

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
SEDE JAÉN**



“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LADRILLOS DE ARCILLA KING KONG FABRICADOS ARTESANALMENTE EN LA COMUNIDAD EL FRUTILLO - BAMBAMARCA”

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

PRESENTADO POR:

**BACHILLER: Elar Antonio Fernández Díaz
ASESOR: Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo**

JAÉN - CAJAMARCA - PERÚ

2014

**COPYRIGHT © 2014 by
ELAR ANTONIO FERNÁNDEZ DÍAZ
Todos los derechos reservados**

A:

Mis padres y hermanos quienes han sido mi apoyo, para poder llegar a este punto de mi carrera profesional; ya que con su ejemplo, dedicación y palabras de aliento me ayudaron a lograr mis objetivos y metas trazadas. Gracias por ser como son, porque su presencia y persona han ayudado a construir y forjar la persona que ahora soy... Los amo

ÍNDICE

Contenido	Página
Dedicatoria	iii
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	viii
Lista de abreviaciones.....	ix
Resumen	x
Abstract	xi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	01
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	03
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	03
2.2. BASES TEÓRICAS	06
2.2.1. Historia del ladrillo	06
2.2.2. La industria ladrillera en el Perú	07
2.2.3. El ladrillo	08
2.2.4. Materia prima (NTP ITINTEC 331.017, 1978)	08
2.2.5. Manufactura (NTP ITINTEC 331.017, 1978)	09
2.2.6. Tipos de ladrillo (NTP ITINTEC 331.017, 1978)	09
2.2.7. Dimensiones y áreas (NTP ITINTEC 331.017, 1978)	10
2.2.8. Clasificación (NTP ITINTEC 331.017, 1978)	10
2.2.9. Condiciones generales (NTP ITINTEC 331.017, 1978)	11
2.2.10. Requisitos (NTP ITINTEC 331.017, 1978)	11
2.2.11. Propiedades del ladrillo de arcilla (NTP ITINTEC 331.017, 1978)	13
2.2.12. Métodos de ensayos para determinar las propiedades del ladrillo de arcilla (NTP ITINTEC 331.018, 1978)	14
A) Variación De Dimensiones	14
B) Alabeo	16
C) Resistencia a la compresión	18
D) Densidad	21
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	23

A) Albañilería	23
B) Unidad de Albañilería	23
C) Alabeo	24
D) Cóncavo y convexo.	24
E) Densidad	24
F) Espécimen	24
G) Muestra	24
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	25
3.2. IDENTIFICACIÓN DE LADRILLERAS Y SUS MUESTRAS	26
3.3. MATERIALES, MUESTRA Y EQUIPOS	26
3.4. PROCEDIMIENTO	27
3.4.1. Trabajo en campo	27
3.4.2. Trabajo de laboratorio	28
3.4.3. Fase de Gabinete	28
3.5. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	28
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	31
4.1. ENSAYOS DE LAS UNIDADES Y ALBAÑILERÍA SIMPLE, RESULTADOS Y CLASIFICACION SEGÚN NORMA PERUANA (NORMA E 0.70)	31
4.1.1. Propiedades de la unidad de albañilería	31
4.1.2. Ensayos	31
A. Variación Dimensional	31
B. Alabeo	44
C. Ensayo de compresión de la unidad ($f'b=f'cb$)	47
D. Densidad	50
4.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	52
4.3. CONSTATAción DE LA HIPÓTESIS	59
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS	61
ANEXO A:	63

ÍNDICE DE TABLAS

Título	Página
Tabla 1. Variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión y densidad	12
Tabla 2. Tipo de ladrillo en función de condiciones de uso e Intemperismo	13
Tabla 3. Localización y ubicación geográfica de la zona en estudio.	25
Tabla 4. Tabla de la identificación y registro de las ladrilleras de la comunidad el Frutillo – Bambamarca	27
Tabla 5. Identificación de muestras.	28
Tabla 6. Variación dimensional del largo de la unidad – L. García.	32
Tabla 7. Variación dimensional del ancho de la unidad – L. García.	33
Tabla 8. Variación dimensional de la altura de la unidad – L. García.	34
Tabla 9. Variación dimensional del largo de la unidad – L. Cabrera.	35
Tabla 10. Variación dimensional del ancho de la unidad – L. Cabrera.	36
Tabla 11. Variación dimensional de la altura de la unidad – L. Cabrera.	37
Tabla 12. Variación dimensional del largo de la unidad – L. Mejía.	38
Tabla 13. Variación dimensional del ancho de la unidad – L. Mejía.	39
Tabla 14. Variación dimensional de la altura de la unidad – L. Mejía.	40
Tabla 15. Variación dimensional del largo de la unidad – L. Gavidia.	41
Tabla 16. Variación dimensional del ancho de la unidad – L. Gavidia.	42
Tabla 17. Variación dimensional de la altura de la unidad – L. Gavidia.	43
Tabla 18. Alabeo de la unidad de albañilería – L. García.	44
Tabla 19. Alabeo de la unidad de albañilería – L. Cabrera.	45
Tabla 20. Alabeo de la unidad de albañilería – L. Mejía.	45
Tabla 21. Alabeo de la unidad de albañilería – L. Gavidia.	46
Tabla 22. Resistencia a la compresión de la unidad (f' b) y módulo de elasticidad de la unidad (Eb) – L. García.	47
Tabla 23. Resistencia a la compresión de la unidad (f' b) y módulo de elasticidad de la unidad (Eb) – L. Cabrera.	48
Tabla 24. Resistencia a la compresión de la unidad (f' b) y módulo de elasticidad de la unidad (Eb) – L. Mejía.	48

Tabla 25. Resistencia a la compresión de la unidad (f'_b) y módulo de elasticidad de la unidad (E_b) – L. Gavidia.	49
Tabla 26. Densidad – L. García.	50
Tabla 27. Densidad – L. Cabrera.	50
Tabla 28. Densidad – L. Mejía.	51
Tabla 29. Densidad – L. Gavidia.	51
Tabla 30. Cuadro resumen de la variación dimensional.	52
Tabla 31. Espesores de junta horizontal, según norma E-070. ...	54
Tabla 32. Comparación de Alabeo de la unidad.	55
Tabla 33. Comparación de la resistencia a la compresión y del módulo de elasticidad según Sahlin, con la Norma E.070	56
Tabla 34. Resumen de densidad.....	58
Tabla 35. Resumen total de ensayos.	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Título	Página
Figura 1. Determinación de la altura de la unidad.	15
Figura 2: Cuña de medida dadas en milímetros.	17
Figura 3: Método de medición del alabeo de forma cóncava.	17
Figura 4: Primera manera de medir el alabeo de forma convexa.....	18
Figura 5: Imagen satelital de ladrilleras en Frutillo – Bambamarca.....	26
Figura 6: Medición para determinar la variación dimensional.....	29
Figura 7: Ensayo de resistencia a la compresión.	30
Figura 8. Control de peso de unidad sumergida.	30
Figura 9. Variación dimensional de longitud de unidades de cuatro ladrilleras.....	53
Figura 10. Variación dimensional de ancho de unidades de cuatro ladrilleras.	53
Figura 11. Variación dimensional de altura de unidades de cuatro ladrilleras.	54
Figura 12. Alabeo de cara lisa de las unidades de cuatro ladrilleras en estudio.	55
Figura 13. Alabeo de cara rugosa de las unidades de cuatro ladrilleras en estudio.	56
Figura 14. Representación gráfica de la resistencia a la compresión de unidades de cuatro ladrilleras.	57
Figura 15. Representación gráfica de densidad de unidades de cuatro ladrilleras.	58
Figura 16: Vista de ladrilleras en el lugar de estudio.	63
Figura 17: Lugar de moldado de las unidades de ladrillo	63
Figura 18: Muestras de ladrillo.	64
Figura 19: Simbología para identificación de muestra.	64
Figura 20: Obtención de datos para determinar la variación dimensional. 65	
Figura 21: Muestras con capa de yeso para uniformización de superficie. 65	
Figura 22: Ensayo a la compresión.	66
Figura 23: muestras saturadas en ebullición.	66
Figura 24: Medición del peso de la muestra sumergida.	67

LISTA DE ABREVIACIONES

ITINTEC: Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas.

NTP: Norma Técnica Peruana.

RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones.

RESUMEN

En la ciudad de Bambamarca en su mayoría las construcciones se ejecutan con unidades de albañilería de las cuales no se tiene registro alguno de parámetros de calidad que garantice su uso para fines estructurales; el presente estudio se realiza con el objeto de evaluar y verificar las propiedades físico-mecánicas de las unidades de ladrillo King Kong fabricados de manera artesanal en la comunidad de Frutillo – Bambamarca, teniéndose como referencia las Normas Técnicas Peruanas, específicamente la NTP INTINTEC (1978) y la Norma E.070 (RNE, 2011) que especifican los índices de calidad mínimos de las unidades de albañilería para ser usado en la diversas construcciones. Para evaluar las propiedades dichas unidades fueron sometidas a ensayos donde se determinó la resistencia a la compresión, densidad, variación dimensional y alabeo. De cuatro ladrilleras representativas de la zona se eligieron al azar 10 unidades, haciendo un total de 40 ladrillos. Los resultados a la resistencia a compresión (f_b) para las ladrilleras son: L. García 60,67 Kg/cm², L. Cabrera 57,38 Kg/cm², L. Mejía 77,57 Kg/cm² y L. Gavidia 57,18 Kg/cm²; de las unidades, lo sobrepasan la resistencia mínima de 50 kg/cm² recomendado por la Norma E.070 (RNE, 2011) de las cuales 3 clasifican como tipo I y una como tipo II; los resultados de variación dimensional, alabeo y densidad indican que las unidades clasifican como unidades aceptables que se puede usar en construcciones de servicio de condiciones mínimas y moderadas.

Palabras clave: albañilería, ladrillos King-Kong, propiedades físico-mecánicas, resistencia a la compresión, densidad, variación dimensional y alabeo.

ABSTRACT

In the Bambamarca city in his majority the constructions execute with units of masonry of which there is not had any record of quality parameters that guarantees his use for structural ends; the present study is realized in order evaluates and to check the properties physicist - mechanics of the units of brick made King Kong of a handcrafted way in the community of Frutillo - Bambamarca, there being had as reference the Technical Peruvian Procedure, specifically the NTP INTINTEC (1978) and the Norm And 070 (RNE, 2011) that specify the minimal indexes of quality of the units of masonry diverse constructions to be used in. To evaluate the properties the above mentioned units were submitted to tests where the resistance decided to the compression, density, dimensional variation and warp. Of four representative brickyards of the zone 10 units were chosen at random, doing a total of 40 bricks. The results to the resistance to compression (f_b) for the brickyards are: L. García 60,67 Kg/cm², L. Cabrera 57,38 Kg/cm², L. Mejía 77,57 Kg/cm² and L. Gavidia 57,18 Kg/cm²; of the units, they it exceed the minimal resistance of 50 kg/cm² recommended by the Norm And 070 (RNE, 2011) of which 3 classify as type I and one as type II; the results of dimensional variation, warping and density indicate that the units classify as acceptable units that it is possible to use in constructions of service of minimal and moderate conditions.

Key words: masonry, bricks King-Kong, properties physicist - mechanics, resistance to the compression, density, dimensional variation and warp.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Bambamarca, al igual que muchas ciudades y/o regiones de nuestro País, los muros de albañilería son construidos con unidades fabricadas en la propia región de forma artesanal; sin certificar que las unidades cumplan con los índices de calidad mínimos establecidos en las Normas Técnicas Peruanas; porque la mayoría de éstas unidades no cumplen con las propiedades físico – mecánicas normalizadas, existiendo la necesidad de contar con información básica , se realiza la presente investigación, con lo cual se podrá predecir el comportamiento estructural que adoptara en los sistemas constructivos en el cual son usados.

La calidad de las unidades de albañilería se mide en función a índices básicos de su variación dimensional, alabeo, densidad y básicamente de la resistencia a la compresión. Por tanto, para alcanzar estos objetivos, el presente estudio se sintetizó en 5 capítulos:

En el Capítulo I, se presenta la introducción el cual se describe el contexto y el problema, la justificación, los alcances y los objetivos de la investigación.

En el Capítulo II, El marco teórico, que incluye los antecedentes teóricos de la investigación; además las bases teóricas que servirán como sustento y por último la definición de términos básicos los cuales constituyen términos relacionados con las variables de la investigación.

En el Capítulo III, se describen las metodologías y se muestran los resultados de: variación dimensional, alabeo, densidad y resistencia a la compresión.

Capítulo IV, Se hace el análisis y discusión de resultados en el cual se explica y discute los resultados obtenidos en la investigación siguiendo una secuencia de acuerdo a los objetivos planteados.

Finalmente, en el último capítulo se presentan las conclusiones y las recomendaciones del estudio, donde se enfatiza por resultados obtenidos más relevantes de la investigación.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Internacional.

Rojas (2005) realizó el estudio sobre los problemas patológicos que se presentan en las fachadas de ladrillo a la vista en la ciudad de Medellín - Colombia. Se efectuaron ensayos de laboratorio a las unidades cerámicas cocidas de las ladrilleras San José, San Cristóbal y El Noral conforme a las Normas Técnicas Colombianas y ASTM; en los que se identifica que las patologías existentes en las obras están íntimamente ligadas a las características del material terminado y a la materia prima. La resistencia mecánica a la compresión efectuada a las tres ladrilleras, cumple sólo en algunos casos para ladrillo estructural de perforación horizontal y en los otros para ladrillo no estructural de perforación horizontal. Para eflorescencia los resultados los clasifica de eflorescente a eflorescencia despreciable.

