

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**Características físico mecánicas de los ladrillos de arcilla  
cocida y su clasificación según la Norma E-070,  
Chincheros – Apurímac, 2019**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGRÍCOLA**

**PRESENTADO POR:  
Brus Cuenca Granados**

**Ayacucho – Perú**

**2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**TESIS**

**Características físico mecánicas de los ladrillos de arcilla cocida y su  
clasificación según la Norma E-070, Chincheros – Apurímac, 2019**

Expedido : 16 de junio de 2020

Sustentado : 04 de setiembre de 2020

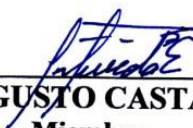
Calificación : Muy bueno

Jurados :



---

**M.Sc. SANDRA DEL ÁGUILA RÍOS**  
**Presidente**



---

**Ing. CARLOS AUGUSTO CASTAÑEDA ESQUÉN**  
**Miembro**



---

**Ing. HERBERT NÚÑEZ ALFARO**  
**Miembro**



---

**Ing. VANCE GIORGIO FERNÁNDEZ HUAMÁN**  
**Asesor**

*A Dios, por haberme dado la vida y todo lo que tengo.*

*A mis padres Fulgencio y Julia, quienes siempre me dieron su ayuda incondicional.*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, *Alma Mater*, forjadora de profesionales competentes y de calidad humana al servicio de la sociedad.

A la Facultad de Ciencias Agrarias, a la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, a la plana docente, por su afán y paciencia en brindarme sus conocimientos y dejarme un ejemplo social humano que ayudarán en el desarrollo de mi vida profesional y personal.

Al Ing. Vance Giorgio Fernández Huamán, docente de la Facultad de Ingeniería Agrícola, asesor del presente trabajo de investigación, por su apoyo y colaboración en el desarrollo y materialización de la tesis.

A todas las personas que de una u otra manera, colaboraron en la realización y conclusión del presente trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras.....	ix
Índice de anexos.....	xii
Resumen.....	1
Introducción .....	2
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>MARCO TEÓRICO ..... 4</b>	
1.1. Antecedentes del problema .....	4
1.2. Bases teóricas .....	9
1.2.1. Historia.....	9
1.2.2. Albañilería.....	12
1.2.3. Normatividad a aplicable a las unidades.....	24
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>METODOLOGÍA ..... 25</b>	
2.1. Ubicación .....	25
2.1.1. Ubicación política de la zona de estudio.....	25
2.1.2. Ubicación de la zona de trabajo .....	25
2.1.3. Accesibilidad a la zona de estudio .....	25
2.1.4. Lugar donde se realizaron los estudios .....	27
2.2. Materiales y equipos .....	28
2.2.1. Materiales.....	28
2.2.2. Equipos.....	28
2.2.3. Materia prima.....	28
2.2.4. Proceso de producción de ladrillos .....	31
2.2.5. Costo de producción.....	41
2.2.6. Características de las unidades fabricadas .....	41
2.2.7. Comercialización .....	42

2.2.8. Muestreo de unidades.....	43
2.3. Metodología para cada problema específico.....	46
2.3.1. Evaluación de las propiedades físicas de ladrillos de arcilla cocida producidos en el distrito Los Chankas de la provincia de Chincheros - Apurímac.....	46
2.3.2. Evaluación de la resistencia a la compresión de ladrillos de arcilla cocida producidos en el distrito Los Chankas de la provincia de Chincheros .....	55
2.3.3. Evaluación del comportamiento de pilas y muretes elaborados con ladrillos de arcilla cocida producidos en el distrito Los Chankas de la provincia de Chincheros - Apurímac .....	58

### **CAPÍTULO III**

<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>66</b>
3.1. Control estadístico aplicado a los resultados .....	66
3.1.1. Media aritmética .....	66
3.1.2. Varianza .....	66
3.1.3. Desviación estándar .....	67
3.1.4. Coeficiente de variación.....	67
3.1.5. Resistencia característica .....	67
3.2. Evaluación de las propiedades físicas de ladrillos de arcilla cocida producidos en el distrito los Chankas de la provincia de Chincheros - Apurímac.....	67
3.2.1. Resultados y discusiones del ensayo de variación dimensional .....	67
3.2.2. Resultados y discusiones del ensayo de alabeo .....	71
3.2.3. Resultados y discusiones del ensayo de humedad natural .....	73
3.2.4. Resultados y discusiones del ensayo de succión.....	74
3.2.5. Resultados y discusiones del ensayo de absorción, absorción máxima, coeficiente de saturación y densidad.....	75
3.2.6. Resultado y discusiones del ensayo de área de vacíos.....	77
3.2.7. Resultado y discusiones del ensayo de eflorescencia .....	78
3.3. Evaluación de resistencia a la compresión de ladrillos de arcilla cocida producidos en el distrito los Chankas de la provincia de Chincheros.....	79
3.3.1. Resultados y discusiones del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería.....	79

3.4.	Evaluación de comportamiento de pilas y muretes elaborados con ladrillos de arcilla cocida producidos en el distrito los Chankas de la provincia de Chincheros - Apurímac .....	81
3.4.1.	Resultado y discusiones del ensayo de resistencia a compresión en pilas .....	81
3.4.2.	Resultado y discusiones del ensayo de resistencia al corte en muretes .....	83
3.5.	Comparación estadística de resultados con respecto a la norma .....	85
3.5.1.	Comparación estadística de unidades de albañilería con respecto a la norma....	85
3.5.2.	Comparación estadística de pilas de albañilería con respecto a la norma .....	87
3.5.3.	Comparación estadística de muretes de albañilería con respecto a la norma .....	88
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>89</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>91</b>
	<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>92</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>94</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1.1. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales .....	14
Tabla 1.2. Clases de unidades de albañilería para fines estructurales .....	16
Tabla 1.3. Valores promedios de succión según la NTP 399.613 .....	19
Tabla 1.4. Absorción máxima según la NTP 399.613 .....	19
Tabla 1.5. Coeficiente de saturación según la NTP 399.613 .....	20
Tabla 1.6. Densidad en unidades de albañilería de arcilla según la NTP 399.613 ...	21
Tabla 1.7. Factores de corrección de $F'm$ por esbeltez.....	23
Tabla 1.8. Factor de corrección de $F'm$ y $V'm$ por edad.....	23
Tabla 1.9. Resistencia característica de la albañilería .....	23
Tabla 2.1. Itinerario de viaje .....	25
Tabla 2.2. Peso específico relativo de sólidos .....	29
Tabla 2.3. Distribución granulométrica de suelo .....	30
Tabla 2.4. Constantes físicas de muestra de suelo .....	31
Tabla 2.5. Resultados de ensayos de cantera de arcilla .....	31
Tabla 2.6. Costo unitario de la actividad de extracción de materia prima.....	33
Tabla 2.7. Costo unitario de la actividad de pre hidratado y triturado.....	34
Tabla 2.8. Costo unitario de la actividad amasado y moldeo .....	36
Tabla 2.9. Costo unitario de la actividad de secado de ladrillos King Kong 15 huecos .....	38
Tabla 2.10. Costo unitario de la actividad de carguío al horno de ladrillos 15 huecos .....	39
Tabla 2.11. Costo unitario de la actividad de cocción de unidades King Kong 15 huecos .....	41
Tabla 2.12. Costo de producción para la fabricación de 1000 unid. de ladrillos King Kong 15 .....	41
Tabla 2.13. Características de los ladrillos King Kong 15 huecos fabricados.....	42
Tabla 2.14. Cantidad de unidades muestreadas .....	45
Tabla 3.1. Resultados de variación dimensional (Largo) .....	68
Tabla 3.2. Resultados de variación dimensional (Ancho) .....	68
Tabla 3.3. Resultados de variación dimensional (Altura).....	69



Tabla 3.4.	Resumen de resultados de variación dimensional .....	70
Tabla 3.5.	Resultados de ensayo de alabeo.....	71
Tabla 3.6.	Resultados del ensayo de humedad natural .....	73
Tabla 3.7.	Resultados del ensayo de succión.....	74
Tabla 3.8.	Resultados de ensayos de absorción, absorción máxima, coeficiente de saturación y densidad .....	76
Tabla 3.9.	Resultados del ensayo de área de vacíos .....	77
Tabla 3.10.	Resultado del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería .....	79
Tabla 3.11.	Resultado del cálculo de esbeltez de pilas de albañilería .....	81
Tabla 3.12.	Resultado del ensayo de resistencia a compresión en pilas de albañilería .....	82
Tabla 3.13.	Resultado del ensayo de resistencia al corte en muretes de albañilería...	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1.1. Unidad de albañilería secada al sol (Jericó 7350 años a.C.).....	9
Figura 1.2. Posible forma de la torre de Babel.....	10
Figura 1.3. Muro a escala natural con carga axial de compresión (Estados Unidos 1916).....	11
Figura 1.4. Sistema de albañilería en la ciudad sagrada de Caral .....	11
Figura 1.5. Dimensiones a tomar en una unidad de albañilería .....	17
Figura 1.6. Alabeo cóncavo y convexo en unidades de albañilería .....	18
Figura 1.7. Esquema de ensayo de succión en unidades de albañilería .....	19
Figura 2.1. Ubicación política de la zona de estudio .....	26
Figura 2.2. Imagen satelital de la ubicación de la ladrillera.....	27
Figura 2.3. Ruta a la zona de ubicación de la ladrillera .....	27
Figura 2.4. Ubicación de cantera actual .....	29
Figura 2.5. Curva granulométrica de suelo .....	30
Figura 2.6. Esquema de la fabricación de ladrillos King Kong 15 huecos .....	32
Figura 2.7. Izquierda; cantera de arcilla. Derecha; extracción de arcilla con maquinaria .....	33
Figura 2.8. Izquierda: Máquina de triturado de arcilla, Derecha; Actividad de trituración de arcilla .....	34
Figura 2.9. Extrusora y mesa de corte de la fábrica de ladrillos .....	35
Figura 2.10. Molde para la fabricación de ladrillos King Kong 15 huecos (0.22 x 0.12 x 0.08 m).....	35
Figura 2.11. Proceso de amasado y moldeo de ladrillos King Kong 15 huecos .....	36
Figura 2.12. Área de secado de unidades King Kong 15 huecos.....	37
Figura 2.13. Secado y apilamiento de unidades King Kong 15 huecos fabricadas .....	37
Figura 2.14. Colocación y cobertura con carbón mineral en horno para la cocción de ladrillos .....	38
Figura 2.15. Carbón y leña, combustibles usados en la quema de ladrillos King Kong 15 huecos .....	39
Figura 2.16. Cocción de unidades King Kong 15 huecos .....	40
Figura 2.17. Unidad King Kong 15 huecos fabricada en el distrito Los Chankas .....	42

Figura 2.18.	Muestreo de unidades al momento de sacar los ladrillos del horno .....	45
Figura 2.19.	Muestras para la realización de los ensayos .....	46
Figura 2.20.	Toma de medidas de los ladrillos en el ensayo de variación dimensional.....	47
Figura 2.21.	Ensayo de alabeo .....	48
Figura 2.22.	Pesado de las muestras secas .....	49
Figura 2.23.	Ensayo de succión y el posterior pesado de la unidad con humedad .....	50
Figura 2.24.	Se muestra la saturación de las unidades y el pesado de las mismas .....	51
Figura 2.25.	Unidades en proceso de ebullición para llegar a la absorción máxima ...	52
Figura 2.26.	Pesado de unidades sumergidas en agua fría.....	53
Figura 2.27.	Llenado y pesaje de arena graduada para la obtención del área de vacíos .....	54
Figura 2.28.	Unidades con una ligera eflorescencia.....	55
Figura 2.29.	Ensayo de resistencia a la compresión.....	56
Figura 2.30.	Ensayo de resistencia a la compresión en unidades King Kong 15 huecos .....	56
Figura 2.31.	Unidades King Kong 15 huecos después del ensayo de resistencia a la compresión.....	57
Figura 2.32.	Construcción de pilas de ladrillos King Kong 15 huecos.....	58
Figura 2.33.	Pilas preparadas y refrendadas para el ensayo de resistencia a la compresión.....	59
Figura 2.34.	Ensayo de resistencia a la compresión en pilas de ladrillos King Kong 15 huecos .....	60
Figura 2.35.	Pilas de ladrillos King Kong 15 huecos después del ensayo de resistencia a la compresión .....	61
Figura 2.36.	Construcción de muretes de ladrillos King Kong 15 huecos.....	62
Figura 2.37.	Curado de muretes de ladrillos King Kong 15 huecos .....	62
Figura 2.38.	Muretes preparados y refrendados para el ensayo de resistencia al corte .....	63
Figura 2.39.	Ensayo de resistencia al corte en muretes de ladrillos King Kong 15 huecos .....	64
Figura 2.40.	Muretes de ladrillos King Kong 15 huecos después del ensayo de resistencia al corte.....	64

Figura 3.1.	Comparación de variación dimensional máxima.....	70
Figura 3.2.	Comparación de alabeo máximo .....	72
Figura 3.3.	Comparación de succión en unidades de albañilería .....	74
Figura 3.4.	Comparación de absorción en unidades de albañilería.....	76
Figura 3.5.	Comparación de área de vacíos en unidades de albañilería.....	78
Figura 3.6.	Comparación de resistencia a la compresión en unidades de albañilería .....	80
Figura 3.7.	Comparación de resistencia a la compresión en pilas de albañilería.....	82
Figura 3.8.	Comparación de resistencia al corte en muretes de albañilería .....	84
Figura 3.9.	Región de aceptación y rechazo de hipótesis para unidades tipo III .....	85
Figura 3.10.	Región de aceptación y rechazo de hipótesis para unidades tipo IV .....	86
Figura 3.11.	Región de aceptación y rechazo de Hipótesis para pilas de albañilería...87	
Figura 3.12.	Región de aceptación y rechazo de Hipótesis para muretes de albañilería .....	88

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Certificados de calibración .....	95
Anexo 2. Ensayo de la cantera de arcilla .....	99
Anexo 3. Reglamento nacional de edificaciones Norma E.070 albañilería .....	108

## RESUMEN

La investigación se desarrolló, con el objetivo de determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla cocida producidos en el distrito Los Chankas con el fin de verificar su aceptación y clasificación de acuerdo a la Norma Técnica Peruana E.070, dicha investigación se desarrolló en la fábrica de ladrillos “Granados”, durante los meses de Septiembre y Octubre de 2019, en la que se aplicaron como herramientas de investigación, la observación directa y ensayos físicos y mecánicos de laboratorio en unidades, pilas y muretes de albañilería, la población en estudio fue un lote de ladrillos de arcilla cocida producidas en la ladrillera “Granados”, el muestreo fue de forma aleatoria y se tomaron en una cantidad según lo requerido por un muestreo de aceptación y por la norma técnica de edificaciones E.070 de albañilería, se partió de un lote de 12000 unidades, teniendo un total de 70 unidades muestreadas, distribuyéndose en 13 unidades para pruebas de variación dimensional y alabeo, 5 unidades para pruebas físicas, 13 unidades para la prueba de resistencia a compresión de unidades, 9 unidades para la prueba de resistencia a compresión axial de muretes y 30 unidades para las pruebas de resistencia a la compresión transversal de muretes; se realizaron los ensayos físicos de variación dimensional, alabeo, humedad natural, succión, absorción, absorción máxima, coeficiente de saturación, densidad, área de vacíos y eflorescencia; ensayos mecánicos de resistencia a la compresión de unidades, resistencia a la compresión de pilas y resistencia al corte en muretes de albañilería, teniendo como resultados una resistencia característica a la compresión de unidades de  $F'_b = 119.80 \text{ kg/cm}^2$ , una variación dimensional máxima de 0.79%, un alabeo máximo de 3.5 mm, una succión promedio de  $106.71 \text{ gr/200cm}^2 \cdot \text{min}$ , una absorción promedio de 21.42%, un área de vacío promedio de 29.12%, una resistencia característica a la compresión en pilas de  $F'_m = 65.73 \text{ kg/cm}^2$  y una resistencia característica al corte de  $V'_m = 8.42 \text{ kg/cm}^2$ , teniendo como conclusión que las unidades de albañilería King Kong 15 huecos fabricadas en el distrito Los Chankas de la provincia de Chincheros, clasifican como un ladrillo King Kong industrial tipo “III” macizo que puede ser usado en muros portantes y resistentes a climas y condiciones de intemperismo severos.

**Palabras clave:** Características físico mecánicas, norma E-070, resistencia a la compresión y al corte.

## INTRODUCCIÓN

Desde que el hombre se volvió un ser sedentario, siempre se vio en la necesidad de buscar un techo donde resguardarse de las condiciones climáticas adversas de nuestro planeta, es así que en esa necesidad el hombre buscó materiales para poder hacer sus refugios. Posiblemente la albañilería haya sido inventada por algún nómada hace unos 15000 años a.C. esto al apilar piedras una sobre otra (Gallegos & Casabonne, 2005), una de las primeras unidades de albañilería artificial fue encontrada en la antigua ciudad de Jericó 7350 años a.C. (San Bartolomé, 1994).

En el Perú el uso de la albañilería se dio en los 5000 a.C., en la localidad de Huaca Prieta y en Caral, siendo considerada esta como la ciudad más antigua de nuestro país (Villegas, 2008).

En nuestro país, los primeros ensayos en albañilería fueron realizados en los años 70 y los resultados obtenidos se usaron para crear el primer reglamento de albañilería, siendo la norma ININVI-82 (San Bartolome, 1994).

La sierra sur de nuestro país, en el caso de esta investigación las regiones de Ayacucho y Apurímac se encuentran en zonas de actividad sísmica media (zonas 2 y 3) según el Reglamento Nacional de Edificaciones, siendo así una zona vulnerable a fenómenos naturales (Sismos de media y alta intensidad), en los últimos años en estas dos regiones se ha visto un crecimiento demográfico acelerado en las ciudades de Andahuaylas, Ayacucho, Uripa, Chincheros y distritos cercanos, lo que trajo consigo la construcción de viviendas que en su mayoría tienen una configuración estructural de albañilería confinada y tienen como uno de los materiales principales el ladrillo de arcilla cocida, tradicionalmente en estas se dio la construcción de edificaciones de albañilería sin ningún tipo de asesoramiento técnico, esto sumando a la poca practica de controles de calidad de estos productos y ningún tipo de control de calidad durante el proceso de

fabricación, ocasionan que las edificación de albañilería tengan problemas durante su vida útil; uno de los centros de abastecimiento de este material de construcción se encuentra ubicado en el distrito de Los Chankas, provincia de Chincheros de la región Apurímac, donde se está dando un crecimiento de esta actividad productiva pero sin seguir controles de calidad y de información de las unidades que producen, a consecuencia de esto nace la idea de realizar esta investigación, con el fin de responder a la interrogante: ¿De qué manera se comportan las características físicas y mecánicas de ladrillos de arcilla y cuál es su clasificación según la Norma Técnica Peruana E.070? Distrito de los Chankas, provincia de Chincheros de la región Apurímac. Frente a ello nos planteamos los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

Determinar las características físicas y mecánicas de ladrillos de arcilla cocida mediante ensayos de laboratorio, con el propósito de verificar su aceptación y clasificación según la Norma Técnica Peruana E-070, Distrito de los Chankas, provincia de Chincheros de la región Apurímac.

### **Objetivos específicos**

1. Evaluar las características físicas de ladrillos de arcilla cocida mediante ensayos de laboratorio según a lo indicado en la NTP 399.613.
2. Evaluar las características mecánicas de ladrillos de arcilla cocida mediante ensayos de laboratorio según a lo indicado en la NTP 399.613.
3. Evaluar el comportamiento de pilas y muretes elaborados con ladrillos de arcilla cocida mediante ensayos de laboratorio según a lo indicado en las NTP 399.605 y 399.621.



