



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

**“EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y
MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD ESTRUCTURAL
DEL LADRILLO ARTESANAL PRODUCIDOS EN LA
COMUNIDAD DEL FRUTILLO, BAMBAMARCA,
CAJAMARCA 2016”**

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

AUTOR:

HERBERT ELMER, VÁSQUEZ MONTENEGRO

ASESOR:

ING. CARLOS MANUEL, TEPE GASTULO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO SISMICO Y ESTRUCTURAL

CHICLAYO — PERÚ

Año 2016

PÁGINA DEL JURADO

ING. RAMON SAMILLAN FARRO
PRESIDENTE

ING. ROBERTO CARLOS CACHAY SILVA
SECRETARIO

ING. CARLOS MANUEL TEPE GASTULO
VOCAL

DEDICATORIA

A mi esposa Rocío Yanet a mis hijas ayer mis bebes, hoy mis nenas y siempre serán mis princesas BRENDA CAMILA y XIOMARA ABIGAIL con mucho amor y cariño les dedico todo mi esfuerzo y trabajo puesto para la realización de esta tesis.

Herbert Vásquez

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora; en segundo lugar, a cada uno de los que son parte de mi familia, a mi madre Bercelia Cruzado; a mis hermanos, por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora.

Herbert Vásquez

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Herbert Elmer Vásquez Montenegro, identificado con DNI N° 40357689, estudiante de la Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, con la Tesis Titulada “EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD ESTRUCTURAL DEL LADRILLO ARTESANAL PRODUCIDOS EN LA COMUNIDAD DEL FRUTILLO, BAMBAMARCA, CAJAMARCA 2016”, declaro bajo juramento que:

La Tesis es de mi autoría, ya que ha sido elaborada respetando las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas. Por lo tanto, la información presentada en mi tesis no ha sido plagiada total ni parcialmente.

Caso contrario, asumo las responsabilidades que corresponda ante cualquier falsedad, omisión u ocultamiento de la información utilizada.

Chiclayo, Junio 2017

Herbert Elmer Vásquez Montenegro

DNI N° 40357689

PRESENTACIÓN

La importancia que ha adquirido el ladrillo a través de su historia lo ha colocado como un material indispensable en la industria de la construcción a nivel mundial. Muchas de las construcciones de albañilería que se realizan hoy en día tienen como componente básico al ladrillo, que, en nuestro medio, es elaborado mayormente de arcilla.

La fabricación del ladrillo en la comunidad del Frutillo, distrito de Bambamarca es una práctica habitual, generadora de puestos de trabajo, sobre todo en los sectores socioeconómicos bajos y que forman parte de la economía del país. Por estas razones, es que se han venido realizando proyectos para mejorar los procedimientos empleados por los productores ladrilleros en la elaboración de las unidades, haciendo más eficiente esta actividad. Así se esperaría que estas mejoras tengan efecto en los resultados finales garantizando un mínimo de calidad.

Las unidades de albañilería producidas en la comunidad del Frutillo, Distrito Bambamarca, Provincia Hualgayoc, Región Cajamarca, específicamente en Ladrillera Lucano, no están siendo fabricadas de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas, por lo tanto, esto se ve afectada en su calidad para las construcciones en edificaciones. En la investigación hecha sobre su proceso de calidad de estas unidades de albañilería y de acuerdo a los resultados sobre los ensayos de variación dimensional, alabeo, resistencia a la compresión, absorción y densidad, nos dan como resultado que estas no cumplen con los requerimientos técnicos que exige las normas. Por lo tanto, estas unidades de albañilería no pueden ser utilizadas en albañilería estructural.

Este trabajo se centra en conocer la producción y la mejora de la calidad estructural del ladrillo artesanal para ello se ha tenido que utilizar la tierra negra como insumo para su mejora.

Herbert Vásquez

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
ÍNDICE	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA	10
1.2 TRABAJOS PREVIOS	11
1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA	14
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	59
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	59
1.6 HIPÓTESIS	60
1.7 OBJETIVOS	60
II. MÉTODO	61
2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	61
2.2 VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN	62
2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	63
2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD	63
2.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	63
2.6 ASPECTOS ÉTICOS	63
III. RESULTADOS	64
IV. DISCUSIÓN	70
V. CONCLUSIÓN	78
VI. RECOMENDACIONES	80
VII. REFERENCIAS	81
ANEXOS	84

RESUMEN

El ladrillo constituye una alternativa masiva como material de construcción en casi todos los países. Si bien a nivel mundial el requerimiento es el industrial, en el Perú y particularmente en Bambamarca la preferencia es por el artesanal, por tal motivo se formuló el siguiente problema ¿Cómo influye la mejora de la calidad estructural de los ladrillos artesanales en sus construcciones de los pobladores del distrito de Bambamarca, región Cajamarca? La presente investigación tuvo como objetivo general proponer un nuevo diseño de ladrillos artesanales de arcilla cocida que cumplan con las exigencias de la norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, en cuanto a resistencia a compresión.

Para tal efecto, de las 75 ladrilleras artesanales existentes en la zona, se tomó como muestreo por juicio o conveniencia a la ladrillera Lucano, observando el proceso de fabricación desde la extracción de la materia prima hasta la cocción de las unidades. Aplicando la NTP 399.613 y la Norma E.070 se eligieron 50 unidades, de las cuales serán sometidas a varios ensayos; 25 de variación dimensional, 25 de alabeo, 25 de absorción y 25 de resistencia a la compresión. Concluyendo que los ladrillos fabricados en forma artesanal en Ladrillera Lucano de la comunidad del Frutillo-Bambamarca clasifican en tipo II para fines estructurales destinados a construcciones de servicio moderado y tipo III para construcciones de servicio de uso general, con lo cual se contradice la hipótesis planteada.

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

ABSTRACT

The research study called "Evaluation of the production and improvement of the structural quality of the handmade brick produced in the Ladrillera Lucano of the community of the frutillo, Bambamarca, Cajamarca 2016" is very important because it will allow us to know the quality of specimens with That the buildings are being built in the district of Bambamarca.

In addition, with this project what is wanted is to propose an improvement of the quality of the masonry units according to the Peruvian Technical Standards in the same way according to the norm E.070 and the NTP 399.613, these units will be submitted to several Tests of dimensional variation, warping, absorption and resistance to comprehension? Concluding that the bricks manufactured in the Ladrillera Lucano artisan form of the community of Frutillo-Bambamarca classified in type II for structural purposes destined to constructions of moderate service and type III for constructions of service of general use, with which it contradicts the hypothesis raised.

The results of each test allowed us to know the characteristics of the masonry units, being of great relevance to determine the quality of these masonry units, since it depends on these results, to make constructions safe and of quality in the district and because Not say within the entire Cajamarca region.

Key words: Handmade brick, classification, dimensional variation, warping, resistance to comprehension, absorption.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

El ladrillo constituye una alternativa masiva como material de construcción en casi todos los países. Si bien a nivel mundial el requerimiento es el industrial.

“La albañilería-ladrillos constituye el material más usado en Latinoamérica en la construcción de edificios de viviendas para la población de bajos ingresos debido a su bajo costo de construcción. Las construcciones de albañilería se caracterizan por ser viviendas unifamiliares de 1 o 2 pisos, o bien edificios de 5 pisos como máximo. A pesar de su extensivo uso, la construcción en albañilería presenta una serie de deficiencias en la construcción de estos edificios. La mayor parte de ellas relacionadas con el proceso de elaboración de los ladrillos y el mismo proceso constructivo, la variedad de materiales empleados y la mano de obra muchas veces no calificada” (Maldonado, 2013).

Desde la década de 1970, las construcciones de albañilería estructural se han constituido en una alternativa económica y sencilla para las edificaciones, que es preferida en muchas áreas urbanas del Perú.

La provincia de Hualgayoc-Bambamarca, no ha sido ajena a la gran aceptación que ha alcanzado las construcciones en albañilería. Por el año 1993, un estudio sobre vulnerabilidad sísmica, desarrollado por Córdova Facundo, nos muestra que, en el área urbana, el 95% de las edificaciones de material rústico fueron reemplazadas por albañilería confinada y en las áreas de expansión urbana, llegaba al 32,6%. Aun cuan no contamos con estudios actualizados, podemos afirmar sin temor a equivocarnos, que estos porcentajes se han mantenido o incrementado.

En las construcciones de albañilería, las técnicas y sobre todo la calidad de ladrillos de arcilla, varían de un lugar a otro, por la calidad de la materia prima, por los procesos de selección, moldeo, secado y cocción; y principalmente por el tipo de proceso de producción, ya sea artesanal (moldeo y cocción artesanal), semi-industrial (moldeo mecanizado y cocción artesanal) o industrial (moldeo y cocción mecanizado).

Actualmente el caserío del Frutillo-Bambamarca, cuenta con una sola planta de producción semi-industrial, ninguna del tipo industrial y muchas fábricas de producción artesanal. Precisamente, los ladrillos producidos por éstas últimas tienen más aceptación, principalmente por su menor costo y aparente similitud con las unidades industrializadas que llegan desde Lima.

Se observa que las principales desventajas de la producción artesanal son la cocción irregular (se deshacen en un tiempo relativamente corto) y la presencia de grietas por contracción de secado. Ambos defectos influyen notoriamente en su resistencia frente a las cargas externas y durabilidad frente a las inclemencias del clima.

Un estudio sobre “Unidades de albañilería de arcilla cocida en Bambamarca”, desarrollada para la UNC en el año 2000, analizó 08 ladrilleras (tomando muestras de 13 hornos), llegando a obtener una resistencia a la compresión de las unidades entre los valores de 7.00 y 7.79Mpa clasificando el ladrillo en tipo II, según norma E.070

Frente a esa problemática circunscrita en las ladrilleras del distrito de Bambamarca específicamente en la comunidad del Frutillo, se plantea esta investigación. Proponer una mejora de la calidad del ladrillo artesanal manteniendo el sistema de producción artesanal en los procesos de producción, esperando mejorar su resistencia frente a las cargas y durabilidad frente a las inclemencias del clima.

1.2 TRABAJOS PREVIOS

Internacionales

FLORES, V.; GUIRAÚM, A. y BARRIOS, J. (1999); en su tesis Caracterización de ladrilleras tradicional producida en la Vega del Guadalquivir, en zonas próximas a Sevilla Dpto. Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidrio, 38 [1] 29-34. Universidad de Sevilla. En dicha investigación se llega a la conclusión de que todos los ladrillos fabricados en esta zona presentan un porcentaje de absorción de agua por encima del límite admitido (18%) por la normativa UNE vigente en España. La resistencia a la compresión no resulta similar para los dos grupos siendo

sensiblemente mayor para las piezas tipo rojo, estos ladrillos rojos tienen un contenido en cuarzo algo más elevado que los ladrillos amarillos, todos los resultados se encuentran muy por encima de los 100kp/cm² aceptables como valor mínimo.

BIANUCCI, MA. (2009), en su tesis: Ladrillo-Orígenes y Desarrollo. Argentina, FAU-UNNE. 39p. de dicho estudio se concluyó que el tamaño de los ladrillos comunes que se fabrican en Argentina, es de 26,5 a 27cm. de largo, por 12,5 a 13cm. de ancho, por 6cm. a 7cm. de espesor. Cuando el ladrillo es de primera calidad, bien cocido, (campana por el sonido claro), los ensayos de comprensión en probetas, llegan a una resistencia de 90 kg/cm² a la rotura. Lo importante, de todas maneras, es que sus medidas estén relacionadas entre sí para posibilitar su uso: si (e) es el espesor, (a) es el ancho y (l) es el largo, la relación será, $(a)=2(e) + 1\text{ junta}=2(a) + 1\text{ junta}$.

Nacionales

BARRANZUELA, J. (2014). Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú. En dicha investigación los valores de resistencia a la comprensión oscilan entre 50kg/cm² y 70kg/cm², equivalente a 4.9 Mpa y 6.9 Mpa respectivamente (en las ladrilleras artesanales) y una cierta uniformidad, clasificándose como tipo I y tipo II, de acuerdo a la norma E.070 del RNE. Si se desea diseñar con unidades artesanales el valor de resistencia a la comprensión para diseño podría considerarse en 50kg/cm². Los ladrillos artesanales como semi-industriales deben ser saturados antes de su uso.

AGUIRRE, DR. (2004). Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín. Tesis para optar el grado académico de Magister en Ingeniería Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. 298 p. En dicha investigación tiene las siguientes conclusiones: respecto a la variabilidad dimensional, indica que las unidades tienen características muy aceptables, clasificando como tipo IV y V. En cuanto al alabeo, las unidades de la misma forma clasifican como unidades del tipo IV y V,

por lo que se asume que las juntas serán las recomendadas (10mm @ 15mm); así mismo, se asume que con estas juntas la resistencia en compresión y corte podrían ser adecuadas. Según los resultados de resistencia a compresión de las unidades f'_b , los valores de las cuatro zonas dan un valor promedio de 39.41kg/cm²; resultado que no se aproxima al mínimo de 50kg/cm² recomendado en la propuesta de la norma E.070. La absorción máxima, se encuentra por encima del máximo recomendado que es 22%, esto indicaría que las unidades contienen más humedad que la necesaria.

Locales

FERNÁNDEZ, YK. (2010). Estudio de la influencia del Tipo de Arcilla en las Características Técnicas del Ladrillo, Santa Bárbara-Cajamarca. Tesis para optar el grado académico de Maestro en Ciencias. UNC. Perú.188p. En este estudio llega a la conclusión de que los ladrillos de arcilla fabricados artesanalmente en el C.P. Santa Bárbara clasifican indistintamente para fines estructurales, desde los destinados a construcciones de servicio con exigencias mínimas (tipo I), hasta construcciones de servicio de uso general (tipo III), sin embargo, se presentan casos en que no llega a clasificar para estos fines.

BERNAL, K. (2013). Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong del centro poblado el cerrillo-Baños del Inca y Lark de Lambayeque. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. UNC. Cajamarca. Perú. 131p. En esta investigación se tiene las siguientes conclusiones: Las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong del Centro Poblado El Cerrillo-Baños del Inca, son: a) variabilidad dimensional: Largo= -1.20%, ancho=2.36%, alto=8.77%, b) Alabeo: Convexo 0.75mm, cóncavo 1.10mm, c) Compresión simple f'_b = 6.76Mpa (69Kg/cm²) y d) Absorción 17.2%. Según los resultados de los ensayos clasificatorios (variabilidad dimensional, alabeo y compresión simple), el ladrillo King Kong del Centro Poblado El Cerrillo-Baños del Inca, se clasifican como ladrillo clase II para fines estructurales de acuerdo a la Norma E.070.

