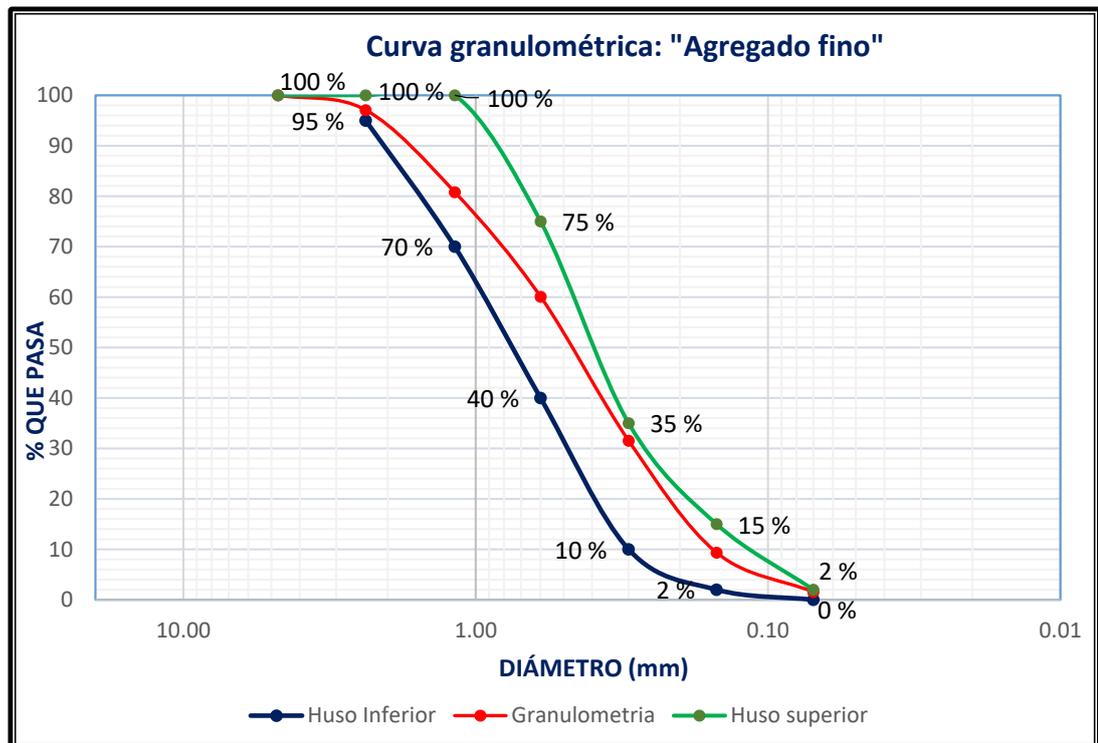


Gráfico 30: Curva granulométrica del agregado fino (Ensayo 03)

B. MÓDULO DE FINURA.

Del análisis granulometría, calculamos el módulo de finura, sumando los porcentajes retenidos acumulados en las mallas estándar y se divide entre cien (100), se encontraron los siguientes resultados:

Tabla 121. Módulo de finura del agregado fino

| ENSAYO N° | mf |
|-----------------|-------------|
| 01 | 2.209 |
| 02 | 2.203 |
| 03 | 2.212 |
| Promedio | 2.21 |

C. CONTENIDO DE HUMEDAD (W%).

Tabla 122. Contenido de humedad del agregado fino

| N° Ensayo | 1 | 2 | 3 |
|------------------------|--------------|-------|-------|
| Peso muestra húmeda | 1000 | 1002 | 1001 |
| Peso muestra seca | 957.4 | 960.3 | 956.5 |
| Contenido de humedad % | 4.45% | 4.34% | 4.65% |
| W% Promedio | 4.48% | | |

D. ABSORCIÓN (%Absorción).

Tabla 123. Absorción del agregado fino

| Descripción | Ensayo 1 | Ensayo 2 | Ensayo 3 |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| peso de la fiola | 200.10 gr | 200.10 gr | 200.10 gr |
| Peso de la muestra saturada con superficie seca | 500.00 gr | 500.00 gr | 500.00 gr |
| Peso de la muestra saturada con superficie seca + peso de la fiola | 700.10 gr | 700.10 gr | 700.10 gr |
| Peso de la muestra saturada con superficie seca + peso de la fiola + peso del agua | 1010.10 gr | 1009.80 gr | 1009.30 gr |
| Volumen de agua añadida (Va) | 310.0 cm ³ | 309.7 cm ³ | 309.2 cm ³ |
| Peso de la arena seca (Wo) | 493.2 gr | 493.0 gr | 493.3 gr |
| Volumen de la fiola (V) | 500.0 cm ³ | 500.0 cm ³ | 500.0 cm ³ |
| Pemasa=Wo/(V-Va) | 2.60 gr/cm ³ | 2.59 gr/cm ³ | 2.59 gr/cm ³ |
| Pesss=500/(V-Va) | 2.63 gr/cm ³ | 2.63 gr/cm ³ | 2.62 gr/cm ³ |
| Pea=Wo/[(V-Va)-(500-Wo)] | 2.69 gr/cm ³ | 2.69 gr/cm ³ | 2.68 gr/cm ³ |
| Abs=[(500-Wo)*100]/Wo | 1.38% | 1.42% | 1.36% |
| % Absorción | 1.39% | | |