## **CAPÍTULO I**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

Villegas (2008) Efectuó la clasificación de unidades industriales, semi industriales de Lima Metropolitana, para ello determinó las propiedades físico - mecánicas, mediante ensayos de laboratorio, estas se realizaron de acuerdo a las normas técnicas de la época, se realizaron ensayos clasificatorios y no clasificatorios, cuyos resultados permitieron clasificarlos de acuerdo al tipo de unidad al que pertenecen tanto por resistencia como durabilidad según la norma técnica de edificaciones E-070, de los ensayos realizados clasificó a los ladrillos por su resistencia y durabilidad, según la E-070, los resultados de las marcas más conocidas se muestran en los siguientes párrafos.

El ladrillo industrial Lark Infes y Lark clasificaron como Tipo IV y II respectivamente, el ladrillo Lark Clásico cuyas dimensiones son de 0.23 m de largo, 0.125 m de ancho y 0.09 m de altura, indica valores de resistencia la compresión de  $f^b$ : 131 kg/cm<sup>2</sup>, en el estudio se obtuvo  $f^b$ : 88 kg/cm<sup>2</sup>. El ladrillo Lark Infes de dimensiones de 0.23 m de largo, 0.125 m de ancho y 0.09 m de altura indica valores de resistencia la compresión de  $f^b$ : 201 kg/cm<sup>2</sup> mientras que del estudio tuvo un resultado de resistencia un  $f^b$ : 167 kg/cm<sup>2</sup>. (Villegas, 2008).

El ladrillo industrial Rex y Rex Infes clasifican como Tipo III, el ladrillo Rex Clásico cuyas dimensiones de 0.23 m de largo, 0.13 m de ancho y 0.09 m de altura, indica valores de resistencia la compresión  $f^b$ : 180 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que del estudio tuvo un resultado de resistencia  $f^b$ : 107 kg/cm<sup>2</sup>. El ladrillo Rex "Infes" cuyas dimensiones de 0.24 m de largo, 0.13 m de ancho y 0.09 m de altura, indica valores de resistencia la compresión de 280 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que del estudio tuvo un resultado de resistencia  $f^b$ : 119 kg/cm<sup>2</sup> (Villegas, 2008).

Afanador & Guerrero (2012) Estudiaron las “propiedades mecánicas de los ladrillos macizos cerámicos fabricados a mano en el municipio de Ocaña – Colombia”, realizaron la caracterización de la materia prima, así como realizaron ensayos a las unidades de mampostería para la determinación de la calidad de los ladrillos que fueron tomados de distintas fábricas, esto lo realizaron según la norma técnica colombiana NTC-4017.

Como resultado de su investigación obtuvieron una succión de  $0.38 \text{ g/cm}^2/\text{mín}$ , lo que indicó que debería de realizarse un pre humedecimiento por al menos 24 horas, la absorción final fue de 17.41%, siendo recomendado usarse en interiores, excediendo en 4.41% los valores máximos recomendados (13 %) para ser usados en exteriores. Como resultado del ensayo de resistencia a la compresión de muros obtuvo valores entre 0.8 hasta 2.4 Mpa, teniendo como promedio de 1.44 Mpa para el municipio de Ocaña, lo cual es bajo en comparación a los 14 Mpa para ladrillos macizos, esto según la norma técnica colombiana NTC-4017 (Afanador & Guerrero, 2012).

Sanches, Zapata & Granados (1992) Realizaron su investigación en la región Junín, denominada “Análisis de las unidades de albañilería producidas en Huancayo (1992)”, con lo cual ultimaron que las unidades de albañilería son del tipo I. En los ensayos de resistencia a la compresión tuvieron como resultado un  $f'_{b}$ :  $37.78 \text{ Kg/cm}^2$  en la zona de Cajas y  $f'_{b}$ :  $43.04 \text{ kg/cm}^2$  en la zona de Palian, estos se encontraron por debajo de la normativa vigente para la fecha, siendo que, para una unidad del Tipo I, mínimamente debía ser de  $60 \text{ kg/cm}^2$  según la norma de albañilería ININVI 1982, por tanto, se concluyó que en esta parte del país no se llegaba a cumplir con el mínimo establecido en la norma de la época.

Aguirre (2004) En su tesis de maestría denominada “Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la Región Central Junín” determinó las principales características mecánicas de la albañilería y sus componentes, para ello uso unidades artesanales fabricadas en la Región Junín; además realizó un registro de productores y realizó una caracterización de la arcilla usada y una descripción del proceso de producción en las distintas zonas de producción, identificado cuatro grupos, entre los que estuvieron las zonas de jauja, Cajas, Saño y Palián, también realizó pruebas físicas y mecánicas con unidades de las zonas identificadas, los ensayos

realizados fueron los de variación dimensional, alabeo, resistencia a la compresión y tracción por flexión). De su investigación concluyó que las unidades de albañilería no alcanzaron el mínimo de  $f'_{b}$ : 50 kg/cm<sup>2</sup> (tipo I) según la norma técnica E.070, siendo el valor promedio de toda la zona de  $f'_{b}$ : 39.4 kg/cm<sup>2</sup>.

Seminario (2013) Su trabajo de investigación “Variabilidad de las propiedades de los ladrillos industriales de 18 huecos en la ciudad de Piura”, en esta investigación realizó un muestreo cada quince días en cinco fábricas de ladrillos King Kong de 18 huecos de la región Piura, esto con el fin de realizar ensayos físicos y mecánicos que tuvieron como objetivo final determinar la variabilidad en las propiedades de las unidades que son usadas en la ciudad de Piura.

Obtuvo como resultado un promedio de resistencia a la compresión de unidades de  $f'_{b}$ : 82.22 kg/cm<sup>2</sup>, además de la existencia de variabilidad en unidades la misma marca. Reflejándose estas en los altos valores de coeficiente de variación obtenidos (Seminario, 2013).

Alarcón (2016) En su investigación “Comportamiento estructural en muros de albañilería confinada compuestos por ladrillos de arcilla fabricados en Huancayo - Concepción – 2016” busco determinar las propiedades técnicas de los ladrillos fabricados en la zona de Palian y Quilcas, que son usadas en la construcción en las ciudades de Huancayo y Concepción, las muestras de unidades se tomaron en las principales fábricas de la zona en estudio realizándose ensayos según la norma.

Del trabajo de investigación realizado se concluyó que según los análisis del comportamiento estructural de muros de albañilería, estos poseen una mal conducta estructural, según la realización de ensayos clasificatorios a unidades de albañilería, estas poseen una baja calidad al clasificarse como clase II en la zona de Palian y clase I en la zona de Quilcas (Alarcon, 2016).

Vicaña (2019) Realizo la investigación “Efectos patológicos en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal en la región Ayacucho” esta fue realizada en las fábricas de la zona de Compañía del distrito de Pacaycasa, en la que evaluó los efectos

patológicos a causa de rocas de distinta formación en el interior de las unidades de albañilería.

Concluyendo que la presencia de partículas de roca dentro de los ladrillos artesanales origina patologías, como lo son: la presencia de poros y grietas, que tiene como resultado una alteración en las propiedades del ladrillo artesanal, los unidades sin presencia de rocas en su interior tienen una mayor resistencia siendo estas en promedio un  $f'_{b}$ :  $70.83 \text{ kg/cm}^2$ , mientras las que tienen presencia de rocas en su tienen una menor resistencia siendo estas en promedio un  $f'_{b}$ :  $37.40 \text{ kg/cm}^2$ , siendo clasificadas como clase II según la NTP E.070 de albañilería (Vicaña, 2019).

Leguia (2018) En su investigación “Evaluación de la resistencia al corte y flexión de muros de albañilería confinada artesanal con carga dinámica cíclica”, tuvo como objetivo evaluar la Resistencia al Corte y Flexión de Muros de Albañilería Confinada sometidos a Carga Lateral Cíclica y evaluar sus propiedades y la resistencia de componentes de albañilería y así clasificarlos según la Norma E-070, esta se realizó con unidades King Kong sólido artesanal producidas en la comunidad de Compañía, ubicada en el distrito de Pacaycasa, Huamanga.

Tuvo como resultado de que las unidades fabricadas en dicha zona no llegan a cumplir las mínimas características para considerarse de clase I, la variación dimensional de 9,08% en altura, el alabeo máximo fue de 4mm, lo cual lo clasifica como tipo IV, la resistencia a la compresión alcanza hasta  $f'_{b}$ :  $81,54 \text{ kg/cm}^2$  lo que lo clasifica como clase II, la resistencia característica a compresión axial en pilas de albañilería alcanza  $f'_{m}$ :  $37,24 \text{ kg/cm}^2$ , superando los  $f'_{m}$ :  $35.00 \text{ kg/cm}^2$  indicado por la norma E-070 y resistencia característica de la albañilería al corte en muretes llega alcanzar  $v'_{m}$ :  $5,61 \text{ kg/cm}^2$ , cumpliendo la condición de superar los  $v'_{m}$ :  $5.1 \text{ kg/cm}^2$  según la norma E-070 (Leguia, 2018).

Loayza (2017) Menciona que, la fabricación de unidades de albañilería en la ciudad de Talavera de la región Apurímac, tiene ciertas restricciones, siendo principalmente el mal procesamiento de la materia prima, estando entre estas la arcilla y materiales agregados, lo que les impide maximizar su producción. Los mayores problemas que afectan la buena y eficiente elaboración de ladrillos son las siguientes: Uso de procesos

tradicionales, lo que conlleva a una baja productividad y generación de gran cantidad de desechos, mal calidad de las unidades producidas, bajos ingresos y limitada capacidad de financiamiento para un mejoramiento de tecnología.

Programa regional de aire limpio y el Ministerio de la Producción (2010) Describió la situación de la industria ladrillera en los departamentos de Puno, Ayacucho, Arequipa, Cusco, Cajamarca, Lima, Trujillo, Piura, Tacna y Lambayeque, siendo el “Estudio diagnóstico sobre las ladrilleras en el Perú realizado en los departamentos de Puno, Ayacucho, Arequipa, Cusco, Cajamarca, Lima, Trujillo, Piura, Tacna y Lambayeque”. La finalidad del estudio fue describir aspectos socioeconómicos sobre la producción de unidades de albañilería, inclusión en el negocio y comercialización de ladrillos y sobre organizaciones que intervienen en la gestión, para ello realizaron visitas y entrevistas a los dueños de la mayoría de ladrilleras en cada región y la realización de encuestas a productores de las zonas en estudio, llegaron a la conclusión que:

- Según el estudio socioeconómico, los jefes de familia, son responsables de cada microempresa, teniendo estos un nivel de instrucción de secundaria completa (Programa regional de aire limpio y el Ministerio de la Producción, 2010).
- Las ladrilleras artesanales del país no se identifican con algún tipo de organización que los represente (Programa regional de aire limpio y el Ministerio de la Producción, 2010).
- Las microempresas ladrilleras no tiene ayuda ni asesoramiento de las autoridades y funcionarios del sector (Programa regional de aire limpio y el Ministerio de la Producción, 2010).
- La cocción es realizada en hornos artesanales, con tecnologías desfazada, lo que les genera un mayor consumo de combustibles, haciendo incrementar el costo de producción (Programa regional de aire limpio y el Ministerio de la Producción, 2010).
- Los combustibles utilizados mayormente son leña y aserrín lo que genera un incremento en las emisiones de material particulado (Programa regional de aire limpio y el Ministerio de la Producción, 2010).
- Los fabricantes no están informados sobre la contaminación ambiental que generan, pero si perciben malestares o enfermedades respiratorias (Programa regional de aire limpio y el Ministerio de la Producción, 2010).

## 1.2. BASES TEÓRICAS

La albañilería “es un material estructural que está compuesto o integrado por varias unidades asentadas con mortero, es la unión de unidades pegadas débilmente”, esto es confirmado empíricamente, ya que tiene gran resistencia al aplastamiento, mientras que a tracción la resistencia es reducida y depende en gran manera de la adherencia que tenga la unidad y el mortero (Gallegos & Casabonne, 2005).

La Albañilería es “un conjunto de unidades adheridas entre sí con algún material como el mortero, este puede ser barro, cal o cemento”. Estas unidades pueden ser de origen natural (piedras) o fabricadas (adobe, tapias y ladrillos) (San Bartolome, 1994).

### 1.2.1. Historia

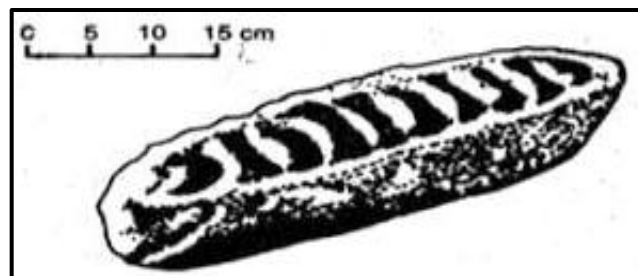
#### a) Origen

Es posible que la albañilería fuera inventada por los nómadas errantes hace unos 15000 años a.C. esto al apilar piedras una sobre otra con el objetivo de buscar refugio. (Gallegos & Casabonne, 2005)

Gallegos & Casabonne (2005) Menciona que con el desarrollo de la población esta tuvo la necesidad de formar aldeas y asentarse un mismo lugar (sedentarios), debido al desarrolló de la agricultura y la crianza de ganado, con ello el siguiente paso a seguir fue el uso de un mortero (barro) para la unión y asentado.

#### b) Origen y desarrollo en el mundo

Gallegos & Casabonne (2005) Menciona que una de las primeras formas de albañilería fabricada fue encontrada en lo que fue Jericó 7350 años a.C. que constaba de una masa de barro sin forma que fue desecado al sol.



**Figura 1.1.** Unidad de albañilería secada al sol (Jericó 7350 años a.C.)

**Fuente:** (Gallegos & Casabonne, 2005)

Los primeros en usar moldes para la fabricación de adobes “fueron los Sumerios 4000 años a.C, este avance fue fundamental para el desarrollo de la albañilería, pues permitió la fabricación de unidades similares y a gran escala” (Gallegos & Casabonne, 2005).

San Bartolome (1994) Menciona que “el adobe fue llevado al horno hace unos 3000 años a.C. en lo que fue la ciudad de Ur”, que es una de las ciudades más antiguas del mundo, encontrándose unidades como los actuales ladrillos de arcilla. Fue desde entonces que se edificaron grandes construcciones de albañilería usando como mortero el alquitrán, entre estos se encuentra la Torre de Babel; y en la época del Rey Nabucodonosor II hace unos 600 a.C. se construyeron edificaciones de hasta 4 pisos.



**Figura 1.2.** Posible forma de la torre de Babel

Fuente: Diario El País – Viajes

“Fue en Babilonia que el Rey Hammurabi (1700 a.C.) creó el primer reglamento de construcción, donde se especificaba que, si por causas atribuibles al constructor fallecía el propietario de una vivienda, se debía dar muerte al constructor de la misma”. Por aquellas épocas, en otras zonas del planeta, se cometían edificaciones de formas de albañilería usando la materia prima de cada zona (San Bartolome, 1994).

San Bartolome (1994) Menciona que “el estudio racional de la albañilería se inició recién a partir de los ensayos llevados a cabo en los Estados Unidos (1916) y en la India (1920)”, en la figura 1.3 se observa ensayos a compresión axial.



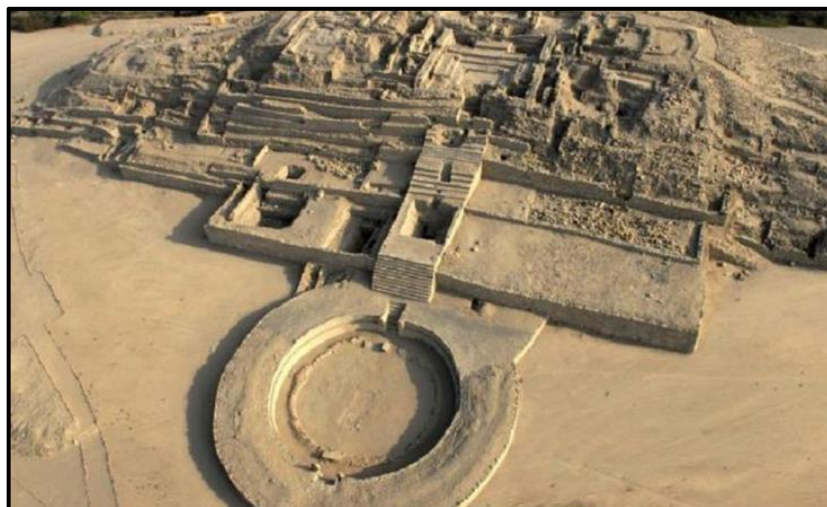
**Figura 1.3.** Muro a escala natural con carga axial de compresión (Estados Unidos 1916)

**Fuente:** (Gallegos & Casabonne, 2005)

### c) Origen y desarrollo en el Perú

“En la Costa Norte del Perú 5000 a.C, siendo este un lugar distante a Jericó, se encontraron unidades de barro de forma cónica, en la localidad de Huaca Prieta, en el río Chicama”. (Villegas, 2008).

Caral hace unos 3000 a.C. es considerada la ciudad más antigua del Perú y la primera civilización de los andes. Está civilización realizó construcciones de forma piramidal a base de piedras que hacen una forma de albañilería, como se aprecia en la figura 1.4. (Villegas, 2008).



**Figura 1.4.** Sistema de albañilería en la ciudad sagrada de Caral

**Fuente:** Publimetro.pe



En el Perú, los estudios de la albañilería se realizaron a partir de los años 70, lográndose resultados en el año 1982, los cuales fueron esgrimidos para la realización del primer reglamento referente a la albañilería (ININVI-82). (San Bartolome, 1994).

### **1.2.2. Albañilería**

#### **a) Tipos de albañilería**

- **Por su función estructural**

##### *Los muros no portantes*

Son los que no recogen fuerzas verticales, por ejemplo: los cercos, los parapetos, etc. Estos se diseñan ante fuerzas verticales a su plano como las originadas por el viento, sismo u otras que ocasionen un empuje. (San Bartolome, 1994).

##### *Los muros portantes*

Son los que se forman parte de elementos estructurales de una edificación, están sometidos a cargas de forma variada, contenida en su plano como verticalmente a su plano, tanto vertical como lateral y tanto permanente como eventual (San Bartolome, 1994).

- **Por su distribución en el refuerzo**

San Bartolome (1994) las clasifica en función a la colocación del refuerzo en:

- Muros No Reforzados o de Albañilería Simple.
- Muros Reforzados (Armados, Laminados y Confinados).

#### **b) Componentes de albañilería**

Son los ladrillos y bloques, pueden ser de arcilla cocida, sílice-cal o concreto (según sus perforaciones son sólidas, huecas o tubulares) (Ministerio de vivienda, 2006).

La unidad de albañilería es el componente básico para la edificación de la albañilería, se elabora materiales diversos: la arcilla, concreto y mezclas de sílice y cal son las principales. Pueden denominarse ladrillos o bloques. “Los ladrillos son aquellos que sus dimensiones permiten ser manipulados con solo una mano al realizar el asentado. Los bloques por su tamaño son manipulados con ambas manos” (Gallegos & Casabonne, 2005).

Según su fabricación pueden ser artesanales o industriales. Las unidades fabricadas de arcilla pueden ser tanto artesanales o de fabricación industrial, las unidades sílico calcáreas solo se fabrican industrialmente. (San Bartolome, 1994).