1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

MARCO NORMATIVO PERUANO

Normas Técnicas Peruanas

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

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 estructurales principalmente por muros confinados y muros armados”. Para estructuras especiales de albañilería, tales como arcos, chimeneas, muros de contención y reservorios, las exigencias de esta norma serán satisfechas en la medida que sean aplicables. Los sistemas de albañilería que estén fueran del alcance de esta norma, deberán ser aprobadas mediante Resolución del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento luego de ser evaluados por SENCICO.

BASES TEÓRICAS

Definición

Hernández (2008) “Un ladrillo es una pieza cerámica, generalmente ortoédrica, obtenida por moldeo, secado y cocción a altas temperaturas de una pasta arcillosa, cuyas dimensiones suelen ser de 24x11.5x6cm” se emplea en albañilería, ya sean muros, tabiques, tabicones, etc. Se estima que los primeros ladrillos fueron creados alrededor del 6.000a.c. es la unidad básica que se usa para la construcción del muro en albañilería confinada. El más común en nuestro medio urbano es el ladrillo fabricado en base a arcilla cocida.

“Los ladrillos son pequeñas piezas cerámicas en forma de paralelepípedo, formados por tierras arcillosas, moldeadas, comprimidas y sometidas a una

cocción. Pueden utilizarse en toda clase de construcciones por ser su forma regular y fácil su manejo” (Moreno 1981).

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

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

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

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

Características de los ladrillos

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

Del Río (1975), Moreno (1981), Somayaji (2001) y Gallegos (2005), “Coinciden en que un ladrillo considerado como bueno, para muros de albañilería, debe poseer las características generales siguientes: estar bien moldeado, lo que da lugar a caras planas, lados paralelos y los bordes y ángulos agudos”. Ser poroso, sin exceso, para poder tomar bien el mortero, no contener sales solubles para no propiciar la eflorescencia, poseer un sonido metálico al ser golpeado con un martillo u otro objeto similar, puesto que cuando se da este sonido es una muestra que el ladrillo está bien cocido y no tiene defectos como fisuras.

Así mismo debe contar con una geometría homogénea, compacta, luciente y exenta de caliches, no debe estar demasiado cocido ya que produciría una unidad de color violáceo o negruzco, con una estructura vitrificada y brillante, con deformaciones y grietas. Un ladrillo demasiado cocido es muy

duro pero la resistencia queda anulada por las fisuras. Tampoco debe estar poco cocido o blando, pues podría desmoronarse fácilmente y daría un sonido sordo. En resumen, las características físicas del ladrillo son que debe tener una buena cocción, un color uniforme, un sonido claro y seco al ser golpeado.

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

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

Tipología de los ladrillos

La tipología de las unidades de albañilería se realiza basándose en el área neta, medida en proporción a la superficie bruta de la cara de asiento, y en las características de los alvéolos. La tipología no tiene que ver ni con el tamaño de las unidades ni con la materia prima con que se elaboran. Es decir, para el mismo tipo puede haber ladrillos o bloques.

- a. Unidades sólidas o macizas.** Unidad de albañilería cuya área neta en la cara de asiento es equivalente al 70%, o más, del área bruta. Puede tener orificios o perforaciones perpendiculares a la cara de asiento. El área de estos vacíos está limitada al 30% del área bruta de la cara de asiento (fig. 1.1).



Fig. 1.1. Unidades de Albañilería sólida o maciza

b. Unidades huecas. Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano. En esta categoría clasifican los bloques de concreto vibrado (empleados en la albañilería armada) y también, las unidades con muchas perforaciones (fig. 1.2).

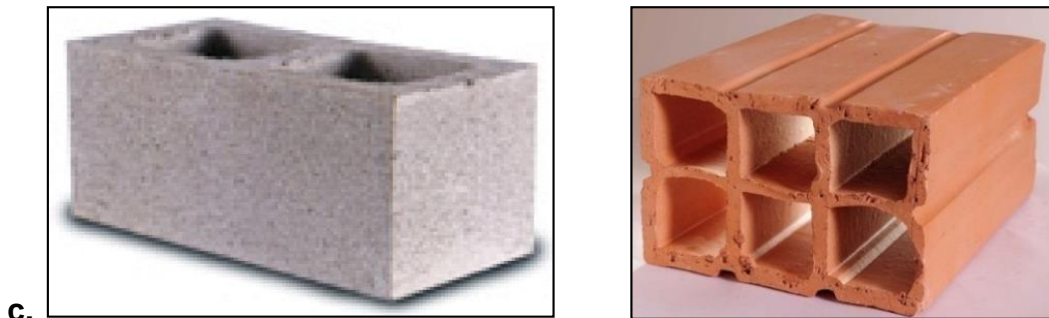


Fig. 1.2. Unidades de Albañilería hueca

d. Unidades tubulares o pandereta. Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento (fig. 1.3)



Fig. 1.3. Unidades de Albañilería tubulares o pandereta

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

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

Tabla 1. Limitaciones de aplicación estructural de los tipos de unidades de albañilería.				
Tipo	Posibilidad de aplicación			
	Muro en zona sísmica		Muro en zona no sísmica	
	Portante	No Portante	Portante	No Portante
Sólida	Óptima	Aplicable, pero muy pesada y costosa	Óptima para cargas elevadas	Aplicable, pero muy costosa
Hueca	No aplicable tal cual. Óptima si se llenan alvéolos con concreto líquido	Óptima	No aplicable	Óptima
Tubular	No aplicable	Óptima	No aplicable	Óptima

Fuente: Gallegos, y Casabonne. 2005.

Propiedades de los ladrillos

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

Se pueden dividir en dos categorías mayores:

Propiedades físicas relacionadas a la estética del material:

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

Propiedades ingenieriles:

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

Relacionadas con la resistencia estructural:

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

Los especímenes son 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 (San Bartolomé. 1994).

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

San Bartolomé. 1994, señala que la resistencia a compresión (f'_{b}) expresa sólo la calidad de la unidad empleada, ensayada bajo las

mismas condiciones. Esto se debe a que el valor $f'b$ depende de la altura de la probeta (a menor altura, mayor resistencia), del capping empleado y de la restricción al desplazamiento lateral impuesto por los cabezales de la máquina de ensayos (acción de confinamiento transversal a la carga aplicada). Como se muestra en la fig. (1.4)



Fig. 1.4. Ensayo de resistencia a la compresión del ladrillo

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

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

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

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

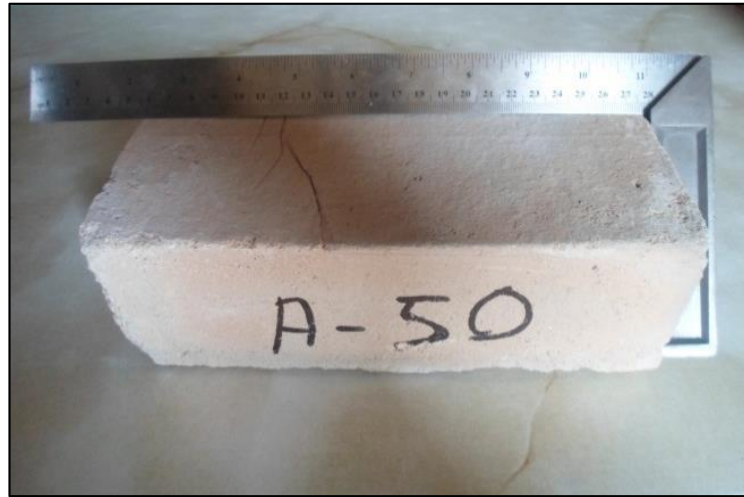


Fig. 1.5. Variación dimensional del ladrillo

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

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



Fig. 1.6. Alabeo del ladrillo

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

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

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



Fig. 1.7. Absorción del ladrillo

- **Succión** o velocidad inicial de absorción en la cara de asiento. Relacionadas con la durabilidad.
- **Resistencia a la congelación:** capacidad de los ladrillos de soportar bajas temperaturas sin perder sus propiedades ni sufrir fracturas.
- **Resistencia al fuego:** Propiedad física de los ladrillos que consiste en soportar altas temperaturas sin sufrir daños.
- **Aislamiento térmico:** Propiedad física que no permite la transferencia de calor, ya que tiene una baja conductividad térmica.

Clasificación de los ladrillos

De acuerdo a sus propiedades, el RNE, clasifica al ladrillo en cinco tipos:

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

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

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

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

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

Según la NTP E.070, para efectos de diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características, según la tabla 2.

Tabla 2. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (Máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en 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		
Ladrillo I	± 8	±6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)
$f'b$ = Resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería.					MPa = Megapascal.
Fuente: NTP E-070.					

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

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

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

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

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

Limitaciones en su aplicación

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

Tabla 3. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales			
TIPO	Zona Sísmica 2 y 3		Zona Sísmica 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal	No	Si, hasta dos pisos	Si
Sólido Industrial	Si	Si	Si
Hueco	No	No	Si
Tubular	No	No	Si, hasta 2 pisos

Fuente: NTP E-070.

Materia Prima

Origen de la arcilla

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

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

Otros autores como Kohl (1975), "Precisan que las arcillas son producto de la erosión química de las rocas". De una manera más ambigua Del Busto (1991) "Considera que es una clase especial de

tierra, formada por descomposición de rocas mediante la acción de agentes ambientales”.

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

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

Composición de la arcilla

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

Como ya se ha mencionado anteriormente, las arcillas se presentan en la naturaleza, derivadas directamente de la degradación natural de las rocas ígneas o de los feldespatos o en depósitos aluviales o eólicos (Gallegos, 2005). Es por eso que la composición química de la corteza terrestre y la de la mayoría de las arcillas es muy similar como se muestra en la Tabla 4, donde los contenidos de sílice y de alúmina son los más altos dentro de la composición de los minerales (Rhodes 1990).

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

Componente	Corteza Terrestre (%)	Arcilla Roja Común (%)
SiO₂	59.14	57.02
Al₂O₃	15.34	19.15
Fe₂O₃	6.88	6.70
MgO	3.49	3.08
CaO	5.08	4.26
Na₂O	3.84	2.38
K₂O	3.13	2.03
H₂O	1.15	3.45
TiO₂	1.05	0.91

Fuente: Rhodes. 1990

Algunos autores como Rhodes (1990) y Clews (1969) proponen la siguiente fórmula molecular de la arcilla: $Al_2O_3 + 2SiO_2 + 2H_2O$ (Silicato hidratado de alúmina). Esta fórmula no incluye las impurezas que siempre están presentes. Por tal motivo la fórmula anterior hace referencia a una arcilla pura que recibe el nombre de caolín.

Las arcillas con un mayor grado de pureza son las que cuentan con un alto contenido de sílice y alúmina. El contenido de hierro y otras impurezas en este tipo de arcillas tiende a ser más bajo. El caolín y la arcilla plástica son un ejemplo de este tipo de arcillas. El contenido químico de los diferentes tipos de arcillas puede variar considerablemente. Este cambio es consecuencia de las condiciones con las cuales se formó la roca ígnea de la que proviene (Rhodes, 1990).

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

- El cuarzo disminuye la plasticidad y la retracción y contribuye a hacerla refractaria.
- La sílice en forma coloidal aumenta la plasticidad.
- La alúmina la hace refractaria.

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

Características físicas de la arcilla

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

La distribución granulométrica es una variable de suma importancia, dado que de ella va a depender el grado de empaquetamiento de las partículas y, por tanto, las propiedades físico-mecánicas de los elementos hechos con arcilla tales como porosidad, absorción de agua, resistencia a la flexión, etc. Debido a que el tamaño de los granos de arcilla puede variar mucho dependiendo el tipo de arcilla al que se esté refiriendo, las propiedades físicas de las arcillas también varían (Rhodes 1990).

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

ha unido a la arcilla producto del transporte o durante la sedimentación.

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

La proporción de los minerales en una arcilla varía con el tamaño del gránulo, es decir, hay tendencia a que se concentren algunos minerales entre límites de determinado tamaño. Así, el cuarzo, y más aún el feldespato, se acumula preferentemente en la fracción de la arcilla gruesa ($2-0.2\mu\phi$). Por el contrario, los minerales propios de la arcilla son los más abundantes en las fracciones más finas. Por lo general, en tamaños menores a $0.2\mu\phi$, existen sólo minerales de arcilla y algunos óxidos. La determinación completa de una arcilla sólo puede lograrse efectuando las segregaciones o fraccionamientos de tamaño adecuados. Una correcta identificación debe preservar las características que exhiben los minerales en su estado natural (Besoain 1985).

Propiedades de la arcilla

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

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

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

Plasticidad:

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

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

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

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

Contracción:

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

Dos tipos de contracciones se llevan a cabo:

a) Contracción por aire, que tiene lugar después que se ha formado la unidad, pero antes de que sea secada al horno.

b) Contracción por fuego, que se produce durante el proceso de quemado.

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

Refractariedad:

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

Porosidad:

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

Color:

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

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

Arcillas para la fabricación de ladrillos

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

- Los materiales utilizados en la fabricación de ladrillos son por lo general arcillas amarillas o rojas de composición heterogénea o relativamente impura (casi siempre secundarias).
- Las arcillas usadas en la mezcla deben ser plásticas al mezclarse con agua, de modo tal que puedan ser formadas en moldes o por el dado de las máquinas extrusoras que moldean y dan la forma definitiva a las unidades de arcilla (Referencia Figura 1.5).
- Sus partículas deben tener suficiente adhesión para mantener la estabilidad de la unidad después del moldeo y ser capaces de unirse fundiéndose cuando se calientan a temperaturas elevadas.

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

Impurezas frecuentes y su influencia sobre las unidades de arcilla

“No hay arcilla perfectamente pura, sino que siempre va acompañada por más o menos cantidad de materias extrañas a ella

que constituyen las llamadas impurezas. Estas impurezas pueden encontrarse en ella a partir de su origen; pueden también hallarse accidentalmente o haber sido incorporadas mucho más tarde” (Del Río 1975).

a) Impurezas de origen:

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

b) Impurezas accidentales:

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

Las piritas de hierro no aparecen extremadamente puras en las arcillas; por el contrario, a veces están completamente oxidadas. La arcilla que posea piritas es porosa bajo la influencia del calor. Sometida a la acción de una llama reductora, la pirita se transforma en sulfuro de hierro fácilmente reducible a polvo, lo cual puede producir hendiduras. Bajo fuego oxidante aparece la producción de óxido de hierro y compuestos oxigenados de azufre. Estas combinaciones sulfurosas pueden originar graves inconvenientes en la cocción de los ladrillos, puesto que éstos son alterados fácilmente por esa causa.