Santos (2009), realiza un estudio de mejoramiento del proceso de fabricación de tejas y ladrillos con distintos tipos de arcillas en Barichara, Santander – Colombia; primero determina las características físicas y químicas de 5 muestras representativas: Arcilla Roja (R), Cascajo(C), Arena Amarilla (A), Sangre Toro (T) y Arcilla Negra (N), llamadas así por los artesanos de la región. Luego de complementar su caracterización y teniendo en cuenta varios criterios, se seleccionaron tres arcillas, C, R y A, con propiedades físicas diferentes, siendo la primera y la segunda plásticas y la tercera desgrasante. Posteriormente se elaboraron cinco pastas de las tres arcillas en distintos porcentajes, a las cuales se les realizó un estudio de plasticidad mediante los límites de Atterberg, se conformaron probetas cerámicas mediante prensado,

se secaron al ambiente y en estufa, finalmente se les coloca al horno a 1050°C. También realizó un estudio de cocción evaluando tres variables: velocidad de calentamiento, temperatura de cocción y tiempo de permanencia a esa temperatura. Los resultados obtenidos demostraron que es posible obtener ladrillos y tejas de muy buena calidad, que cumplan con los requisitos de resistencia mecánica, acabado superficial, Absorción de agua (porosidad) y color haciendo las mezclas adecuadas de C, A y R (plásticas y arenosas) y usando una temperatura de 1050°C, a un tiempo de permanencia de 2 horas y velocidades de calentamiento de 3°C/min.

Afanador (2012), en su investigación evalúa las propiedades mecánicas de los ladrillos macizos cerámicos fabricados a mano en el municipio de Ocaña-Colombia, aplicando en primera instancia ensayos de caracterización física de la arcilla empleada como materia prima, para luego realizar pruebas de control de calidad de los ladrillos de mampostería que se seleccionaron entre los diferentes unidades productivas del sector, utilizando para tal fin la norma técnica Colombiana NTC-4017 [16], "Métodos para muestreo y ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla", que permitieron conocer las características y propiedades de los materiales que integran los elementos estructurales, analizando principalmente el módulo de elasticidad y la resistencia a la compresión, como parámetros que influyen en forma directa en la rigidez de la edificación, las unidades de ladrillos al ser sometido a ensayos de compresión determinó que no cumplen con los valores mínimos establecidos.

Nacional.

Bendezu (2007), su trabajo consiste en evaluar la calidad de los ladrillos de arcilla producidos de manera artesanal en la Localidad de Compañía y con la misma materia prima elaborar muestra de ladrillos hasta lograr su mejoramiento de calidad comparando con los indicativos de la Normas Técnicas Peruanas. El método que utiliza para su investigación fue de manera experimental donde se evaluó la calidad de los ladrillo artesanal producido en

la Localidad de Compañía y se elaboraron muestras de ladrillo de la arcilla de la misma cantera, en ambos casos se determinaron sus características físicas y mecánicas. Los resultados obtenidos de los ensayos de Laboratorio de los ladrillos experimentales fueron comparados con las normas técnicas Peruanas donde estas resultaron ser favorables desde el punto de vista de las características físicas y mecánicas.

Aguirre (2004), realizó un estudio en la región Junín, donde evalúa las características estructurales y componentes de ladrillos fabricados artesanalmente en diferentes zonas de la región. Primero registra a los artesanos, luego identificó las características principales de la materia prima, además la oferta y la demanda en el mercado, el proceso de producción y se zonificó en cuatro grupos (Palián, Cajas, Saño y Jauja). Luego realiza ensayos de laboratorio (variación dimensional, alabeo, compresión, absorción, densidad, succión y tracción por flexión) con materiales de las cuatro zonas obteniendo los siguientes resultados y concluyendo que: la unidades ensayadas a compresión no alcanzan el valor mínimo especificado en la Norma E.070 vigente, siendo el promedio de las cuatro zonas de 39.4 kg/cm^2 ; sin embargo con resultados de otros ensayos estas clasifican como tipo II y III. Al realizar el ensayo de compresión de pilas la resistencia promedio $f'_m = 27.9 \text{ kg/cm}^2$ (2.84 MPa) y el módulo de elasticidad promedio $E_m = 11570 \text{ kg/cm}^2$ (1.18 GPa); la compresión diagonal de muretes se obtuvo la resistencia promedio al corte $v'_m = 5.7 \text{ kg/cm}^2$ (0.58 MPa) y el módulo de corte promedio $G_m = 6640 \text{ kg/cm}^2$ (0.68 GPa). De los resultados obtenidos se puede decir que la albañilería tiene baja resistencia en compresión y regular comportamiento en corte.

Barranzuela (2014), identifica el proceso de producción de las unidades de albañilería fabricadas en el departamento de Piura; el trabajo se basó en un muestreo exploratorio con visitas a las zonas de producción más importantes de la región, observando desde la extracción hasta la cocción de las unidades. Luego se tomaron muestras y se realizó los ensayos de acuerdo a la Norma Peruana. Al evaluar sus resultados obtenidos indican que no hay una mejora

significativa en la calidad de las unidades en relación a lo reportado en 1995 por García Rodríguez. Al parecer, los esfuerzos aislados de mejorar el proceso de producción sin integrarlos con la materia prima sería la principal causa de este comportamiento. Los resultados de ensayo a la compresión de las unidades son bajos por lo que concluye que no se ve una clara influencia de los distintos modos de cocción sobre los resultados ya que actualmente se usa como combustible la cascarilla de arroz en la cocción.

Local.

Mego (2013) evalúa las propiedades Físico – Mecánicas de ladrillo King Kong producidos de manera artesanal en el sector de Fila Alta – Jaén, el tipo de investigación utilizado es descriptivo - experimental; al finalizar su estudio concluye que los ladrillos King Kong fabricados de manera no cumplen con lo que establece la norma E-070 del RNE.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Historia del ladrillo

“constituyó el principal material de la construcción en las antiguas Mesopotamia y Palestina, donde apenas se disponía de madera y piedras. Los habitantes de Jericó en Palestina fabricaban ladrillos desde hace unos 9000 años. Los constructores sumerios y babilonios levantaron zigurats, palacios y ciudades amuralladas, con ladrillos secados al sol, que recubrían con otros ladrillos cocidos en hornos, más resistentes y a menudo con esmaltes brillantes formando frisos decorativos. En sus últimos años los persas construían con ladrillos, al igual que los chinos, que levantaron la gran muralla. Los romanos construyeron baños, anfiteatros y acueductos con ladrillos, a menudo recubiertos de mármol (CAMPBELL, 2004).

En el curso de la edad media, en el imperio bizantino, al norte de Italia, en los Países Bajos y en Alemania, así como en cualquier otro lugar donde

escaseara la piedra, los constructores valoraban el ladrillo por sus cualidades decorativas y funcionales. Realizaron construcciones con ladrillos templados, rojos y sin brillo, creando una amplia variedad de formas, como cuadros, figuras de punto de espina, de tejido de esterilla o lazos flamencos. Esta tradición continuó en el renacimiento y en la arquitectura georgiana británica, y fue llevada a América del norte por los colonos. El ladrillo ya era conocido por los indígenas americanos de las civilizaciones prehispánicas. En regiones secas construían casas de “ladrillos de adobe secado al sol. Las grandes pirámides de los olmecas, mayas y otros pueblos fueron construidas con ladrillos revestidos de piedra. Pero fue en España donde por influencia musulmana, el uso del ladrillo alcanzó más difusión, sobretodo en Castilla, Aragón y Andalucía. El ladrillo industrial, fabricado en enormes cantidades, sigue siendo un material de construcción muy versátil. Existen tres clases: ladrillo de fachada o exteriores, cuando es importante el aspecto; el ladrillo común, hecho de arcilla de calidad inferior destinado a la construcción; y el ladrillo refractario, que resiste temperaturas muy altas y se emplea para fabricar hornos. Los ladrillos se hacen con argamasa, una pasta compuesta de cemento, masilla de cal y arena” (CAMPBELL, 2004).

“Hasta principios del siglo XIX prácticamente todos los ladrillos se moldeaban a mano y a la manera tradicional, pero del mismo modo que otros sectores fueron mecanizados, los ingenieros y fabricantes se centraron en la búsqueda de sistemas mecánicos para la fabricación de ladrillos con la esperanza de reducir costo e incrementar la producción” (CAMPBELL, 2004).

2.2.2. La industria ladrillera en el Perú

Rosales (2010) precisa que el precio bajo es un indicio de la baja calidad del ladrillo y de la inherente seguridad que debe brindar en las construcciones. La norma de Indecopi establece que la dureza y resistencia de los ladrillos debe ser de 130 kg/cm² (kilos/centímetro cuadrado), pero un muestreo de los productos informales ha dado como resultado que apenas llegan a un rango de resistencia de entre 75-85 kg/cm². Es decir, que ante un evento sísmico,

estos ladrillos se resquebrajarían. El ejecutivo añade que por el contrario, la resistencia de los ladrillos formales está calculada en 200 kg/cm².

La industria ladrillera formal tiene abiertos dos flancos de lucha; por un lado tiene que espabilarse para hacer frente a los nuevos sistemas constructivos que limitan el uso de sus productos y, por el otro, debe lidiar con que el 27% del mercado opere en la total informalidad. Cada año las empresas informales del sector producen 957.451 toneladas de ladrillos, lo que representa un movimiento aproximado de S/.106 millones, monto del que no se descuentan el Impuesto General a las Ventas, a la renta o utilidades, tributos que sí aportan al fisco las empresas formales. Pero la evasión de impuestos y el subempleo no son las únicas características de la informalidad ladrillera, ya que esta también viene de la mano del incumplimiento de las normas ambientales y de calidad (Mendoza 2010).

2.2.3. El ladrillo.

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

2.2.4. Materia prima (NTP ITINTEC 331.017, 1978)

- A) Arcilla.** Es el agregado mineral terroso o pétreo que contiene esencialmente silicatos de aluminio hidratados. La arcilla es plástica cuando está suficientemente pulverizada y saturada, es rígida cuando está seca y es vidriosa cuando se quema a temperatura del orden de 1,000 °C.

- B) Esquisto arcilloso.** Es la arcilla estratificada en capas finas, sedimentadas y consolidadas, con un clivaje muy marcado paralelo a la estratificación.

- C) Arcilla superficial.** Es la arcilla estratificada no consolidada que se presenta en la superficie.

2.2.5. Manufactura (NTP ITINTEC 331.017, 1978)

- A) Artesanal.** Es el ladrillo fabricado con procedimientos predominantemente manuales. El amasado o moldeado es hecho a mano o con maquinaria elemental que en ciertos casos extruye, a baja presión, la pasta de arcilla. El procedimiento de moldaje exige que se use arena o agua para evitar que la arcilla se adhiera a los moldes dando un acabado característico al ladrillo. El ladrillo producido artesanalmente se caracteriza por variaciones de unidad a unidad, siendo este tipo de ladrillo al cual se centra el estudio.
- B) Industrial.-** Es el ladrillo fabricado con maquinaria que amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla. El ladrillo producido industrialmente se caracteriza por su uniformidad.

2.2.6. Tipos de ladrillo (NTP ITINTEC 331.017, 1978)

- A) Ladrillo macizo.** Es el ladrillo en que cualquier sección paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente al 75% o más de área bruta de la misma sección.
- B) Ladrillo perforado.** Es el ladrillo en que cualquier sección paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente a menos de 75% del área bruta de la misma sección.
- C) Ladrillo tubular.** Es el ladrillo con huecos paralelos a la superficie de asiento.

2.2.7. Dimensiones y áreas (NTP ITINTEC 331.017, 1978)

- A) Dimensiones especificadas.** Son las dimensiones a las cuales debe conformarse el ladrillo de acuerdo a su designación.
- B) Dimensiones.** Dimensiones reales que tiene el ladrillo.
- **Largo.** Es la mayor dimensión de la superficie de asiento del ladrillo.
 - **Ancho.** Es la menor dimensión de la superficie de asiento del ladrillo.
 - **Alto.** Es la dimensión perpendicular a la superficie de asiento del ladrillo.
- C) Área bruta.** Es el área total de la superficie de asiento, obtenida de multiplicar su largo por su ancho.
- D) Área neta.** Es el área bruta menos el área de los vacíos.

2.2.8. Clasificación (NTP ITINTEC 331.017, 1978)

El ladrillo se clasifica en cinco tipos de acuerdo a sus propiedades:

- ✓ **Tipo I.** Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.
- ✓ **Tipo II.** Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio moderadas.
- ✓ **Tipo III.** Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general.

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

2.2.9. Condiciones generales (NTP ITINTEC 331.017, 1978)

El ladrillo Tipo III, Tipo IV, y Tipo V deberá satisfacer las siguientes condiciones generales. Para el ladrillo Tipo I y Tipo II estas condiciones se consideran como recomendaciones:

- ✓ El ladrillo no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- ✓ El ladrillo estará bien cocido, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeado con un martillo u objeto similar producirá un sonido metálico.
- ✓ El ladrillo no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras o grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad y/o resistencia.
- ✓ El ladrillo no tendrá excesiva porosidad, ni tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

2.2.10. Requisitos (NTP ITINTEC 331.017, 1978)

Variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión y densidad. El ladrillo ensayado mediante los procedimientos descritos en la Norma ITINTEC 331.018 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Métodos de ensayo, deberá cumplir con las especificaciones indicadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión y densidad.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_b mínimo en MPa (Kg/cm ²) sobre área bruta	DENSIDAD mínimo en (g/cm ³)
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm			
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)	Sin límite
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)	1,55
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)	1,60
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)	1,65
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)	1,70
Bloque P (1)	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)	----
Bloque NP (2)	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)	----

FUENTE: Norma E. 070 del RNE, 2006.