### **c) Clasificación de unidades de albañilería**

La arcilla es la materia prima más usada para la fabricar ladrillos y mampostería. Dentro de esta se conocen tres tipos de unidades, se diferencian según la dirección que tengan sus hoyos y el volumen que ocupen, siendo así unidades de perforación vertical; perforación horizontal y macizos (García, García, & Vaca, 2013).

#### **• Clasificación por sus huecos**

Se muestra la nomenclatura más usual en el mercado según la NTP E-070 (Ministerio de vivienda, 2006).

#### ***Unidades solidas o macizas***

De acuerdo a la NTE E-070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, se nombra unidad de albañilería sólida, a aquella en cuya sección transversal al plano de asentado llega a tener un área mayor o igual al 70% del área en el propio plano. (Ministerio de vivienda, 2006).

#### ***Unidades huecas o perforadas***

De acuerdo a la NTE E-070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, se nombra unidad perforada, a aquella en cuya sección transversal al plano de asentado llega a tener un área menor al 70% del área en el propio plano. (Ministerio de vivienda, 2006).

#### ***Unidades alveolares***

De acuerdo a la NTE E-070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, “se nombra unidad alveolar, a aquella unidad solida o hueca con celdas para albergar refuerzo, son empleadas en la albañilería armada. (Ministerio de vivienda, 2006).

#### ***Unidades tubulares***

De acuerdo a la NTE E-070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, se denomina unidad tubular, a aquella que tiene perforaciones en forma paralela a la superficie de asentado (Ministerio de vivienda, 2006).

En la tabla 1.1 se muestran las limitaciones en el uso de la albañilería para cada uno de los tipos de ladrillo anteriormente mencionados.

**Tabla 1.1.** 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 mas	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos a mas	Muro portante en todo edificio
<b>Solido Artesanal</b>	No	Si, hasta dos pisos	Si
<b>Solido Industrial</b>	Si	Si	Si
	Si	Si	Si
<b>Alveolar</b>	Celdas totalmente rellenas con Grout	Celdas parcialmente rellenas con Grout	Celdas parcialmente rellenas con Grout
<b>Hueca</b>	No	No	Si
<b>Tubular</b>	No	No	Si, Hasta 2 pisos

Fuente: Norma Técnica Peruana E-070

- **Clasificación por su materia prima**

***Unidades de arcilla***

Las unidades de arcilla son comúnmente ladrillos y se les llama ladrillos de arcilla o ladrillos cerámicos, la fabricación de estas unidades se realiza mediante moldeo o extrusión. El color varía entre amarillo a rojo en función al tipo de materia prima usada. La materia prima principal son las arcillas compuestas de sílice y alúmina con cantidades variables de óxidos metálicos y otros agregados” (Gallegos & Casabonne, 2005).

***Unidades de concreto***

Las unidades de concreto sean ladrillos o bloques de elaboración artesanal o industrial, es una composición de cemento, arena y confitillo (piedra chancada de ¼”) en función de la dosificación, por su misma versatilidad en la fabricación se puede obtener unidades de resistencia variable en función a las solicitudes de la edificación en la que se usaran. La consistencia de mezcla debe ser seca (revenimiento del orden de una pulgada) que permitirá el correcto moldeo de las unidades sin que se desmoronen (San Bartolome, 1994).

Estas tienen un color gris verdoso, aunque la coloración varía con la incorporación de pigmentos, su peso puede aligerarse al usar agregado ligero o con el uso de bolitas de Tecnopor (San Bartolome, 1994).

### ***Unidades sílico - calcáreas***

En el Perú existe sólo una fábrica que produce unidades sílico – calcáreas en varias modalidades, como: bloques, ladrillos (huecos y macizos) y unidades apilables para la albañilería de junta seca. La materia prima reside de un 10% de cal hidratada normalizada y un 90% de arena (con un 75 % de sílice), lo que da lugar a unidades de color blanco grisáceo, aunque puede añadirse pigmentos que le cambie el color” (San Bartolome, 1994).

- **Clasificación por su fabricación**

#### ***Artesanal***

“Es fabricado con procedimientos predominantemente manuales. El amasado es hecho manualmente o con maquinaria elemental que en ciertos casos extruye a baja presión la pasta de arcilla”, el moldeo exige el uso de arena o agua, esto ocasiona que el ladrillo de fabricación artesanal tenga imperfecciones en la superficie, el ladrillo fabricado artesanalmente tiene una alta variación entre una unidad y otra del mismo lote (Seminario, 2013).

#### ***Industrial***

“Es la unidad producida con maquinaria que procesa la pasta de arcilla, el ladrillo fabricado industrialmente tiene una alta uniformidad entre las unidades fabricadas” (Seminario, 2013).

- **Clasificación según la NTE.070 del RNE**

“Aunque el criterio principal es la resistencia a la compresión, esta clasificación incluye otros parámetros como la variación dimensional, la absorción y alabeo”. Según esto, la norma propone 5 clases, siendo la clase I el que tiene menores exigencias y la clase V la de mayores exigencias en calidad y capacidad, como se ve en la tabla 1.2 (Ministerio de vivienda, 2006)

- **Tipo I:** Estas unidades logran unas resistencias muy bajas; solo son recomendados su uso en edificación con muy baja sollicitación (viviendas de 1 o 2 pisos), se debe

de evitar el contacto de estas unidades con la humedad. (Ministerio de vivienda, 2006).

- **Tipo II:** Estas unidades logran una baja resistencia y son recomendados su uso en edificaciones con solicitaciones moderadas (se debe evitar el contacto directo con lluvia, agua o el suelo). (Ministerio de vivienda, 2006).
- **Tipo III:** Estas unidades logran una resistencia mediana, son recomendados su uso en edificaciones con solicitaciones moderadas, estas ya tienen una buena resistencia a la intemperie. (Ministerio de vivienda, 2006).
- **Tipo IV:** Estas unidades son de alta resistencia y gran durabilidad, son recomendados su uso en edificaciones con solicitaciones moderadas. Pueden estar en contacto con lluvias, la humedad del suelo y agua (Ministerio de vivienda, 2006).
- **Tipo V:** Estas unidades son de muy alta resistencia y gran durabilidad, son recomendados su uso en edificaciones con solicitaciones altas. Pueden estar en contacto con lluvias, la humedad del suelo y agua (Ministerio de vivienda, 2006).

**Tabla 1.2.** Clases de unidades de albañilería para fines estructurales

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A LA COMPRESIÓN
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		Fb mínimo en Mpa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
<b>Ladrillo I</b>	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
<b>Ladrillo II</b>	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
<b>Ladrillo III</b>	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
<b>Ladrillo IV</b>	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
<b>Ladrillo V</b>	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)
<b>Bloque P</b>	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
<b>Bloque NP</b>	± 7	± 6	± 4	8	2.0 (20)

#### d) Propiedades físicas de unidades de albañilería

- **Variación dimensional**

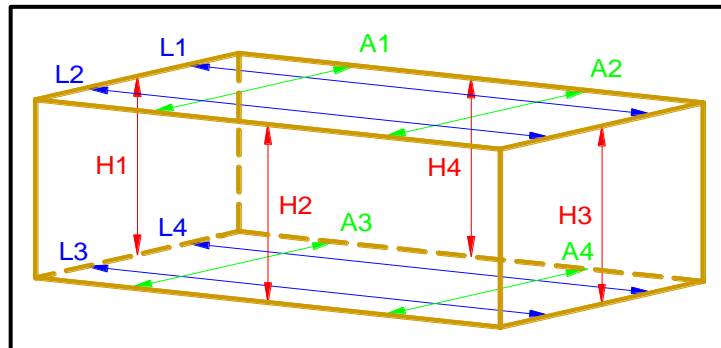
Esta es una propiedad física, pero influye en la resistencia del muro de albañilería. Se tiene la relación de que a mayor variación dimensional se requiere mayor espesor de la junta y a mayor espesor de la junta, se tiene una menor resistencia a la compresión del muro de albañilería.

El tamaño del ladrillo, según la norma E-070 del RNE, se enuncian como: largo, ancho y altura. El largo y el ancho están referidos a la superficie de asiento (Ministerio de vivienda, 2006).

La variación dimensional limita la altura de las hiladas, ya que a mayores variaciones dimensionales se tiene la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero, lo que conlleva a una albañilería menos resistente en compresión (Gallegos & Casabonne, 2005).

La prueba de variación dimensional se efectúa para determinar el espesor de las juntas, debe de precisarse que el incremento en 3mm en el espesor de la junta ocasiona que la resistencia a compresión del muro de albañilería disminuya en un 15%, en igual proporción en la resistencia al corte (Gallegos & Casabonne, 2005).

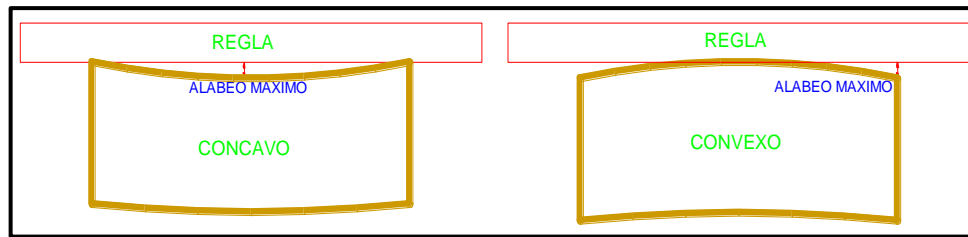
Se puede concluir la calidad final del ladrillo determina el grosor de las juntas y a su vez la resistencia del muro de albañilería.



**Figura 1.5.** Dimensiones a tomar en una unidad de albañilería

- **Alabeo**

“El efecto es semejante al de la variación dimensional, puesto que el mayor alabeo – concavidad o convexidad – del ladrillo conduce a un mayor espesor de la junta”. Además, puede reducir la adherencia mortero – ladrillo. esto al presentar vacíos en las zonas alabeadas, esto afecta directamente la resistencia del muro de albañilería, incluso puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad (Gallegos & Casabonne, 2005).



**Figura 1.6.** Alabeo cóncavo y convexo en unidades de albañilería

- **Humedad natural**

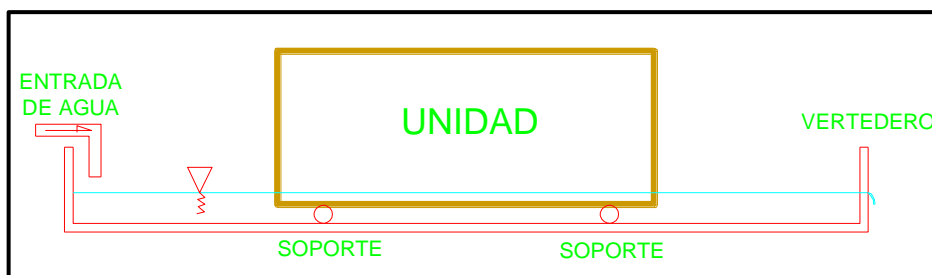
Se refiere al “porcentaje del agua que posee la unidad de albañilería en su estado natural con respecto a su peso en estado seco”. Para su cálculo según Seminario (2013) indica que “primero se obtiene el peso de las unidades en estado natural, luego su peso en estado seco, para ello se secan los especímenes en un horno ventilado a una temperatura entre 110°C a 115°C, por 24 horas, luego de ello se procede a enfriarlos a una temperatura de 2°C a 8°C y una humedad relativa entre 30% y 70%”, esto por al menos 4 horas.

- **Succión**

“Se refiere a la velocidad inicial de absorción en la cara de asiento del ladrillo”; es muy importante, pues afecta directamente en la adherencia, dado que el mortero tiende a perder velozmente humedad, esto es debido a la succión mostrada por el ladrillo (Villegas, 2008).

San Bartolome (1994) Indica que “está demostrado que con unidades que tienen una succión excesiva al asentarlos y usando métodos ordinarios de construcción, no se logran uniones adecuadas”. Cuando la succión es elevada, el mortero, a causa de la rápida pérdida de humedad, llega a deformarse y consolidarse, esto impide un contacto duradero con las siguientes unidades. Como resultado se tiene una adherencia pobre, baja resistencia y permeables.

Instituto Nacional de Calidad (2017) Indica que “para realizar este ensayo se pone en contacto con el agua una cara del ladrillo, esto durante un minuto, procediendo a pesarla y determinar la cantidad de agua absorbida”, en la figura 1.7 se observa un esquema de este ensayo, en la tabla 1.3 se observan los valores promedios para cada tipo.



**Figura 1.7.** Esquema de ensayo de succión en unidades de albañilería

**Tabla 1.3.** Valores promedios de succión según la NTP 399.613

CLASE	SUCCIÓN PROMEDIO (gr/200cm <sup>2</sup> *min)
Ladrillo I	61
Ladrillo II	66
Ladrillo III	53
Ladrillo IV	NO SE OBTUVO VALORES
Ladrillo V	38

Fuente: (Instituto Nacional de Calidad, 2017)

- **Absorción**

Es la medida de la permeabilidad de la unidad de albañilería, “los ensayos se realizan con mediciones de peso de las unidades después de secarlos en horno eléctrico durante 24 horas y luego de saturarlo durante 24 horas”, a esta diferencia de pesos se llama absorción, en la tabla 1.4 se observan los valores promedios para cada tipo. (Instituto Nacional de Calidad, 2017).

**Tabla 1.4.** Absorción máxima según la NTP 399.613

CLASE	ABSORCIÓN (%)
Ladrillo I	SIN LIMITE
Ladrillo II	SIN LIMITE
Ladrillo III	25
Ladrillo IV	22
Ladrillo V	22

El ensayo de absorción máxima solo es exigible cuando el ladrillo estará en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua

- **Absorción máxima**

Es considerado como una medida de impermeabilidad, los valores indicados como máximos se aplican a condiciones de uso en que se requiera utilizar el ladrillo en contacto constante con agua o con el terreno.



Esto se realiza dejando unidades en un recipiente con agua a una temperatura de 15°C y 30°C, luego se aumenta la temperatura progresivamente hasta llegar al punto de ebullición y se deja hervir por un periodo de 5 horas, se procede a pesarlo en estado saturado y a la diferencia se le conoce como absorción máxima (Instituto Nacional de Calidad, 2017).

- **Coefficiente de saturación**

Considerado como medida de durabilidad cuando la albañilería se encuentra sometido al intemperismo.

El coeficiente de saturación es la relación que existe entre la absorción del ladrillo (sumergido en agua durante 24 horas) y la absorción máxima (medida luego de 5 horas de ebullición). Se conoce que, a mayor coeficiente de saturación, mayor será la cantidad de agua que absorbe el ladrillo y en consecuencia tendrá una menor resistencia al intemperismo. Un ladrillo con coeficiente de saturación menor de 0.8 es poco absorbente y es utilizable para cualquier clima o condición de intemperismo, y un ladrillo con un coeficiente de saturación de 1 es muy absorbente y sólo es utilizable cuando se protege de la intemperie mediante recubrimiento adecuado, en la tabla 1.5 se observan los valores promedios para cada tipo. (Instituto Nacional de Calidad, 2017).

**Tabla 1.5.** Coeficiente de saturación según la NTP 399.613

<b>CLASE</b>	<b>COEFICIENTE DE SATURACIÓN (%)</b>
<b>Ladrillo I</b>	SIN LIMITE
<b>Ladrillo II</b>	SIN LIMITE
<b>Ladrillo III</b>	0.9
<b>Ladrillo IV</b>	0.88
<b>Ladrillo V</b>	0.88

El ensayo de coeficiente de saturación solo es exigible para condición de intemperismo severo

**Fuente:** (Instituto Nacional de Calidad, 2017)

- **Densidad**

A partir de ensayos ejecutados se conoce que existe una relación entre la densidad del ladrillo y sus otras propiedades, siendo así que a mayores valores de densidad mejor resistencia y forma de la unidad, en la tabla 1.6 se observan los valores promedios para cada tipo.

En Consecuencia, “se ha resuelto emplear el valor de densidad como un criterio que permite evaluar la calidad de la unidad de albañilería con que se cuenta” (Instituto Nacional de Calidad, 2017).

**Tabla 1.6.** Densidad en unidades de albañilería de arcilla según la NTP 399.613

CLASE	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )
<b>Ladrillo I</b>	1.50
<b>Ladrillo II</b>	1.55
<b>Ladrillo III</b>	1.60
<b>Ladrillo IV</b>	1.65
<b>Ladrillo V</b>	1.70

Fuente: (Instituto Nacional de Calidad, 2017)

- **Área de vacíos**

Es una medida del espacio de vacíos en el ladrillo. La norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones limita su uso a un 30%, los hoyos facilitan la cocción de los ladrillos, en contraposición disminuyen su resistencia de compresión (Ministerio de vivienda, 2006).

Por ello la Norma Peruana limita ese porcentaje de vacíos en unidades que serán usadas en muros portantes. porcentajes de vacíos más elevados hacen que el muro se vuelva frágil, perdiendo ductilidad en sismos severos. No es problema de la resistencia, sino de la forma de la falla del muro.

- **Eflorescencia**

San Bartolome (1994) explica que la eflorescencia se ocasiona al derretirse las sales (sulfatos), sea por la saturación de las unidades al momento del asentamiento, o por la humedad del medio, también por la absorción el agua contenida en el mortero. Esto ocasiona que sales emerjan y cristalizan en la superficie del ladrillo, ocasionando daños futuros.

**e) Propiedades mecánicas de unidades de albañilería**

- **Resistencia a compresión axial de unidades de albañilería**

“La resistencia a la compresión de la unidad es en sí su principal propiedad”, siendo esta la que llega a determinar su clasificación y resistencia a la compresión del muro

f´m). En general, alta de resistencia a la compresión señala una buena calidad, valores bajos, en contraposición, son muestra de unidades poco resistentes y poco durables (Seminario, 2013).

Gallegos & Casabonne (2005) define: “El ensayo de resistencia a la compresión se realiza la mitad de ladrillos secos y limpios”, la norma peruana propone el ensayo de unidades de albañilería enteras. La fuerza de compresión se aplica en forma vertical a las superficies de asentado. Si la unidad a ensayar presenta caras de asiento de forma irregular se coloca un capping o refrendado de cemento – yeso en la parte superior como inferior y así tener superficies de contacto uniformes con los cabezales de la máquina de compresión y así poder determinar el ensayo de compresión hasta que en la unidad se produzca la rotura

La resistencia a la compresión, como se mide en el presente, es función no de la resistencia de la masa, sino que es afectado por la altura del testigo y la forma de este. En consecuencia, los valores obtenidos son sólo indicativos generales del comportamiento estructural de diferentes unidades cuando integran la albañilería asentada con mortero. Asimismo, su durabilidad debe ser calificada acompañando al resultado del ensayo de compresión valores de la absorción máxima y del coeficiente de saturación (San Bartolome, 1994).

#### **f) Prismas de albañilería**

##### **• Pilas y Muretes**

San Bartolome (1994) explica que: Las pilas de albañilería llegan a fallar por tensión vertical a la fuerza aplicada, esto es causa de que el mortero se expande en forma lateral en mayor proporción que el ladrillo y al no existir concurrencia de deformación entre ambos, el mortero trabajara a compresión y el ladrillo a tracción lateral. Otra forma de falla en pilas de albañilería es por aplastamiento, esta es producida cuando se usan materiales de baja resistencia. Los muretes fallan por fuerza cortante a través de las juntas o cortando las unidades, esto dependerá de la adherencia entre ladrillo y mortero, una mala adherencia ocasiona falla escalonada, una buena adherencia fallara cortando las unidades.