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

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

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

El carbono es una impureza común en las arcillas y se presenta en forma de raíces, de vetas de turba o en capas delgadas, como en el caso del carbón o disperso en partículas muy finas como en los esquistos carbonosos y bituminosos. Su presencia es útil cuando sirve de combustible o muy perjudicial sobre todo cuando hay variación de calidad y cantidad. En este último caso, es necesario alargar la duración de la cochura o bien oxidar completamente el carbono. De lo contrario, habrá que resignarse a obtener un producto ennegrecido por dentro o incluso “hinchado” (ONU, 1970).

Efectos de la calidad de la materia prima en la calidad final de las unidades

Las características y propiedades de las unidades de arcilla son afectadas por diversos factores, pero determinante es la composición química de la materia prima. Aunque el proceso de moldeo y cocción también son relevantes, éstos se establecen en función de las características de la materia prima.

En la Tabla 5. se ha resumido los principales componentes mineralógicos de la materia prima de la arcilla y los efectos que producen en la fabricación de las unidades de albañilería.

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

La presencia de carbono puede llegar a producir unidades ennegrecidas por dentro si no se ha tomado un adecuado control del proceso de cocción.

Asimismo, la presencia de piratas de hierro en exceso puede ocasionar coloraciones indeseables. También puede llegar a alterar la textura de las unidades de albañilería por la aparición de cuarteaduras sobre el producto obtenido.

Existen algunos minerales tales como sílice, cal y feldespato que proporcionan compacidad a las unidades, de presentarse exceso de estos minerales, se perdería la cohesión y homogeneidad del material. Así, la sílice debe mantenerse en un rango de 50% a 60% y la cal debe encontrarse por debajo del 10%. Estos valores límite también evitan el agrietamiento en el producto final.

Otros minerales como el cuarzo, disminuyen la retracción y contribuyen a la refractariedad. La alúmina en porcentajes mayores a cinco, proporciona el aumento de la refractariedad del material.

La presencia de cal, influye en el alabeo. Si se presenta un exceso de cal (mayor a 10%), produciría deformaciones de las unidades. También la presencia de carbono durante el proceso de cocción, llevaría a unidades hinchadas.

Una característica importante en las unidades es que no debe presentar eflorescencia; para ello el porcentaje de álcalis y ácidos presentes en la materia prima debe permanecer por debajo del 0.2%.

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

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

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

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

Continuación Tabla 5.

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

Procesos de producción

Tipos de producción

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

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



Fig. 1.8. Fabricación del ladrillo en forma artesanal

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

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

Las formas de producción artesanal y semi-industrial, tienen los mismos pasos o secuencias, únicamente variando en los instrumentos, métodos y herramientas utilizadas para la producción. La principal variación se da en el proceso de moldeado, como ya se explicó en la definición, para el ladrillo semi-industrial se utiliza

maquinaria que extruye la pasta de arcilla, por lo que se obtienen unidades de superficie lisa.

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

Fabricación

Los pasos básicos para la producción de ladrillos son:

a) Selección y preparación de la mezcla

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

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



Fig. 1.9. Preparación de la Arcilla.

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

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

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

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

b) Moldeado

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



Fig. 1.10. Moldeo Manual del Ladrillo.

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

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

La galletera de hélice consiste en un cilindro horizontal, dentro del cual gira un eje guarnecido con una hélice que impulsa la pasta y la obliga a salir por una boquilla (ver Figura 1.11).

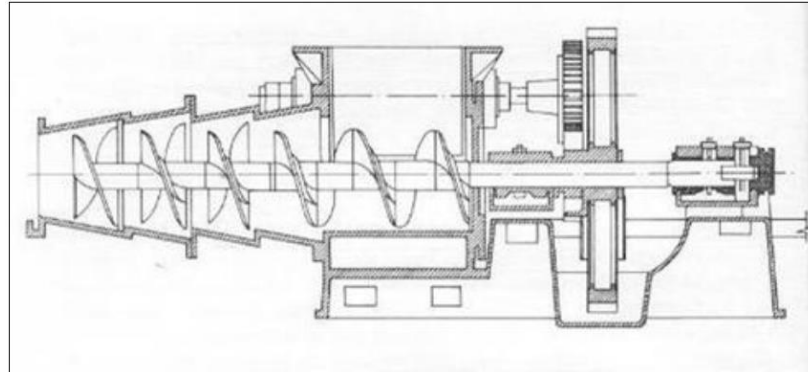


Fig. 1.11. Galletera de Hélice (Moreno, 1981)

La boquilla, cuya misión es darle forma al ladrillo, consiste en una pieza de madera sujeta con tornillos a una gruesa placa rectangular de fundición llamado portaboquillas (ver Figura 1.12). El portaboquillas es el que recoge la arcilla y la hace compacta antes de llegar a la boquilla.

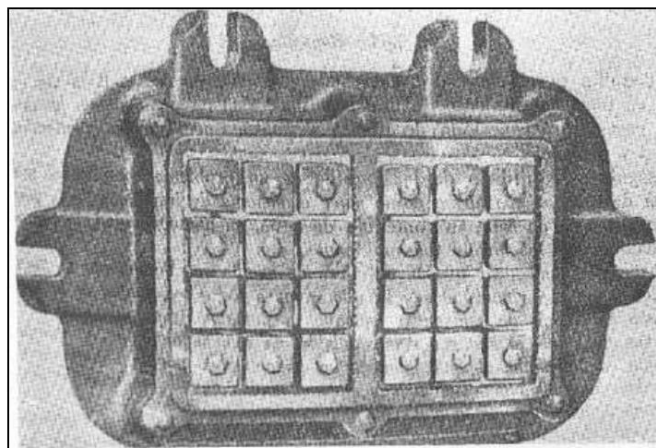


Fig. 1.12. Boquilla (Moreno, 1981)

Actualmente se usan galleteras de vacío, también conocidas como Prensas de Vacío, que tienen la ventaja de que al momento de

realizar el moldeado consiguen una homogenización de la arcilla y eliminación del aire, como la que se muestra en la Figura 1.13 (Moreno. 1981).

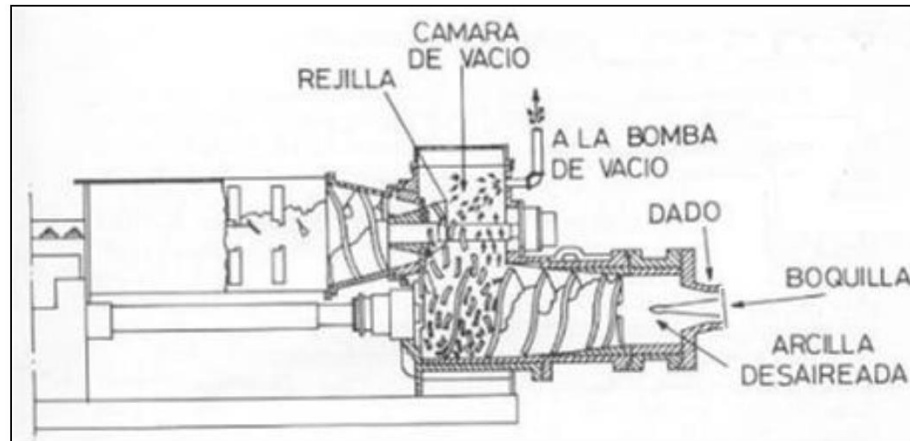


Fig. 1.13. Prensa de vacío (Moreno, 1981)

c) Secado

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

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



Figura 1.14. Secado del ladrillo artesanal al ambiente

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

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

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

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

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

e) Cocción

El proceso de cocción consiste en someter los ladrillos previamente secados a condiciones de alta temperatura por tiempos prolongados en hornos, con el fin de que adquieran sus propiedades mecánicas y físicas, ya que la arcilla sin cocer tiene propiedades muy bajas. Con este proceso no sólo consiguen las propiedades físicas y mecánicas sino también la apariencia final.



Figura 1.15. Quemado del ladrillo en un horno artesanal

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

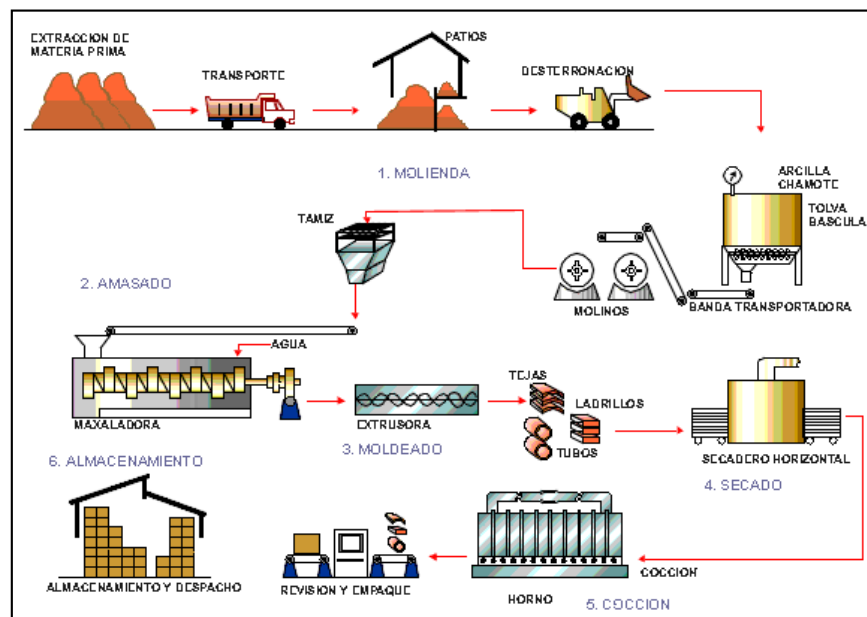


Fig. 1.16. Diagrama de fabricación de unidades de arcilla de manera industrial.

(Fernández, 2010), esquematiza el proceso de elaboración del ladrillo artesanal en el Centro Poblado Santa Barbará, distrito de Baños del Inca y que es similar a los procesos de fabricación en el Caserío del Frutillo, distrito de Bambamarca, precisando que estas

unidades son usadas para la construcción de la mayoría de viviendas en la ciudad de Bambamarca y distritos aledaños.

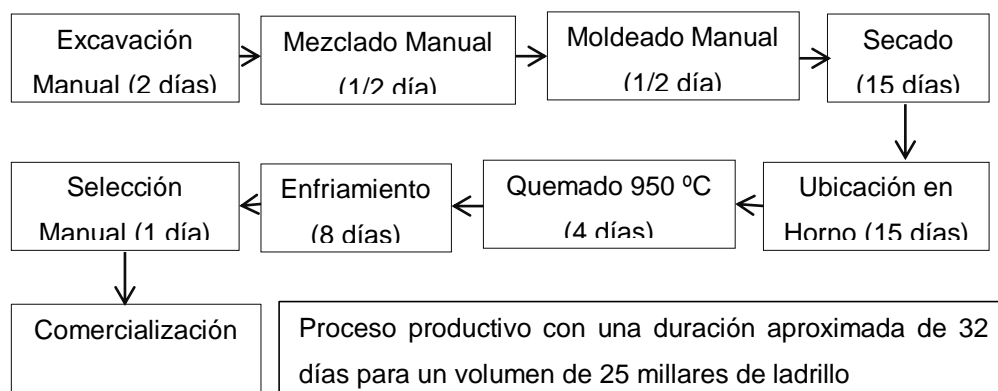


Fig. 1.17. Diagrama de fabricación de unidades de arcilla de manera artesanal en Ladrillera Lucano Caserío del Frutillo.

Las fases de cochura en el horno son tres: precalentamiento, cocción y enfriamiento (ver Figura 1.18). En la primera fase se elimina paulatinamente el agua impregnada en la arcilla. El agua es removida por aire continuamente renovado y aumenta constantemente la temperatura, el precalentamiento se considera terminado cuando toda la masa alcanza los 100° C.



Figura 1.18. Ciclo de cocción típico de un producto de arcilla (Terán 2013)
 En la etapa de enfriamiento la temperatura desciende desde la de cocción hasta la normal, esto debe realizarse paulatinamente (de 500°C a 600°C), especialmente en los hornos cerrados, para garantizar dureza, tenacidad y colorado de las piezas vitrificadas.

El enfriamiento de las piezas está definido por su tamaño, cuanto mayor es el tamaño de los ladrillos, la temperatura normal se alcanza más lentamente. Los productos cuyo enfriamiento se realiza

lentamente, son tenaces y muy resistentes a las acciones mecánicas. Por el contrario, un enfriamiento rápido los hace frágiles, hasta el punto que si han sido enfriados con demasiada premura se rompen a veces espontáneamente, sin la intervención de agentes mecánicos exteriores (Anfalit, 2002).

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

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

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

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

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

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

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

En esta etapa se utilizan, de acuerdo al tipo de fábrica o a la tecnología empleada, varios tipos de hornos que van desde los más rústicos hasta los más modernos y eficientes (Gordejuela, 2004). En general, se pueden identificar dos tipos de hornos para la cocción de ladrillos: los Hornos Intermitentes con suelo y muros laterales, y los Hornos de Fuego Continuo tipo Hoffman.

Los hornos intermitentes, son los más sencillos y consisten en un cuarto con planta cuadrada o rectangular, de altura de 5 a 6 metros. Sus muros deben tener bastante espesor para que retengan mejor el calor; por la parte superior está libre, disponiendo una cubierta separada lo suficiente para que los productos de combustión puedan salir libremente (ver Figura 1.19). En la parte baja de la pared de fachada se practican algunas puertas o bocas para la introducción del combustible y entrada de aire; en las paredes empezando desde 1.50 a 2 metros del suelo, se disponen de unas aberturas estrechas y altas que facilitan la carga y descarga del horno, cerrándose estas aberturas durante la cocción. En este tipo de hornos el proceso de combustión es incompleto porque la falta de oxígeno provoca que el

material no se queme completamente, generando piezas crudas y ahumadas (Moreno 1981).



Figura 1.19. Horno artesanal ladrillera Lucano, en el caserío del Frutillo – Bambamarca

Otro tipo de horno que puede ser utilizado en la producción de ladrillos es el denominado Horno de Fuego Continuo tipo Hoffman (ver Figura 1.20).