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

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

NOTA 1. La variación de la dimensión se aplica para todas y cada una de las dimensiones del ladrillo y está referida a las dimensiones especificadas.

NOTA 2. El alabeo se aplica para concavidad o convexidad.

Durabilidad. La tabla 2 indica el tipo de ladrillo a emplearse según la condición de uso y la condición de intemperismo a que se encontrará sometida la construcción de albañilería.

Tabla 2. Tipo de ladrillo en función de condiciones de uso e intemperismo.

CONDICIONES DE USO	CONDICIONES DE INTEMPERISMO		
	BAJO	MODERADO	SEVERO
Para superficies que no están en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.	Cualquier tipo	Tipos II, III, IV y V	Tipos IV y V
Para superficies en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.	Tipos III, IV y V	Tipos IV y V	Ningún Tipo

FUENTE: Norma ITINTEC 331.017, 1978

NOTA 1. La condición de intemperismo está asociada al índice de degradación. Este tiene un valor de 99 para las regiones de degradación baja, de 100 a 499 para las regiones de degradación moderada y de 500 o más para las regiones de degradación severa.

2.2.11. Propiedades del ladrillo de arcilla (NTP ITINTEC 331.017, 1978)

A) Geometría: Variación de Dimensiones o Alabeo. En términos generales ningún ladrillo conforma perfectamente con sus dimensiones especificadas. Existen diferencias de largo, de ancho y alto, así como deformaciones de la superficie asimilables a concavidades o convexidades. El efecto de estas imperfecciones geométricas en la construcción de albañilería se manifiesta en la necesidad de hacer juntas de mortero mayores que las convenientes. A mayores imperfecciones mayores espesores de juntas.

B) Resistencia a la compresión. La resistencia a la compresión de la albañilería (f'_{cb}) es su propiedad más importante. En términos generales, define no sólo el nivel de su calidad estructural, sino también el nivel de su resistencia a la intemperie o a cualquier otra causa de deterioro. Los principales componentes de la resistencia a la compresión de la albañilería

son: la resistencia a la compresión del ladrillo (f'_{cb}), la perfección geométrica del ladrillo.

- C) Densidad.** A partir de ensayos realizados se ha establecido que existe una relación estrecha entre la densidad del ladrillo y sus otras propiedades. Consecuentemente, se ha decidido emplear en la Norma el valor de la densidad como un criterio que permite de una manera simple, mediante ensayos fáciles de efectuar prácticamente en cualquier lugar, evaluar la calidad de ladrillo con que se cuenta.

2.2.12. Métodos de ensayos para determinar las propiedades del ladrillo de arcilla (NTP ITINTEC 331.018, 1978)

A) Variación De Dimensiones

Aparato.

Una regla graduada al milímetro, de preferencia de acero inoxidable, de 300 mm de longitud o un calibrador de mordazas paralelas provistas de una escala graduada entre 10 mm y 300 mm y con divisiones correspondientes a 1 mm.

Muestra.

Estará constituida por ladrillos secos enteros, obtenidos según la Norma ITINTEC 331.019.

Procedimiento.

Se mide en cada espécimen el largo, ancho y alto, con la precisión de 1 mm. Cada medida se obtiene como promedio de las cuatro medidas entre los puntos medios de los bordes terminales de cada cara.

Expresión de resultados.

Las dimensiones Largo x Ancho x Altura se tomaron como el promedio de 4 medidas (en milímetros) hechas en la parte intermedia de las superficies correspondientes, como se muestra en la Figura 1 para la altura h.

Según San Bartolomé A., 2004, la variación dimensional (en porcentaje) de cada arista de la unidad de albañilería se obtendrá como el cociente entre la desviación estándar y el valor promedio de la muestra, multiplicado por 100 (coeficiente de variación), como se muestra en la ecuación 2. Este tipo de ensayo se efectuó en una muestra representativa de 10 unidades en cada una de las ladrilleras seleccionadas.

$$V(\%) = \frac{\sigma}{x} * 100 \quad (1)$$

Dónde:

σ = desviación estándar.

x = dimensión promedio.

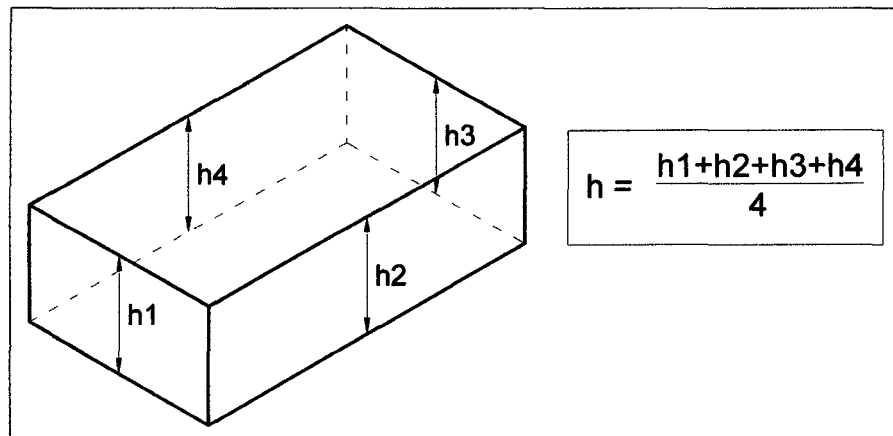


Figura 1. Determinación de la altura de la unidad.

B) Alabeo

Aparatos.

Dos cuñas de acero graduadas a medio milímetro de las características que indica la Figura 2.

Muestra.

Estará constituida por ladrillos secos enteros obtenidos según la Norma ITINTEC 331.019. Pueden usarse los mismos ladrillos usados en la determinación de dimensiones.

Procedimiento.

Según el alabeo se presenta como concavidad o convexidad, seguir el procedimiento que para cada caso se detalla a continuación en las dos caras mayores del ladrillo.

Medición de concavidad.

Se coloca el borde recto de la regla ya sea longitudinalmente o sobre una diagonal de una de las caras mayores del ladrillo.

Se introduce la cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima.

Se efectúa la lectura con la precisión de 1 mm y se registra el valor obtenido (Figura 3).

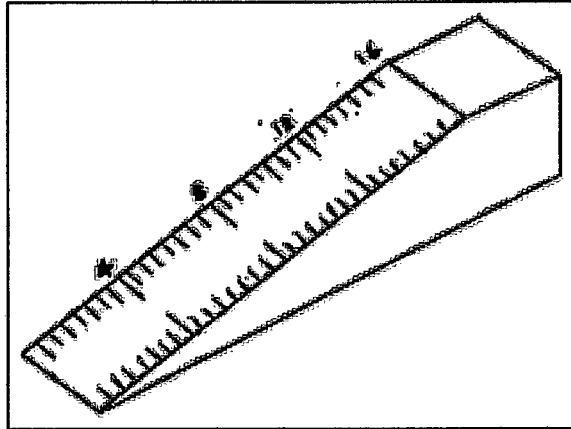


Figura 2: Cuña de medida dadas en milímetros.

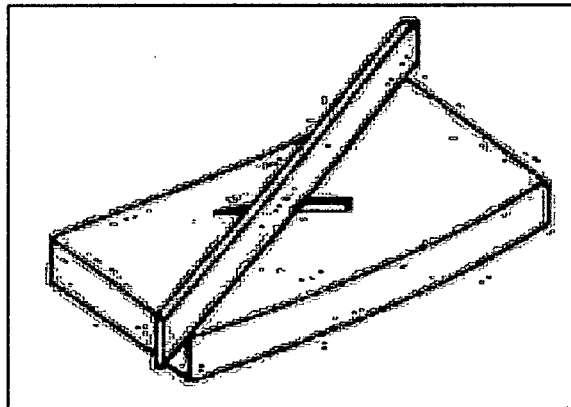


Figura 3: Método de medición del alabeo de forma cóncava.

Medición de convexidad.

Se emplea alternativamente uno de los procedimientos siguientes:

- ✓ Se coloca al borde recto de la regla sea sobre una diagonal o bien sobre dos aristas opuestas de una de las caras mayores de ladrillo. Se introduce en cada vértice una cuña y se busca el punto de apoyo de la regla sobre la diagonal, para el cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida (Figura 4).

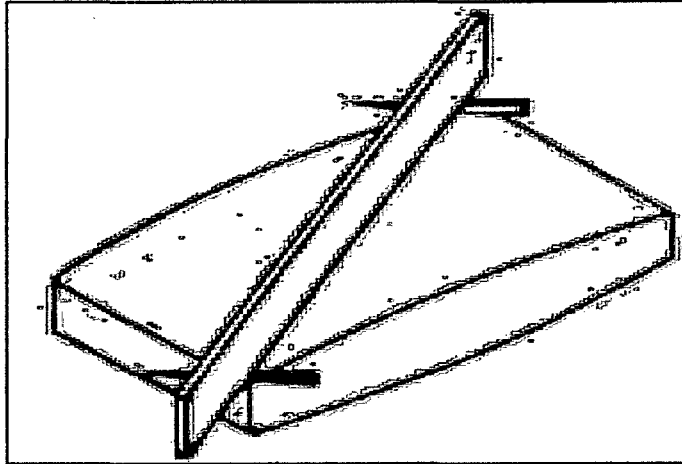


Figura 4: Primera manera de medir el alabeo de forma convexa.

Expresión de resultados.

Se indica el promedio de los valores correspondientes a concavidad y/o convexidad obtenidos en milímetros enteros.

C) Resistencia a la compresión.

Aparatos.

Máquinas empleadas en el laboratorio para ensayos de compresión, debiendo estar provista para la aplicación de la carga de un rodillo de metal endurecido de asiento esférico y solidario con el cabezal superior de la máquina.

El centro de la superficie del casquete esférico debe coincidir con el centro de la superficie del bloque que se pone en contacto con el espécimen. Dicho bloque se mantiene inmóvil en su asiento esférico, pero puede girar libremente en cualquier dirección. El diámetro de la superficie del bloque de apoyo debe ser como mínimo de 12,5 cm.

Sobre la mordaza inferior, bajo el espécimen, se coloca una plancha metálica de una dureza Rockwell C 60 (número Brinell 620) cuya

desviación con respecto a un plano horizontal no sea mayor de 0,03 mm.

Si el área del bloque de apoyo es menor que la cara del espécimen que debe estar en contacto con él, debe intercalarse una plancha de acero que cumpla iguales condiciones de horizontalidad que la descrita en el párrafo anterior y cuyo espesor sea por lo menos igual a un tercio de la distancia entre el punto de contacto del rodillo y la arista más alejada del espécimen.

Muestra.

Estará constituida por ladrillos secos. La forma de muestreo está especificada en la Norma ITINTEC 331.019.

Recubrimiento de la muestra.

Si las caras del espécimen presentan irregularidades se rellenan con una capa de cemento Portland, que se dejará fraguar 24 horas, antes de aplicar el recubrimiento, por medio de uno de los dos procedimientos que se detallan a continuación.

a) Recubrimiento de yeso.

Se cubre ambas caras opuestas del espécimen con solución alcohólica de goma laca, dejándolas secar perfectamente.

Se aplica una capa delgada de pasta de yeso cocido extendiéndola hasta obtener una superficie plana y uniforme.

Se repite el procedimiento en la otra cara del espécimen.

Se comprueba de que ambas caras sean aproximadamente paralelas y se espera por lo menos 2 h, antes de efectuar el ensayo.

b) Recubrimiento con azufre.

Se usa una mezcla que contenga 40% a 60% de azufre en polvo (en masa) completándose con arcilla refractaria cocida u otro material inerte apropiado que pasa por el tamiz ITINTEC N° 100 (149 m)

Se usa un recipiente de aproximadamente la misma medida del ladrillo y de 1,25 cm de profundidad.

Se aceita ligeramente el molde y se vierte 0,5 cm de azufre calentado y fluido.

Se coloca inmediatamente sobre el líquido la superficie del ladrillo que se va a recubrir, sosteniendo el espécimen de tal manera que el recubrimiento sea uniforme.

Procedimiento.

Se coloca el espécimen con una de sus caras mayores sobre el apoyo de la máquina y se hace descender el vástago solidario al cabezal, maniobrando suavemente la rótula hasta obtener un contacto perfecto sobre la cara superior del espécimen, asegurando que el eje de la misma coincida con el eje longitudinal del espécimen.

Se aplica la carga cuidando que la velocidad del cabezal de la máquina no sea mayor de 1,27 mm/min.

Expresión de resultados.

Se calcula la resistencia a compresión con la siguiente ecuación:

$$f'_{b} = \frac{P}{A} \quad (2)$$

En donde:

f'_{b} : es la resistencia a la compresión del ladrillo en Kg/cm².

P: es la carga de rotura aplicada indicada por la máquina en Kg -f.

A: es el promedio de las áreas brutas superior e inferior del espécimen en cm².

Así mismo, para determinar el módulo de elasticidad de la unidad E_b se hará uso de la ecuación 3, según Sahlin (1971), ello con el afán de comparar posteriormente con el módulo de elasticidad de la albañilería.

$$E_b = 300 \cdot f'_{b} \quad (3)$$

Se indica como resistencia a la compresión del lote de ladrillos el promedio de los valores obtenidos para cada muestra en kg-f/cm² enteros.

D) Densidad.

Aparatos.