Gallegos & Casabonne (2005) Explica que: “La esbeltez y la altura mínima de los prismas dependen de si la albañilería es de los ladrillos o de bloques”. Al ser prismas de ladrillos se tiene una relación alto - ancho que varía entre 2 y 5.

Los prismas de albañilería están formados por dos o más unidades enteras, estas se encuentran asentadas una sobre otra con mortero, la finalidad de realizar estos ensayos en prismas de albañilería es pronosticar la actuación de los muros de albañilería frente a este tipo de fuerza. Las pilas de albañilería son probadas a compresión axial a 28 días preferentemente, esta se encuentra influida por la esbeltez de la pila, que es la relación entre la altura y el espesor de la misma, en las siguientes tablas 1.7, 1.8 y 1.9 se observan los factores de corrección por esbeltez y tiempo de fabricación, así como la resistencia según la Norma Técnica Peruana E.070 (Ministerio de vivienda, 2006).

**Tabla 1.7.** Factores de corrección de  $F'm$  por esbeltez

<b>Esbeltez</b>	<b>2.00</b>	<b>2.50</b>	<b>3.00</b>	<b>4.00</b>	<b>4.50</b>	<b>5.00</b>
<b>Factor</b>	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

Fuente: Norma Técnica Peruana E-070

**Tabla 1.8.** Factor de corrección de  $F'm$  y  $V'm$  por edad

<b>ESPÉCIMEN</b>	<b>EDAD</b>	<b>14 DÍAS</b>	<b>21 DÍAS</b>
<b>Pilas (<math>F'm</math>)</b>	Ladrillo de arcilla	1.10	1.00
<b>Muretes (<math>V'm</math>)</b>	Ladrillo de arcilla	1.15	1.05

Fuente: Norma Técnica Peruana E-070

**Tabla 1.9.** Resistencia característica de la albañilería

<b>Materia prima</b>	<b>Denominación</b>	<b>Unidad <math>F'b</math></b>	<b>Pilas <math>F'm</math></b>	<b>Muretes <math>V'm</math></b>
<b>Arcilla</b>	King Kong Artesanal	55	35	5.1
	King Kong Industrial	145	65	8.1
	Rejilla industrial	215	85	9.2
<b>Silice-cal</b>	King Kong Normal	160	110	9.7
	Dedalo	145	95	9.7
	Estándar y mecano	145	110	9.2
<b>Concreto Bloque Tipo P</b>		50	74	8.6
		65	85	9.2
		75	95	9.7
		85	120	10.9

Fuente: Norma Técnica Peruana E-070

### **1.2.3. Normatividad a aplicable a las unidades**

Ministerio de vivienda (2006) Determina las características que deben cumplir los ladrillos de arcilla que se usaran en la construcción, los ensayos clasificatorios de las unidades están en función a la resistencia y en base a exigencias obligatorias, a ensayos de exigencias complementarias según las normas de albañilería, esta normatividad son las siguientes.

- Norma técnica E.070 albañilería, “esta norma insta los requisitos y criterios para la realización de análisis y diseños; así como establece las materias usadas, control de calidad y la verificación a edificaciones de albañilería” (Ministerio de vivienda, 2006).
- El NTP 399.605 y 399.621 “establecen los ensayos para determinar la resistencia al aplastamiento axial y diagonal de pilas y muros de albañilería” (Instituto Nacional de Calidad, 2017).
- El NTP 399.613 y 399.604 “determinan el ensayo para determinar la resistencia al aplastamiento en unidades de albañilería, variación dimensional, alabeo y succión” (Instituto Nacional de Calidad, 2017).

## **CAPÍTULO II METODOLOGÍA**

### **2.1. UBICACIÓN**

#### **2.1.1. Ubicación política de la zona de estudio**

La fábrica de ladrillos “Granados” se localiza en la localidad de Chamillco del distrito de los Chankas de la provincia de Chincheros de la región Apurímac, a continuación, se muestra la ubicación política del proyecto en la figura 2.1. Políticamente pertenece:

Región : Apurímac  
Provincia : Chincheros  
Distrito : Los Chankas  
Localidad : Chamillco

#### **2.1.2. Ubicación de la zona de trabajo**

Geográficamente la ladrillera Granados se encuentra ubicado en:

##### **UTM WGS 84 ZONA 18S**

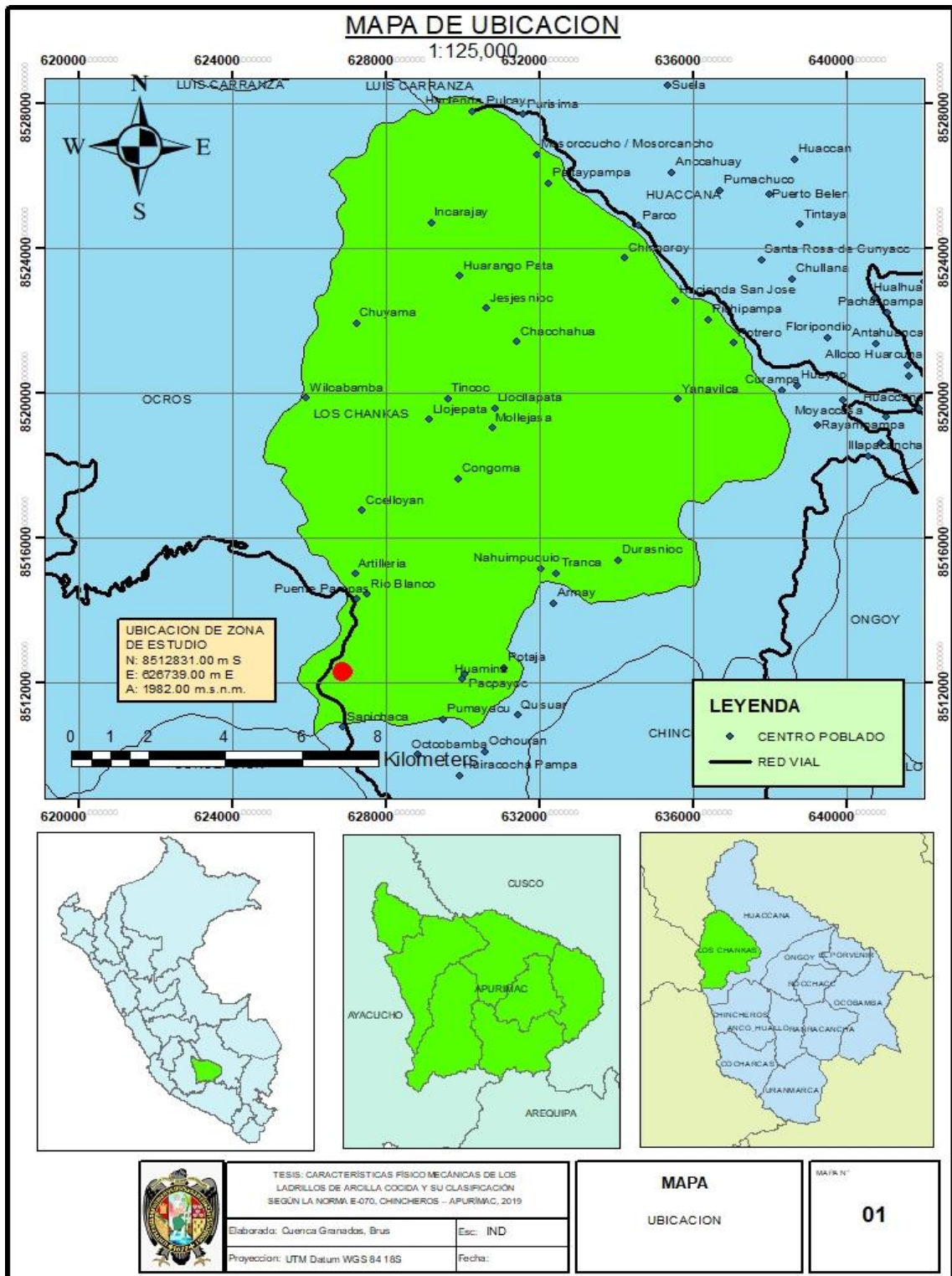
Coordenadas UTM-N : 8512831.00 m S  
Coordenadas UTM-E : 626739.00 m E  
Altitud : 1982.00 msnm.

#### **2.1.3. Accesibilidad a la zona de estudio**

A la zona de estudio se accede de la ciudad de Ayacucho mediante la carretera Ayacucho - Andahuaylas (Ruta nacional PE-3S), esta es una vía asfaltada y se encuentra en buen estado, el itinerario de viaje se encuentra en la tabla 2.1 y se muestra en la figura 2.3.

**Tabla 2.1.** Itinerario de viaje

<b>Origen</b>	<b>Destino</b>	<b>Tipo de vía</b>	<b>Longitud</b>	<b>Tiempo</b>
<b>Ayacucho</b>	Los Chankas	Asfaltado	150 Km	2.5 Horas



**Figura 2.1.** Ubicación política de la zona de estudio

El área de estudio se encuentra en el sector Chamillo del distrito Los Chankas, el centro de producción se encuentra a lado de vía Ayacucho – Andahuaylas, en figura 2.2 se muestra en la ubicación del centro de producción.



**Figura 2.2.** Imagen satelital de la ubicación de la ladrillera

Fuente: Google earth



**Figura 2.3.** Ruta a la zona de ubicación de la ladrillera

Fuente: Google earth

#### 2.1.4. Lugar donde se realizaron los estudios

##### a) Trabajos de campo

La toma de datos del centro de producción se realizó mediante la entrevista al propietario, la recopilación de información de proceso productivo se realizó mediante la observación y entrevista.



El muestreo se realizó en la zona de producción de ladrillos, estos se seleccionaron al término del proceso productivo y durante la venta de las unidades producidas.

#### **b) Trabajos de laboratorio**

Una vez seleccionada la muestra estos fueron trasladados a la ciudad de Ayacucho para proceder a realizar los distintos ensayos, los ensayos se realizaron en el laboratorio HHC Ingenieros Asociados SAC. que facilito sus instalaciones.

### **2.2. MATERIALES Y EQUIPOS**

#### **2.2.1. Materiales**

- 59 ladrillos King Kong 15 huecos de dimensiones (0.22 x 0.12 x 0.08 m)
- 0.25 m<sup>3</sup> arena gruesa.
- 1 bolsa de cemento portland tipo IV
- ½ bolsa de yeso

#### **2.2.2. Equipos**

- Cámara fotográfica digital
- GPS
- Vernier graduado de 0.1 mm.
- Regla metálica graduada al 1 mm.
- Escuadra metálica graduada al 1 mm.
- Balanza digital con capacidad de 5000 g
- Horno eléctrico 110°C – 115°C.
- Envases para sumergir ladrillos
- Máquina para ensayos de compresión simple.

#### **2.2.3. Materia prima**

El material que usan es al 100 % arcilla, por su origen y ubicación esta es una Montmorillonita del tipo 2:1, de alta capacidad de expansión, no utilizan ningún otro tipo de agregado, la arcilla es el material más común en la superficie de la zona, lo que permite su fácil y económica explotación, la cantera se ubica a 100 metros de la fábrica, en la figura 2.4 se muestra su ubicación.



**Figura 2.4.** Ubicación de cantera actual

Fuente: Google earth

La arcilla es el producto final de la descomposición de las rocas, se presenta como material pétreo o terroso que contiene esencialmente silicato de aluminio que da las propiedades de plasticidad, contracción, aglutinación, porosidad, absorción y vitrificación (San Bartolome, 1994).

Las propiedades de la arcilla Montmorillonita dependen de la cantera de donde se explote, para ello se realizaron ensayos para poder realizar una caracterización física de la misma, a continuación de menciona y muestran los resultados de este.

#### a) **Peso específico de suelo**

El peso específico relativo de partículas sólidas y su cálculo se muestra en la tabla 2.2.

**Tabla 2.2.** Peso específico relativo de solidos

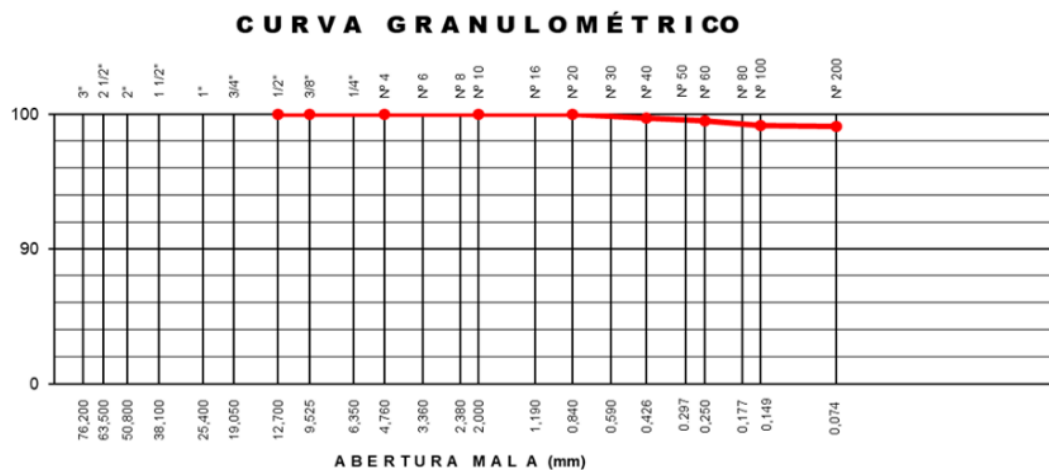
<b>Peso de muestra seca (Ws)</b>	<b>70.000</b>
Peso de fiola + agua (Wmw)	656.480
Peso de fiola + agua + suelo(Wmws)	699.990
Peso específico del agua ( $\delta_w$ )	0.992
Peso de muestra desplazada (Ww)	26.490
Volumen de muestra ( $V_w = W_s / \Delta w$ )	26.700
Peso específico $W_s / V_w$	2.621895

### b) Análisis granulométrico de la muestra de suelo

Consiste en pasar la muestra de suelo por diferentes mallas o tamices de diferentes aberturas, esto con el fin de la distribución de los tamaños de partícula, en la tabla 2.3 y figura 2.5 se muestra la distribución granulométrica de la muestra de suelo.

**Tabla 2.3.** Distribución granulométrica de suelo

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr.)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa
N° 4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 6	3.360	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	2.380	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 16	1.190	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 20	0.840	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 30	0.590	0.30	0.28	0.28	99.72
N° 50	0.297	0.20	0.19	0.46	99.54
N° 100	0.149	0.40	0.37	0.83	99.17
N° 200	0.074	0.10	0.09	0.93	99.07
Fondo		0.10	0.09	1.02	98.98
Lavado		106.70	98.98	100.00	



**Figura 2.5.** Curva granulométrica de suelo

### c) Límites de consistencia (límite líquido y límite plástico)

Los límites de consistencia se basan en que los suelos finos están en distintos estados de según sea su contenido de humedad, este pasa del estado sólido a semisólido, plástico y

liquido según varié su contenido de humedad, estos dos límites se muestran en la tabla 2.4.

**Tabla 2.4.** Constantes físicas de muestra de suelo

<b>Limite liquido (%)</b>	<b>45.000</b>
Limite plástico (%)	24.090
Índice de plasticidad (%)	20.910

#### **d) Clasificación de suelos (SUCS)**

A partir de los resultados de la clasificación granulométrica y de límites de consistencia se puede realizar una clasificación mediante el Sistema Unificado de clasificación de suelos (SUCS), se puede observar que un 99.7% (% de finos) del suelo logro pasar la malla N° 200, Además de presentar un límite liquido de 45 (menor a 50), además de un índice de plasticidad de 20.91, con los datos antes mencionados se puede clasificar a las arcillas como un suelo (CL) arcillas inorgánicas de baja o mediana plasticidad según (SUCS).

La cantera presenta un perfil estratigráfico formado por dos capas definidas, la primera de 0.5 m de espesor de un color marrón oscuro y con presencia de materia orgánica y raíces (tierra agrícola) y la segunda capa que va desde los 0.5 a 7 metros en promedio, de un color marrón claro es la que se usa en la fabricación de ladrillos, a este material se le practicaron ensayos para poder caracterizarlo, el resumen de estos se muestra en la tabla 2.5.

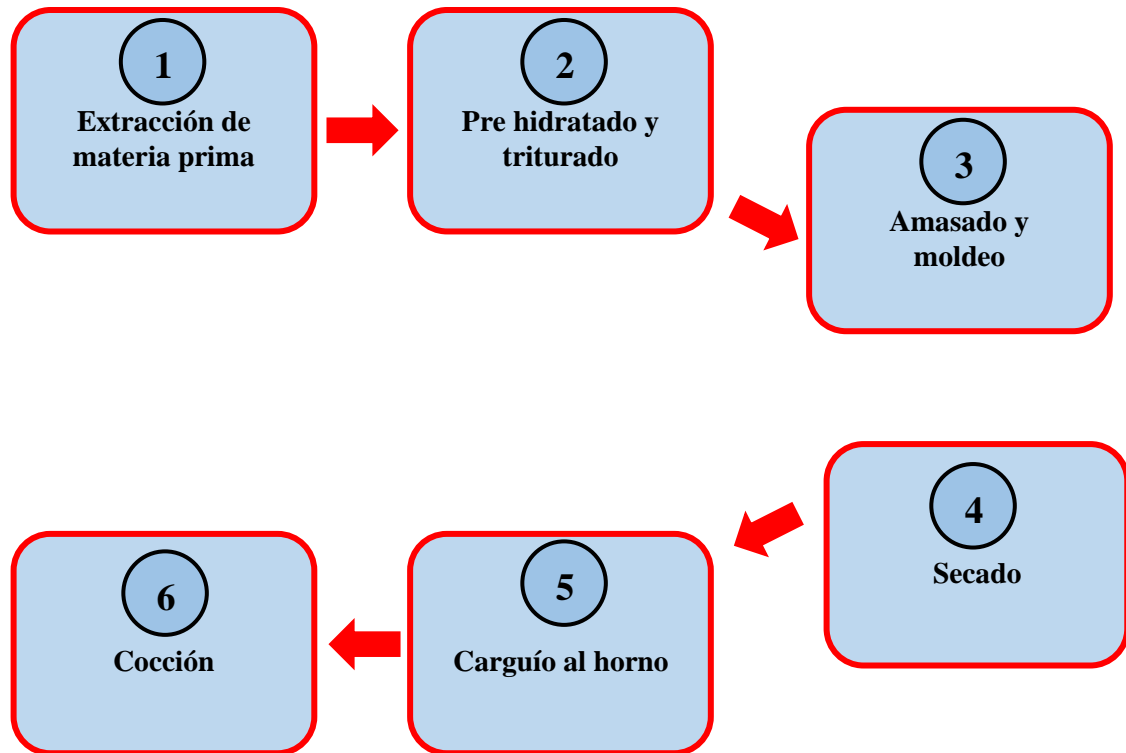
**Tabla 2.5.** Resultados de ensayos de cantera de arcilla

Cantera	Muestra	Limite liquido (%)	Limite plástico (%)	Índice de plasticidad (%)	Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	Clasificación SUCS
Chamillo	M1	45	24.09	20.91	2.6218	CL

#### **2.2.4. Proceso de producción de ladrillos**

El proceso de fabricación de ladrillos en el distrito los Chankas se realiza de forma semi industrial, donde pasaron de realizar labores manuales como los de extracción, trituración, amasado y moldeo a el uso de maquinaria y equipos para estas actividades, manteniéndose aun el proceso de quemado artesanal con el uso de leña y carbón mineral.