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

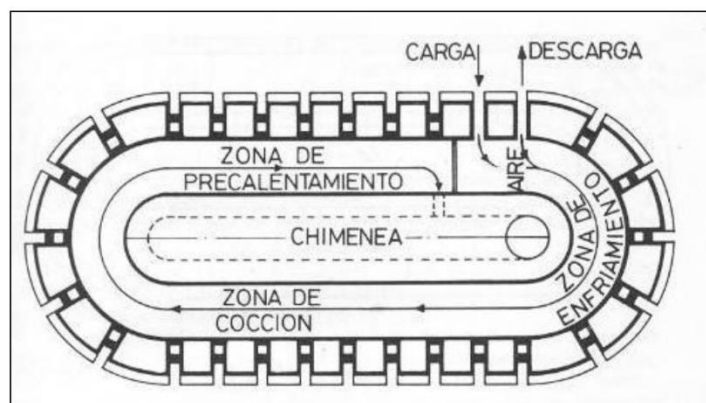


Figura 1.20. Horno de Fuego Continuo tipo Hoffman (Moreno 1981)

Este horno puede ser de planta rectangular y consta de una galería anular rodeada por gruesos muros y cubierta por una bóveda recubierta superiormente por una capa de arena. Esta galería está dividida en varios compartimentos mediante unos tabiques de plancha de hierro que corren por unas rodaduras que sirven de guías. Cada compartimento tiene una boca o entrada de 0.80 por 1 metro practicada en el muro exterior del cerramiento, la que sirve para la carga y descarga del material, teniendo además en el muro interior un orificio que comunica con otra galería concéntrica y más pequeña que la primera, llamada galería de humo que, a su vez, está en comunicación con la chimenea que establece el tiraje necesario para la combustión mediante cuatro aberturas practicadas en el muro de la chimenea (Moreno 1981).

Efectos del proceso de producción en la calidad de las unidades

Las etapas del proceso de producción también influyen en las propiedades de las unidades de arcillas. De hecho, el proceso de producción (moldeo y cocción) debe adaptarse a las características de la materia prima. Como se ha visto en el punto 1.3.2.7.7, muchos componentes presentes en la materia prima de las unidades requieren condiciones especiales de secado y un determinado control de las temperaturas de cocción.

Durante la preparación de la mezcla, que incluye el proceso de extracción de la materia prima, debe cuidarse que se haya realizado una correcta eliminación de las raíces, piedras, restos de arbustos o cualquier otro residuo que podría aparecer en la superficie de la unidad de albañilería ya terminada. Asimismo, debe tenerse en cuenta el tipo de materia prima que se va a emplear, puesto que si posee sales solubles originaría eflorescencia en las unidades. Lo mismo ocurriría si no se cuida el tipo de agua a emplear en la mezcla, para ello se debería comprobar que esté libre de sales para evitar eflorescencias.

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

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

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

En esta etapa se produce el color final que tendrá la unidad. Con una subcocción se tendría una unidad amarillenta y cruda. Por otro lado, con una sobrecocción, podría llegarse a unidades negruzcas. La subcocción también da lugar a unidades de baja resistencia que se reconocen por el sonido sordo al golpearlas entre sí. De presentarse subcocción o sobrecocción, se modificaría el tamaño de unidad, al disminuir o aumentar sus dimensiones. Y por el cambio de temperaturas en el horno, que llevaría a variaciones en la forma de la unidad, se presentaría el alabeo.

En el proceso de cocción se puede diferenciar la intensidad de quemado y el enfriamiento. Con una cocción demasiado alta, se disminuiría la resistencia de la unidad. Asimismo, si el enfriamiento

es demasiado rápido, provocaría rotura o agrietamiento en la unidad, lo cual disminuiría su resistencia.

Una síntesis de los efectos de cada etapa en la calidad final de las unidades se muestra en la (Tabla 6). Tomando en consideración los efectos de la composición mineralógica de la materia prima en la calidad final de las unidades (Tabla 5) y las etapas del proceso de producción (Tabla 6), se puede concluir que ambas se relacionan e influyen en el resultado final de las unidades, favoreciendo en mayor o menor medida su calidad. No se trata únicamente de qué tipo de materia haya sido seleccionada para la elaboración de las unidades y si presenta mejores características, sino también la manera en que esta materia prima es tratada para la fabricación de los ladrillos, lo que llevará a un único resultado final

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

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

MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD ESTRUCTURAL DEL LADRILLO ARTESANAL

Unidades mejoradas

Tomando en cuenta que la producción de ladrillos de arcilla cocida, tiene en realidad más de arte que de ciencia, este trabajo propone modificar la utilización de la arcilla que comúnmente se usa arcilla roja por una arcilla de color negro, teniendo cuidado de mantener la condición de producción artesanal.

Con esta nueva propuesta de ladrillo se comparará con las unidades de albañilería que usualmente ladrillera Lucano viene trabajando.

Un tipo de ladrillo utilizo tierra roja, más arena y mito, el otro tipo tierra roja, menos arena y mito.

Se propone modificar el ladrillo artesanal, incluyendo tierra o arcilla de color negro, arena y mito en menor proporción.

Esta nueva unidad volverá a ser como en un inicio los ladrilleros artesanales trabajaban y el ladrillo era de muy buena calidad.

Proceso de elaboración de las unidades mejoradas con inclusión de tierra o arcilla negra

Alcances

Las propuestas que se indican aquí están orientas a mejorar la calidad de los ladrillos de arcilla cocida producidos en forma artesanal. No se pretende mecanizar o llegar a industrializar las fábricas de ladrillos, sino más bien, manteniendo el sistema artesanal, lograr un mejor producto.

Pretender mecanizarlo, involucra grandes inversiones de capital que necesita un estudio de mercado y por otra parte no está al alcance de quienes vienen produciendo artesanalmente. La demanda es tal cual por sus bajos costos de producción.

Sabemos que para lograr un buen producto se requiere una correcta concordancia de las distintas fases de producción: preparación de la materia prima, moldeo, secado y cocción. Por ello, para lograr mejoraras en su calidad, debe estudiarse cada modificación que se pretenda llevar a cabo,

teniendo cuidado de no alterar bruscamente el sistema que se viene empleando.

Ahora bien, los principales defectos que podemos advertir en los ladrillos artesanales producidos en Ladrillera Lucano de la comunidad del Frutillo-Bambamarca son, la cocción muy diferenciada entre los ladrillos ubicados en la parte central y superior del horno, así como grietas originadas por contracciones de secado. En tal sentido las propuestas que planteamos están orientadas a controlar las contracciones de secado (con inclusión de tierra negra, arena y mito) así como uniformizar el grado de cocción (manteniendo el moldeo manual).

Obtención del crudo

Picado del material arcilloso agregando la arena más el mito, disgregación hasta dejarlo sin terrones o grumos, en este proceso se elimina las piedras y todo material grueso. El proceso es manual, no usan mallas o tamices.

La materia prima, se extiende dejando en la parte central superior una depresión de unos 20cm., que se llena con agua, permaneciendo así 24 horas (un día y una noche).

Se vuelve a picar el material humedecido y se remueve dos veces (dos vueltas con palanas). En esta etapa se eliminan los grumos que hayan quedado, permanece así 12 horas más (una noche).

Al día siguiente se remueve dos veces más (dos vueltas con palana) y queda listo el crudo para el moldeo en las ladrilleras o moldes.

En la materia prima

La materia prima empleada actualmente (seleccionada en base a la experiencia) cumple con los requisitos mínimos que se exige para obtener buenos productos.

Esta composición es la recomendada de que la arcilla pura debe estar entre el 25% al 75% del total del crudo y por lo menos un 40% de arena y un 10% de mito, para el control de agrietamiento (Robusté, 1969).

A ese tipo de crudo, que catalogamos como adecuado, gracias a la tierra negra, arena y el mito para disponerlo mejor para la cocción final.

En la etapa de preparación del crudo se colocará en menor proporción el mito y la arena dentro de la tierra negra, que al humedecerse se irán mezclando, una vez moldeado y en el proceso de secado, permitirá una mejor contracción de la arcilla, controlando la formación de fisuras.

En la etapa de cocción, al llegar a los 550°C, todos los ladrillos se quemarán, disponiéndolo una mejor distribución para la cocción final.

En el moldeo

Para esta nueva propuesta de ladrillo artesanal se utilizará los mismos moldes o ladrilleras, para producir tres unidades a la vez.

Cabe precisar que, para el moldeo a mano, la masa es más plástica (con mayor contenido de agua) que para el moldeo mecanizado con extrusora (solo húmedo).

En la cocción

Para los fines de esta investigación experimental no hicimos ninguna modificación al proceso de quema o cocción empleada artesanalmente en hornos tipo chimenea. Es más, nuestra propuesta de ladrillo, se quemará como parte de una hornada común de 30 millares.

Cabe dejar en esta parte una línea futura de investigación, tendiente a mejorar la capacidad del horno tipo chimenea, basado en la experiencia española. Ellos incluyen un “alma” de arena dentro de los muros perimetrales del horno, lo que mantiene el calor en el interior del mismo y no permite que se enfríe rápidamente.

Cargado del horno

En esta etapa, de acuerdo con el estudio de (Bravo Ch, 2013) menciona que en primer lugar se arma el malecón o arreglo de encendido, colocando los especímenes secos en dirección del perfil de la ventana de ventilación, formando una bóveda por encima del canal de encendido a todo el largo del horno. La forma como se ordena el espécimen es en la secuencia 1 ½, en donde se ubica un espécimen a lo largo, continuado de un ladrillo a lo ancho, seguidamente de un espécimen a lo largo y así sucesivamente. Entre cada

espécimen se deja una separación de 3mm a 5mm, para permitir el flujo de aire y de los gases calientes producto de la combustión durante la cocción.

Descarga del horno

En este proceso, se afirma que si el fuego ha llegado a la parte superior y si se agotado toda la leña y carbón de piedra se va destapando las ventilaciones del horno para efectos del enfriamiento de los especímenes. Esta etapa tiene una duración aproximada de dos a tres días. Este enfriamiento se inicia de abajo hacia arriba, por causa de las mismas corrientes que han ayudado a la quema.

Producción de ladrillos con fines de ensayo

Con la finalidad de evaluar la calidad de los ladrillos obtenidos con las modificaciones propuestas se han producido la siguiente cantidad de ladrillos:

- 90 unidades tal y conforme se produce actualmente
- 180 unidades con las modificaciones ya planteadas, para ser cocidos en la parte intermedia (90 unidades) y en la parte superior (90 unidades) del horno.

PRODUCCIÓN DE LADRILLERA LUCANO COMUNIDAD DEL FRUTILLO-BAMBAMARCA

Clasificación y despacho

El estudio nos afirma que la venta de los especímenes artesanales es directamente proporcional al sector construcción. Estos especímenes son vendidos directamente del horno, de donde son recogidos por los compradores, ya sean personas naturales o jurídicas que se acercan con sus unidades móviles propias o alquiladas.

Costos de producción

Para producir un millar de unidades de albañilería, el propietario, dueño de la cantera genera un gasto en materia prima S/176.40, y en el mismo proceso de producción S/155.00; conllevando a un gasto total de S/331.40.

El tiempo de trabajo para producir mil unidades de albañilería es de un día aproximadamente.

Para mayor detalle, se presentan las siguientes tablas:

- En materia prima y por un millar de unidades de albañilería

Tabla 7. Costos de producción de la materia prima

Insumo	Unidad	Cantidad	Precio (S/)	Total (S/)
Arcilla	Carretilla	12	0.00	0.00
Arena	Carretilla	32	1.20	38.40
Mito	Carretilla	6	5.00	30.00
Agua	M3	12	9.00	108.00
Total				176.40

Fuente: Elaboración propia

- Costos fijos del proceso de producción en un millar de especímenes

Tabla 8. Costos fijos

Insumo	Unidad	Obreros	Costo (S/)
Extracción	M3	1	55
Mezclado	Saco	1	55
Secado	Carga	1	15
Llenado del horno	Saco	1	15
Quemado	M3	1	15
Total			155

Fuente: Elaboración propia

- Tabla de costos por millar de unidades de albañilería

Tabla 9. Costos por millar de unidades de albañilería

Criterio	Costo (S/)
En épocas cuando la demanda es alta	400
En épocas cuando la demanda es baja	370

Fuente: Elaboración propia

Volumen de producción

De acuerdo con la información proporcionada por el propietario de Ladrillera Lucano, mensualmente se están produciendo de 25 mil a 30 mil unidades de albañilería y esto va a depender del tiempo y de la demanda. En esta ladrillera se cuenta con un horno, con una capacidad de quema de 25 a 30 mil unidades de albañilería.

Rentabilidad

De acuerdo con la información proporcionada por el propietario y la información descrita en las tablas, se afirma que es rentable cuando la demanda es alta y poco rentable cuando la demanda es baja. Entonces a mayor cantidad de producción mensual, mayor es la ganancia.

El flujo de efectivo

El flujo de efectivo actual es muy sencillo dado que los ladrillos no pagan impuestos y ellos mismos se emplean como mano de obra.

El plan de producción para los años 2018 y 2019 se han calculado teniendo como base a la producción histórica del 2015 y 2016; se detalla en las siguientes tablas

Tabla 10. Producción histórica de ladrillos (millares)

AÑO	PRODUCCIÓN
2015	288
2016	360

Fuente: Elaboración propia

Las producciones diarias de ladrillos artesanales son de 1000 especímenes, por lo que mensualmente se produciría 30 000 unidades como se especifica en la siguiente tabla:

Tabla 11. Plan de producción anual para los años 2018 y 2019

PLAN DE PRODUCCION DE LADRILLO POR MES/AÑO													
AÑO	PRODUCCION (Millares)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2018	360	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
2019	360	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar se produce 30 000 ladrillos mensualmente, pero hasta que estos cumplan su proceso de producción (secado, arrumado y colocación al horno) se va acumulando como un stop de reserva debido a que solamente se hornea 30 000 ladrillos trimestralmente.

Para calcular los ingresos totales se ha hecho a partir del 2016, con una hornada de 30 000 ladrillos trimestralmente y para el año 2018 y 2019 se planea hornear 30 000 ladrillos bimestralmente, pero cabe resaltar que en cada hornada 5 000 ladrillos son no aptos para la venta por lo cual la

presente tabla nos describe las cantidades reales y precio promedio de venta, lo que nos permite evidenciar los ingresos reales al año.