E. PESO UNITARIO.

Tabla 124. Cálculo del factor “f”

| | | | |
|----------------------------------------|---------|-------------------------------|---------|
| Peso de la fiola en (g) | 151.00 | CALCULO DEL FACTOR “f” | |
| Peso de la fiola en (g) | 649.34 | | |
| Volumen de la fiola (cm ³) | 500.00 | Peso del Molde (g) | 3880.00 |
| Peso específico (g/cm ³) | 0.99668 | Peso del Molde + Agua (g) | 6850.00 |
| P.e en (Kg/m ³) | 996.68 | Peso Agua (Kg) | 2.9700 |
| | | f (1/m ³) | 335.582 |

➤ PESO UNITARIO SUELTO SECO (Puss).

Tabla 125. Peso unitario suelto seco del agregado fino.

| N° Ensayo | 1 | 2 | 3 |
|------------------------------------------------|--------------------------|---------|---------|
| Peso del molde (kg) | 3.88 | 3.88 | 3.88 |
| Peso del molde + material (kg) | 8.705 | 8.71 | 8.715 |
| Peso de material (kg) | 4.825 | 4.832 | 4.835 |
| Factor (F) | 335.58 | 335.58 | 335.58 |
| Peso unitario suelto seco (kg/m ³) | 1619.19 | 1621.53 | 1622.54 |
| Puss promedio | 1621.1 kg/m ³ | | |

➤ PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (Pucs).

Tabla 126. Peso unitario seco compactado del agregado fino.

| N° Ensayo | 1 | 2 | 3 |
|----------------------------------------------------|--------------------------|---------|---------|
| Peso del molde (kg) | 3.88 | 3.88 | 3.88 |
| Peso del molde + material (kg) | 9.044 | 9.025 | 9.055 |
| Peso de material (kg) | 5.164 | 5.145 | 5.175 |
| Factor (F) | 335.58 | 335.58 | 335.58 |
| Peso unitario compactado seco (kg/m ³) | 1732.95 | 1726.57 | 1736.64 |
| P ucs promedio | 1732.1 kg/m ³ | | |

F. PESO ESPECIFICO DE MASA.

Tabla 127. Peso específico de masa del agregado fino

| N° Ensayo | 1 | 2 | 3 |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------|-------|
| Peso en el aire de la muestra seca en estufa (gr) | 493.2 | 493 | 493.3 |
| Volumen del frasco (cm ³) | 500 | 500 | 500 |
| Peso en (gr) o Volumen (cm ³) del agua añadida al frasco | 310 | 309.7 | 309.2 |
| Peso específico de masa (gr/cm ³) | 2.60 | 2.59 | 2.59 |
| Pem (gr/cm³) promedio | 2.591 kg/m ³ | | |

8.2. DISEÑO ANALÍTICO DEL MORTERO.

| | | | |
|--------------------------------|----------------|----------------------|------------|
| Proporción del mortero: | Cemento | Agregado fino | A/C |
| | 1 | 4 | 0.9 |

Cemento

Portland Tipo Ico (Pacasmayo) NTP: 334.090 / ASTM: C 1157, Peso específico = 2.95 gr/cm³

Características del agregado fino:

| | |
|-------------------------------|---------------------------|
| Peso específico de masa | 2.59 gr/cm ³ |
| Peso unitario suelto seco | 1621.09 kg/m ³ |
| Peso unitario compactado seco | 1732.05 kg/m ³ |
| Contenido de humedad (%) | 4.48% |
| Absorción (%) | 1.39% |
| Módulo de finura | 2.21 |

Cantidad de materiales en base a una bolsa de cemento (secos)

| | |
|----------------|-----------|
| Cemento | 42.50 Kg |
| A. fino | 183.61 Kg |
| Agua de diseño | 38.25 lt |

Volúmenes absolutos

| | |
|----------------------------|------------------------------------------|
| Cemento | 0.014407 m ³ |
| A. fino | 0.070892 m ³ |
| Agua de diseño | 0.038250 m ³ |
| | $\Sigma =$ 0.123549 m³ |
| Aire 3.5 % Olla Washington | 0.004324 m ³ |
| Volumen total | 0.127873 m³ |