Las actividades que se realizan en la producción de ladrillos de arcilla cocida comprenden las de extracción de materia prima, pre hidratado, trituración, amasado y moldeo, secado y cocción, esto se muestra en el esquema de la figura 2.6.



**Figura 2.6.** Esquema de la fabricación de ladrillos King Kong 15 huecos

#### **a) Extracción de materia prima**

La cantera de arcilla se encuentra a unos 100 metros de la fábrica, es de propiedad de la ladrillera “Granados”, la extracción de la materia prima se realiza con maquinaria, se pudo observar que extraen el material en función de la capacidad de quemado del horno, es decir que acumulan un volumen que permite la producción de 12000 unidades semanales, en función a la demanda y pedidos que puedan tener, se extraen en promedio  $1.85 \text{ m}^3$  de material para la fabricación de 1000 unidades, en la figura 2.7 se observa este proceso.



**Figura 2.7.** Izquierda; cantera de arcilla. Derecha; extracción de arcilla con maquinaria

La cantera se encuentra en la propiedad de la misma fábrica que la extrae, aunque su disponibilidad está disminuyendo, la extracción de la materia prima se realiza con maquinaria, en la que contratan los servicios de una retroexcavadora, en la tabla 2.6 se muestra el costo unitario para la extracción de un metro cubico de arcilla.

**Tabla 2.6.** Costo unitario de la actividad de extracción de materia prima

Partida	01.01	EXTRACCIÓN DE MATERIA PRIMA				
Rendimiento	m <sup>3</sup> /día	250.00	EQ.	250.0000	Costo unitario directo por : m <sup>3</sup>	9.04
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						
Peón	hh	0.2500	0.0080	5.00	0.04	
<b>Materiales</b>						
Petróleo D-2	gal		0.0120	13.50	0.16	
Arcilla (materia prima)	m <sup>3</sup>		1.0000	5.00	5.00	
<b>Equipos</b>						
Herramientas manuales	%mo		5.0000	0.04		
Retroexcavadora sobre llantas 58 HP 1/2 y3	hm	1.0000	0.0320	120.00	3.84	
					<b>3.84</b>	

#### b) Pre hidratado y triturado

Esta actividad se realiza un día antes de realizar el moldeo de las unidades, esto a causa de que la arcilla necesita un tiempo para que se uniformice la humedad en todo el contenido, en la siguiente figura 2.8 se muestra la maquina usada para la trituración y su funcionamiento.



**Figura 2.8.** Izquierda: Máquina de triturado de arcilla, Derecha; Actividad de trituración de arcilla

Para la realización de esta actividad usan una trituradora y un filtro de ½” que funciona con un motor eléctrico 30 HP y un grupo electrógeno de 125 HP, la mano de obra usada es de 2 peones y un oficial que verifica la cantidad de humedad y el correcto funcionamiento de la maquinaria, en la tabla 2.7 se muestra el costo unitario para el prehidratado y triturado de un metro cubico de arcilla.

**Tabla 2.7.** Costo unitario de la actividad de pre hidratado y triturado

Partida	<b>PRE HIDRATADO Y TRITURADO</b>					
Rendimiento	<b>m<sup>3</sup>/día</b>	<b>25.00</b>	EQ.	<b>25.00</b>	Costo unitario directo por : m <sup>3</sup>	<b>8.82</b>
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>						
Oficial	hh	0.1000	0.0320	7.50	0.24	
Peon	hh	2.0000	0.6400	5.00	3.20	
					<b>3.44</b>	
<b>Materiales</b>						
Petróleo D-2	gal		0.0010	13.50	0.01	
					<b>0.01</b>	
<b>Equipos</b>						
Herramientas manuales	%mo		5.0000	3.44	0.17	
Generador eléctrico trifásico 125 HP	hm	0.5000	0.1600	15.00	2.40	
Trituradora 30 HP	hm	1.0000	0.3200	8.75	2.80	
					<b>5.37</b>	

**c) Amasado y moldeo**

Esta actividad se realiza con el objetivo de obtener unidades de forma uniforme, esta se realiza con la ayuda de una extrusora, en la figura 2.9 se muestra la maquinaria usada en esta actividad.



**Figura 2.9.** Extrusora y mesa de corte de la fábrica de ladrillos

La forma en la que se obtienen las unidades es mediante el moldeo a presión (extrusión), que empuja la masa de arcilla mediante un molde que tiene la forma buscada, en la figura 2.10 se muestra el molde usado para la producción de unidades de 15 huecos.



**Figura 2.10.** Molde para la fabricación de ladrillos King Kong 15 huecos (0.22 x 0.12 x 0.08 m)



Una vez realizado el moldeo se realiza el corte, este se realiza mediante una mesa de corte fijo, esto ayuda a la obtención de unidades de tamaño uniforme (0.22 x 0.12 x 0.08 m), en la figura 2.11 se muestra el corte y la obtención de las unidades.



**Figura 2.11.** Proceso de amasado y moldeo de ladrillos King Kong 15 huecos

Para la realización de esta actividad usan una extrusora y molde de 0.22 por 0.12 metros que funciona con un motor eléctrico de 25 HP y un grupo electrógeno de 125 HP, la mano de obra usada es de 3 peones que abastecen material y trasladan las unidades producidas al área de secado y un oficial que realiza el corte y verifica el correcto funcionamiento de la maquinaria, en la tabla 2.8 se muestra el costo unitario para el amasado y moldeo de una unidad de ladrillo King Kong 15 huecos de dimensiones (0.22 x 0.12 x 0.08 m).

**Tabla 2.8.** Costo unitario de la actividad amasado y moldeo

Partida	01.03	AMASADO Y MOLDEO				
Rendimiento	Und/día	8,000.00	EQ.	8,000.00	Costo unitario directo por : Und.	
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
Oficial		hh	1.0000	0.0010	7.50	0.01
peón		hh	3.0000	0.0030	5.00	0.02
						<b>0.03</b>
<b>Materiales</b>						
Petróleo D-2		gal		0.0010	13.50	0.01
						<b>0.01</b>
<b>Equipos</b>						
Herramientas manuales		% mo		5.0000	0.03	
Generador eléctrico trifásico 125 HP		hm	0.5000	0.0005	15.00	0.01
Extrusora 25 HP		hm	1.0000	0.0010	12.50	0.01
						<b>0.02</b>

#### d) Secado

El secado se realiza en sombra y a temperatura de ambiente, esto durante 7 días (2 días extendidos y los demás apilados), para ello se cuenta con un campamento de 200 metros cuadrados, esto se realiza de esta forma para evitar resquebrajaduras por el secado no uniforme de la unidad y para proteger de los fenómenos climatológicos (lluvias), en la figura 2.12 se muestra este proceso.



**Figura 2.12.** Área de secado de unidades King Kong 15 huecos

Pasado los 2 días de secado los ladrillos se apilan para poder ganar espacio, esto se realiza hasta el momento de la cocción, en la figura 2.13 se muestra la forma de secado y apilamiento de las unidades producidas.



**Figura 2.13.** Secado y apilamiento de unidades King Kong 15 huecos fabricadas

Para la realización de esta actividad se usa como mano de obra un peón que realiza el volteo y apilado de las unidades, en la tabla 2.9 se muestra el costo unitario para el secado de una unidad de ladrillo de 15 huecos.

**Tabla 2.9.** Costo unitario de la actividad de secado de ladrillos King Kong 15 huecos

Partida	01.04	SECADO				
Rendimiento	Und/día	6,000.00	EQ.	6,000.00	Costo unitario directo por : und	0.01
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>						
Oficial	hh	0.2500	0.0003	7.50	0.00	
Peón	hh	1.0000	0.0013	5.00	0.01	
						<b>0.01</b>
<b>Equipos</b>						
Herramientas manuales	%mo		5.0000	0.01		
						<b>0.00</b>

#### e) Carguío al horno

El carguío al horno se realiza en 2 días, en esta se realiza el traslado de las unidades y su colocación para su posterior cocción, además de que se coloca una capa de carbón mineral cada 4 hileras, esto para poder ayudar su proceso de cocción y lograr mejores resultados, en la figura 2.14 se muestra esta la forma en la que se colocan las unidades en el horno.



**Figura 2.14.** Colocación y cobertura con carbón mineral en horno para la cocción de ladrillos

Para la realización de esta actividad la mano de obra usada es de 1 peón que realiza el traslado de las unidades desde el área de secado hacia el horno y 1 oficial que realiza la

colocación de las unidades en el horno, en la tabla 2.10 se muestra el costo unitario para el carguío al horno de una unidad de ladrillo de 15 huecos.

**Tabla 2.10.** Costo unitario de la actividad de carguío al horno de ladrillos 15 huecos

Partida		01.05		CARGUÍO AL HORNO		
Rendimiento	Und/día	6,000.00	EQ.	6,000.00	Costo unitario directo por : und	0.02
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>						
Oficial	hh	1.0000	0.0013	7.50	0.01	
Peón	hh	1.0000	0.0013	5.00	0.01	
					<b>0.02</b>	
<b>Equipos</b>						
Herramientas manuales	%mo		5.0000	0.02		
					<b>0.00</b>	

#### f) Cocción

Esta actividad se realiza con el objetivo de que el ladrillo logre la cocción y así obtenga la resistencia buscada, para ello cuentan con un horno tipo bóveda y los combustibles usados son leña y carbón mineral, en la figura 2.15 se muestra los combustibles usados en la cocción de las unidades.



**Figura 2.15.** Carbón y leña, combustibles usados en la quema de ladrillos King Kong 15 huecos

La cocción se realiza durante 20 horas en las que hay tres fases que se nombran a continuación:

- La primera es la de secado, en la que se busca eliminar la humedad que aún queda en las unidades, esta fase se realiza durante 4 hora, aumentando la temperatura paulatinamente hasta los 200°C
- La segunda es la de cocción, en la que se sella la parte superior del horno y se busca que este llegue a altas temperatura, llegando las primeras 3 horas a 600°C y las siguientes 5 a 850°C a 900°C, esta fase se realiza durante 8 horas.
- La última fase es la de enfriamiento, esta se baja la temperatura gradualmente hasta los 400°C, para evitar que las unidades se resquebrajen, esta se realiza durante 8 horas, luego se deja enfriar hasta temperatura de ambiente, esto sucede entre 5 a 7 días después, en la figura 2.16 se muestra el proceso de quemado.

Para llevar el control de la cocción cuentan con termocuplas que son incorporadas por agujeros que son dejados en las paredes del horno.



**Figura 2.16.** Cocción de unidades King Kong 15 huecos

Para la realización de esta actividad usan 2 camionadas de leña y 500 kg de carbón mineral, la mano de obra usada es de 1 peón que abastecen material y un oficial que verifica el correcto proceso de cocción, en la tabla 2.11 se muestra el costo unitario para la cocción de una unidad de ladrillo de 15 huecos.

**Tabla 2.11.** Costo unitario de la actividad de cocción de unidades King Kong 15 huecos

Partida	01.06	COCCIÓN				
Rendimiento	UND/DIA	12,000.00	EQ.	12,000.00	Costo unitario directo por : Und	0.09
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>						
Oficial	hh	1.0000	0.0007	7.50	0.01	
Peón	hh	1.0000	0.0007	5.00	0.00	
						<b>0.01</b>
<b>Materiales</b>						
Carbón mineral	kg		0.0333	0.60	0.02	
Leña	m <sup>3</sup>		0.0010	62.50	0.06	
						<b>0.08</b>
<b>Equipos</b>						
Herramientas manuales	% mo		5.0000	0.01		
						<b>0.00</b>

### 2.2.5. Costo de producción

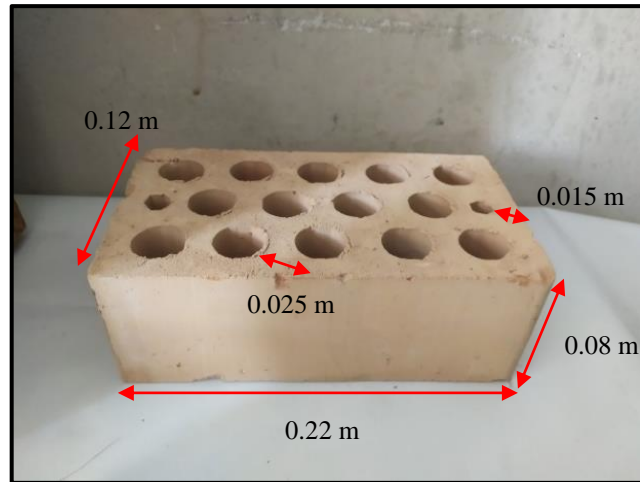
El costo de producción de la ladrillera es de S/ 213.84 soles por un millar de unidades en el mes de septiembre del 2019, esto incluye todos los insumos, mano de obra y equipos usados en la producción, en la tabla 2.12 se puede observar el costo total y por cada actividad desarrollada.

**Tabla 2.12.** Costo de producción para la fabricación de 1000 unid. de ladrillos King Kong 15

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	PRECIO	COSTO
				UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
<b>01</b>	ELABORACIÓN DE UN MILLAR LADRILLOS KING KONG 15 HUECOS				213.04
<b>01.01</b>	Extracción de materia prima	m <sup>3</sup>	1.85	9.04	16.72
<b>01.02</b>	Pre hidratado y triturado	m <sup>3</sup>	1.85	8.82	16.32
<b>01.03</b>	Amasado y moldeo	Und	1,000.00	0.06	60.00
<b>01.04</b>	Secado	Und	1,000.00	0.01	10.00
<b>01.05</b>	Carguío al horno	Und	1,000.00	0.02	20.00
<b>01.06</b>	Cocción	Und	1,000.00	0.09	90.00

### 2.2.6. Características de las unidades fabricadas

Según el reglamento nacional de edificación E-070, se denomina ladrillo a aquel cuyo tamaño y peso permite ser manipulado con una sola mano, como es el caso de las unidades estudiadas, cuyas dimensiones son 0.22 m de largo, 0.12 m de ancho y 0.08 m de altura, en la figura 2.17 se muestra la unidad en cuestión.



**Figura 2.17.** Unidad King Kong 15 huecos fabricada en el distrito Los Chankas

La unidad de albañilería que se utilizó en esta investigación fue el tipo King Kong 15 huecos (14 huecos de 25 mm y dos pequeños de 15 mm), la forma y perforaciones del ladrillo fueron diseñadas por el fabricante con el propósito de evitar deformaciones en el proceso de secado, ya que tener una mayor cantidad y tamaño de los agujeros hace que las unidades sean muy endebles, otra de los criterios tomados en la cantidad de agujeros es la de evitar que se sobre pase el 30% de área de vacíos estipulados en la normativa E.070, la resistencia de la unidad depende directamente de la distribución y tamaño de los agujeros, ya que de estos depende la cantidad del área de contacto donde se aplica la fuerza; estas unidades se comercializa con las dimensiones de 0.22 m de largo, 0.12 m de ancho y 0.08 m de altura, teniendo un peso promedio de 2.235 kg, en la figura 2.17 se puede apreciar esta unidad y en la tabla 2.13 se puede ver las características de la unidad.

**Tabla 2.13.** Características de los ladrillos King Kong 15 huecos fabricados

Ladrillera	Tipo de fabricación	Descripción	Dimensiones (cm)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Peso (kg)
Granados	Semi industrial	King Kong 15 huecos	8 x 12 x 22	No indica	No indica	2.23

### 2.2.7. Comercialización

La venta de las unidades producidas se realiza en el mismo centro de producción, en el que se realiza el carguío de directamente del horno. El costo de venta es de S/ 550.00 por un millar de unidades, teniendo como costo total de producción de S/ 213.04 por cada millar de unidades.

### 2.2.8. Muestreo de unidades

La población en estudio fue un conjunto de ladrillos de la misma forma y tamaño, fabricados en condiciones similares, estos pertenecen a un mismo lote de fabricación, en nuestro caso la fábrica tiene una capacidad de fabricación de 12000 unidades por lote de producción.

#### a) Muestreo según la norma E.070

La norma E.070, menciona que por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades, se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades para las pruebas de variación dimensional, 5 para las pruebas de resistencia a la compresión (destructivas) y 5 para los ensayos absorción y pruebas físicas.

La norma E.070 menciona que para edificios de más de tres pisos que se encuentren en una zona sísmica 2 y 3 (Ayacucho, Apurímac) se realizaran ensayos en tres pilas y tres muretes por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada.

#### b) Muestreo de aceptación

Este muestreo se realiza para poder inspeccionar un lote de producción y poder aceptarlo o rechazarlo según la calidad que está presente.

El muestreo de unidades es útil cuando se tienen las siguientes situaciones:

- Cuando el control de calidad se realiza con pruebas destructivas (roturas de unidades en nuestro caso)
- El costo de inspección de todo el lote es costoso y es económicamente inviable
- Cuando se tenga una uniformidad del lote en su proceso de producción.
- La desventaja que puede presentar es que hay un cierto riesgo de aceptar o rechazar lotes buenos o malos respectivamente, ya que se toma por hecho que existe una alta homogeneidad en el lote.

La ecuación utilizada es la siguiente:

$$n = \frac{NPQZ^2}{Nd^2 + Z^2PQ} \dots \dots \dots (2.1)$$



Dónde:

n: Tamaño de muestra

N: Tamaño de la población en estudio

P: Probabilidad de éxito

Q: Probabilidad de fracaso

Z: Nivel de confianza

d: Nivel de precisión estipulado

Para el caso de estudio se tiene un tamaño de lote de 12000 unidades, un porcentaje de defectuosos de 5% ya que por el tipo de fabricación del producto este tiene una alta homogeneidad, ya que todas las unidades siguen el mismo proceso de fabricación y tienen como materia prima el mismo tipo de suelo, trabajaremos con un nivel de confianza de 90% y una precisión de 10%.

$$n = \frac{12000 \times 0.05 \times 0.95 \times 1.65^2}{12000 \times 0.1^2 + 1.65^2 \times 0.05 \times 0.95}$$
$$n = \frac{1551.825}{120.129}$$
$$n = 12.918 \text{ und}$$

### c) Selección de la muestra

Por tanto, se realizó un muestreo, donde fueron obtenidos de manera aleatoria y al azar, siendo la cantidad los referidos en la norma E.070 para el caso de los ensayo complementarios, pilas y muretes de albañilería y según el tamaño de muestra calculado para las pruebas de clasificación de unidades (variación dimensional, alabeo y resistencia a la compresión) este muestreo se realizó en el momento de la descarga del horno hacia los camiones de expendio, en la figura 2.18 se muestra la recolección de muestras.

- Para la prueba de variación dimensional y alabeo se tomaron 13 ladrillos.
- Para las pruebas de succión, absorción, absorción máxima, área de vacíos se tomaron 5 ladrillos.
- Para la prueba de resistencia a compresión de unidades se tomaron 13 ladrillos.
- Para la prueba de compresión axial de pilas de ladrillos se tomaron 9 ladrillos distribuidos en 3 grupos de 3.

- Para la prueba de compresión transversal de muretes de ladrillos se tomaron 30 ladrillos distribuidos en 3 grupos de 10.