Tabla 12. Ingresos de ladrillera Lucano al año

AÑO	MILLARES AL AÑO	PRECIO POR MILLAR	INGRESO TOTAL
2016	100	380	38 000
2017	100	380	38 000
2018	150	380	57 000
2019	150	380	57 000

Fuente: Elaboración propia

El costo de producción por hornada es de 4 000 soles, por lo cual en la siguiente tabla se presenta la utilidad neta:

Tabla 13. Utilidad neta al año

AÑO	INGRESO TOTAL	COSTO DE PRODUCCIÓN	INGRESO TOTAL
2016	38 000	16 000	22 000
2017	38 000	16 000	22 000
2018	57 000	24 000	33 000
2019	57 000	24 000	33 000

Fuente: Elaboración propia

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo influye la mejora de la calidad estructural de los ladrillos artesanales en sus construcciones de los pobladores del distrito de Bambamarca, región Cajamarca 2016?

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La presente investigación es importante y se justifica en vista que debido al auge de la construcción, la demanda del ladrillo está incrementando lo que ha generado la instalación de un conjunto de medianas y pequeñas empresas ladrilleras, sin haber cumplido los requisitos mínimos para su funcionamiento, generando así la producción de ladrillos de mala calidad; entonces con este trabajo de investigación damos a conocer a la población Bambamarquina, si los ladrillos artesanales producidos en las ladrilleras del distrito nos garantizan

seguridad a nuestras viviendas. Así mismo, existe la necesidad de conocer las propiedades físico mecánicas de este material que es utilizado cada vez en mayor proporción.

La investigación experimental, se justifica porque se basa en la producción artesanal de ladrillos. Sin variar sustantivamente sus procedimientos, se propone mejorarlos para dotarles de mayor competencia estructural frente a las cargas externas y mayor durabilidad frente al medio ambiente.

Si responde también a una necesidad de obtener ladrillos artesanales de mejor calidad, sin necesidad de llegar a industrializarlo, es decir manteniendo sus bajos costos de producción y de venta.

1.6 HIPÓTESIS

Los ladrillos fabricados por la Ladrillera Lucano artesanalmente en el caserío del Frutillo no cumplen con las características físicas y mecánicas de acuerdo a la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

1.7 OBJETIVOS

General

Proponer un nuevo diseño de ladrillos artesanales de arcilla cocida que cumplan con las exigencias de la Norma E-070, en cuanto a resistencia a compresión.

Específicos:

- Determinar los componentes que conforman la masa (crudo o materia prima) utilizada en la producción artesanal de ladrillos, en la Ladrillera Lucano del caserío del Frutillo.
- Evaluar el proceso de fabricación de las unidades de albañilería artesanal producidas en la ladrillera Lucano de acuerdo a las normas técnicas peruanas al año 2016.
- Realizar ensayos para determinar si las unidades de albañilería propuesta de arcilla cumplen con los requisitos necesarios que indica la Norma Técnica E.070 de albañilería.

II. MÉTODO

2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Metodología de la investigación

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

B. Ubicación de los ensayos realizados. La investigación se realizó en el Jirón José Gálvez N° 123, distrito Bambamarca, provincia Hualgayoc, región Cajamarca, en el laboratorio de ensayos de materiales del Ing. Jhonny Cruzado Ruíz; CONSULTING GROUP SRL, celular: 976006007.

C. Tipo de investigación

Experimental

D. Diseño de la investigación

Experimental Transversal

2.2 VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
CALIDAD DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	Según (LESCANO, Barranzuela 2014) indica que: “La elaboración de estas unidades de albañilería se produce en lugares que no tienen un control industrial y sin ningún estricto control de calidad. Es por ello que se ha venido tratando de solucionar las deficiencias de producción a través de distintos proyectos de investigación”	La unidad de albañilería de arcilla en las edificaciones es de gran importancia, para ello es importante saber la procedencia de estos ladrillos de arcilla como son fabricados de manera artesanal e industrial, para que estos ladrillos sean aptos para uso en edificaciones se deben determinar las características físicas y mecánicas, con la finalidad de verificar si cumplen con la NTP E.070 de Albañilería.	PROCESO DEL NUEVO DISEÑO DE FABRICACIÓN ARTESANAL	Extracción de arcillas y tierras	NOMINAL
				Mezclado	
				Moldeado	
				Secado	
				Cocción	
			Clasificación y despacho		
			ENSAYOS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	Ensayo de variación dimensional	
				Ensayo de Alabeo	
				Ensayo de Absorción	
				Ensayo de resistencia a la comprensión	

2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

Ladrillos King Kong de arcilla producidos artesanalmente, que se ha producido en los meses de mayo y junio en el caserío del Frutillo, distrito de Bambamarca-Cajamarca, en la Ladrillera Lucano.

Muestra

Ladrillos King Kong de arcilla fabricados artesanalmente en la Ladrillera Lucano, se seleccionó una muestra de 400 unidades, eligiéndose 50 unidades de cada modelo.

2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

Técnica del muestreo

Se realizó por juicio o conveniencia.

Instrumentos de recolección de datos

Cuaderno de apuntes.

2.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Procedimiento de datos y gráficos de la información será procesada mediante el software (Microsoft Excel 2010)

2.6 ASPECTOS ÉTICOS

Como investigador cumpliré con las normas que respaldan la autoría de las investigaciones hechas sobre unidades de albañilería. En cada fragmento de la investigación se citará al autor de la información proporcionada.

III. RESULTADOS

3.1 PROCEDIMIENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

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

A. Ensayos de clasificación del ladrillo

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

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

Para la presente investigación se seleccionó por juicio o conveniencia 50 ladrillos de cada modelo de la Ladrillera Lucano.

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

a. Variación dimensional

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

Primero se recolectó las muestras de la Ladrillera Lucano seleccionadas, recogándose 50 unidades de cada modelo.

Una vez recogido los especímenes del horno de la ladrillera artesanal se codificó los 25 ladrillos para este ensayo. Luego se procedió a la limpieza de las aristas y caras del ladrillo, eliminando impurezas y materias sueltas que no hayan intervenido en el proceso de fabricación. Luego con una regla metálica graduada al milímetro, se midió el largo, ancho y altura (ver Fig. 3.1), a la mitad de las aristas que limita cada

cara, obteniéndose cuatro medidas por cada una de las dimensiones como se puede apreciar en las **Tablas 30, 31 y 32**.

Los resultados se muestran en las **Tablas 17, 18 y 19**

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

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

Dónde:

V : Variabilidad dimensional (%)

ME : Medida especificada por el fabricante (mm)



MP : Medida promedio (mm)

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

b. Alabeo

Para este ensayo usamos la norma NTP 399.613, donde nos indica que se debe utilizar una varilla de acero con borde recto, una regla o cuña graduada desde un extremo, de 1mm y una superficie plana de acero o vidrio no menor de 300mm x 300mm. Además, usaremos la tabla 2 para clasificar los ladrillos de acuerdo a la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

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

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

Luego se procedió a medir y a registrar los valores de alabeo, de acuerdo si es cóncavo o convexo como se muestran en las **Tablas 33, 34 y 35**.

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 1mm y se registra el valor obtenido.

Medición de la 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 del 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.
- Se apoya el ladrillo por la cara a medir sobre una superficie plana, se introduce cada una de las cuñas en dos vértices opuestos diagonalmente o en dos aristas, buscando el punto para el cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida.

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

Los resultados se presentan un promedio en mm.

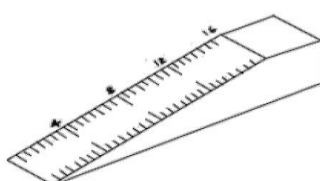


FIGURA 1.- Las medidas están dadas en milímetros

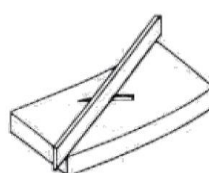


FIGURA 2

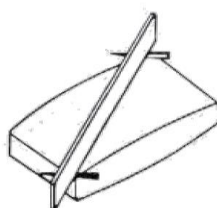


FIGURA 3



FIGURA 4

Los resultados se muestran en las **Tablas 21, 22 y 23**.



Fig. 3.2. Medición del alabeo

c. Compresión Simple

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

Una vez recogido las muestras de la ladrillera seleccionada, se procedió a codificar las 25 unidades de cada modelo de ladrillo para ser ensayadas a la resistencia a la compresión.

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

Luego se registró la carga soportada por cada unidad ensayada como se muestran en las **Tablas 36, 37 y 38**.

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

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

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

Usamos la tabla 2 para clasificar las unidades, como se muestran los resultados en las **Tablas 24, 25 y 26**.



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



Fig. 3.4. Ensayo de compresión

B. Ensayo no clasificatorio del ladrillo

a. Ensayo de absorción

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

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

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

Pasado las 24 horas de sumergidos los especímenes se procedió a sacar de los recipientes para dejarlos secar la superficie de cada ladrillo por un espacio de dos a tres horas, luego se procedió a pesar cada unidad determinando el peso sumergido como se muestran los valores en las **Tablas 39, 40 y 41**.

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

Los resultados se muestran en las **Tablas 27, 28 y 29**.

Los cálculos se expresan en porcentaje según la siguiente formula:

$$A = \frac{P_s - P_{seco}}{P_{seco}} * 100 \quad (3.4)$$

Dónde:

- A : Absorción (%)
- P_s : Peso Saturado (g)



P_{seco} : Peso seco (g)

Fig. 3.5. Absorción en ladrillos de arcilla

IV. DISCUSIÓN

4.1 Descripción de las unidades de albañilería ensayadas

En las Tablas 14, 15 y 16; podemos observar un resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de variación dimensional, alabeo, resistencia a la compresión y absorción. Además, la clasificación de cada modelo de ladrillo según la norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Tabla 14. Clasificación del ladrillo A - Propuesta

Característica Técnica	Valor alcanzado	Clasificación
Tipo	King Kong Sólido	
Dimensiones	22.48 x 13.13 x 7.56	
Alabeo (mm)	3.00	Ladrillo Tipo III
Resistencia características a compresión (Mpa)	10.01	
Absorción (%)	18.53	

Tabla 15. Clasificación del ladrillo B

Característica Técnica	Valor alcanzado	Clasificación
Tipo	King Kong Sólido	
Dimensiones	21.79 x 12.35 x 7.33	
Alabeo (mm)	2.00	Ladrillo Tipo II
Resistencia características a compresión (Mpa)	7.00	
Absorción (%)	16.4	

Tabla 16. Clasificación del ladrillo C

Característica Técnica	Valor alcanzado	Clasificación
Tipo	King Kong Sólido	
Dimensiones	22.28 x 12.66 x 7.37	
Alabeo (mm)	1.00	Ladrillo Tipo II
Resistencia características a compresión (Mpa)	7.52	
Absorción (%)	19.67	

El resultado obtenido de la tabla 14 correspondientes al modelo de ladrillo A (propuesta), dicho ladrillo se clasifica en el Tipo III, de acuerdo a la norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones es un ladrillo de resistencia y

durabilidad media, apto para construcciones de albañilería de uso general. De las tablas 15 y 16 correspondientes al modelo de ladrillo B y C; clasifican dichos ladrillos como un Tipo II, de resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicios moderadas. Los resultados de los ensayos nos muestran ladrillos de buena calidad y aceptables para construcciones de albañilería. Contradiendo la hipótesis planteada.

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

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

4.2 Ensayos clasificatorios del ladrillo

A. Variación dimensional: A continuación, se muestra los resultados del ensayo de variación dimensional en las tablas 17, 18 y 19.

Tabla 17. Comparación de la variación de dimensiones. Ladrillo A, con valores específicos

Clase de Ladrillo	VARIACIÓN DE DIMENSIONES: L + 150 mm en porcentaje (%)		VARIACIÓN DE DIMENSIONES: A hasta 150 mm en porcentaje (%)		VARIACIÓN DE DIMENSIONES: H hasta 100 mm en porcentaje (%)	
	Máxima Especificad	Promedio calculado	Máxima Especificad	Promedio calculado	Máxima Especificad	Promedio calculado
	a	o	a	o	a	o
I	± 4	6.98	± 6	3.12	± 8	8.68
II	± 4	6.98	± 6	3.12	± 7	8.68
III	± 3	6.98	± 4	3.12	± 5	8.68
IV	± 2	6.98	± 3	3.12	± 4	8.68
V	± 1	6.98	± 2	3.12	± 3	8.68

Tabla 18. Comparación de la variación de dimensiones. Ladrillo B, con valores específicos

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

Tabla 19. Comparación de la variación de dimensiones. Ladrillo C, con valores específicos

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

La tabla 17 correspondiente al ladrillo A (propuesta) su clasificación corresponde a un ladrillo Tipo III, verificándose una regular variación en sus medidas originales la cual es aceptable para la albañilería. Contradiéndole a la hipótesis planteada. Los resultados de las tablas 18 y 19 correspondientes al ladrillo B y C su clasificación corresponde a un ladrillo Tipo II.

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

B. VARIACIÓN VOLUMÉTRICA: A continuación, se presenta los resultados de la variación volumétrica en la Tabla 20.

Tabla 20. Comparación de la variación volumétrica.

Ladrillo	A	B	C
ΔV promedio (%)	21.85	17.46	13.10

La Tabla 20 tenemos que la mayor variación volumétrica se presenta en el ladrillo A, cuyo valor es 21.85% y según la misma tabla el ladrillo C es la que tiene el porcentaje más bajo de variación volumétrica cuyo valor es 13.10%.

C. Alabeo: En las Tablas 21, 22 y 23 se muestran los resultados del ensayo de alabeo.

Tabla 21. Comparación del Alabeo. Ladrillo A, con valores específicos

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

Tabla 22. Comparación del Alabeo. Ladrillo B, con valores específicos

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

Tabla 23. Comparación del alabeo. Ladrillo C, con valores específicos

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

De la Tabla 23 correspondiente al ladrillo C se obtuvo 1mm promedio de alabeo, siendo el valor más bajo. De la Tabla 22 correspondiente al ladrillo B, se obtuvo un alabeo promedio de 2mm y de la Tabla 21 correspondiente al ladrillo A se obtiene un alabeo promedio de 3mm, siendo el alabeo más alto que los anteriores.

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

Demostrándose que los ladrillos de la Ladrillera Lucano fabricados artesanalmente en el caserío del Frutillo-Bambamarca, tienen un bajo rango de alabeo y cumplen los estándares establecidos por la norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Además, contradiciendo a la hipótesis planteada.

D. Compresión simple: En las Tablas 24, 25 y 26 se muestran los resultados del ensayo de compresión simple.

Tabla 24. Comparación de la resistencia característica a la compresión. Ladrillo A, con valores específicos

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

Tabla 25. Comparación de la resistencia característica a la compresión. Ladrillo B, con valores específicos

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

Tabla 26. Comparación de la resistencia característica a la compresión. Ladrillo C, con valores específicos

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

De la Tabla 24 correspondiente al Ladrillo A, en los cuales se obtuvieron los valores de 10.01 Mpa respectivamente, clasificando el ladrillo en Tipo III y de las Tablas 25 y 26 correspondiente a los ladrillos B y C respectivamente, se obtuvieron los valores 7.00 y 7.52 Mpa clasificando el ladrillo en Tipo II, según la Norma E.070.