Balanza con capacidad no menor de 2 kg y que permita efectuar pesadas con una precisión de 0,5 g.

Recipiente de agua que pueda contener las muestras completamente sumergidas.

Horno con libre circulación de aire que permita mantener una temperatura comprendida entre 110°C y 115°C.

Muestra.

Estará constituida por ladrillos secos enteros, obtenidos según Norma ITINTEC 331.019.

Procedimiento.

Se calientan los especímenes en el horno entre 110°C y 115°C y se pesan luego de enfriarlos a temperatura ambiente. Se repite el tratamiento hasta que no se tenga variaciones en el peso obteniéndose G3.

Para enfriar los especímenes se recomienda colocarlos sin amontonarlos en un espacio abierto con libre circulación de aire, manteniéndolos a temperatura ambiente durante 4 horas.

Se coloca el espécimen en un recipiente lleno de agua destilada hirviendo, disponiéndolo de modo que el líquido pueda circular libremente por los costados, manteniéndolo durante 3 h en ebullición.

Se pesa el espécimen sumergido (G 2), equilibrando previamente la balanza con el dispositivo de suspensión y el espécimen sumergido.

Se retira el espécimen del recipiente secando el agua superficial con un trapo húmedo y se pesa (G 1).

Expresión de resultados.

El volumen del espécimen será:

$$V = G1 - G2 \quad (4)$$

En donde:

V: es el volumen (cm³)

G 1: es la masa del espécimen saturado (3 horas de ebullición) (g)

G 2: es la masa del espécimen saturado sumergido (g)

G 3: es la masa del espécimen seco (g)

La densidad será:

$$D = \frac{G3}{V} \quad (5)$$

En donde:

D: es la densidad del espécimen (g/cm³).

Se indica como densidad al lote de ladrillos del promedio de los valores obtenidos para cada espécimen en g/cm³ con dos decimales.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

A) Albañilería

Material estructural compuesto por “unidades de albañilería” asentadas con mortero o por unidades de albañilería apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido (RNE, 2011).

B) Unidad de Albañilería

Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular. (RNE, 2011).

C) Alabeo

Es la deformación curvilínea de la superficie de un ladrillo, o pieza refractaria, que se produce durante su fabricación; alabeo se aplica para concavidad o convexidad (NTP ITINTEC 331.017,1978)

D) Cóncavo y convexo.

Cuando contemplamos la línea de la circunferencia desde el interior de la misma nos referimos a una curva cóncava, lo que vemos desde el exterior es una curva convexa. (NTP ITINTEC 331.017,1978)

E) Densidad

La densidad es una medida de cuánto material se encuentra comprimido en un espacio determinado; es la cantidad de masa por unidad de volumen (Creus, 2005)

F) Espécimen

Muestra, modelo o ejemplar que tiene las cualidades o características de su especie muy bien definidas (Echeverri, 2005)

G) Muestra

Una muestra es una parte o una porción de un producto que permite conocer la calidad del mismo. La parte extraída de un conjunto que se considera como una porción representativa de él también recibe el nombre de muestra (Echeverri, 2005)

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El área de estudio comprende a la comunidad de Frutillo – Bambamarca, en la que existen aproximadamente 20 ladrilleras produciendo un total de 300,000 ladrillos/mes, los cuales emplean procesos manuales rudimentarios en las diferentes etapas para la fabricación de estas piezas de albañilería. El estudio se realizó a 4 ladrilleras representativas de las existentes en el sector, de las cuales se tomaron 10 unidades por ladrillera, haciendo un total de 40 unidades para realizar los ensayos de: resistencia a la compresión, variación dimensional, alabeo y densidad.

En la tabla 3 y figura 5 se puede apreciar los datos de localización y ubicación geográfica de la zona donde se realizó el estudio.

TABLA 3. Localización y ubicación geográfica de la zona en estudio.

Localización	
Región	Cajamarca
Provincia	Hualgayoc
Distrito	Bambamarca
Lugar	Frutillo
Ubicación Geográfica	
Norte	9260941
Este	773079
Altitud	2532 msnm

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Bambamarca>

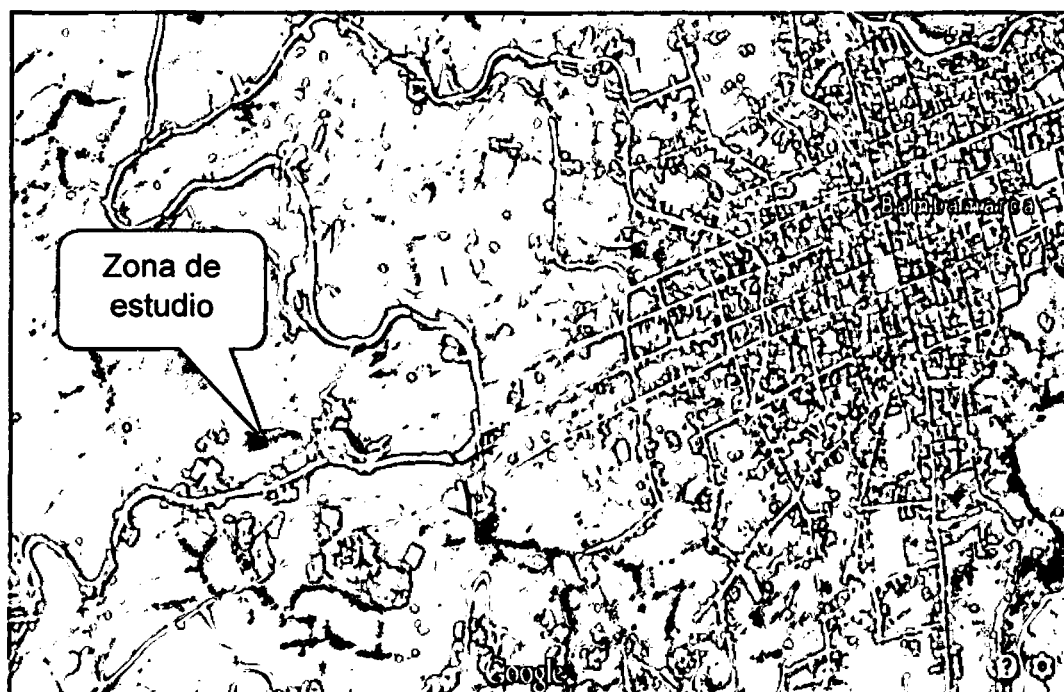


Figura 5: Imagen satelital de ladrilleras en Frutillo – Bambamarca.

Fuente: google earth

3.2. IDENTIFICACIÓN DE LADRILLERAS Y SUS MUESTRAS

Realizado la localización y zonificación de las ladrilleras, se procedió a registrarse a cada una de ellas con un código catastral, identificando a cada una por la letra inicial del propietario de la ladrillera, seguido por el número de muestra; por ejemplo ladrillera del Sr. José Mejía, muestra N° 01 sería JM-01, que de hoy en adelante las reconoceremos por ésta simbología.

3.3. MATERIALES, MUESTRAS Y EQUIPOS

- Cuarenta ladrillos King Kong.
- Computadora
- Software: Microsoft office Excel, Microsoft office Word, AutoCAD version 2014.
- Cámara digital.
- GPS.
- Regla metálica milimetrada.
- Máquina de ensayo a la compresión.

3.4. PROCEDIMIENTO

3.4.1. Trabajo en campo. Reconocimiento y zonificación del lugar, identificando el número de ladrilleras y obtener las muestras de unidades para el estudio.

A. Identificación de ladrilleras y recolección de muestras. Realizado el reconocimiento de la zona y ubicación de las ladrilleras se determina el número aproximado de empresas existentes en el lugar se eligió a 4 de ellas de las cuales se obtuvo 10 unidades de ladrillo las cuales sirvieron para realizar los estudios de evaluación de propiedades físico – mecánicas.

Realizado la localización y zonificación de las ladrilleras, se procedió a registrarse a cada una de las ladrilleras seleccionadas con un código catastral, identificando a cada una por la letra inicial del nombre de la ladrillera, seguido por el número de muestra; por ejemplo la ladrillera Mejía, muestra N° 01 sería M-01, que de hoy en adelante las reconoceremos por ésta simbología; en la tabla 3 se observa la forma de identificación y registro de las ladrilleras y en la tabla 4 se realiza la identificación de las unidades usadas para la investigación.

Tabla 4. Tabla de la identificación y registro de las ladrilleras de la comunidad el Frutillo – Bambamarca.

Ladrilleras de la Comunidad El Frutillo - Bambamarca				
N°	Nombre de ladrillera	N° de hornos	Capacidad (millares)	Frecuencia de quemado
1	L. Mejía.	1	25	2
2	L. Cabrera.	1	22	1.5
3	L. García.	1	20	1.5
4	L. Gavidia.	2	20	1.5

Tabla 5. Identificación de muestras.

LADRILLERAS	LOCALIDAD	MUESTRAS
L. Mejía.		M-n
L. Cabrera	Frutillo	C - n
L. García		G-n
L. Gavidia		Ga-n

3.4.2. Trabajo de laboratorio. En el laboratorio se realizaron los ensayos para ladrillos de arcilla que sean utilizados como material en la construcción de edificaciones según la norma E:070 (RNE, 2011). En base a estas consideraciones, los ensayos realizados fueron:

- Variación dimensional.
- Alabeo.
- Densidad.
- Resistencia a la compresión.

3.4.3. Fase de Gabinete: Con los resultados de los ensayos de las propiedades físico-mecánicas del ladrillo king kong se procedió a procesar la información obtenida al realizar los ensayos.

3.5. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Los datos y resultados obtenidos de ensayos realizados se trataron y analizaron del siguiente modo:

Variación dimensional. En este ensayo los datos se recolectaron en laboratorio haciendo uso de instrumentos de recolección de datos, posteriormente se procesaron en el programa Excel usando tablas, se calculó el promedio de las dimensiones obtenidas de las 10 muestras ensayadas; se calcula la desviación estándar, para luego calcular la variación dimensional que

se expresa en porcentaje, el cual será comparado con parámetros establecidos en la Norma E.070 (RNE, 2011); en la figura 7 se observa el proceso de medición para determinar la variación porcentual de las unidades de ladrillo.



Figura 6: Medición para determinar la variación dimensional.

Ensayo de alabeo. El tratamiento de datos es similar al ensayo descrito en el proceso anterior, se usa el programa Excel para procesar los datos haciendo uso de tablas, se calculó el promedio de las resultados obtenidas del ensayo de las 10 muestras, el valor obtenido es comparado con parámetros establecidos en la Norma E.070 (RNE, 2011) para determinar su respectiva clasificación.

Ensayo de resistencia a la compresión. Los resultados obtenidos del ensayo en el laboratorio se recolectan haciendo uso de instrumentos de recolección de datos, y se lleva programa Excel usando tablas para realizar el proceso, los resultados obtenidos de las 5 muestras de cada ladrillera se calcula su promedio todas las resistencias obtenidas, y su desviación estándar. Finalmente se calcula la resistencia característica, este valor obtenido se compara con parámetros establecidos en la Norma E.070 (RNE, 2011) y se realiza su respectiva clasificación. En la figura se observa el proceso de ensayo a la compresión de las unidades de ladrillo king kong.



Figura 7: Ensayo de resistencia a la compresión.

Determinación de la Densidad. Los datos obtenidos en el laboratorio se recolectan haciendo uso de instrumentos de recolección de datos, para luego en el programa Excel procesar usando tablas, los resultados de las 5 muestras de cada ladrillera se calcula su promedio total, dicho valor se compara con parámetros establecidos en la Norma E.070 (RNE, 2011) para determinar su calidad para el uso en la construcción. En la figura 9 se puede observar la manera en que se determina la densidad.



Figura 8. Control de peso de unidad sumergida.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ENSAYOS DE LAS UNIDADES Y ALBAÑILERÍA SIMPLE, RESULTADOS Y CLASIFICACION SEGÚN NORMA PERUANA (NORMA E 0.70)

4.1.1. Propiedades de la unidad de albañilería

El conocimiento de las propiedades físicas mecánicas de las unidades nos da un cierto criterio sobre la resistencia de la albañilería, así como de la durabilidad ante el intemperismo. Estos dos motivos y la relativa facilidad de los ensayos sobre las unidades hacen de ellos un indicador utilizado frecuentemente.

Cabe señalar que los ensayos se hicieron con unidades de 4 ladrilleras artesanales previamente seleccionadas.

Las propiedades que se estudiaron son las siguientes:

Propiedades Físicas: variación dimensional, alabeo y densidad.

Propiedades mecánicas: resistencia a la compresión.

4.1.2. Ensayos

A. Variación Dimensional. Las dimensiones Largo x Ancho x Altura se tomaron como el promedio de 4 medidas (en milímetros) hechas en la parte intermedia de las superficies correspondientes.

Para determinar la variación dimensional (%) de cada arista de la unidad de albañilería se obtendrá como el cociente entre la desviación estándar y el valor promedio de la muestra, multiplicado por 100.

En las tablas 6, 7 y 8 se muestran los resultados obtenidos de variación dimensional de unidades de albañilería de la **Ladrillera García**, de longitud, ancho y altura; cada medida se obtiene como promedio de las cuatro medidas entre los puntos medios de los bordes terminales de cada cara, con estos valores se calcula un promedio total, desviación estándar (δ); para luego calcular la variación dimensional $V(\%)$ haciendo uso de la ecuación 1.

Tabla 6. Variación dimensional del largo de la unidad – L. García.