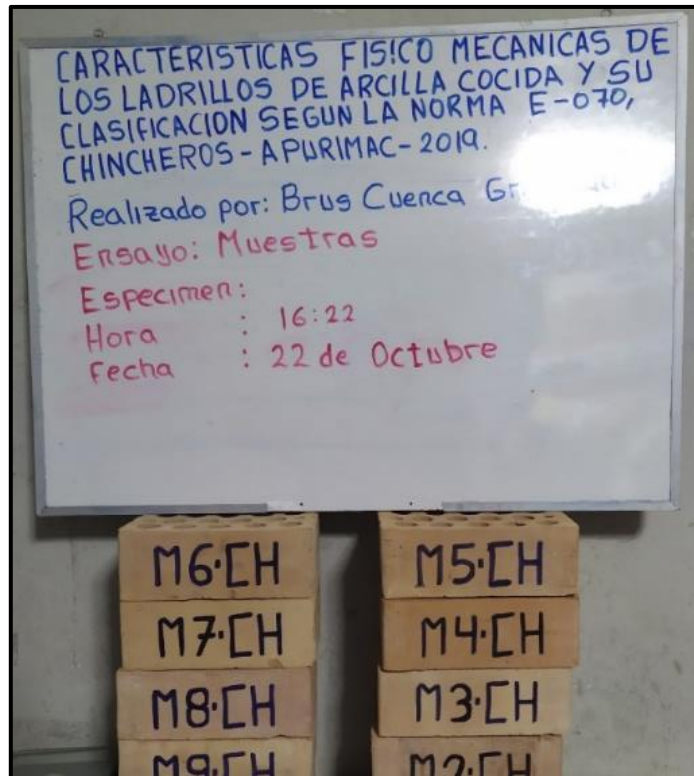
**Figura 2.18.** Muestreo de unidades al momento de sacar los ladrillos del horno

En resumen, se realizó un muestreo según la tabla 2.14.

**Tabla 2.14.** Cantidad de unidades muestreadas

<b>Ensayos</b>	<b>Según la NTE E.070</b>	<b>Número de especímenes</b>
Variación dimensional	10 unidades	13 unidades
Alabeo		
Succión		
Absorción	5 unidades	5 unidades
Absorción máxima		
Resistencia a compresión de unidades	5 unidades	13 unidades
Resistencia a compresión axial	3 pilas	9 unidades (3 grupos de 3)
Resistencia a compresión transversal	3 muretes	30 (3 grupos de 10)
<b>Total</b>		<b>59</b>

En la figura 2.19 se muestra la codificación que se les dieron a las muestras obtenidas para la realización de los diferentes ensayos.



**Figura 2.19.** Muestras para la realización de los ensayos

## **2.3. METODOLOGÍA PARA CADA PROBLEMA ESPECÍFICO**

### **2.3.1. Evaluación de las propiedades físicas de ladrillos de arcilla cocida producidos en el distrito Los Chankas de la provincia de Chincheros - Apurímac**

#### **a) Ensayo de variación dimensional**

Se tomaron cuatro medidas efectivas según al NTP 399.613, estas sobre los puntos medios (a la mitad de cada arista) de cada dimensión del ladrillo y en ambas caras como se muestran en la figura 2.20, obteniendo así los promedios del largo, ancho y altura.

Se recolectó la información de las dimensiones con las que son comercializadas las unidades, esta información lo proporcionaron los fabricantes.



**Figura 2.20.** Toma de medidas de los ladrillos en el ensayo de variación dimensional

Se calculó las variaciones dimensionales para cada lado de la unidad, esto se realizó de la siguiente forma.

$$VD\% = \frac{ME - MP}{ME} \times 100 \dots \dots \dots (2.2)$$

Dónde:

VD%: Variación dimensional (%)

ME: Medida especificada por el fabricante (mm)

MP: Medida Promedio realizada (mm)

Los resultados se enuncian mostrando la variación dimensional de cada uno de los lados en forma de porcentaje.

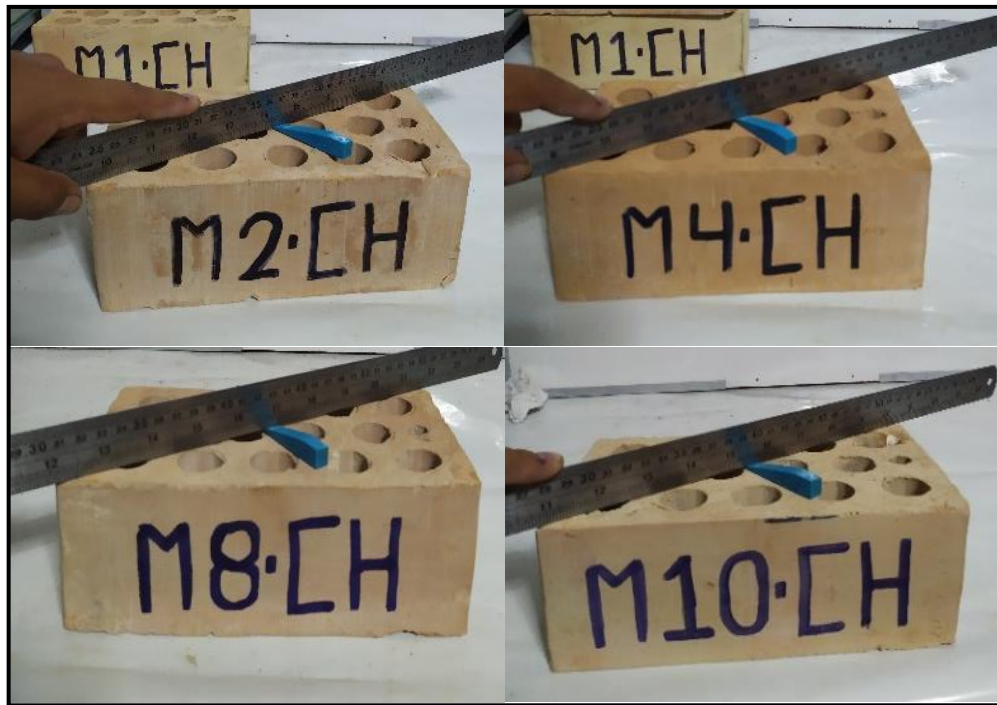
Los equipos utilizados fueron una regla de acero de 500 mm y un vernier de 160 mm.

**b) Ensayo de alabeo**

Se detectaron las caras con concavidad y convexidad, esto con el objetivo de poder determinar el alabeo en cada cara del ladrillo según corresponda.

En el caso de la cara con concavidad, se coloca una regla metálica sobre la transversal de la cara de asiento del ladrillo, se procede a introducir la cuña metálica en el lugar donde se observe la flecha máxima.

En el caso de la cara con convexidad, se coloca una regla metálica sobre la transversal de la cara de asiento del ladrillo, se procede a introducir la cuña metálica en los vértices de las aristas de la unidad, se tomaron las medidas en 13 unidades como se muestra en la figura 2.21.



**Figura 2.21.** Ensayo de alabeo

Los resultados se expresan indicando el valor promedio más crítico, expresándola en milímetros. Los equipos usados en ese ensayo fueron una regla y cuña graduada.

### **c) Ensayo de humedad natural**

Se seleccionaron las unidades que se utilizaron para los ensayos de succión, absorción, coeficiente de saturación y densidad, en total se usaron 5 unidades.

Se obtuvo el peso de las unidades en estado natural, para luego proceder a colocarlas en un horno a 110°C durante 24 horas, luego se procede a pesar las unidades secas como se muestra en la figura 2.22.

Se calculó el porcentaje de humedad natural de cada unidad, esto se realizó de la siguiente ecuación.

$$\text{Humedad \%} = \frac{P_n - P_s}{P_s} \times 100 \dots \dots \dots (2.3)$$

Dónde:

Humedad %: humedad natural del ladrillo (%)

P<sub>n</sub>: Peso natural del ladrillo (gr)

P<sub>s</sub>: Peso seco del ladrillo (gr)



**Figura 2.22.** Pesado de las muestras secas

Los resultados se expresan indicando el valor promedio de la humedad natural, expresándola en porcentaje, Los equipos usados en este ensayo fueron una balanza digital y un horno eléctrico.

**d) Ensayo de succión**

Se trabajaron con las unidades antes secadas para el ensayo de humedad natural.

Para la realización de este ensayo se colocó una bandeja provista de un vertedero y una manguera de ingreso agua, esto con el propósito de mantener un nivel fijo, dentro de esta se colocaron soportes en los que descansara el ladrillo, se procedió a llenar con agua hasta un nivel de 3 mm por encima de la base de la unidad como se muestra en la figura 2.23.

Sobre los soportes se pone el ladrillo por un periodo de un minuto, pasado este tiempo se saca y se le seca con un trapo y se procede a pesarlo, obteniendo así el peso del ladrillo más el agua succionada.



**Figura 2.23.** Ensayo de succión y el posterior pesado de la unidad con humedad

Se calculó la succión de cada unidad con la siguiente ecuación.

$$S = \frac{200 \times W}{(L \times B) - Av} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dónde:

W: Diferencia entre en peso seco y peso de ladrillo con succión (gr)

L: Largo de la superficie de contacto (cm)

B: Ancho de la superficie de contacto (cm)

Av: Área de vacíos (cm<sup>2</sup>), determinada en el ítem 2.3.1.6.

S: Succión en 200 cm<sup>2</sup>

Los resultados se expresan indicando el valor promedio de succión, expresándola en (gr/200 cm<sup>2</sup> - min).

Los equipos y materiales usados en este ensayo fueron un horno eléctrico, balanza electrónica, bandeja de plástico con base plana y soportes metálicos.

**e) Ensayo de absorción, absorción máxima, coeficiente de saturación y densidad.**

Se trabajaron con las unidades antes secadas en el ensayo de humedad natural.

Se colocaron los ladrillos en un recipiente lleno de agua durante 24 horas, una vez pasado el tiempo se retiran los ladrillos y se secan el agua superficial con un trapo húmedo y se tomó el peso del ladrillo saturado, esto se observa en la figura 2.24.

Se calculó el porcentaje de absorción para cada unidad, esto se realizó de la siguiente ecuación.

$$\text{Absorción \%} = \frac{P_{\text{sat}} - P_s}{P_s} \times 100 \dots \dots \dots (2.5)$$

Dónde:

Absorción %: Porcentaje de absorción (%)

P<sub>sat</sub>: Peso saturado del ladrillo (gr)

P<sub>s</sub>: Peso seco del ladrillo (gr)



**Figura 2.24.** Se muestra la saturación de las unidades y el pesado de las mismas

Para el ensayo de absorción máxima, se tomaron las unidades anteriormente saturadas durante 24 horas y se sumergen en un recipiente a temperatura de ambiente que después se le subirá la temperatura progresivamente hasta alcanzar el punto de ebullición en aproximadamente 1 hora, luego se controlan 5 horas de ebullición, esto se observa en la figura 2.25.

Pasado las 5 horas se procede a dejar enfriar la unidad hasta llegar la temperatura de ambiente, se extrae la unidad y secamos la superficie con un trapo húmedo y se procede a pesarlo.



Se calculó el porcentaje de absorción máxima para cada unidad, esto se realizó de la siguiente ecuación.

$$\text{Absorción máxima \%} = \frac{P_{\text{sat max}} - P_s}{P_s} \times 100 \dots \dots \dots (2.6)$$

Dónde:

Absorción máxima %: Porcentaje de absorción (%)

P<sub>sat max</sub>: Peso saturado máximo del ladrillo (gr)

P<sub>s</sub>: Peso seco del ladrillo (gr)



**Figura 2.25.** Unidades en proceso de ebullición para llegar a la absorción máxima

El coeficiente de saturación se calcula usando los resultados de los ensayos de absorción y absorción máxima.

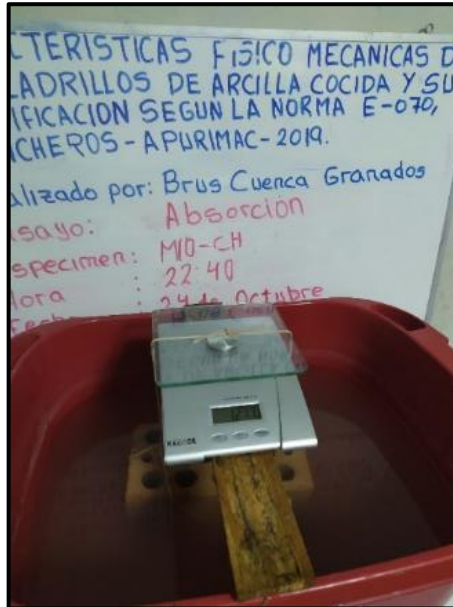
Se calculó el coeficiente de saturación para cada unidad, esto se realizó de la siguiente ecuación.

$$C. \text{ saturación} = \frac{\text{Absorción \%}}{\text{Absorción máxima \%}} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dónde:

C saturación: Coeficiente de saturación.

Para el cálculo de la densidad se determinó el peso de las unidades sumergidas en agua a temperatura de ambiente como se muestra en la siguiente figura 2.26.



**Figura 2.26.** Pesado de unidades sumergidas en agua fría

Para su cálculo se usó la siguiente ecuación:

$$D = \frac{P_s}{P_{sat\ max} - P_{sumergido}} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dónde:

D: Coeficiente de saturación

P sat max: Peso saturado del ladrillo (gr)

Ps: Peso seco del ladrillo (gr)

P sumergido: Peso de ladrillo sumergido en agua fría

**f) Ensayo de área de vacíos**

Se tomaron las medidas realizadas en el ensayo de variación dimensional que se usaran para calcular el volumen bruto de ladrillo.

Luego se procede a tomar una hoja de papel y sobre ella se colocó un ladrillo y se procede a llenar los agujeros con arena, haciendo que esta caiga libremente, luego con una regla se procedió a nivelar la arena y las perforaciones, luego de ello se procedió a limpiar la superficie del ladrillo y del papel como se muestra en la siguiente figura 2.27.

Se procedió a levantar el ladrillo haciendo que la arena caiga de las perforaciones y quede en la hoja de papel, esto se aprecia en la siguiente figura 2.27, la cual se procedió a pesarla.



**Figura 2.27.** Llenado y pesaje de arena graduada para la obtención del área de vacíos

Para poder conocer el peso por unidad de volumen se puso la arena en una probeta de 100 ml y se procedió a pesarla, teniendo un peso de 146 gramos y un peso específico de 1.46 gr/cm<sup>3</sup>.

Se calculó el área de vacíos para cada unidad, esto se realizó de la siguiente ecuación.

$$Av = \frac{P \text{ arena}}{\frac{Pe \text{ arena}}{H}} \dots \dots \dots (2.9)$$

$$Av (\%) = \frac{A \text{ vacio}}{L \times A} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dónde:

Av: área de vacío

Av (%): porcentaje de área de vacío

P arena: Peso de arena

Pa arena: Peso específico de arena

L, A, H: Largo, ancho y altura de ladrillo

Los equipos usados fueron probeta graduada de 100 ml, balanza digital, regla de acero y una escobilla.

**g) Ensayo de eflorescencia**

Se ensayaron 5 ladrillos, estos se colocaron en una bandeja de agua con un nivel de agua de 2.5 cm, estos estuvieron a temperatura de ambiente y en un lugar cerrado por 7 días. Se retiraron los ladrillos y se colocaron en un horno a una temperatura de 110°C durante 24 horas y luego se procede a enfriarlos.

Se procedió a visualizarlos y detectar la existencia de manchas blanquecinas en la superficie de los ladrillos y se determinó el grado de eflorescencia, esto se muestra en la figura 2.28.

- Sin eflorescencia, no hay diferencia con respecto a los ladrillos originales.
- Ligera eflorescencia, existe alguna diferencia a una distancia de 3 metros.
- Eflorescencia, cuando hay diferencias perceptibles en las caras del ladrillo.



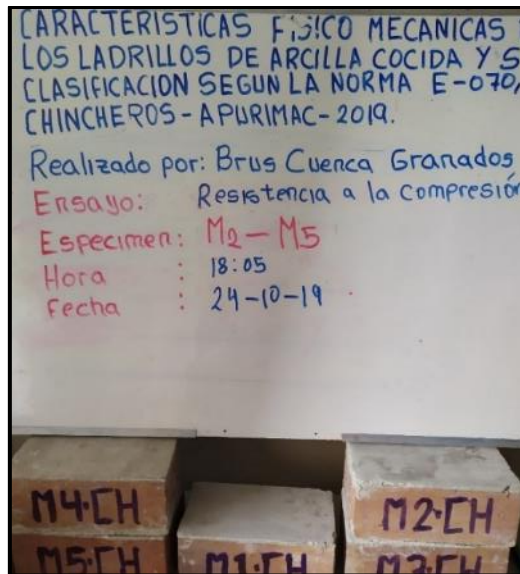
**Figura 2.28.** Unidades con una ligera eflorescencia

**2.3.2. Evaluación de la resistencia a la compresión de ladrillos de arcilla cocida producidos en el distrito Los Chankas de la provincia de Chincheros - Apurímac**

**a) Ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería**

Se realizaron en 5 ladrillos enteros, para ello se secaron las unidades en un horno a 110°C durante 24 horas.

Para la realización del ensayo primero se debe de colocar un refrendado de 3 mm de una mezcla de 2:1 de yeso-cemento en ambas caras de asiento como se muestra en la figura 2.29, esto con el objetivo de que la fuerza aplicada sea continua en toda la superficie del ladrillo, esto se hizo 3 días antes de realizar el ensayo.



**Figura 2.29.** Ensayo de resistencia a la compresión

Para la realización del ensayo de compresión se colocaron 2 planchas metálicas de  $\frac{1}{2}$  pulgada de espesor en ambas caras del ladrillo y sobre el refrendado antes colocado, luego se procedió a bajar el cabezal de la máquina de compresión hasta que el ladrillo quede ajustado, se procede a aplicar carga sobre el ladrillo a una velocidad que permitió llegar a la carga esperada de resistencia del ladrillo en más o menos 1 minuto, en este caso 35500 kg de fuerza o  $135 \text{ kg/cm}^2$ , esto se realizó como se aprecia en la figura 2.30.



**Figura 2.30.** Ensayo de resistencia a la compresión en unidades King Kong 15 huecos

Se calculó la resistencia a compresión para cada unidad, esto se realizó de la siguiente ecuación.

$$F'b = \frac{P}{L \times A} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dónde:

F'b: Carga máxima de falla de ladrillo (kg/cm<sup>2</sup>)

L, A, H: Largo y ancho del ladrillo (cm)

Se observó que la falla no fue explosiva ni expansiva, en la que se observaron que se formaron grietas en forma vertical en las cuatro caras del ladrillo, esto se puede apreciar en la siguiente figura 2.31.



**Figura 2.31.** Unidades King Kong 15 huecos después del ensayo de resistencia a la compresión

Los resultados se expresan indicando el valor promedio y la desviación estándar de los valores obtenidos en cada ensayo, el resultado final será la diferencia entre estos dos, expresándola en (kg/cm<sup>2</sup>).

Los materiales fueron envases para la preparación de refrendado y planchas metálicas.

El equipo utilizado fue horno eléctrico y máquina de compresión de 100 Ton. de capacidad.

### 2.3.3. Evaluación del comportamiento de pilas y muretes elaborados con ladrillos de arcilla cocida producidos en el distrito Los Chankas de la provincia de Chincheros - Apurímac

#### a) Ensayo de resistencia a compresión en pilas

Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión en pilas de ladrillos denominado ( $F'm$ ).

Para la realización de este ensayo se saturó los ladrillos un día antes de realizar el asentado, esto a causa de que se observó que tiene una gran capacidad de absorción.

El mortero se realizó en una proporción de 1/5 (cemento - arena) y se procedió a realizar el asentado, esto con la ayuda de una plomada para poder garantizar la verticalidad, las pilas fabricadas se muestran en la siguiente figura 2.32.