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

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

Los resultados nos arrojan que los ladrillos fabricados artesanalmente en ladrillera Lucano del caserío del Frutillo clasifican en tipo II y III según la

Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, la cual nos indica que un ladrillo tipo II mínimo debe tener una resistencia a la compresión de 6.9 Mpa y un ladrillo Tipo III debe tener una resistencia a la compresión de 9.3 Mpa. Lo cual contradicen la hipótesis planteada.

4.3 Ensayos no clasificatorios del ladrillo

A. Ensayo de absorción: En las tablas 27, 28 y 29, se muestran los resultados del ensayo de absorción.

Tabla 27. Comparación de Absorción. Ladrillo A, con valores específicos

ABSORCIÓN En porcentaje (%)			
Clase de Ladrillo	Máxima Especificada	Promedio calculado	Condición Ladrillo
I	22	18.53	Cumple
II	22	18.53	Cumple
III	22	18.53	Cumple
IV	22	18.53	Cumple
V	22	18.53	Cumple

Tabla 28. Comparación de Absorción. Ladrillo B, con valores específicos

ABSORCIÓN En porcentaje (%)			
Clase de Ladrillo	Máxima Especificada	Promedio calculado	Condición Ladrillo
I	22	16.40	Cumple
II	22	16.40	Cumple
III	22	16.40	Cumple
IV	22	16.40	Cumple
V	22	16.40	Cumple

Tabla 29. Comparación de Absorción. Ladrillo C, con valores específicos

ABSORCIÓN En porcentaje (%)			
Clase de Ladrillo	Máxima Especificada	Promedio calculado	Condición Ladrillo
I	22	19.67	Cumple
II	22	19.67	Cumple
III	22	19.67	Cumple
IV	22	19.67	Cumple
V	22	19.67	Cumple

Los resultados nos muestran que todos los ladrillos A, B y C están por debajo de los límites permisibles de absorción, según la Norma E.070 la cual nos indica que debe estar por debajo del 22%. Contradiendo a nuestra hipótesis planteada.

De la tabla 29 correspondiente al Ladrillo C nos arroja el 19.67% < 22%, representando la más alta absorción.

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

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

V. CONCLUSIÓN

Los resultados nos muestran que los ladrillos A (propuesta), B y C; no tienen un elevado porcentaje de variación dimensional tanto en lo longitudinal, ancho y altura, siendo el ladrillo C la que tiene menor variación. Por lo tanto, se puede concluir que las unidades son aceptables para la albañilería de uso moderado y general.

Según las tablas 14, 15 y 16 correspondiente al ensayo de Alabeo se tiene los siguientes resultados: El ladrillo C tiene un alabeo de 1mm, el ladrillo B, tiene un alabeo de 2mm y el ladrillo A, tiene un alabeo de 3mm. Estando dentro del rango permisible por la norma E.070 del reglamento Nacional de Edificaciones.

De los ensayos de Resistencia a la Compresión, se concluye que el ladrillo A según la tabla 17, tiene la más alta resistencia a la compresión llegando a 10.01Mpa, y según las tablas 18 y 19 correspondiente a los ladrillos B y C, se tiene los valores de 7.00 y 7.52Mpa, respectivamente.

Los ladrillos fabricados artesanalmente en Ladrillera Lucano del caserío del Frutillo–Bambamarca clasifican indistintamente para fines estructurales, desde los destinados a construcciones de servicio moderado (tipo II), hasta construcciones de servicio de uso general (tipo III). Según la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, la cual nos indica que un ladrillo tipo II mínimo debe tener una resistencia a la compresión de 6.9Mpa y un ladrillo Tipo III debe tener una resistencia a la compresión de 9.3Mpa.

Comparando los resultados obtenidos en la presente investigación de los ladrillos fabricados artesanalmente en Ladrillera Lucano en el Caserío del Frutillo–Bambamarca los cuales clasifican en Tipo II y III, comparando con los resultados obtenidos por Fernández, K. (2010) de los estudios realizados en los ladrillos fabricados artesanalmente en el C.P. Santa Bárbara–Baños del Inca se clasifica en Tipo I, II y III. Concluyo que el ladrillo fabricado artesanalmente en Ladrillera Lucano del caserío el Frutillo tiene similares características a los elaborados en el C.P. Santa Bárbara-Baños del Inca.

Todos los ladrillos artesanales fabricados en Ladrillera Lucano del Frutillo - Bambamarca están por debajo de los límites permisibles de absorción, según la norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones la cual nos indica que debe estar por debajo del 22% para ladrillos artesanales, en los ensayos se ha determinado que tienen los siguientes valores de absorción como es el 18.53%, 16.40% y 19.67%, en los ladrillos A, B y C, respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

Se deben realizar más investigaciones y ensayos en todas las ladrilleras artesanales del caserío el Frutillo del distrito de Bambamarca, con la finalidad de tener una data de dichas ladrilleras de la zona y patentar sus características y procesos de fabricación.

Como se ha probado, la resistencia del ladrillo artesanal de arcilla cocida, depende de su grado de cocción, siendo necesario investigar más en esa dirección, para establecer la correlación de las resistencias, con la ubicación del ladrillo en el horno (tercio inferior, intermedio o superior)

Utilizar gaveras en buen estado, para evitar variaciones de alabeo y variación dimensional.

Realizar el control de calidad durante la cocción del espécimen, porque de esto va depender el buen estado de la unidad de albañilería. Además, debe seleccionar las unidades en crudos y bien cocidos.

Los propietarios deben someter a ensayos a las unidades de albañilería para conocer sus propiedades y por ende su calidad.

Brindar charlas y capacitaciones, con la finalidad de hacer conocer la norma E.070, que regula la calidad del espécimen y por ende mejorar el proceso de producción de las unidades de albañilería.

VII. REFERENCIAS

Héctor Gallegos Vargas (1991). Albañilería Estructural. Lima: Fondo Editorial PUCP. 2da edición.

Ángel San Bartolomé Ramos (1994). Construcciones de Albañilería, Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural. Lima: Fondo Editorial PUCP. 1era edición.

Gallegos, Ríos, Casabonne, Ucelli, Icochea, Arango (1977). Estudio Integral de la Construcción con Albañilería: en busca de una solución económica para la vivienda multifamiliar. Lima. S.ED.

Elena Sánchez Borea (1982). Estudio de la Variabilidad en la calidad de los ladrillos producidos en la ciudad de Lima. Lima: Tesis PUCP

Karl Splinger (1954). Defectos en la Fabricación de Ladrillos y Tejas: Causas y Medios a aplicar para evitarlos. Barcelona: Editorial Reverté.

Eloy Robusté (1969). Técnica y Práctica de la Industria Ladrillera II. Barcelona: Ediciones CEAC

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y Sencico (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.070 "Albañilería". Lima. Gráfica El Porvenir S.A.

INDECOPI 2006. Normas Técnicas Peruanas. Lima: INDECOPI NTP 399.613-2005; NTP 399.605-2003; NTP 399.621-2004.

Córdova, Carlos (1994). Vulnerabilidad Sísmica de la ciudad de Huánuco: Tesis de Grado UNHEVAL.

Félix, Hugo (2000). Unidades de Albañilería de arcilla cocida en Huánuco. Huánuco: Tesis de Grado UNHEVAL

Fontana, Alejandro (1999). Evaluación de las características Estructurales de la Albañilería Producida con Unidades Fabricadas en la Región Grau-Piura. Lima: Tesis de Maestría PUCP.

Aguirre, Dionisia (2004). Evaluación de las características Estructurales de la Albañilería Producida con Unidades Fabricadas en la Región Central Junín. Lima: Tesis de Maestría PUCP

Ángel San Bartolomé, Daniel Quiun y Wilson Silva (2011). Diseño y Construcción de Estructuras Sismoresistentes de Albañilería. Lima: Fondo Editorial PUCP. 1era edición.

Barranzuela, J. 2014. Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil. Piura, Perú. Universidad de Piura. 87 p.

Clews, F.H. 1969. Heavy clay technology (2ª). New York: Academic Press.

Del Busto, A. 1991. La arcilla aplicada en la industria de la construcción para la fabricación de ladrillos y acabados cerámicos. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.

Del Río, J. 1975. Materiales de construcción (4ª). Barcelona: Juan Bruguer.

Fernández, Y.K. 2010. Estudio de la Influencia del Tipo de arcilla en las características técnicas del ladrillo. Santa Bárbara – Cajamarca. Tesis Mag. En Ciencias. Cajamarca, Perú. Universidad nacional de Cajamarca. 188 p.

Gallegos, H. 2000. Albañilería estructural. Perú: Fondo editorial PUCP

Kohl, A., & Bastian, K. 1978. Tratado moderno de albañilería (2ª). Barcelona: José Montesó.

Marchena, J. 2004. Albañilería estructural. Universidad nacional de Cajamarca. Facultad de Ingeniería. S/E. Cajamarca, Perú.

Moreno, F. 1981. El ladrillo en la construcción. España: Ediciones CEAC.

Norma Técnica Peruana. 2003. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos. (NTP 331.017:2003). Lima: INDECOPI

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. (1970). Establecimiento de industrias y ladrillos de ladrillos y tejas en los países en desarrollo. New York: Naciones Unidas.

Rhodes, D. 1999. Arcilla y vidriado para el ceramista. España: Ediciones CEAC.

Sociedad geológica mexicana. Arcilla, clasificación, identificación usos y especificaciones industriales. Recuperado de <http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/epoca03/de-pablo.pdf>

Somayaji, S. 2001. Civil engineering materials (2ª). New Jersey: Prentice Hall.

ANEXOS

Anexo N° 01. Ensayo de Variación Dimensional

TABLA N° 30. Ensayo de variación dimensional del ladrillo A del Caserío el Frutillo-Bambamarca

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

Tabla 31. Ensayo de variación dimensional del ladrillo B del Caserío el Frutillo - Bambamarca.

Especimen	Largo (mm)				L0	Ancho (mm)				A0	Altura (mm)				
	L1	L2	L3	L4		A1	A2	A3	A4		H1	H2	H3	H4	H0
B1	21 6	21 5	220	21 7	217.00	12 2	123	125	126	124.00	75	74	72	73	73.50
B2	21 8	21 9	219	22 0	219.00	12 2	123	124	124	123.25	74	76	76	74	75.00
B3	21 7	21 7	218	21 8	217.50	12 2	122	123	125	123.00	76	73	73	76	74.50
B4	21 9	21 9	221	22 2	220.25	12 2	123	124	124	123.25	76	76	74	74	75.00
B5	21 6	21 6	217	21 8	216.75	12 2	122	122	123	122.25	73	73	73	72	72.75
B6	21 8	21 7	218	21 8	217.75	12 4	125	125	125	124.75	73	73	72	72	72.50
B7	21 7	21 7	218	21 7	217.25	12 4	124	125	126	124.75	74	73	74	73	73.50
B8	21 6	21 7	217	21 8	217.00	12 8	128	125	124	126.25	76	74	73	73	74.00
B9	21 5	21 6	219	21 8	217.00	12 3	123	124	124	123.50	74	73	71	72	72.50
B10	21 7	21 8	221	22 2	219.50	12 3	124	124	125	124.00	70	70	73	73	71.50
B11	21 7	21 6	218	21 8	217.25	12 1	121	124	124	122.50	74	73	73	74	73.50
B12	21 8	21 9	218	21 7	218.00	12 3	123	124	124	123.50	70	72	74	73	72.25
B13	21 8	21 8	218	21 8	218.00	12 3	123	124	124	123.50	75	75	73	72	73.75
B14	21 9	21 8	220	22 1	219.50	12 2	122	124	125	123.25	72	71	75	75	73.25
B15	21 9	21 9	221	21 9	219.50	12 3	122	124	125	123.50	75	74	76	74	74.75

B16	21 6	21 5	218	21 8	216.75	12 1	122	123	123	122.25	74	74	76	74	74.50		
B17	21 6	21 5	216	21 5	215.50	12 1	121	124	124	122.50	75	74	73	73	73.75		
B18	21 9	21 9	221	22 1	220.00	12 3	123	125	125	124.00	76	74	74	74	74.50		
B19	21 6	21 6	217	21 7	216.50	12 2	121	124	124	122.75	73	73	75	73	73.50		
B20	21 9	21 8	221	22 1	219.75	12 3	123	124	124	123.50	71	73	74	74	73.00		
B21	21 7	21 6	221	22 1	218.75	12 2	122	124	124	123.00	74	72	71	73	72.50		
B22	21 6	21 8	217	21 6	216.75	12 3	124	125	126	124.50	72	73	72	73	72.50		
B23	21 5	21 6	218	21 9	217.00	12 2	122	124	124	123.00	73	74	76	74	74.25		
B24	21 8	21 8	219	21 9	218.50	12 3	124	124	124	123.75	72	71	71	72	71.50		
B25	21 7	21 7	219	21 8	217.75	12 2	123	125	125	123.75	71	70	72	72	71.25		
				L	230.00					A	130.00					H	80.00
				□	1.25					□	0.88					□	1.07
				\bar{L}	217.94					\bar{A}	123.53					\bar{H}	73.34
				%	5.24					%	4.98					%	8.33
				V	2392000.00					\bar{V}	1974468.88					□V promedio (%)	17.46

Tabla 32. Ensayo de variación dimensional del ladrillo C del Caserío el Frutillo - Bambamarca.