Especimen	Longitud de caras (mm)				
	N°	L1	L2	L3	L4
G - 1	221,00	219,00	218,50	222,00	220,13
G - 2	220,00	220,50	222,50	220,00	220,75
G - 3	221,00	220,00	222,00	222,50	221,38
G - 4	228,00	226,50	227,00	224,00	226,38
G - 5	225,00	227,00	226,50	223,50	225,50
G - 6	222,00	221,50	225,00	222,00	222,63
G - 7	224,00	225,50	227,00	224,50	225,25
G - 8	227,00	226,00	228,00	225,50	226,63
G - 9	221,50	220,50	223,00	222,00	221,75
G - 10	220,00	218,00	222,00	220,50	220,13
Promedio					223,05
$\delta =$					2,620
$V(\%) =$					1,2

Tabla 7. Variación dimensional del ancho de la unidad – L. García.

Especímen		Ancho de caras (mm)			
N°	A1	A2	A3	A4	L prom.
G - 1	127,00	125,00	125,50	127,00	126,13
G - 2	128,00	127,50	124,00	126,50	126,50
G - 3	128,00	128,50	125,50	127,00	127,25
G - 4	127,00	131,00	130,50	131,00	129,88
G - 5	129,50	132,00	131,00	129,50	130,50
G - 6	125,50	126,50	128,50	125,00	126,38
G - 7	128,00	129,00	129,50	131,00	129,38
G - 8	126,00	128,50	128,50	129,00	128,00
G - 9	127,00	129,00	127,00	129,50	128,13
G - 10	126,00	127,50	126,00	128,00	126,88
Promedio					127,90
$\delta =$					1,557
V(%) =					1,2

Tabla 8. Variación dimensional de la altura de la unidad – L. García.

Espécimen		Altura de caras (mm)			
N°	H1	H2	H3	H4	L prom.
G - 1	70,50	73,50	72,50	72,50	72,25
G - 2	70,50	71,00	70,50	69,50	70,38
G - 3	70,50	72,00	71,50	71,00	71,25
G - 4	73,00	73,50	74,00	71,50	73,00
G - 5	73,00	73,50	73,50	72,00	73,00
G - 6	72,50	72,50	71,50	74,00	72,63
G - 7	73,50	73,00	72,50	74,50	73,38
G - 8	74,00	75,00	74,00	72,00	73,75
G - 9	71,00	70,50	69,50	70,50	70,38
G - 10	71,50	70,00	70,00	70,50	70,50
Promedio					72,05
δ =					1,311
V(%) =					1,8

En las tablas 9, 10 y 11 se muestran los resultados obtenidos de variación dimensional de unidades de albañilería de la **Ladrillera Cabrera**, de su longitud, ancho y altura; cada medida se obtiene como promedio de las cuatro medidas entre los puntos medios de los bordes terminales de cada cara, con estos valores se hizo el cálculo de un promedio total, desviación estándar (δ); la variación dimensional $V(\%)$ se calculó haciendo uso de la ecuación 1.

Tabla 9. Variación dimensional del largo de la unidad – L. Cabrera.

Espécimen		Longitud de caras (mm)			
N°	L1	L2	L3	L4	L prom.
C - 1	222,50	225,50	223,50	225,50	224,25
C - 2	225,50	226,00	222,00	223,00	224,13
C - 3	225,00	226,00	223,50	223,00	224,38
C - 4	224,00	225,00	226,50	226,00	225,38
C - 5	225,00	225,00	227,00	229,00	226,50
C - 6	225,00	225,00	227,00	228,00	226,25
C - 7	225,00	225,00	227,00	227,50	226,13
C - 8	226,00	225,00	228,00	226,50	226,38
C - 9	223,00	223,00	225,00	226,00	224,25
C - 10	227,50	226,50	225,00	225,00	226,00
Promedio					225,36
$\delta =$					1,004
$V(\%) =$					0,4

Tabla 10. Variación dimensional del ancho de la unidad – L. Cabrera.

Espécimen		Ancho de caras (mm)			
N°	A1	A2	A3	A4	L prom.
C - 1	130,00	129,50	129,00	128,00	129,13
C - 2	131,20	130,00	128,00	128,00	129,30
C - 3	131,00	134,00	130,00	130,50	131,38
C - 4	131,00	131,00	129,50	129,00	130,13
C - 5	133,00	131,00	131,00	129,50	131,13
C - 6	129,50	129,00	130,50	131,00	130,00
C - 7	133,00	131,00	130,50	129,50	131,00
C - 8	131,00	131,00	129,00	130,00	130,25
C - 9	130,00	129,00	127,50	126,00	128,13
C - 10	130,00	130,00	132,00	130,50	130,63
Promedio					130,11
δ =					1,016
V (%) =					0,8

Tabla 11. Variación dimensional de la altura de la unidad – L. Cabrera.

Especimen		Altura de caras (mm)				
N°	H1	H2	H3	H4	L prom.	
C - 1	75,00	73,00	74,00	74,00	74,00	
C - 2	70,00	71,50	72,00	72,00	71,38	
C - 3	68,50	68,00	69,00	70,00	68,88	
C - 4	71,50	72,00	73,50	72,00	72,25	
C - 5	71,00	73,50	72,00	72,00	72,13	
C - 6	72,00	71,00	73,00	71,00	71,75	
C - 7	69,00	71,50	72,50	71,00	71,00	
C - 8	70,50	70,00	70,00	73,00	70,88	
C - 9	73,50	71,00	71,50	72,00	72,00	
C - 10	70,00	70,50	72,00	71,50	71,00	
					Promedio	71,53
					$\delta =$	1,304
					V (%) =	1,8

En las tablas 12, 13 y 14 se muestran los resultados obtenidos de variación dimensional de unidades de albañilería de la **Ladrillera Mejía**, de su longitud, ancho y altura; cada medida se obtiene como promedio de las cuatro medidas entre los puntos medios de los bordes terminales de cada cara, con estos valores se hizo el cálculo de un promedio total de medidas tomadas y desviación estándar (δ) que se usan como datos para calcular la variación dimensional $V(\%)$ usando la ecuación 1.

Tabla 12. Variación dimensional del largo de la unidad – L. Mejía.

Espécimen		Longitud de caras (mm)			
N°	L1	L2	L3	L4	L prom.
M - 1	225,0	226,0	224,7	224,3	225,00
M - 2	223,9	223,7	224,0	225,5	224,28
M - 3	223,0	223,0	224,0	224,5	223,63
M - 4	223,0	223,0	224,0	225,0	223,75
M - 5	225,3	226,0	224,5	225,0	225,20
M - 6	223,0	222,5	223,5	224,0	223,25
M - 7	222,5	222,0	223,5	223,0	222,75
M - 8	221,0	221,0	221,5	222,3	221,45
M - 9	223,5	223,0	224,5	224,0	223,75
M - 10	224,0	225,0	224,0	224,0	224,25
Promedio					223,73
$\delta =$					1,093
$V (\%) =$					0,5

Tabla 13. Variación dimensional del ancho de la unidad – L. Mejía.

Espécimen		Ancho de caras (mm)			
N°	A1	A2	A3	A4	L prom.
M - 1	135,50	134,00	136,00	135,50	135,25
M - 2	136,00	135,90	134,00	133,00	134,73
M - 3	135,50	134,90	133,00	133,20	134,15
M - 4	136,00	136,50	134,00	134,80	135,33
M - 5	134,00	134,50	135,50	136,40	135,10
M - 6	132,50	132,50	134,00	134,50	133,38
M - 7	133,50	133,50	132,00	132,00	132,75
M - 8	132,00	133,50	132,00	133,50	132,75
M - 9	135,00	134,50	133,50	133,00	134,00
M - 10	133,50	134,00	134,50	136,00	134,50
Promedio					134,19
$\delta =$					0,970
V (%) =					0,7

Tabla 14. Variación dimensional de la altura de la unidad – L. Mejía.

Espécimen		Altura de caras (mm)				
N°	H1	H2	H3	H4	L prom.	
M- 1	75,00	74,00	75,00	76,50	75,13	
M- 2	74,00	75,00	75,50	75,50	75,00	
M- 3	73,50	73,00	74,80	73,50	73,70	
M- 4	74,00	75,50	76,20	75,50	75,30	
M- 5	75,50	74,00	73,50	76,50	74,88	
M- 6	74,50	73,00	73,00	74,50	73,75	
M- 7	76,00	77,00	75,00	74,50	75,63	
M- 8	75,50	75,50	74,00	74,30	74,83	
M- 9	73,00	71,50	74,00	74,00	73,13	
M- 10	72,50	74,50	73,50	75,30	73,95	
					Promedio	74,53
					$\delta =$	0,829
					V (%) =	1,1

En las tablas 15, 16 y 17 se muestran los resultados obtenidos de variación dimensional de unidades de albañilería de la Ladrillera Gavidia, de su longitud, ancho y altura; cada medida se obtiene como promedio de las cuatro medidas entre los puntos medios de los bordes terminales de cada cara, con estos valores se hizo el cálculo de un promedio total de medidas tomadas y desviación estándar (δ) que se usan como datos para calcular la variación dimensional V(%) usando la ecuación 1.

Tabla 15. Variación dimensional del largo de la unidad – L. Gavidia.

Especimen		Longitud de caras (mm)			
N°	L1	L2	L3	L4	L prom.
Ga - 1	222,00	221,50	222,50	223,50	222,38
Ga - 2	223,00	223,00	225,00	224,50	223,88
Ga - 3	222,00	222,00	220,50	221,50	221,50
Ga - 4	223,00	222,50	225,00	222,50	223,25
Ga - 5	221,00	222,00	220,00	219,50	220,63
Ga - 6	221,00	223,50	223,00	221,00	222,13
Ga - 7	224,50	223,50	226,00	224,00	224,50
Ga - 8	221,00	221,50	222,00	223,50	222,00
Ga - 9	224,00	223,50	224,50	225,50	224,38
Ga - 10	221,00	220,00	222,00	220,50	220,88
Promedio					222,55
$\delta =$					1,395
V (%)=					0,6

Tabla 16. Variación dimensional del ancho de la unidad – L. Gavidia.

Espécimen		Ancho de caras (mm)				
N°	A1	A2	A3	A4	L prom.	
Ga - 1	128,00	130,00	127,00	128,00	128,25	
Ga - 2	129,00	129,00	127,00	127,00	128,00	
Ga - 3	125,00	126,50	126,00	127,00	126,13	
Ga - 4	127,00	129,50	128,00	127,00	127,88	
Ga - 5	125,50	125,00	127,00	126,00	125,88	
Ga - 6	125,00	126,50	125,00	126,50	125,75	
Ga - 7	127,00	126,00	127,00	128,50	127,13	
Ga - 8	126,00	128,00	125,50	126,50	126,50	
Ga - 9	127,00	128,00	127,00	125,00	126,75	
Ga - 10	125,50	128,00	125,00	125,50	126,00	
Promedio					126,83	
δ =					0,939	
V (%) =					0,7	

Tabla 17. Variación dimensional de la altura de la unidad – L. Gavidia.

Espécimen		Altura de caras (mm)			
N°	H1	H2	H3	H4	L prom.
Ga- 1	71,00	71,50	72,00	72,50	71,75
Ga- 2	72,00	72,50	72,00	74,00	72,63
Ga- 3	73,00	73,50	74,50	74,00	73,75
Ga- 4	71,00	71,30	71,00	71,00	71,08
Ga- 5	70,00	70,50	72,00	71,50	71,00
Ga- 6	74,00	72,50	73,00	73,00	73,13
Ga- 7	72,00	71,50	70,50	72,00	71,50
Ga- 8	73,00	71,50	71,50	73,50	72,38
Ga- 9	71,00	70,00	71,00	71,50	70,88
Ga- 10	70,00	72,50	72,00	71,50	71,50
Promedio					71,96
δ =					0,973
V(%) =					1,4

B. Alabeo. El alabeo de las unidades de albañilería pueden ser de forma cóncavo y convexo, se medirán con una regla y una cuña graduada como lo estipula la Norma 331.018 de ITINTEC.

En las tablas 18, 19, 20 y 21 se muestran los datos obtenidos de alabeo de las ladrilleras seleccionadas como muestra representativa, el alabeo de forma cóncava se representa como CC y el alabeo convexo como CV, de las 2 medidas tomadas de sus diagonales por cara se elige la mayor; para el estudio se coloca por separado los datos del alabeo de la cara lisa (cara superior) y cara rugosa (cara inferior); de todos los resultados se obtiene un promedio total que se usó para clasificar y comparar con parámetros de acuerdo a la Norma E.070 (RNE, 2011).

Tabla 18. Alabeo de la unidad de albañilería – L. García.

Espécimen	Cara lisa		Cara rugosa		Alabeo		
	N°	D1 (mm)	D2 (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	Superior (mm)	Inferior (mm)
G - 1		CC - 1,00	CC - 1,00	CV - 2,00	CV - 1,25	1,00	2,00
G - 2		CV - 1,65	CV - 3,00	CV - 1,00	CV - 0,80	3,00	1,00
G - 3		CC - 0,00	CC - 0,00	CV - 2,20	CV - 1,15	0,00	2,20
G - 4		CC - 2,00	CC - 1,80	CV - 1,75	CV - 2,85	2,00	2,85
G - 5		CC - 3,80	CC - 2,00	CV - 2,15	CV - 3,80	3,80	3,80
G - 6		CV - 0,50	CV - 1,10	CV - 1,50	CV - 1,65	1,10	1,65
G - 7		CC - 2,30	CC - 2,00	CV - 2,85	CV - 3,50	2,30	3,50
G - 8		CC - 1,50	CC - 2,00	CV - 1,75	CC - 2,00	2,00	2,00
G - 9		CC - 2,00	CC - 2,00	CV - 3,75	CV - 3,50	2,00	3,75
MG - 10		CV - 1,00	CV - 0,50	CC - 2,50	CC - 2,00	1,00	2,50
					Promedio	1,82	2,53

Tabla 19. Alabeo de la unidad de albañilería – L. Cabrera.