**Figura 2.32.** Construcción de pilas de ladrillos King Kong 15 huecos

Las pilas fabricadas tuvieron las siguientes características;

Espesor de mortero (promedio): 1.75 cm

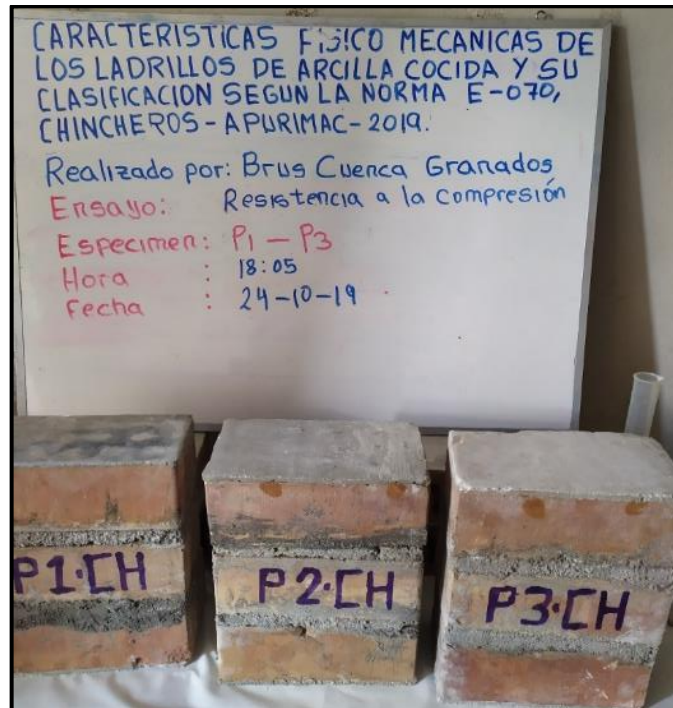
Altura de pila (promedio): 27.36 cm

Largo (promedio): 21.89 cm

Ancho (promedio): 11.90 cm

Se obtuvo una relación promedio entre la altura de la pila y ancho del ladrillo de 2.30, en la normativa nos indica que debe de estar comprendida entre 2 y 5.

Para la realización del ensayo se colocó un refrendado de 3 mm de una mezcla de 2:1 de yeso-cemento en ambas caras de la pila como se muestra en la figura 2.33, esto con el objetivo de que la fuerza aplicada sea continua en toda la superficie de la pila, esto se realizó 3 días antes de realizar el ensayo.



**Figura 2.33.** Pilas preparadas y refrendadas para el ensayo de resistencia a la compresión

El ensayo se realizó a los 21 días de haber sido fábricas, se colocaron 2 planchas metálicas de ½ pulgada de espesor en ambas caras de la pila y sobre el refrendado antes colocado, luego se procedió a bajar el cabezal de la máquina de compresión hasta que la pila quede ajustada, se procedió a aplicar carga sobre el ladrillo a una velocidad que permitió llegar a la carga esperada de resistencia del ladrillo en más menos 1 minuto, en este caso 25000 kg de fuerza o  $75 \text{ kg/cm}^2$ , esto se realizó como se aprecia en la siguiente figura 2.34.





**Figura 2.34.** Ensayo de resistencia a la compresión en pilas de ladrillos King Kong 15 huecos

Se calculó la resistencia a compresión para cada pila, esto se realizó de la siguiente ecuación.

$$F'm = e \times \frac{P}{L \times A} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dónde:

P: Carga máxima de falla de pila (kg).

L, A : Largo y ancho de la base de la pila (cm).

e: Coeficiente de esbeltez de la pila.

F'm: Fuerza de compresión máxima de la pila (kg/cm<sup>2</sup>).

Se observó que la falla en dos pilas no fue explosiva ni expansiva, mientras de en una fue abrupta y explosiva, esto se puede apreciar en la siguiente figura 2.35.



**Figura 2.35.** Pilas de ladrillos King Kong 15 huecos después del ensayo de resistencia a la compresión

Los resultados se expresarán indicando el valor promedio y la desviación estándar de los valores obtenidos en cada ensayo, el resultado final será la diferencia entre estos dos, expresándola en ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

Los materiales fueron envases para la preparación del mortero y refrendado, además de planchas metálicas y algunas herramientas manuales.

El equipo utilizado fue horno eléctrico y máquina de compresión de 100 Ton. de capacidad.

#### **b) Ensayo de resistencia al corte en muretes**

Se realizó el ensayo de resistencia al corte en muretes de ladrillos denominado (v'm). Para la realización de este ensayo se saturaron los ladrillos un día antes de realizar en asentado, esto a causa de que se observó que tiene una gran capacidad de absorción.

El mortero se realizó en una proporción de 1/5 (cemento - arena) y se procedió a realizar el asentado, esto con la ayuda de una plomada para poder garantizar la verticalidad, la fabricación de los muretes se muestra en la figura 2.36.



**Figura 2.36.** Construcción de muretes de ladrillos King Kong 15 huecos

Los muretes fabricados tuvieron las siguientes características:

Espesor de mortero promedio: 1.75 cm

Altura de murete promedio: 45.13 cm

Ancho promedio: 45.29 cm

Espesor promedio: 11.93 cm

Se realizó el curado cada día durante 7 días, luego inter diario hasta cumplirse los 21 días, esto se muestra en la siguiente figura 2.37.



**Figura 2.37.** Curado de muretes de ladrillos King Kong 15 huecos

Para la realización del ensayo se colocó un refrendado de 3 mm de una mezcla de 2:1 de yeso-cemento en ambos vértices del murete como se muestra en la figura 2.38, esto con

el objetivo de que la fuerza aplicada sea continua en toda la superficie del vértice del murete, esto se realizó 3 días antes de realizar el ensayo.



**Figura 2.38.** Muretes preparados y refrendados para el ensayo de resistencia al corte

El ensayo se realizó a los 21 días de haber sido fabricadas, se colocaron cabezales de 1/4 pulgada de espesor en ambas vértices del murete y sobre el refrendado antes colocado, luego se procedió a bajar el cabezal de la máquina de compresión hasta que el murete quede ajustado, se procedió a aplicar carga sobre el murete a una velocidad que permitió llegar a la carga esperada de resistencia del ladrillo en más menos 1 minuto, en este caso 15000 kg de fuerza, esto se realizó como se aprecia en la figura 2.39.



**Figura 2.39.** Ensayo de resistencia al corte en muretes de ladrillos King Kong 15 huecos

Se calculó la resistencia a compresión para cada unidad, esto se realizó de la siguiente ecuación.

$$V'm = \frac{P}{D \times E} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dónde:

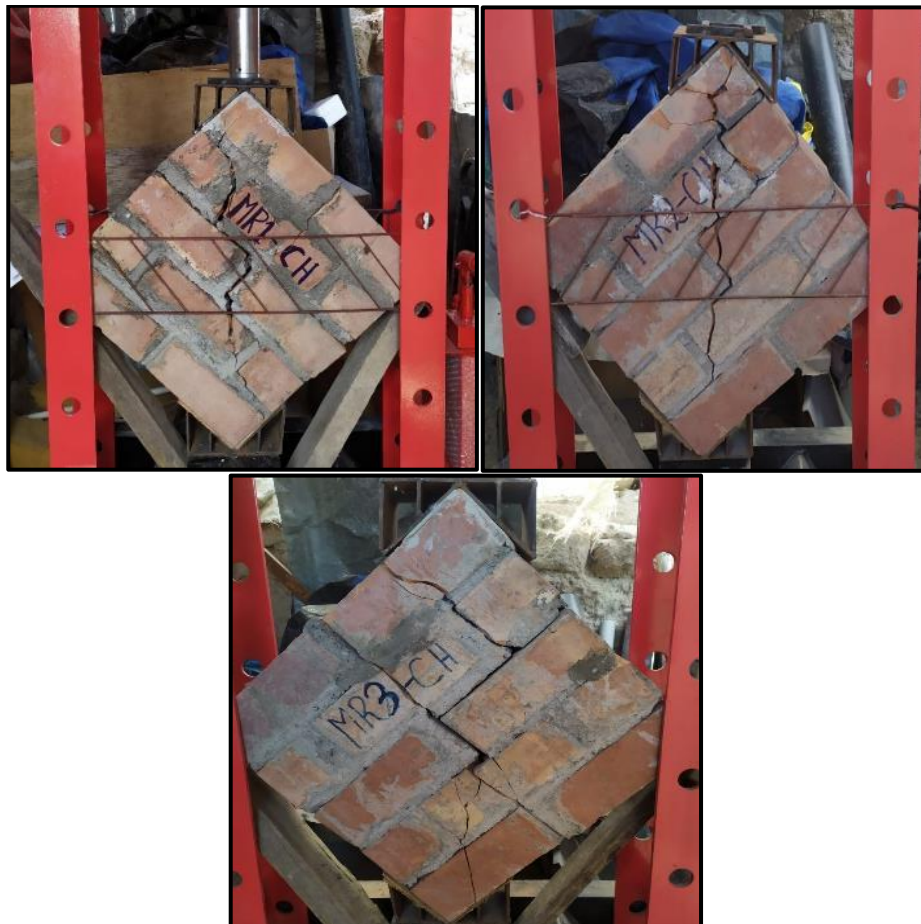
P: Carga máxima de falla de murete (kg).

D : Diagonal del murete (cm).

E: Espesor del murete (cm)

V´m: Esfuerzo de corte máximo soportado por el murete (kg/cm<sup>2</sup>)

Se observó que la falla en los tres muretes fue repentina y explosiva, con una tendencia hacia las juntas, tanto en la diagonal como en algunas juntas laterales, esto se aprecia en la figura 2.40, indicando que hay una mala adherencia entre la junta y la unidad, esto como se vio en anteriores ensayos se debe a que el ladrillo tiene alta succión.



**Figura 2.40.** Muretes de ladrillos King Kong 15 huecos después del ensayo de resistencia al corte

Los resultados se expresarán indicando el valor promedio y la desviación estándar de los valores obtenidos en cada ensayo, el resultado final será la diferencia entre estos dos, expresándola en ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

Los materiales usados fueron envases para la preparación del mortero y refrendado, además de planchas metálicas y algunas herramientas manuales.

El equipo utilizado fue horno eléctrico y una prensa hidráulica de 30 Ton. de capacidad.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. CONTROL ESTADÍSTICO APLICADO A LOS RESULTADOS

En las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos existe una variación y dispersión en los valores medidos, esto sucede en la mayoría de la materia prima usada en construcción (Villegas, 2008), la evaluación estadística nos llevara a obtener un valor característico de cada propiedad en análisis, a este se le define como límite de aceptación.

Por tanto, a las propiedades mecánicas de las unidades analizadas se le determinará una resistencia característica, para lo cual es necesario calcular primero la media aritmética, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

##### 3.1.1. Media aritmética

La media aritmética es la suma de los valores observados, dividido por el número de observaciones, se muestra en la siguiente ecuación (Cordova, 2003).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots \dots \dots (3.1)$$

##### 3.1.2. Varianza

La varianza, es la medida que cuantifica el grado de variación de los valores observados con respecto a su media aritmética, siendo grande o pequeña en función a su concentración alrededor de la media. Se define como la media aritmética de los cuadrados de la diferencia de datos con respecto a su media aritmética se muestra en la siguiente ecuación (Cordova, 2003).

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \dots \dots \dots (3.2)$$

### 3.1.3. Desviación estándar

La desviación estándar, se define como la raíz cuadrada positiva de la varianza (Cordova, 2003).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \dots \dots \dots (3.3)$$

### 3.1.4. Coeficiente de variación

Se define como la desviación estándar dividido entre la media aritmética y se expresa en porcentaje, nos permite comparar distintas pruebas de un material. (Cordova, 2003).

$$C.V. = \frac{S}{\bar{x}} \times 100 \dots \dots \dots (3.4)$$

### 3.1.5. Resistencia característica

La evaluación estadística de los valores observados nos llega a determinar un valor característica de una determinada característica (resistencia), esto se puede definir como la media aritmética menos la desviación estándar, según la NTE E.070 (Ministerio de vivienda, 2006).

$$R.C. = \bar{x} - S \dots \dots \dots (3.5)$$

## 3.2. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LADRILLOS DE ARCILLA COCIDA PRODUCIDOS EN EL DISTRITO LOS CHANKAS DE LA PROVINCIA DE CHINCHEROS - APURÍMAC

### 3.2.1. Resultados y discusiones del ensayo de variación dimensional

#### a) Resultados:

En relación al largo de la unidad, se tiene un tamaño especificado de 220 mm, teniendo como medida promedio en el ensayo 218.262 mm, una variación dimensional de 0.79 % y un coeficiente de variación de 0.25 %, como se puede apreciar en la tabla 3.1.



**Tabla 3.1.** Resultados de variación dimensional (Largo)

Muestra	Medidas del Largo (mm)				Medida Promedio (mm)
	M01	M02	M03	M04	
M1 - CH	219	218.5	218.5	219	218.750
M2 - CH	218	217.8	217.9	218	217.925
M3 - CH	218	218.3	217.8	217.7	217.950
M4 - CH	218.5	218.9	219	218.7	218.775
M5 - CH	218.2	218	219	219.5	218.675
M6 - CH	218	218	218.2	218.3	218.125
M7 - CH	217.8	218	217.5	217.5	217.700
M8 - CH	217	217.5	217	217.3	217.200
M9 - CH	219	219.5	219.3	219	219.200
M10 - CH	218.5	218.7	218.6	218.5	218.575
M11 - CH	218	218.1	218.2	218.1	218.100
M12 - CH	217.9	218	217.9	218.2	218.000
M13 - CH	218.3	218.5	218.6	218.3	218.425
<b>Dimensión Promedio (mm)</b>					<b>218.262</b>
<b>Dimensión Especificada por Fabricante (mm)</b>					<b>220.000</b>
<b>Varianza</b>					<b>0.287</b>
<b>Desviación estándar <math>\sigma</math></b>					<b>0.536</b>
<b>Coefficiente de variación</b>					<b>0.25%</b>
<b>Variación Dimensional (V %)</b>					<b>0.79%</b>
<b>La E.070 para dimensiones mayores a 150 mm y para un ladrillo tipo “V” indica una variación dimensional máxima de 1%</b>					

En relación al ancho de la unidad esta tiene un tamaño especificado de 120 mm, teniendo como medida promedio en el ensayo 119.085 mm, una variación dimensional de 0.76% y un coeficiente de variación de 0.40 %, como se puede apreciar en la tabla 3.2.

**Tabla 3.2.** Resultados de variación dimensional (Ancho)

Muestra	Medidas del Ancho (mm)				Medida Promedio (mm)
	M01	M02	M03	M04	
M1 - CH	118	118	118.1	118.1	118.050
M2 - CH	119.1	119	119	119.2	119.075
M3 - CH	119.2	119.2	119.3	119.1	119.200
M4 - CH	119	119.1	119.1	119.1	119.075
M5 - CH	118.6	118.7	118.7	118.8	118.700
M6 - CH	119.2	119.1	119.2	119.1	119.150
M7 - CH	118.9	118.9	118.8	118.9	118.875
M8 - CH	118.8	118.9	118.8	118.9	118.850
M9 - CH	119.8	119.9	119.9	119.9	119.875
M10 - CH	119.6	119.3	119.2	119.4	119.375
M11 - CH	119.1	119.2	119.3	119.1	119.175
M12 - CH	118.8	118.9	118.8	118.9	118.850
M13 - CH	119.9	119.8	119.9	119.8	119.850
<b>Dimensión Promedio (mm)</b>					<b>119.085</b>
<b>Dimensión Especificada por Fabricante (mm)</b>					<b>120.000</b>
<b>Varianza</b>					<b>0.224</b>
<b>Desviación estándar <math>\sigma</math></b>					<b>0.474</b>
<b>Coefficiente de variación</b>					<b>0.40%</b>
<b>Variación Dimensional (V %)</b>					<b>0.76%</b>
<b>La E.070 para dimensiones hasta 150 mm y para un ladrillo tipo “V” indica una variación dimensional máxima de 2%</b>					

En relación a la altura, tiene un tamaño especificado de 80 mm, una medida promedio en el ensayo 79.779 mm, una variación dimensional de 0.28 % y un coeficiente de variación de 0.81 %, se puede apreciar en la tabla 2.3.

**Tabla 3.3.** Resultados de variación dimensional (Altura)

Muestra	Medidas del Altura (mm)				Medida Promedio (mm)
	M01	M02	M03	M04	
M1 - CH	80.3	79.8	79.7	80.1	79.975
M2 - CH	80.5	79.6	79.8	80.2	80.025
M3 - CH	79	78.8	79	79.3	79.025
M4 - CH	81.2	80.1	79.9	80.8	80.500
M5 - CH	78.5	77.8	78.1	78.5	78.225
M6 - CH	80.1	79.2	79.6	80.1	79.750
M7 - CH	80.5	79.6	79.9	80.6	80.150
M8 - CH	79.8	79	79.1	79.9	79.450
M9 - CH	80.2	79.7	79.5	79.9	79.825
M10 - CH	80.1	79.9	79.7	80	79.925
M11 - CH	81.2	79.8	79.9	80.5	80.350
M12 - CH	80.3	79.5	79.7	80.4	79.975
M13 - CH	80.2	79.6	79.7	80.3	79.950
<b>Dimensión Promedio (mm)</b>					<b>79.779</b>
<b>Dimensión Especificada por Fabricante (mm)</b>					<b>80.000</b>
<b>Varianza</b>					<b>0.356</b>
<b>Desviación estándar <math>\sigma</math></b>					<b>0.648</b>
<b>Coefficiente de variación</b>					<b>0.81%</b>
<b>Variación Dimensional (V %)</b>					<b>0.28%</b>
<b>La E.070 para dimensiones hasta 100 mm y para un ladrillo tipo "V" indica una variación dimensional máxima de 3%</b>					

## b) Discusiones

En el largo (220 mm, mayor a 150 mm) según la NTE E.070 permite un máximo de 1% para una unidad tipo "V", de los ensayos realizados tenemos una variación dimensional de 0.79% que es menor al máximo aceptable, como se observa en la figura 3.1, además se tiene un coeficiente de variación de 0.25 % que es menor al 20% estipulados como requisitos de aceptación en la norma, estos resultados se pueden ver resumidos en la tabla 3.4.

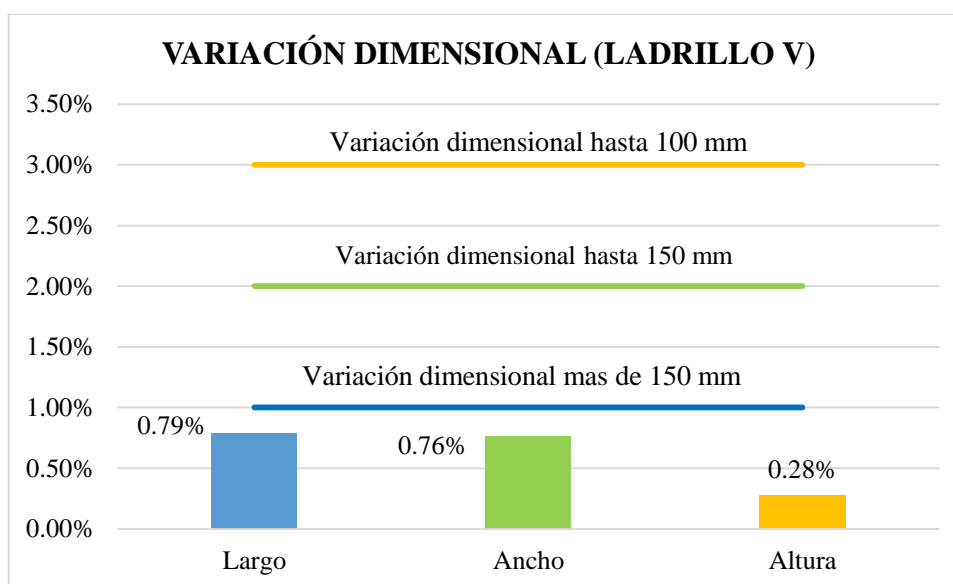
En el ancho (120 mm, hasta 150 mm) según la NTE E.070 permite un máximo de 2% para una unidad tipo "V", de los ensayos realizados tenemos una variación dimensional de 0.76% que es menor al máximo aceptable, como se ve en la figura 3.1, además se tiene un coeficiente de variación de 0.40 % que es menor al 20% estipulados como requisitos de aceptación en la norma, estos resultados se pueden ver resumidos en la tabla 3.4.