Espécimen	Largo (mm)				Ancho (mm)						Altura (mm)				
	L1	L2	L3	L4	L0	A1	A2	A3	A4	A0	H ₁	H2	H3	H4	H0
C1	22 1	22 1	222	22 2	221.50	12 6	126	127	128	126.75	76	76	74	73	74.7 5

C2	22 4	22 4	225	22 3	224.00	12 6	128	125	128	126.75	75	75	73	72	73.7 5
C3	22 4	22 4	223	22 3	223.50	12 5	128	127	128	127.00	75	75	73	73	74.0 0
C4	22 3	22 4	223	22 3	223.25	12 7	127	127	128	127.25	74	73	72	74	73.2 5
C5	22 2	22 2	222	22 2	222.00	12 5	125	126	126	125.50	74	75	74	75	74.5 0
C6	22 3	22 5	223	22 4	223.75	12 7	127	127	128	127.25	73	74	73	73	73.2 5
C7	22 1	22 1	223	22 3	222.00	12 6	124	127	124	125.25	73	74	76	75	74.5 0
C8	22 3	22 4	224	22 3	223.50	12 5	123	127	129	126.00	73	73	71	71	72.0 0
C9	22 1	22 1	222	22 2	221.50	12 6	125	127	127	126.25	74	73	76	74	74.2 5
C10	22 3	22 3	223	22 2	222.75	12 7	125	129	127	127.00	71	73	75	74	73.2 5
C11	22 3	22 3	225	22 4	223.75	12 7	125	129	126	126.75	73	73	74	73	73.2 5
C12	22 1	22 3	223	22 3	222.50	12 6	126	127	127	126.50	73	73	72	73	72.7 5
C13	22 4	22 4	223	22 3	223.50	12 6	126	126	128	126.50	75	74	74	73	74.0 0
C14	22 2	22 3	224	22 3	223.00	12 6	126	127	127	126.50	74	74	74	74	74.0 0
C15	22 3	22 4	225	22 4	224.00	12 7	127	128	128	127.50	74	74	75	75	74.5 0
C16	22 1	22 2	223	22 3	222.25	12 5	125	126	126	125.50	75	74	75	74	74.5 0
C17	22 1	22 1	222	22 3	221.75	12 6	126	128	128	127.00	74	73	75	73	73.7 5

C18	22 2	22 5	224	22 3	223.50	12 5	125	126	126	125.50	72	73	74	73	73.0 0		
C19	22 0	22 2	222	22 2	221.50	12 5	125	127	127	126.00	74	73	73	74	73.5 0		
C20	22 4	22 4	224	22 4	224.00	12 7	127	128	127	127.25	74	72	73	75	73.5 0		
C21	22 0	22 0	222	22 2	221.00	12 5	127	128	128	127.00	74	74	73	73	73.5 0		
C22	22 1	22 2	220	22 1	221.00	12 5	125	127	126	125.75	72	72	74	74	73.0 0		
C23	22 3	22 3	223	22 4	223.25	12 6	127	128	128	127.25	75	75	74	74	74.5 0		
C24	22 3	22 3	224	22 5	223.75	12 7	127	128	128	127.50	74	74	74	74	74.0 0		
C25	22 3	22 3	225	22 5	224.00	12 5	126	127	128	126.50	74	73	74	73	73.5 0		
				L	230.00					A	130.00					H	80.0 0
				□	1.00					□	0.66					□	0.65
				\bar{L}	222.82					\bar{A}	126.56					\bar{H}	73.7 1
				%	3.12					%	2.65					%	7.86
				V	2392000.00					\bar{V}	2078629.31					□V promedio (%)	13.1 0

Anexo N° 02. Ensayo de Alabeo

Tabla 33. Ensayo de Alabeo ladrillo A del Caserío el Frutillo - Bamb:

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

Tabla 34. Ensayo de Alabeo ladrillo B del Caserío el Frutillo-Bambamarca

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

Tabla 35. Ensayo de alabeo ladrillo C del Caserío el Frutillo - Bambamarca

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

Anexo N° 03. Ensayo de Compresión

Tabla 36. Ensayo de compresión simple del ladrillo A del Caserío el Frutillo - Bambamarca

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

Tabla 37. Ensayo de compresión simple del ladrillo B del Caserío el Frutillo - Bambamarca

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

Tabla 38. Ensayo de compresión simple del ladrillo C del Caserío el Frutillo - Bambamarca

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

Anexo N° 04. Ensayo de Absorción

Tabla 39. Ensayo de absorción ladrillo A, del Caserío el Frutillo - Bambamarca

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

\bar{A}

18.53

Tabla 40. Ensayo de absorción ladrillo B, del Caserío el Frutillo - Bambamarca

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

\bar{A}

16.40

Tabla 41. Ensayo de absorción ladrillo C, del Caserío el Frutillo - Bambamarca

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

\bar{A}

19.67

Anexo N° 05. Ensayo de Laboratorio



LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TEMA:	Evaluación de la producción y mejoramiento de la calidad estructural del ladrillo artesanal producidos en la comunidad del frutillo, Bambamarca, Cajamarca 2016.	DIMENSIONES:	22.5 X 12.5 X 7.5	ADICCIÓN:		GRUPO/CLASE/ FAMILIA:		FECHA FABRICACIÓN:	
SOLICITANTE:	Herbert Elmer Vásquez Montenegro	TIPO LADRILLO:	TIPO IV		SIN ADICTIVO	CONSTRUCCIONES DE TABICQUERIA		06/07/2017	

N° MUESTRA	DESCRIPCIÓN	FECHA DEL MOLDEO	EDAD (DIAS)	ALABEO (mm.)	HORA Muestreo (hh.mm.ss)	FECHA DE ROPTURA	HORA Inicio Ensayo	HORA Final Ensayo	CARGA ROT.(Kg.)	Volumen (Cm2)	ÁREA (Cm)	RESISTENCIA (Kg/Cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (Fo), (Kg/Cm2)	Fc 30 días	RESISTENCIA ESPECIFICA ladrillo TIPO IV	RESISTENCIA (%)
A1	Diseño de ladrillo Tipo IV Fc= 130.00 Kg/cm2	06/07/2017	30	2	17:00:00pm	05/08/2017	17:00:00 pm	17:02:00 pm	11500	2109.38	281.25	40.89	39.40	119.07	130	91.59
A2		06/07/2017	30	2	17:01:00pm	05/08/2017	17:02:00 pm	17:04:00 pm	11314.3	2109.38	281.25	40.23		118.27		90.98
A3		06/07/2017	30	2	16:02:00pm	05/08/2017	17:04:00 pm	17:06:00 pm	11249.8	2109.38	281.25	40.00		118.00		90.77
A4		06/07/2017	30	2	16:03:00pm	05/08/2017	17:06:00 pm	17:08:00 pm	11017	2109.38	281.25	39.17		117.01		90.00
A5		06/07/2017	30	2	16:04:00pm	05/08/2017	17:08:00 pm	17:10:00 pm	11602.6	2109.38	281.25	41.25		119.50		91.03
A6	Diseño de ladrillo Tipo IV Fc= 130.00 Kg/cm2	06/07/2017	30	2	16:05:00pm	05/08/2017	17:10:00 pm	17:12:00 pm	11042.9	2109.38	281.25	39.26	39.40	117.12	130	90.09
A7		06/07/2017	30	2	16:06:00pm	05/08/2017	17:12:00 pm	17:14:00 pm	10524	2109.38	281.25	37.42		114.90		88.39
A8		06/07/2017	30	2	16:07:00pm	05/08/2017	17:14:00 pm	17:16:00 pm	11752.3	2109.38	281.25	41.79		120.14		92.42
A9		06/07/2017	30	2	16:08:00pm	05/08/2017	17:16:00 pm	17:18:00 pm	11126.7	2109.38	281.25	39.56		117.47		90.36
A10		06/07/2017	30	2	16:09:00pm	05/08/2017	17:18:00 pm	17:20:00 pm	11430	2109.38	281.25	40.64		118.77		91.36
A11	Diseño de ladrillo Tipo IV Fc= 130.00 Kg/cm2	06/07/2017	30	2	16:10:00pm	05/08/2017	17:20:00 pm	17:22:00 pm	10779.1	2109.38	281.25	38.33	39.40	115.99	130	89.22
A12		06/07/2017	30	2	16:11:00pm	05/08/2017	17:22:00 pm	17:24:00 pm	10319.3	2109.38	281.25	36.69		114.03		87.71
A13		06/07/2017	30	2	16:12:00pm	05/08/2017	17:24:00 pm	17:26:00 pm	10144.1	2109.38	281.25	36.07		113.28		87.14
A14		06/07/2017	30	2	16:13:00pm	05/08/2017	17:26:00 pm	17:28:00 pm	11016.6	2109.38	281.25	39.17		117.00		90.00
A15		06/07/2017	30	2	16:14:00pm	05/08/2017	17:28:00 pm	17:30:00 pm	11601.5	2109.38	281.25	41.25		119.50		91.92
A16	Diseño de ladrillo Tipo IV Fc= 130.00 Kg/cm2	06/07/2017	30	2	16:15:00pm	05/08/2017	17:30:00 pm	17:32:00 pm	11357.2	2109.38	281.25	40.38	39.40	118.46	130	91.12
A17		06/07/2017	30	2	16:16:00pm	05/08/2017	17:32:00 pm	17:34:00 pm	10534.8	2109.38	281.25	37.46		114.95		88.42
A18		06/07/2017	30	2	16:17:00pm	05/08/2017	17:34:00 pm	17:36:00 pm	10652.3	2109.38	281.25	37.87		115.45		88.81
A19		06/07/2017	30	2	16:18:00pm	05/08/2017	17:36:00 pm	17:38:00 pm	11126.7	2109.38	281.25	39.56		117.47		90.36
A20		06/07/2017	30	2	16:19:00pm	05/08/2017	17:38:00 pm	17:40:00 pm	11433.5	2109.38	281.25	40.65		118.78		91.37
A21	Diseño de ladrillo Tipo IV Fc= 130.00 Kg/cm2	06/07/2017	30	2	16:20:00pm	05/08/2017	17:40:00 pm	17:42:00 pm	11910	2109.38	281.25	42.35	39.40	120.82	130	92.94
A22		06/07/2017	30	2	16:21:00pm	05/08/2017	17:42:00 pm	17:44:00 pm	10619.6	2109.38	281.25	37.76		115.31		88.70
A23		06/07/2017	30	2	16:22:00pm	05/08/2017	17:44:00 pm	17:46:00 pm	11349.2	2109.38	281.25	40.35		118.42		91.09
A24		06/07/2017	30	2	16:23:00pm	05/08/2017	17:46:00 pm	17:48:00 pm	10007.6	2109.38	281.25	35.58		112.70		86.69
A25		06/07/2017	30	2	16:24:00pm	05/08/2017	17:48:00 pm	17:50:00 pm	11606	2109.38	281.25	41.27		119.52		91.94

Quando se tenga menos 15 ensayos o no se cuente con registros estadísticos, el ACI recomienda que para calcular el F_{cr} se utilice la siguientes tablas:

F _c	F _{cr}	SI	RECOMENDACION	RESISTENCIA ESPECIFICA (kg/cm ²)
Menor de 215	F _c x 30	1	LADRILLO	130
215-350	F _c x 84	2	LADRILLO	95
> 350	F _c x 88	3	LADRILLO	95
Menor de 215	F _c	1	LADRILLO	130
215-350	F _c x 1.1	2	LADRILLO	130
> 350	F _c x 1.1	3	LADRILLO	130


Jairo Cruzado Ruiz
 111 CONSULTING GROUP SRL
 GERENTE GENERAL


AURORA LORENA DIAZ CHAVEZ
 INGENIERA CIVIL
 REGISTRO COLLEJO DE INGENIEROS DEL PERU N° 18492



LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TESS	Evaluación de la producción y mejoramiento de la calidad estructural del ladrillo artesanal producidos en la comunidad del fruitillo, Bambamarca, Cajamarca 2016.	DIMENSIONES	22.3 X 12.9 X 7.4	ADICCIÓN	GRUPO/CLASE/ FAMILIA	FECHA FABRICACIÓN:
SOLICITANTE:	Herbert Elmer Vásquez Montenegro	TIPO LADRILLO	TIPO III	SIN ADICATIVO	CONSTRUCCIONES DE TABICERÍA	06/07/2017

N° MUESTRA	DESCRIPCIÓN	FECHA DEL MOLDEO	EDAD (DÍAS)	ALABEO (mm.)	HORA Muestreo (ht.mm.ss)	FECHA DE ROPTURA	HORA Inicio Ensayo	HORA Final Ensayo	CARGA ROT.(Kg.)	Volumen (Cm2)	ÁREA (Cm)	RESISTENCIA (Kg/Cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (Fo), (Kg/Cm2)	Fc 30 días	RESISTENCIA ESPECÍFICA ladrillo TIPO IV	RESISTENCIA (%)	
B1	Diseño de ladrillo Tipo IV Fc= 130.00 Kg/cm2	06/07/2017	30	3	16.30.00pm	05/08/2017	16.00.00 pm	16.02.00 pm	3341.7	2128.76	287.67	11.62	18.07	130		83.94	64.57
B2		06/07/2017	30	3	16.31.00pm	05/08/2017	16.02.00 pm	16.04.00 pm	5820.9	2128.76	287.67	20.23				94.28	72.52
B3		06/07/2017	30	3	16.32.00pm	05/08/2017	16.04.00 pm	16.06.00 pm	5073.7	2128.76	287.67	17.64				91.16	70.13
B4		06/07/2017	30	3	16.33.00pm	05/08/2017	16.06.00 pm	16.08.00 pm	5462.7	2128.76	287.67	16.99				92.79	71.37
B5		06/07/2017	30	3	16.34.00pm	05/08/2017	16.08.00 pm	16.10.00 pm	5301.3	2128.76	287.67	18.43				92.11	70.86
B6	Diseño de ladrillo Tipo IV Fc= 130.00 Kg/cm2	06/07/2017	30	3	16.35.00pm	05/08/2017	16.10.00 pm	16.12.00 pm	5819.1	2128.76	287.67	20.23				94.27	72.52
B7		06/07/2017	30	3	16.36.00pm	05/08/2017	16.12.00 pm	16.14.00 pm	6009.9	2128.76	287.67	20.89				95.07	73.13
B8		06/07/2017	30	3	16.37.00pm	05/08/2017	16.14.00 pm	16.16.00 pm	4829.9	2128.76	287.67	16.79				90.15	69.34
B9		06/07/2017	30	3	16.38.00pm	05/08/2017	16.16.00 pm	16.18.00 pm	4225.4	2128.76	287.67	14.69				87.63	67.40
B10		06/07/2017	30	3	16.39.00pm	05/08/2017	16.18.00 pm	16.20.00 pm	5441.1	2128.76	287.67	18.91				92.70	71.31
B11	Diseño de ladrillo Tipo IV Fc= 130.00 Kg/cm2	06/07/2017	30	3	16.40.00pm	05/08/2017	16.20.00 pm	16.22.00 pm	5220.7	2128.76	287.67	18.15				91.78	70.60
B12		06/07/2017	30	3	16.41.00pm	05/08/2017	16.22.00 pm	16.24.00 pm	5073.7	2128.76	287.67	17.64				91.16	70.13
B13		06/07/2017	30	3	16.42.00pm	05/08/2017	16.24.00 pm	16.26.00 pm	5462.1	2128.76	287.67	18.99				92.78	71.37
B14		06/07/2017	30	3	16.43.00pm	05/08/2017	16.26.00 pm	16.28.00 pm	5201.3	2128.76	287.67	18.08				91.70	70.54
B15		06/07/2017	30	3	16.44.00pm	05/08/2017	16.28.00 pm	16.30.00 pm	5019.1	2128.76	287.67	17.45				90.94	69.95
B16	Diseño de ladrillo Tipo IV Fc= 130.00 Kg/cm2	06/07/2017	30	3	16.45.00pm	05/08/2017	16.30.00 pm	16.32.00 pm	6019.7	2128.76	287.67	20.93				95.11	73.16
B17		06/07/2017	30	3	16.46.00pm	05/08/2017	16.32.00 pm	16.34.00 pm	5829.6	2128.76	287.67	20.26				94.32	72.56
B18		06/07/2017	30	3	16.47.00pm	05/08/2017	16.34.00 pm	16.36.00 pm	5225.1	2128.76	287.67	18.16				91.60	70.61
B19		06/07/2017	30	3	16.48.00pm	05/08/2017	16.36.00 pm	16.38.00 pm	4941.1	2128.76	287.67	17.18				90.61	69.70
B20		06/07/2017	30	3	16.49.00pm	05/08/2017	16.38.00 pm	16.40.00 pm	5009.7	2128.76	287.67	17.41				90.90	69.92
B21	Diseño de ladrillo Tipo IV Fc= 130.00 Kg/cm2	06/07/2017	30	3	16.50.00pm	05/08/2017	16.40.00 pm	16.42.00 pm	4729.5	2128.76	287.67	16.44				89.73	69.02
B22		06/07/2017	30	3	16.51.00pm	05/08/2017	16.42.00 pm	16.44.00 pm	4225.4	2128.76	287.67	14.69				87.63	67.40
B23		06/07/2017	30	3	16.52.00pm	05/08/2017	16.44.00 pm	16.46.00 pm	5941.1	2128.76	287.67	20.85				94.78	72.91
B24		06/07/2017	30	3	16.53.00pm	05/08/2017	16.46.00 pm	16.48.00 pm	5720.7	2128.76	287.67	19.89				93.86	72.20
B25		06/07/2017	30	3	16.54.00pm	05/08/2017	16.48.00 pm	16.50.00 pm	5033.3	2128.76	287.67	17.50				91.00	70.00