Espécimen	Cara lisa		Cara rugosa		Alabeo	
	N°	D1 (mm)	D2 (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	Superior (mm)
C - 1	CC - 1,80	CC - 1,00	CV - 2,25	CV - 2,50	1,80	2,50
C - 2	CC - 1,20	CC - 1,00	CV - 1,25	CV - 1,15	1,20	1,25
C - 3	CC - 3,20	CC - 3,00	CV - 1,50	CV - 1,00	3,20	1,50
C - 4	CC - 1,40	CC - 1,00	CV - 1,50	CC - 1,00	1,40	1,50
C - 5	CC - 1,90	CC - 1,70	CV - 1,30	CV - 1,50	1,90	1,50
C - 6	CC - 2,00	CC - 2,00	CC - 2,50	CV - 1,15	2,00	2,50
C - 7	CC - 2,70	CC - 2,80	CC - 1,50	CV - 1,00	2,80	1,50
C - 8	CC - 2,50	CC - 2,50	CV - 2,50	CC - 1,50	2,50	2,50
C - 9	CC - 3,50	CC - 3,00	CV - 3,00	CV - 1,75	3,50	3,00
C - 10	CC - 3,00	CC - 3,00	CC - 2,05	CC - 3,25	3,00	3,25
Promedio					2,33	2,10

Tabla 20. Alabeo de la unidad de albañilería – L. Mejía.

Espécimen	Cara lisa		Cara rugosa		Alabeo	
	N°	D1 (mm)	D2 (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	Superior (mm)
M - 1	CC - 1,50	CC - 1,00	CV - 1,50	CV - 2,15	1,50	2,15
M - 2	CC - 0,00	CC - 0,00	CV - 1,15	CV - 1,00	0,00	1,15
M - 3	CC - 1,50	CC - 1,70	CV - 2,00	CV - 2,00	1,70	2,00
M - 4	CC - 1,30	CC - 1,30	CV - 1,40	CV - 2,00	1,30	2,00
M - 5	CC - 1,30	CC - 1,00	CC - 1,30	CC - 1,00	1,30	1,30
M - 6	CC - 0,70	CC - 0,50	CV - 1,25	CV - 1,00	0,70	1,25
M - 7	CC - 0,50	CC - 0,50	CV - 3,25	CV - 2,85	0,50	3,25
M - 8	CC - 0,00	CC - 0,00	CV - 2,25	CV - 1,50	0,00	2,25
M - 9	CC - 0,50	CC - 0,50	CC - 2,00	CV - 1,25	0,50	2,00
M - 10	CC - 1,80	CC - 1,70	CV - 2,75	CV - 3,15	1,80	3,15
Promedio					0,93	2,05

Tabla 21. Alabeo de la unidad de albañilería – L. Gavidia.

Especimen	Cara lisa		Cara rugosa		Alabeo		
	N°	D1 (mm)	D2 (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	Superior (mm)	Inferior (mm)
Ga - 1	CC - 1,00	CC - 1,00	CV - 2,00	CV - 1,25	1,00	2,00	
Ga - 2	CV - 1,65	CV - 3,00	CV - 1,00	CV - 0,80	3,00	1,00	
Ga - 3	CC - 0,00	CC - 0,00	CV - 2,20	CV - 1,15	0,00	2,20	
Ga - 4	CC - 2,00	CC - 1,80	CV - 1,75	CV - 2,85	2,00	2,85	
Ga - 5	CC - 3,80	CC - 2,00	CV - 2,15	CV - 3,80	3,80	3,80	
Ga - 6	CV - 0,50	CV - 1,10	CV - 1,50	CV - 1,65	1,10	1,65	
Ga - 7	CC - 2,30	CC - 2,00	CV - 2,85	CV - 3,50	2,30	3,50	
Ga - 8	CC - 1,50	CC - 2,00	CV - 1,75	CC - 2,00	2,00	2,00	
Ga - 9	CC - 2,00	CC - 2,00	CV - 3,75	CV - 3,50	2,00	3,75	
Ga - 10	CV - 1,00	CV - 0,50	CC - 2,50	CC - 2,00	1,00	2,50	
					Promedio	1,82	2,53

C. Ensayo de compresión de la unidad ($f'_{b}=f'_{cb}$). El ensayo de compresión de la unidad, se desarrolló en base a las especificaciones de la norma ITINTEC 331.018 y 331.019. Donde se recomienda ensayar 5 especímenes por lote, haciendo un total de 20 unidades (5 de cada ladrillera).

Con estos resultados obtenidos de resistencia a la compresión, se determina el módulo de elasticidad de la unidad E_b , según Sahlin (1971), ello con el afán de comparar posteriormente con el módulo de elasticidad de la albañilería.

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados se muestran en las tablas 22, 23, 24 y 25. A la resistencia de cada muestra se calcula un promedio total y su respectiva desviación estándar (δ), con estos valores se usa para calcular la resistencia característica (promedio - δ) de las unidades de albañilería.

Tabla 22. Resistencia a la compresión de la unidad (f'_{b}) y módulo de elasticidad de la unidad (E_b) – L. García.

Espécimen	largo	ancho	Área	Pmax	f'b	Eb según Sahlin
N°	cm	cm	cm²	Kg	Kg/cm²	
G - 1	22,50	12,90	290,25	19749,00	68,04	20412,40
G - 2	22,70	12,95	293,97	19839,80	67,49	20247,10
G - 3	22,70	13,00	295,10	20203,00	68,46	20538,46
G - 4	22,70	13,10	297,37	17933,00	60,31	18091,60
G - 5	22,70	13,00	295,10	17842,20	60,46	18138,46
				$\delta =$	4,19	1255,53
				Promedio	64,95	19485,61
				Prom - δ	60,77	18230,08

Tabla 23. Resistencia a la compresión de la unidad ($f'b$) y módulo de elasticidad de la unidad (E_b) – L. Cabrera.

Espécimen	largo	ancho	Área	Pmax	$f'b$	E_b según Sahlin
N°	cm	cm	cm ²	Kg	Kg/cm ²	
C - 1	22,25	13,00	289,25	16117,00	55,72	16715,99
C - 2	22,73	13,10	297,76	17706,00	59,46	17839,02
C - 3	22,20	13,05	289,71	18160,00	62,68	18805,01
C - 4	22,60	13,00	293,80	18069,20	61,50	18450,51
C - 5	22,75	13,23	300,98	19522,00	64,86	19458,27
				$\delta =$	3,47	1040,46
				Promedio	60,85	18253,76
				Prom - δ	57,38	17213,31

Tabla 24. Resistencia a la compresión de la unidad ($f'b$) y módulo de elasticidad de la unidad (E_b) – L. Mejía.

Espécimen	largo	ancho	Área	Pmax	$f'b$	E_b según Sahlin
N°	cm	cm	cm ²	Kg	Kg/cm ²	
M- 1	22,40	13,45	301,28	24516,00	81,37	24411,84
M- 2	22,20	13,35	296,37	22246,00	75,06	22518,47
M- 3	22,08	13,25	292,56	25651,00	87,68	26303,32
M- 4	22,10	13,30	293,93	24516,00	83,41	25022,28
M- 5	22,48	13,65	306,85	25560,20	83,30	24989,44
				$\delta =$	4,59	1377,26
				Promedio	82,16	24649,07
				Prom - δ	77,57	23271,81

Tabla 25. Resistencia a la compresión de la unidad (f'_b) y módulo de elasticidad de la unidad (E_b) – L. Gavidia.

Espécimen	largo	ancho	Área	Pmax	f'_b	E_b según
N°	cm	cm	cm²	Kg	Kg/cm²	Sahlin
Ga- 1	22,35	13,00	290,55	16117,00	55,47	16641,20
Ga- 2	22,50	13,10	294,75	17706,00	60,07	18021,37
Ga- 3	22,50	13,05	293,63	18160,00	61,85	18554,28
Ga- 4	22,20	13,00	288,60	18069,20	62,61	18782,95
Ga- 5	21,93	13,23	290,13	19522,00	67,29	20185,85
				$\delta =$	4,28	1283,51
				Promedio	61,46	18437,13
				Prom - δ	57,18	17153,62

D. Densidad.

La densidad se determinó haciendo uso de las ecuaciones 5 y 6.

El valor final que se considera, el promedio total obtenido de los resultados de cada muestra al realizar el ensayo. En Las Tablas 26, 27, 28 y 29 se muestran los resultados de densidad de las unidades de ladrillo artesanal de cada una de las 4 ladrilleras seleccionadas, y en la última fila se indica el promedio de la densidad de los 5 resultados.

Tabla 26. Densidad – L. García.

Espécimen	Peso (g)			Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)
	N°	Seco	Sumergido 3 h ebullición		
G - 1	3235,20	1675,30	3727,70	2052,40	1,58
G - 2	3166,30	1606,70	3664,50	2057,80	1,54
G - 3	3265,10	1704,50	3764,50	2060,00	1,59
G - 4	3426,20	1859,40	3924,10	2064,70	1,66
G - 5	3099,70	1526,40	3585,30	2058,90	1,51
				Promedio	1,57

Tabla 27. Densidad – L. Cabrera.

Espécimen	Peso (g)			Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)
	N°	Seco	Sumergido 3 h ebullición		
C - 1	3278,30	1888,70	3865,60	1976,90	1,66
C - 2	3126,80	1743,10	3717,00	1973,90	1,58
C - 3	3089,60	1704,40	3680,20	1975,80	1,56
C - 4	3012,10	1635,40	3607,30	1971,90	1,53
C - 5	3100,40	1704,20	3689,10	1984,90	1,56
				Promedio	1,58

Tabla 28. Densidad – L. Mejía.

Espécimen		Peso (g)		Volumen	Densidad
N°	Seco	Sumergido	3 h ebullición	(cm ³)	(g/cm ³)
M - 1	3998,20	2298,50	4355,40	2056,90	1,94
M - 2	3950,40	2256,20	4318,90	2062,70	1,92
M - 3	4132,10	2425,30	4492,50	2067,20	2,00
M - 4	3928,00	2254,10	4282,30	2028,20	1,94
M - 5	3928,60	2224,60	4295,10	2070,50	1,90
				Promedio	1,94

Tabla 29. Densidad – L. Gavidia.

Espécimen		Peso (g)		Volumen	Densidad
N°	Seco	Sumergido	3 h ebullición	(cm ³)	(g/cm ³)
Ga - 1	3234,10	1757,10	3746,40	1989,30	1,63
Ga - 2	3097,50	1620,30	3603,70	1983,40	1,56
Ga - 3	3215,20	1744,00	3725,40	1981,40	1,62
Ga - 4	3219,60	1743,70	3731,20	1987,50	1,62
Ga - 5	3144,20	1674,80	3653,90	1979,10	1,59
				Promedio	1,60

4.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Variación Dimensional.

En la Tabla 17 y en las figuras 9, 10 y 11 se muestra el resumen de resultados de Variabilidad dimensional de longitud, ancho y altura de las muestras sometidas a estudio; estos resultados se compran y se clasifican de acuerdo a la norma E.070 [RNE, 2011].

Los resultados obtenidos de la variación dimensional de largo, ancho y altura al ser comparado y constado con parámetros de la Norma E.070 clasifican como tipo V.

Tabla 30. Cuadro resumen de la variación dimensional.

Ladrillera	Variabilidad dimensional						Clasificación de según Norma
	L (mm)	L (%)	a (mm)	a (%)	h (mm)	h (%)	
García	223,05	1,2	127,90	1,2	72,05	1,8	Tipo V
Cabrera	225,36	0,4	130,11	0,8	71,53	1,8	Tipo V
Mejía	223,73	0,5	134,19	0,7	74,53	1,1	Tipo V
Gavidia	222,55	0,6	126,83	0,7	71,96	1,4	Tipo V

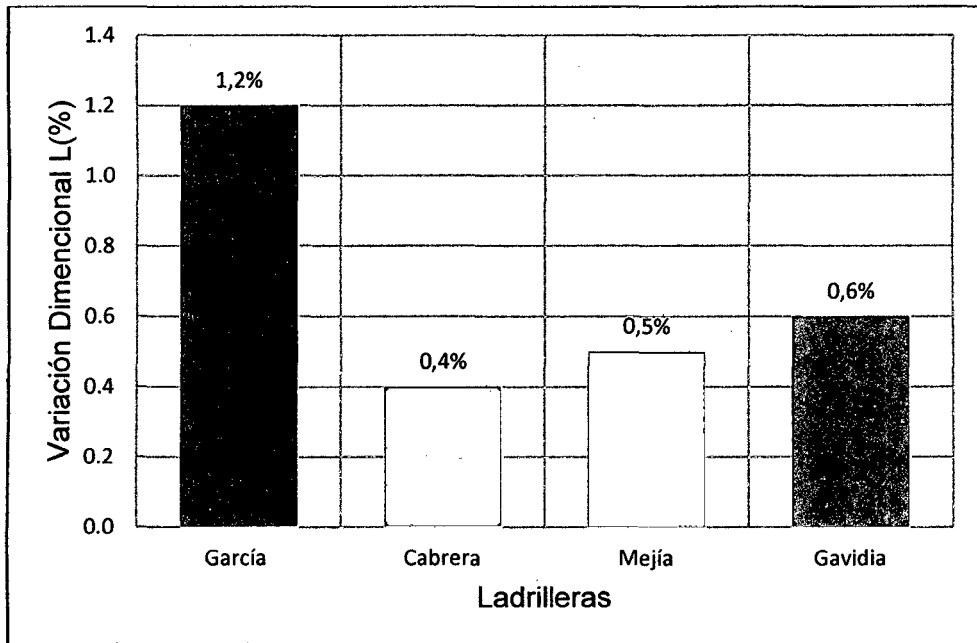


Figura 9. Variación dimensional de longitud de unidades de cuatro ladrilleras.