Factor cemento: F.C. = 1 / 0.127873 = 7.82026 bolsas

Materiales por m³ (secos)

| | |
|----------------|------------|
| Cemento | 332.36 Kg |
| A. fino | 1435.88 Kg |
| Agua de diseño | 299.12 lts |

Materiales por m³ (húmedos)

| | |
|---------------|------------|
| Cemento | 332.36 Kg |
| A. fino | 1500.21 Kg |
| Agua efectiva | 254.75 lts |

Proporción en peso de la mezcla en obra

| | | |
|----------------|----------------------|-------------|
| Cemento | Agregado fino | Agua |
| 1 | 4.514 | 0.766 |

Tanda de 0.02 m³ para especímenes de mortero

| | | |
|----------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento (Kg.) | Agregado fino (Kg.) | Agua (Lts.) |
| 6.647 | 30.00 | 5.095 |

Tanda (para 1/4 de bolsa de cemento) mortero para pilas y muretes.

| | | |
|----------------------|----------------------------|--------------------|
| Cemento (Kg.) | Agregado fino (Kg.) | Agua (Lts.) |
| 10.625 | 47.961 | 8.139 |

8.3. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL MORTERO.

Tabla 128. Esfuerzo vs deformación del mortero

| ESPECIMEN M1 | | | | ESPECIMEN M2 | | | |
|--------------|-----------|-----------|--------|--------------|-----------|-----------|--------|
| Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. | Carga (Kg) | Def. (mm) | Def. Unit | Esf. |
| 0 | 0.00 | 0.00000 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.00000 | 0.00 |
| 1000 | 0.01 | 0.00003 | 5.48 | 1000 | 0.05 | 0.00016 | 5.48 |
| 2000 | 0.02 | 0.00005 | 10.96 | 2000 | 0.10 | 0.00033 | 10.96 |
| 3000 | 0.07 | 0.00023 | 16.45 | 3000 | 0.20 | 0.00066 | 16.45 |
| 4000 | 0.18 | 0.00059 | 21.93 | 4000 | 0.25 | 0.00083 | 21.93 |
| 5000 | 0.22 | 0.00072 | 27.41 | 5000 | 0.34 | 0.00111 | 27.41 |
| 6000 | 0.33 | 0.00108 | 32.89 | 6000 | 0.43 | 0.00141 | 32.89 |
| 7000 | 0.48 | 0.00157 | 38.37 | 7000 | 0.51 | 0.00167 | 38.37 |
| 8000 | 0.57 | 0.00187 | 43.86 | 8000 | 0.63 | 0.00206 | 43.86 |
| 9000 | 0.63 | 0.00206 | 49.34 | 9000 | 0.70 | 0.00229 | 49.34 |
| 10000 | 0.75 | 0.00246 | 54.82 | 10000 | 0.77 | 0.00252 | 54.82 |
| 11000 | 0.82 | 0.00269 | 60.30 | 11000 | 0.82 | 0.00269 | 60.30 |
| 12000 | 0.92 | 0.00301 | 65.78 | 12000 | 0.87 | 0.00285 | 65.78 |
| 13000 | 0.98 | 0.00321 | 71.27 | 13000 | 0.97 | 0.00318 | 71.27 |
| 14000 | 1.08 | 0.00354 | 76.75 | 14000 | 1.08 | 0.00354 | 76.75 |
| 15000 | 1.14 | 0.00374 | 82.23 | 15000 | 1.14 | 0.00374 | 82.23 |
| 16000 | 1.24 | 0.00406 | 87.71 | 16000 | 1.17 | 0.00383 | 87.71 |
| 17000 | 1.33 | 0.00436 | 93.19 | 17000 | 1.31 | 0.00429 | 93.19 |
| 18000 | 1.45 | 0.00475 | 98.68 | 18000 | 1.42 | 0.00465 | 98.68 |
| 19000 | 1.58 | 0.00518 | 104.16 | 19000 | 1.53 | 0.00501 | 104.16 |
| 20000 | 1.61 | 0.00528 | 109.64 | 20000 | 1.60 | 0.00524 | 109.64 |
| 21000 | 1.72 | 0.00564 | 115.12 | 21000 | 1.77 | 0.00580 | 115.12 |
| 22000 | 1.85 | 0.00606 | 120.60 | 22000 | 1.88 | 0.00616 | 120.60 |
| 23000 | 2.01 | 0.00659 | 126.09 | 23000 | 2.02 | 0.00662 | 126.09 |
| 24000 | 2.12 | 0.00695 | 131.57 | 24000 | 2.08 | 0.00682 | 131.57 |
| 25000 | 2.23 | 0.00731 | 137.05 | 25000 | 2.16 | 0.00708 | 137.05 |
| 26000 | 2.31 | 0.00757 | 142.53 | 25250 | 2.20 | 0.00721 | 138.42 |
| 26500 | 2.35 | 0.00770 | 145.27 | | | | |