Cuando se tenga menos 15 ensayos o no se cuente con registros estadísticos, el ACI recomienda que para calcular el f'c se utilice las siguientes tablas:

FC	Fc	TIPO	DESIGNACIÓN	RESISTENCIA UNIDAD (Kg/cm2)
Módulo de 210	Fc + 75	LADRILLO I	CONSTRUCCIONES DE TABICERÍA	80
210-350	Fc + 84	LADRILLO II	CONSTRUCCIONES DE TABICERÍA	80
350	Fc + 96	LADRILLO III	CONSTRUCCIONES DE TABICERÍA	80
Mayor de 350	Fc	LADRILLO IV	CONSTRUCCIONES DE TABICERÍA	80
Mayor de 350	Fc + 117	LADRILLO V	CONSTRUCCIONES DE TABICERÍA	100
Mayor de 350	Fc + 127	LADRILLO VI	CONSTRUCCIONES DE TABICERÍA	100
Mayor de 350	Fc + 137	LADRILLO VII	CONSTRUCCIONES DE TABICERÍA	100
Mayor de 350	Fc + 147	LADRILLO VIII	CONSTRUCCIONES DE TABICERÍA	100

Jony Cruzado Ruiz
 111 CONSULTING GROUP SRL
 GERENTE GENERAL

AUREA DRENA DIAZ CHAVEZ
 INGENIERA CIVIL
 REGISTRO COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU N° 18415



LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TESIS	Evaluación de la producción y mejoramiento de la calidad estructural del ladrillo artesanal producidos en la comunidad del frutillo, Bambamarca, Cajamarca 2016.	DIMENSIONES	22.4 X 12.8 X 7.3	ADICCIÓN	GRUPO/CLASE/ FAMILIA	FECHA FABRICACIÓN:
SOLICITANTE	Herbert Elmer Vásquez Montenegro	TIPO LADRILLO	TIPO #	SIN ADICTIVO	CONSTRUCCIONES DE TABIQUER	06/07/2017

N° MUESTRA	DESCRIPCIÓN	FECHA DEL MOLDEO	EDAD (DIAS)	ALABEO (mm.)	HORA Muestreo (hh.mm.ss)	FECHA DE ROPTURA	HORA Inicio Ensayo	HORA Final Ensayo	CARGA ROT.(Kg.)	Volumen (Cm2)	ÁREA (Cm)	RESISTENCIA (Kg/Cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (Fo), (Kg/Cm2)	Fc 30 dias	RESISTENCIA ESPECIFICA ladrillo TIPO IV	RESISTENCIA (%)
C1	Diseño de ladrillo Tipo IV Fc= 130.00 Kg/cm2	06/07/2017	30	4	16:00:00pm	05/08/2017	15:00:00 pm	15:02:00 pm	1310.9	2093.06	286.72	4.57	424	75.49	130	58.07
C2		06/07/2017	30	4	16:01:00pm	05/08/2017	15:02:00 pm	15:04:00 pm	557.4	2093.06	285.44	1.85		72.34		55.65
C3		06/07/2017	30	4	16:02:00pm	05/08/2017	15:04:00 pm	15:06:00 pm	1549.1	2093.06	285.44	5.43		76.51		58.86
C4		06/07/2017	30	4	16:03:00pm	05/08/2017	15:06:00 pm	15:08:00 pm	1152.7	2093.06	285.44	4.04		74.85		57.57
C5		06/07/2017	30	4	16:04:00pm	05/08/2017	15:08:00 pm	15:10:00 pm	1814.1	2093.06	285.44	6.36		77.63		59.71
C6	Diseño de ladrillo Tipo IV Fc= 130.00 Kg/cm2	06/07/2017	30	4	16:05:00pm	05/08/2017	15:10:00 pm	15:12:00 pm	1841.7	2093.06	285.44	6.45		77.74		59.80
C7		06/07/2017	30	4	16:06:00pm	05/08/2017	15:12:00 pm	15:14:00 pm	1679.1	2093.06	285.44	5.88		77.06		59.28
C8		06/07/2017	30	4	16:07:00pm	05/08/2017	15:14:00 pm	15:16:00 pm	81.4	2093.06	285.44	0.29		70.34		54.11
C9		06/07/2017	30	4	16:08:00pm	05/08/2017	15:16:00 pm	15:18:00 pm	474.4	2093.06	285.44	1.66		71.99		55.38
C10		06/07/2017	30	4	16:09:00pm	05/08/2017	15:18:00 pm	15:20:00 pm	851.7	2093.06	285.44	2.98		73.58		56.60
C11	Diseño de ladrillo Tipo IV Fc= 130.00 Kg/cm2	06/07/2017	30	4	16:10:00pm	05/08/2017	15:20:00 pm	15:22:00 pm	1210.9	2093.06	285.44	4.24		75.09		57.76
C12		06/07/2017	30	4	16:11:00pm	05/08/2017	15:22:00 pm	15:24:00 pm	137.4	2093.06	285.44	0.48		70.58		54.29
C13		06/07/2017	30	4	16:12:00pm	05/08/2017	15:24:00 pm	15:26:00 pm	1549.3	2093.06	285.44	5.43		76.51		58.86
C14		06/07/2017	30	4	16:13:00pm	05/08/2017	15:26:00 pm	15:28:00 pm	1152.7	2093.06	285.44	4.04		74.85		57.57
C15		06/07/2017	30	4	16:14:00pm	05/08/2017	15:28:00 pm	15:30:00 pm	1814.5	2093.06	285.44	6.36		77.63		59.71
C16	Diseño de ladrillo Tipo IV Fc= 130.00 Kg/cm2	06/07/2017	30	4	16:15:00pm	05/08/2017	15:30:00 pm	15:32:00 pm	1841.7	2093.06	285.44	6.45		77.74		59.80
C17		06/07/2017	30	4	16:16:00pm	05/08/2017	15:32:00 pm	15:34:00 pm	1679.1	2093.06	285.44	5.88		77.06		59.28
C18		06/07/2017	30	4	16:17:00pm	05/08/2017	15:34:00 pm	15:36:00 pm	181.4	2093.06	285.44	0.64		70.76		54.43
C19		06/07/2017	30	4	16:18:00pm	05/08/2017	15:36:00 pm	15:38:00 pm	974.4	2093.06	285.44	3.41		74.10		57.00
C20		06/07/2017	30	4	16:19:00pm	05/08/2017	15:38:00 pm	15:40:00 pm	891.9	2093.06	285.44	3.12		73.75		56.73
C21	Diseño de ladrillo Tipo IV Fc= 130.00 Kg/cm2	06/07/2017	30	4	16:20:00pm	05/08/2017	15:40:00 pm	15:42:00 pm	1122.2	2093.06	285.44	3.93		74.72		57.48
C22		06/07/2017	30	4	16:21:00pm	05/08/2017	15:42:00 pm	15:44:00 pm	1892.1	2093.06	285.44	6.63		77.95		59.96
C23		06/07/2017	30	4	16:22:00pm	05/08/2017	15:44:00 pm	15:46:00 pm	1551.8	2093.06	285.44	5.44		76.52		58.86
C24		06/07/2017	30	4	16:23:00pm	05/08/2017	15:46:00 pm	15:48:00 pm	1579.1	2093.06	285.44	5.53		76.64		58.95
C25		06/07/2017	30	4	16:24:00pm	05/08/2017	15:48:00 pm	15:50:00 pm	1338.7	2093.06	285.44	4.69		75.63		58.18

Cuando se tenga menos 15 ensayos o no se cuente con registros estadísticos, el ACI recomienda que para calcular el F_c se utilice las siguientes tablas:

F _c	F _c	TIPO
Mínimo de 210	F _c = 70	LADRILLO
210-350	F _c = 84	LADRILLO I
> 350	F _c = 98	LADRILLO II
Mínimo de Control	F _c	LADRILLO III
Región 2 (I)	0.33(1.17)	LADRILLO IV
Región 3 (II)	0.33(1.17)	LADRILLO V
Región 4 (III)	0.33(1.17)	LADRILLO VI


Johnny Cruzado Ruiz
 111 CONSULTING GROUP SRL
 GERENTE GENERAL


AUREA LORENA DIAZ CHAVEZ
 INGENIERA CIVIL
 REGISTRO NACIONAL DE INGENIEROS DEL PERÚ N° 14273

Anexo N° 06. Lista de compradores de ladrillera Lucano

Entrega De Ladrillo: 2017.

Oblitas	2000	Ladrillos
Morropo	2000	Ladrillos
SHego	3000	Ladrillos
Coronel	4000	Ladrillos
Arnulfo	3000	Ladrillos
Colonel	4000	Ladrillos
Morropo	2000	Ladrillos
SHego	3000	Ladrillos
Arnulfo	3000	Ladrillos
Oblitas	2000	Ladrillos
Colonel	4000	Ladrillos
Oblitas	2000	Ladrillos.

Entrada de ladrillos

Adolfo Vargas	5000	ladrillos
Segundo Topio	7000	ladrillos
Roberto Díaz	3000	ladrillos
Juan González	8000	ladrillos
Pedro Benavides	5000	ladrillos
Juan Vazquez	1000	ladrillos
Jose Cobreira	1000	ladrillos
Elmer Tinoco	3000	ladrillos
Abad Vazquez	1000	ladrillos
Josinto Rodriguez	2000	ladrillos
Jorge Cuyado	3000	ladrillos
Genar Vazquez	10000	ladrillos
Esteban Aduna	9000	ladrillos
Julio Toro	10000	ladrillos
Guido Vazquez	5000	ladrillos
Saturmino	7000	ladrillos
Leoncio	3000	ladrillos
Clepe	1000	ladrillos
Santos	1000	ladrillos
Ely	5000	ladrillos

Wilfredo Coronel	30 000	ladrillos
Chuquimanga	10 000	ladrillos
José Fernández	1 000	ladrillos
Elmer Fabero	5 000	ladrillos
Tineco	3 000	ladrillos
Julio Cesar	8 000	ladrillos
Segundo Bautista	30 000	ladrillos
Cocha	7 000	ladrillos
Jorge Vazquez	3 000	ladrillos
Francisco J	2 000	ladrillos
Atilano	1 000	ladrillos
Pamela	2 000	ladrillos
Maria Vazquez	3 000	ladrillos
Pablo Gutiérrez	5 000	ladrillos
Amibal Tenorio	8 000	ladrillos
Ismael Meza	7 000	ladrillos
Wilder Villanueva	5 000	ladrillos
Wilfredo Coronel	30 000	ladrillos.

Mes De Mayo

05/01/2017

Lunes	1 mayo	Ismael	✓
Martes	2 mayo	Ismael	✓
Miércoles	3 mayo	Ismael	✓
Jueves	4 mayo	Ismael	✓
Viernes	5 mayo	Ismael	✓
Sábado	6 mayo	Ismael	✓
Lunes	8 mayo	Ismael	X
Martes	9 mayo	Ismael	✓
Miércoles	10 mayo	Ismael	✓
Jueves	11 mayo	Ismael	✓
Viernes	12 mayo	Ismael	✓
Sábado	13 mayo	Ismael	✓
Lunes	15 mayo	Ismael	✓
Martes	16 mayo	Ismael	✓
Miércoles	17 mayo	Ismael	✓
Jueves	18 mayo	Ismael	✓
Viernes	19 mayo	Ismael	✓
Sábado	20 mayo	Ismael	✓
Lunes	22 mayo	Ismael	X
Martes	23 mayo	Ismael	✓
Miércoles	24 mayo	Ismael	✓
Jueves	25 mayo	Ismael	✓
Viernes	26 mayo	Ismael	✓
Sábado	27 mayo	Ismael	✓

Classic

PANEL FOTOGRÁFICO

EXTRACCIÓN DE LA MATERIA PRIMA EN SU ESTADO NATURAL



PREPARACION DE LA ARCILLA



MEZCLADO DE ARCILLA, ARENA, MITO



LLENADO MANUAL DE LAS LADRILLERAS



UBICANDO ESPECIMENES EN EL TENDAL



SECADO DE LOS LADRILLOS



LLENANDO EL HORNO PARA QUEMAR



UNIDAD DE ALBAÑILERIA SIENDO EXTRAIDA AL AZAR



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



ESPECIMEN DESPUES DE RECIBIR LA CARGA ALABEO





ABSORCIÓN