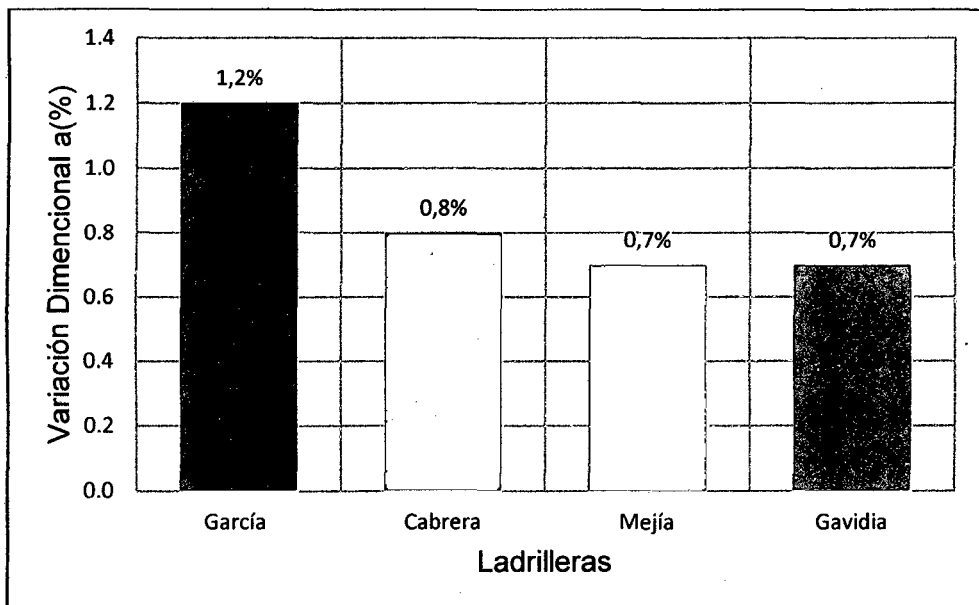


Figura 10. Variación dimensional de ancho de unidades de cuatro ladrilleras.

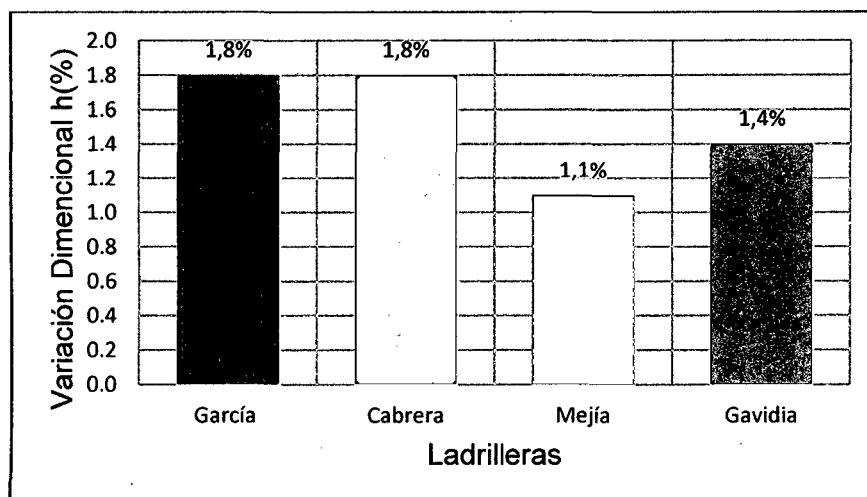


Figura 11. Variación dimensional de altura de unidades de cuatro ladrilleras.

Con el ensayo de variación dimensional se determina el espesor de las juntas de la albañilería. Se debe mencionar que por cada incremento de 3 mm en el espesor de las juntas horizontales, adicionales al mínimo requerido de 10 mm, la resistencia a compresión y al corte de la albañilería disminuye en 15% aproximadamente [San Bartolomé, 1998]. Según la norma E.070, el espesor de las juntas horizontales debe ser 4mm más dos veces la desviación estándar de la altura de la unidad (Tabla 31).

Tabla 31. Espesores de junta horizontal, según norma E-070.

Ladrillera	Desviación estándar	Junta calculada = $4\text{mm} + 2 \cdot \delta(\text{mm})$
García	1,42	6,85
Cabrera	1,33	6,66
Mejía	0,88	5,76
Gavidia	0,98	5,97

Por inspección de la Tabla 18 y 19; se deduce que, las unidades de las cuatro ladrilleras estudiadas en el sector Frutillo, no tendrán una reducción significativa de la resistencia, siempre y cuando se cumpla con el

requerimiento mínimo de 10 mm de junta horizontal y como máximo de 15 mm [San Bartolomé, 1998].

Alabeo.

En la tabla 32 y en las figuras 12 y 13 se muestra los valores promedios de alabeo de la cara lisa (superior) y cara rugosa (inferior) de las unidades de ladrillo de las 4 Ladrilleras. Los valores mostrados se compara y clasifica de acuerdo la Norma E.070 [RNE, 2011], clasificando todas las muestras como tipo IV.

Tabla 32. Comparación de Alabeo de la unidad.

Ladrillera	Alabeo de la unidad		Clasificación Norma E.070
	Superior (mm)	Inferior (mm)	
García	1,82	2,53	Tipo IV
Cabrera	2,33	2,10	Tipo IV
Mejía	0,93	2,05	Tipo IV
Gavidia	1,13	2,70	Tipo IV

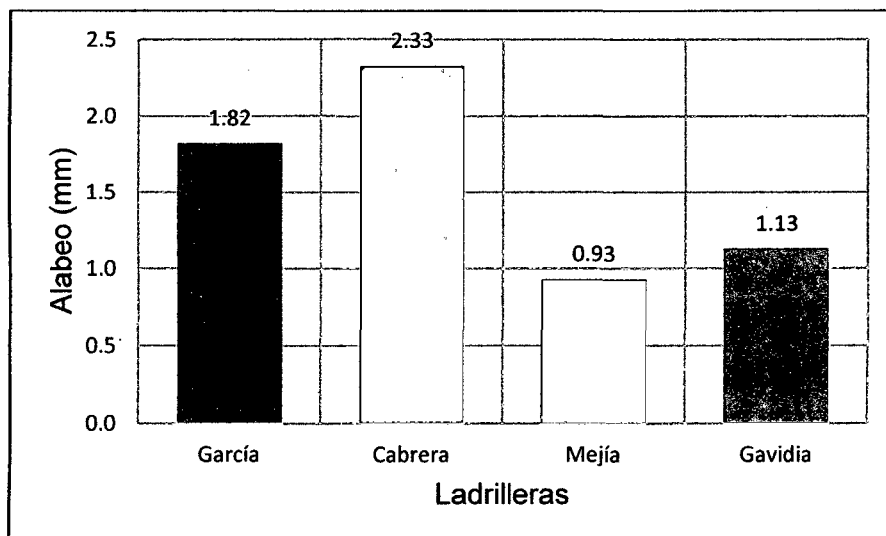


Figura 12. Alabeo de cara lisa de las unidades de cuatro ladrilleras en estudio.

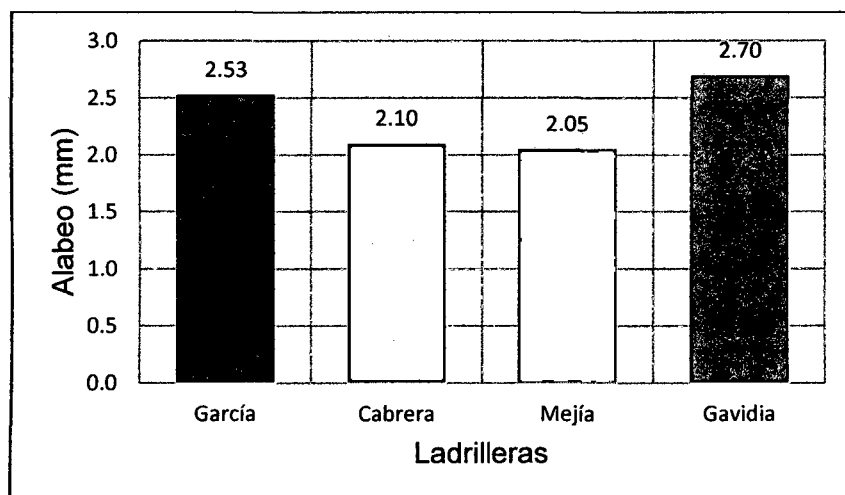


Figura 13. Alabeo de cara rugosa de las unidades de cuatro ladrilleras en estudio.

Resistencia a la Compresión

En la Tabla 33 y figura 14, se resume la resistencia característica a la compresión de las unidades de albañilería, de las cuatro ladrilleras estudiadas; al hacer la comparación respectiva se verifica que todas las unidades usadas en el estudio arrojan valores promedios que sobrepasan la resistencia mínima de 50 kg/cm² que sugiere la norma E.070 (RNE, 2011), clasificando las unidades de tres ladrilleras como tipo I y una tipo II con un valor de 77,57 Kg/cm².

Tabla 33. Comparación de la resistencia a la compresión y del módulo de elasticidad según Sahlin, con la Norma E.070.

Ladrillera	Resistencia a la compresión				Clasificación de Norma
	f ^b (Kg/cm ²)	f ^b (Mpa)	E _b (Kg/cm ²)	E _b (Mpa)	
García	60,77	5,96	18230,08	1787,75	Tipo I
Cabrera	57,38	5,63	17213,31	1688,04	Tipo I
Mejía	77,57	7,61	23271,81	2282,18	Tipo II
Gavidia	57,18	5,61	17153,62	1682,19	Tipo I

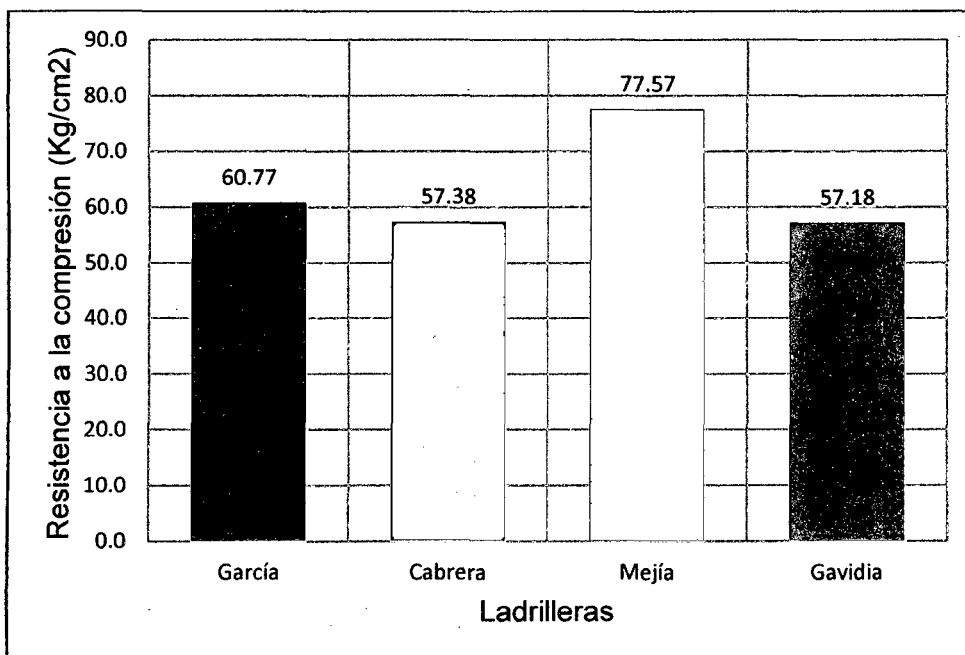


Figura 14. Representación gráfica de la resistencia a la compresión de unidades de cuatro ladrilleras.

Las unidades que presentan mayor resistencia a compresión son las unidades con superficies de mejor uniformidad.

Densidad.

En la tabla 33 y figura 15, se muestra los valores obtenidos de las cuatro ladrilleras estudiadas, variando estos valores entre $1,57 \text{ gr/cm}^3$ y $1,94 \text{ gr/cm}^3$; al ser comparado con parámetros de la Norma E.070 (RNE, 2001), las unidades de dos ladrilleras clasifican como Tipo II, una como Tipo IV y otra como tipo V; por lo que se puede decir que las unidades tienen una clasificación aceptable tomando en cuenta únicamente este parámetro.

Tabla 34. Resumen de densidad.