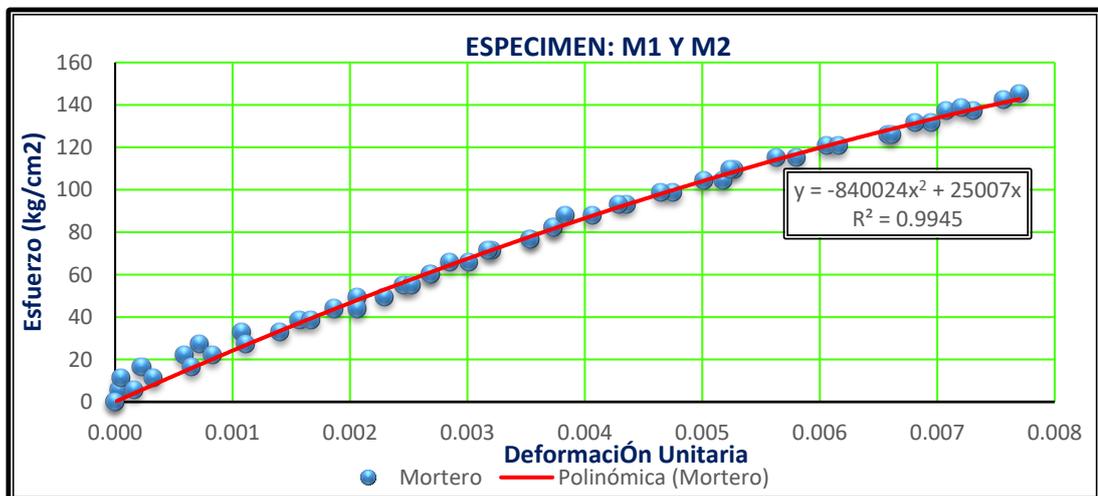


Gráfico 31: Gráfica de Esfuerzo Vs Deformación de los especímenes de mortero

Tabla 129. Características del mortero

| Mortero tipo P2 (1:4) | | |
|-------------------------------|-------|--------------------|
| Característica | Mpa | Kg/cm ² |
| Promedio resistencia f_c | 13.91 | 141.85 |
| Desviación estándar σ | 0.48 | 4.80 |
| Resistencia compresión f'_c | 13.44 | 137.00 |
| Coefficiente de variación (%) | 3.42% | 3.42% |

ANEXO B:
PANEL FOTOGRAFICO



Fig. 30: Vista de la preparación del material para el ladrillo artesanal de Bambamarca



Fig. 31: Vista del cortado (moldeado) del ladrillo artesanal de Bambamarca



Fig. 32: Vista del secado del ladrillo artesanal de Bambamarca



Fig. 33: Vista de la colocación en el horno y cocido del ladrillo artesanal de Bambamarca



Fig. 34: Vista del muestreo en el horno y cocido del ladrillo artesanal de Bambamarca



Fig. 35: Vista de los ensayos de variación dimensional y alabeo del ladrillo artesanal de Bambamarca



Fig. 36: Vista de los ensayos a compresión simple del ladrillo artesanal de Bambamarca



Fig. 37: Vista de los ensayos de absorción del ladrillo artesanal de Bambamarca



Fig. 38: Vista de los ensayos de succión del ladrillo artesanal de Bambamarca



Fig.39: Vista de los ensayos de las propiedades físicas del agregado fino de la cantera del Rio Llaucano del distrito de Bambamarca



Fig. 40: Vista de la comprobación del aire atrapado en el mortero, en la olla de Washington



Fig. 41: Vista del mezclado de materiales y elaboración de los especímenes de mortero



Fig. 42: Vista del ensayo a compresión simple de los especímenes de mortero



Fig. 43: Vista de la construcción de pilas y muretes de ladrillo artesanal de Bambamarca.



Fig. 44: Vista del curado de pilas y muretes de ladrillo artesanal de Bambamarca.



Fig. 45: Vista de la colocación de yeso en las esquinas de los muretes de ladrillo artesanal de Bambamarca



Fig. 46: Vista de los ensayos a compresión de las pilas de ladrillo artesanal de Bambamarca.



Fig. 47: Vista de los ensayos al corte de los muretes de ladrillo artesanal de Bambamarca



Fig. 48: Vista de los ensayos al corte de los muretes de ladrillo artesanal de Bambamarca



Fig. 49: Fotografía con mi asesor de tesis ensayando los muretes en el Laboratorio de Materiales Carlos Esparza Díaz de la UNC.