Densidad		Clasificación según Norma E. 070
Ladrillera	D (gr/cm ³)	
García	1,57	Tipo II
Cabrera	1,58	Tipo II
Mejía	1,94	Tipo V
Gavidia	1,60	Tipo IV

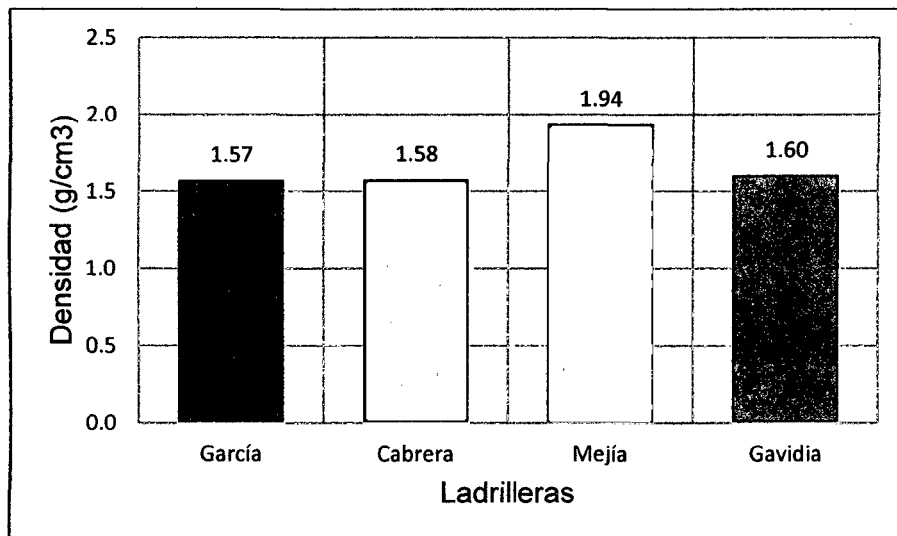


Figura 15. Representación gráfica de densidad de unidades de cuatro ladrilleras.

Cuadro resumen de valores de ensayos realizados.

En la tabla 35 se muestran los valores obtenidos de los ensayos de variación dimensional, alabeo, resistencia a la compresión y densidad; al clasificar las unidades tomando en cuenta todos los estudios realizados y con mayor énfasis al ensayo de compresión, las unidades de ladrillo artesanal King Kong de las ladrilleras García, Cabrera y Gavidia clasifican como Tipo I y de la ladrillera

mejía como tipo II, siendo apto su uso para construcciones de condiciones de servicio con exigencias mínimas y moderadas.

Tabla 35. Resumen total de ensayos.

Ladrillera	Variación dimensional						Alabeo		Resist. Comp.	Densidad
	L (mm)	L (%)	a (mm)	a (%)	h (mm)	h (%)	Superior (mm)	Inferior (mm)	Eb (Kg/cm ²)	(gr/cm ³)
García	223,05	1,2	127,90	1,2	72,05	1,8	1,82	2,53	60,77	1,57
Cabrera	225,36	0,4	130,11	0,8	71,53	1,8	2,33	2,10	57,38	1,58
Mejía	223,73	0,5	134,19	0,7	74,53	1,1	0,93	2,05	77,57	1,94
Gavidia	222,55	0,6	126,83	0,7	71,96	1,4	1,13	2,70	57,18	1,60

4.3. CONSTATAción DE LA HIPÓTESIS.

Con los resultados obtenidos de la investigación de las unidades de ladrillo fabricado de manera artesanal en Frutillo – Bambamarca no se llega a demostrar lo planteado en la hipótesis.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

De las muestras obtenidas se concluye que la variación de las dimensiones de las unidades se encuentra en el intervalo de 0,4% a 1,8%.

Los valores del alabeo para las cuatro ladrilleras están el intervalo de 0,93 mm a 2,33 mm en la cara lisa y de 2,05 mm a 2,70 mm en la cara rugosa.

La densidad para las unidades evaluadas está en el intervalo de 1,57 g/cm³ a 1,94 g/cm³.

Para las ladrilleras García, Cabrera, Mejía y Gavidia la resistencia a compresión ($f'b$) de las unidades, arrojan valores de 60,77 Kg/cm², 57,38 Kg/cm², 77,57 Kg/cm² y 57,18 Kg/cm².

Según los resultados obtenidos de variación dimensional, alabeo, densidad y resistencia a la compresión, las unidades de las ladrilleras García, Cabrera y Gavidia clasifican como tipo I y las unidades de la ladrillera Mejía como tipo II tomando como referencia los índices de la Norma E. 070 (RNE, 2011).

RECOMENDACIONES

Realizar un estudio de las propiedades Físico – mecánicas de la materia prima para la fabricación de ladrillo artesanal.

Realizar el análisis químico de la materia prima para la fabricación de ladrillo artesanal.

En investigaciones futuras sobre el tema de estudio, tomar como tema de investigación la materia prima y proceso de fabricación de las unidades de ladrillo king kong.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Aguirre Gaspar, DR. 2004. Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín. Tesis Mag. Ing. Civil. Perú, PUCP. 198 p.

Barranzuela Lescano, JB. 2014. Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura. Tesis Lic. Ing. Civil. Piura – Perú. UP. 95p.

Bartolomé, A. 2005. Comentarios a la Norma Técnica de edificación E.070 (albañilería). Perú. SENCICO. 147p.

Domínguez Acero, JE. y Niño Gutiérrez, OM. 2008. Unidades de mampostería (H – 10 , H – 15), Temosa) con refrentado en Neopreno (Espesor 3/8", 1/2", 3/4"). Tesis Lic. Ing. Civil. Bucaramanga-Colombia. UPBSB. 72p.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual INDECOPI COMISION DE REGLAMENTOS TECNICOS Y COMERCIALES. 1978. NORMA TECNICA PERUANA ITINTEC 331.017. (en línea), consultado 12 ago. 2014. Disponible en http://www.ladrillositalperu.com/331_017.pdf.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual INDECOPI COMISION DE REGLAMENTOS TECNICOS Y COMERCIALES. 1978. NORMA TECNICA PERUANA ITINTEC 331.018. (en línea), consultado 15 sept. 2014. Disponible en www.ladrillositalperu.com/331_018.pdf

Mego Barboza, A. 2013. Evaluación de las propiedades físicas - mecánicas de los ladrillos King - Kong producidos en el sector de fila alta-Jaén. Tesis Lic. Ing. Civil. Perú, UNC. 53 p.

RNE. 2011. Megabyte. Tercera Edición. Perú. 654 p.

Rojas Echeverri, JE. 2005. Problemas patológicos presentados en fachadas de ladrillo a la vista tipo catalán en la ciudad de Medellín. Tesis Trabajo de Grado Arq. Constructor. Colombia. UNC. 155 p.

Mendoza Martínez, S. 2010. Casi un tercio de la producción de ladrillos es informal (en línea), consultado 12 ago. 2014. Disponible en <http://elcomercio.pe/economia/619321/noticia-casi-tercio-produccion-ladrillos-informal-1>.

Molina, SA; Vizcaíno, AM. y Ramírez, FD. 2007. Estudio de las características físico - mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado en el municipio de Acacías. Tesis Lic. Ing. Civil. Colombia. US. 156P.

ANEXO A

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 16: Vista de ladrilleras en el lugar de estudio.



Figura 17: Lugar de moldado de las unidades de ladrillo.

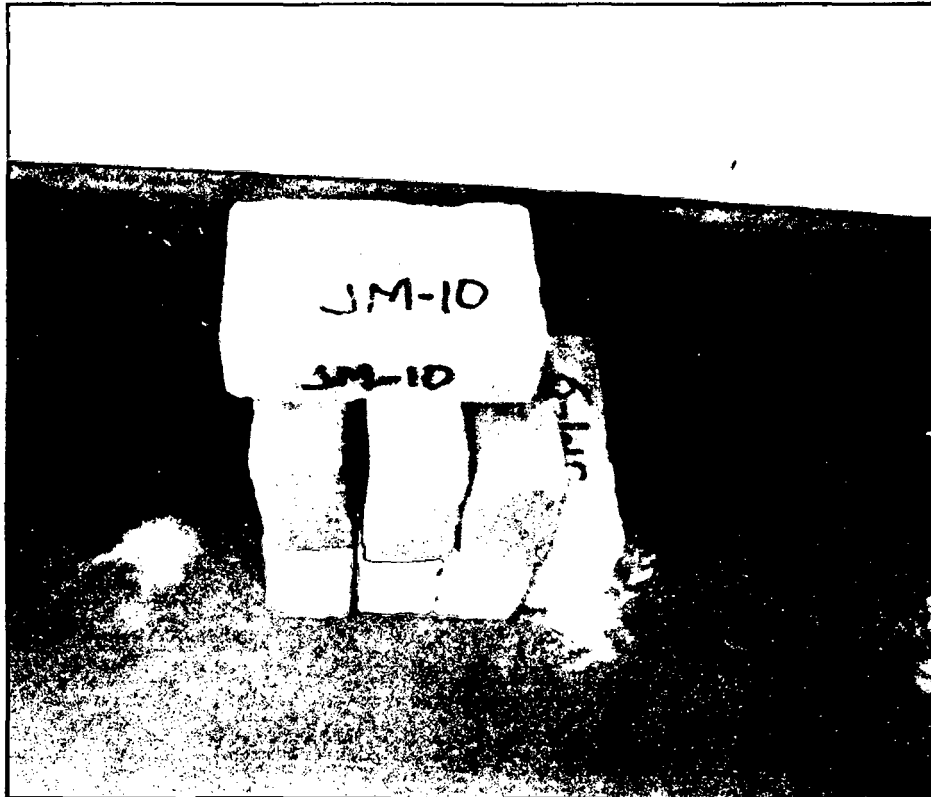


Figura 18: Muestras de ladrillo.

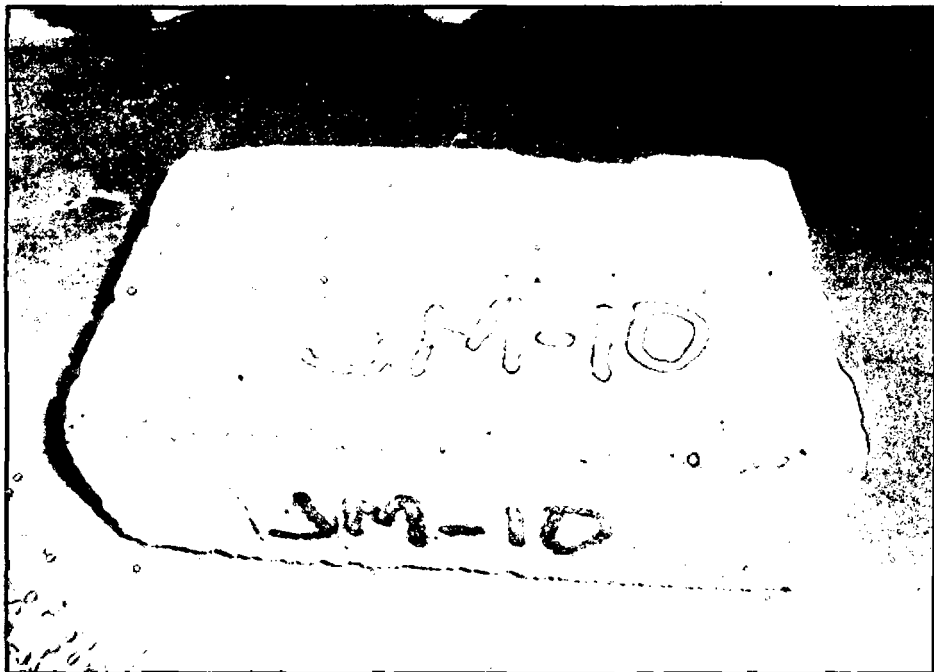


Figura 19: Simbología para identificación de muestra.



Figura 20: Obtención de datos para determinar la variación dimensional.

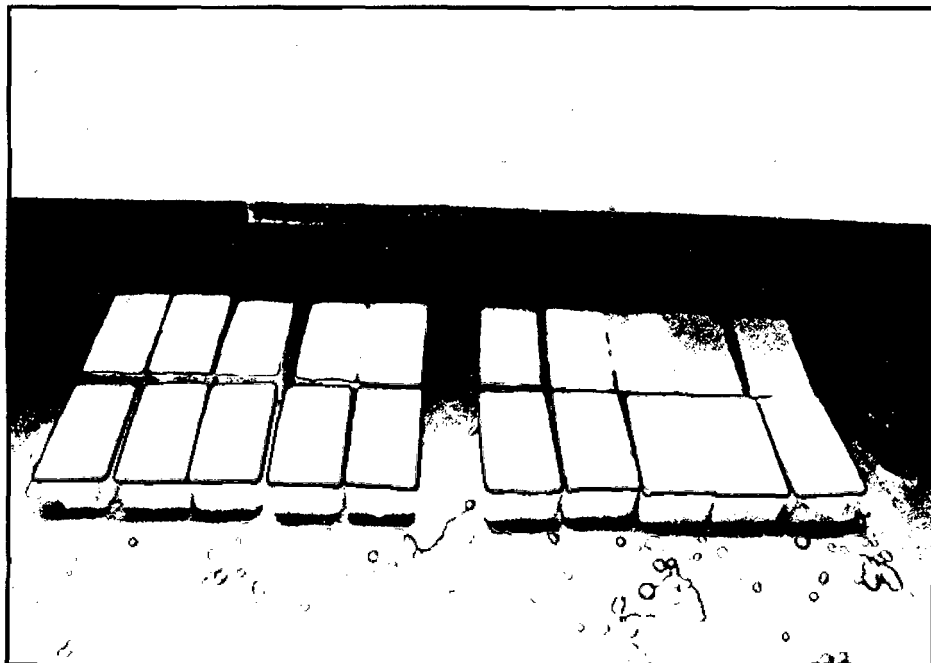


Figura 21: Muestras con capa de yeso para uniformización de superficie.



Figura 22: Ensayo a la compresión.



Figura 23: muestras saturadas en ebullición.



Figura 24: Medición del peso de la muestra sumergida.