En la altura (80 mm, hasta 100 mm) la NTE E.070 permite un máximo de 3% para una unidad tipo “V”, de los ensayos realizados tenemos una variación dimensional de 0.28% que es menor al máximo aceptable, como se ve en la figura 3.1, además se tiene un coeficiente de variación de 0.81% que es menor al 20% estipulados como requisitos de aceptación en la norma, estos resultados se pueden ver resumidos en la tabla 3.4.

**Tabla 3.4.** Resumen de resultados de variación dimensional

	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>
Dimensión Promedio (mm)	218.262	119.085	79.779
Dimensión Especificada por Fabricante (mm)	220.000	120.000	80.000
Varianza	0.287	0.224	0.356
Desviación estándar $\sigma$	0.536	0.474	0.648
Coefficiente de variación	0.25%	0.40%	0.81%
Variación Dimensional (V %)	0.79%	0.76%	0.28%

Según variación dimensional, clasifica como ladrillo tipo V



**Figura 3.1.** Comparación de variación dimensional máxima

Se puede apreciar que, para dimensiones de largo, ancho y altura, no se llega a sobrepasar el 1%, 2% y 3% respectivamente, haciendo que la unidad clasifique por variación dimensional como un ladrillo tipo “V” según la NTE E.070 del reglamento nacional de edificaciones.

De acuerdo a Leguía (2018) y Vicaña (2019), en la ciudad de Ayacucho se usan mayormente ladrillos (artesanales) fabricados en el centro poblado de Compañía del distrito de Pacaycasa, provincia de Huamanga y encontraron que estas unidades

llegaron a tener una variación dimensional de 9.08 % y 8.67 %, no clasificando como ningún tipo según la NTE 0.70, las unidades ensayadas en esta investigación llegan a clasificarse como tipo “V” por esta propiedad, siendo una alternativa para su uso.

Si comparamos con unidades fabricadas industrialmente según Seminario (2013), que analizó las marcas Lark y Fortes, llegó a encontrar que tienen una máxima variación dimensional de 0.98% y 0.89% respectivamente, clasificando como un ladrillo tipo “V” según la NTE 0.70, siendo similares a los valores obtenidos en las unidades ensayadas en esta investigación que tienen un máximo de 0.81 %.

### 3.2.2. Resultados y discusiones del ensayo de alabeo

#### a) Resultados

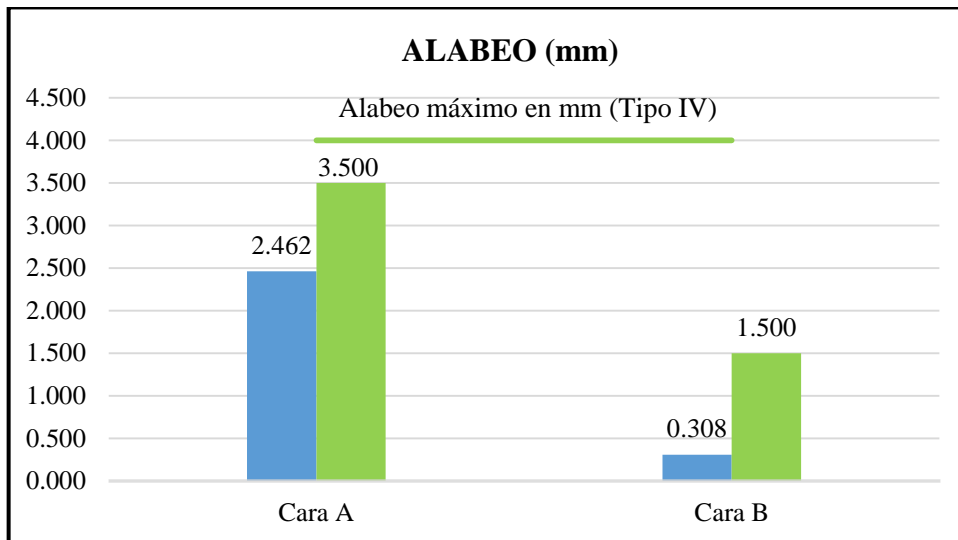
Con respecto al alabeo del ladrillo, en la cara cóncava de esta se tiene un alabeo promedio de 2.462 mm, un máximo de 3.5 mm y un coeficiente de variación de 22.65 %. En cara convexa de esta se tiene un alabeo promedio de 0.308 mm, un máximo de 1.5 mm y un coeficiente de variación de 141.33 %, estos valores se pueden observar en la tabla 3.5.

**Tabla 3.5.** Resultados de ensayo de alabeo

Muestra	Cara A		Cara B	
	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)
M1 - CH	2.5	0	0	0.5
M2 - CH	2.5	0	0	0
M3 - CH	2.5	0	0	0.5
M4 - CH	3	0	0	0
M5 - CH	2.5	0	0	0
M6 - CH	3.5	0	0	0.5
M7 - CH	1.5	0	0	0
M8 - CH	3	0	0	0
M9 - CH	2.5	0	0	1.5
M10 - CH	2.5	0	0	0
M11 - CH	1.5	0	0	0.5
M12 - CH	2.5	0	0	0
M13 - CH	2	0	0	0.5
<b>Alabeo Promedio (mm)</b>	<b>2.462</b>		<b>0.308</b>	
<b>Alabeo maximo (mm)</b>	<b>3.500</b>		<b>1.500</b>	
<b>Varianza</b>	<b>0.311</b>		<b>0.189</b>	
<b>Desviación estándar <math>\sigma</math></b>	<b>0.558</b>		<b>0.435</b>	
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>22.65%</b>		<b>141.33%</b>	
<b>Según Alabeo, clasifica como ladrillo tipo IV, ya que la NTE E.070 para un ladrillo tipo “IV” indica un Alabeo máximo de 4 mm</b>				

## b) Discusiones

El valor del alabeo en la cara cóncava y convexa (promedio y máxima), no llegó a sobrepasar el máximo estipulado para una unidad tipo “IV” según la NTE E.070, en la que para un ladrillo tipo “IV” puede tener un máximo de 4 mm de alabeo, eso se puede ver en la figura 3.2 que compara el máximo valor aceptado con los valores obtenidos.



**Figura 3.2.** Comparación de alabeo máximo

El coeficiente de variación en la cara cóncava es de 22.65% y sobrepasa el 20% estipulado en los requisitos de aceptación de la unidad según la NTE E.070, siendo así en la cara convexa que llegó a tener un 161.02 % de coeficiente de variación, pero si observamos los datos son bastante pequeños y se encuentran por debajo de los máximos permitidos, mas no en la cara convexa que tiene un alto coeficiente de variación.

De acuerdo a Leguía (2018) y Vicaña (2019), en la ciudad de Ayacucho se usan mayormente ladrillos (artesanales) fabricados en el centro poblado de Compañía del distrito de Pacaycasa de la provincia de Huamanga y encontraron que estas unidades llegaron a tener un alabeo máximo de 4mm y 2.5 mm, clasificando como un ladrillo tipo “IV” y “V” respectivamente según la NTE 0.70, las unidades ensayadas en esta investigación llegan a clasificarse como tipo “IV” por esta propiedad, siendo valores similares.

Si comparamos con unidades fabricadas industrialmente según Seminario (2013), que analizó las marcas Lark y Fortes, llegó a encontrar que tienen un alabeo máximo de 2

mm y 4.3 mm respectivamente, clasificando como ladrillos tipo “V” y “III” respectivamente según la NTE 0.70, en las unidades ensayadas en esta investigación que tienen un alabeo máximo de 3.5 mm (Tipo IV).

### 3.2.3. Resultados y discusiones del ensayo de humedad natural

#### a) Resultados

La humedad natural que contienen los ladrillos es el porcentaje del agua que posee el ladrillo en su estado natural, luego de ser retirada del horno y captar humedad atmosférica o alguna fuente de humedad externa, en el caso de los ensayos realizados se encontró que se tiene una humedad promedio de 0.46%, este ensayo se realizó en principio para los demás ensayos que tomaron el peso seco de ladrillo para poder determinar sus propiedades, en la tabla 3.6 se muestra los valores de peso natural y seco, así como el porcentaje de humedad natural contenido por la unidad.

**Tabla 3.6.** Resultados del ensayo de humedad natural

Muestra	Peso(gr)		Humedad natural (%)
	Natural	Seco	
M6 - CH	2.210	2.198	0.55%
M7 - CH	2.249	2.240	0.40%
M8 - CH	2.234	2.223	0.49%
M9 - CH	2.232	2.222	0.45%
M10 - CH	2.255	2.246	0.40%
	<b>Promedio</b>		<b>0.46%</b>

#### b) Discusiones

La NTE E.070 no menciona ningún requisito con respecto a la humedad natural del ladrillo, como ya se mencionó este cálculo es indispensable para poder obtener otras características.

### 3.2.4. Resultados y discusiones del ensayo de succión

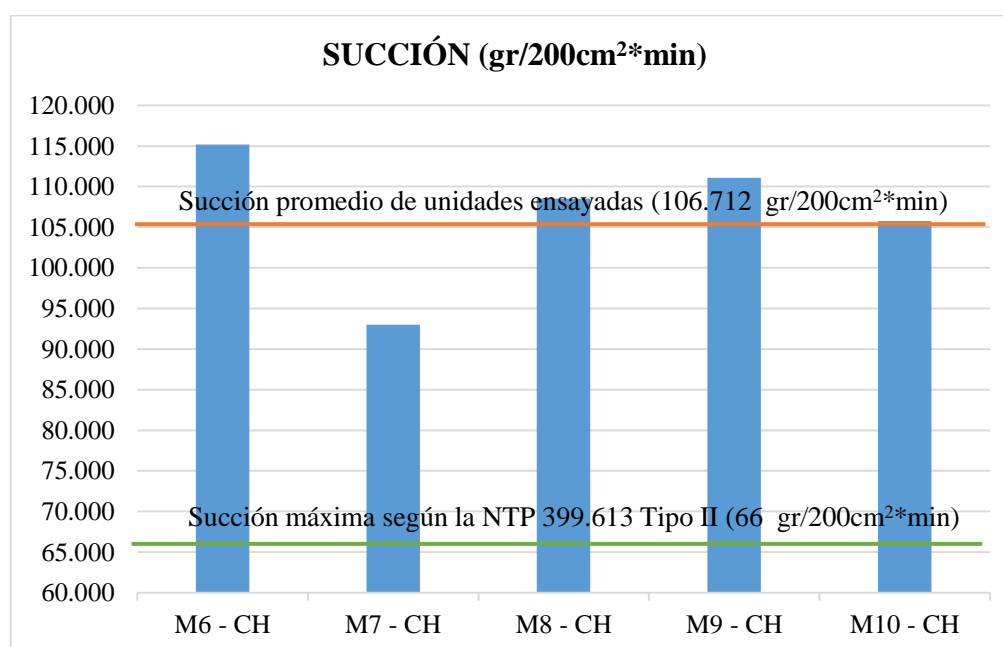
#### a) Resultados

Con respecto a el ensayo de succión de la unidad, esta tiene como medida promedio 106.71 gr/200cm<sup>2</sup>\*min, con un coeficiente de variación este es de 7.89 %, estos valores se pueden apreciar en la tabla 3.7.

**Tabla 3.7.** Resultados del ensayo de succión

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área de vacíos (cm <sup>2</sup> )	Peso seco (gr)	Peso húmedo (gr)	Succión (gr)	Área neta (cm <sup>2</sup> )	S (gr/200cm <sup>2</sup> *min)
M6-CH	21.813	11.915	75.844	2.198	2.304	106.000	184.052	115.185
M7-CH	21.770	11.888	75.979	2.240	2.325	85.000	182.812	92.992
M8-CH	21.720	11.885	75.689	2.223	2.322	99.000	182.453	108.521
M9-CH	21.920	11.988	75.540	2.222	2.326	104.000	187.226	111.096
M10-CH	21.858	11.938	75.608	2.246	2.344	98.000	185.316	105.765
<b>Succión Promedio (mm)</b>								<b>106.712</b>
<b>Varianza</b>								<b>70.855</b>
<b>Desviación estándar <math>\sigma</math></b>								<b>8.418</b>
<b>Coefficiente de variación</b>								<b>7.89%</b>

la NTP 399.613 menciona que para un ladrillo tipo II la succión máxima es de 66 gr/200cm<sup>2</sup>\*min, pero menciona que todo ladrillo investigado excede el límite, sin embargo para valores mayores a 20 gr/200cm<sup>2</sup>\*min es necesaria su saturación antes de su uso



**Figura 3.3.** Comparación de succión en unidades de albañilería

#### b) Discusiones

Los resultados muestran que las unidades tienen una succión muy alta, según la tabla I.3 no clasifica como ningún tipo, ya que según esta el mayor valor de succión que debería

de tener un ladrillo está en los  $66 \text{ gr}/200\text{cm}^2*\text{min}$  (para un ladrillo tipo II) como se puede apreciar en la figura 3.3, con respecto a el coeficiente de variación este es de 7.89 %, está por debajo del 20% estipulado en los requisitos de aceptación de la unidad.

De acuerdo a Leguía (2018), en la ciudad de Ayacucho se usan mayormente ladrillos (artesanales) fabricados en el centro poblado de Compañía del distrito de Pacaycasa de la provincia de Huamanga y encontraron que estas unidades llegaron a tener una succión promedio de  $134.14 \text{ gr}/200\text{cm}^2*\text{min}$ , las unidades ensayadas en esta investigación llegan a tener una succión de  $106.71 \text{ gr}/200\text{cm}^2*\text{min}$ , siendo relativamente menores a los anteriores, más ambos no llegan a cumplir con lo estipulado en la norma.

Esta propiedad no está normada como requisito en la Norma E.070, Según la NTP 399.613, esta propiedad no está normada como un requisito obligatorio ya que todo ladrillo investigado excede el límite, sin embargo, menciona que a valores mayores a  $20 \text{ gr}/200\text{cm}^2*\text{min}$  es necesaria su saturación antes de su uso, por tanto, las unidades estudiadas deben de saturarse sumergiéndolas en agua antes de su uso.

### **3.2.5. Resultados y discusiones del ensayo de absorción, absorción máxima, coeficiente de saturación y densidad**

#### **a) Resultados**

Con respecto al ensayo de absorción, esta tiene como promedio un 21.42 %, no sobrepasa el 22% estipulado en los requisitos de aceptación de la unidad según la norma E.070 del reglamento nacional de edificaciones.

Con respecto al coeficiente de saturación, esta tiene como promedio un 0.80 que es menor a 0.85, lo que nos indica que soporta bien a condiciones de intemperismo severo según la NTP 399.613.

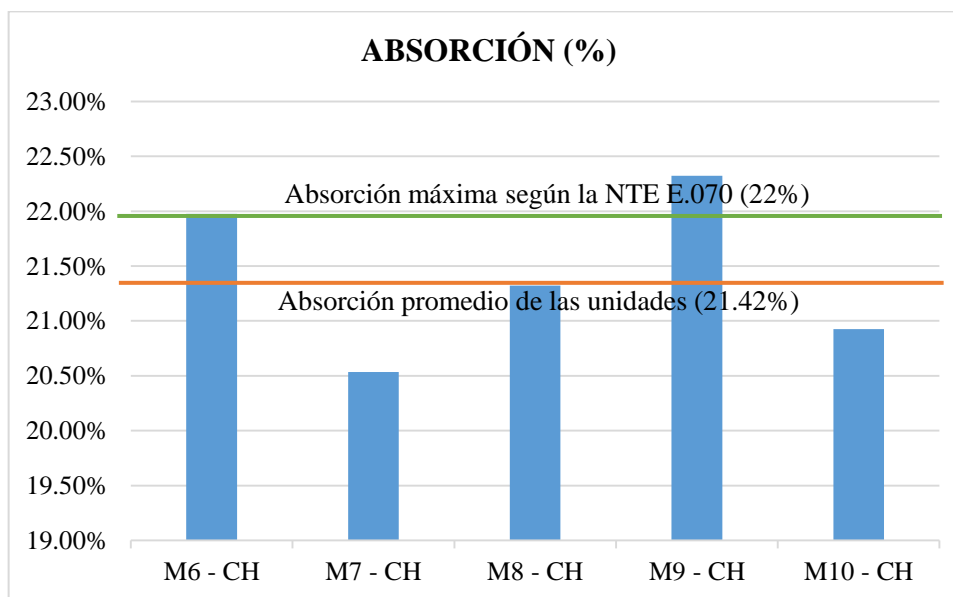
Con respecto a la densidad de la unidad, esta tiene un valor de 1.44 que es considerada muy baja según la norma E-070, estos valores se pueden apreciar en la tabla 3.8 y figura 3.4.



**Tabla 3.8.** Resultados de ensayos de absorción, absorción máxima, coeficiente de saturación y densidad

Muestra	Peso natural (kg)	Peso seco (kg)	Peso saturado (kg)	Peso sumj. en agua (kg)	Peso sat. 5 horas de ebullición (kg)	Absorción (%)	Absorción máxima (%)	Coef. de sat.	densidad (gr/cm <sup>3</sup> )
<b>M6-CH</b>	2.210	2.198	2.681	1.271	2.802	21.97%	27.48%	0.800	1.436
<b>M7-CH</b>	2.249	2.240	2.700	1.275	2.819	20.54%	25.85%	0.794	1.451
<b>M8-CH</b>	2.234	2.223	2.697	1.267	2.822	21.32%	26.95%	0.791	1.430
<b>M9-CH</b>	2.232	2.222	2.718	1.277	2.835	22.32%	27.59%	0.809	1.426
<b>M10-CH</b>	2.255	2.246	2.716	1.290	2.831	20.93%	26.05%	0.803	1.457
				<b>Promedio (mm)</b>		<b>21.42%</b>	<b>26.78%</b>	<b>0.80</b>	<b>1.44</b>
				<b>Varianza</b>		<b>0.0001</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.0002</b>
				<b>Desviación estándar <math>\sigma</math></b>		<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.0136</b>
				<b>Coefficiente de variación</b>		<b>3.43%</b>	<b>3.00%</b>	<b>0.89%</b>	<b>0.94%</b>

La absorción de las unidades tiene como promedio un 21.42 %, no sobrepasa el 22% estipulado en los requisitos de aceptación de la unidad según la norma E.070 del reglamento nacional de edificaciones.



**Figura 3.4.** Comparación de absorción en unidades de albañilería

## b) Discusiones

Estas propiedades no están normadas como requisito en la Norma E.070, según la NTP 331.017, esta propiedad no es un requisito obligatorio para la aceptación de las unidades, sin embargo, nos permiten determinar si las unidades son duraderas, si tienen un alto grado de soporte a condiciones adversas e impermeabilidad, por tanto, se concluye que las unidades ensayadas tienen alta resistencia al intemperismo.

De acuerdo a Leguía (2018), en la ciudad de Ayacucho se usan mayormente ladrillos (artesanales) fabricados en el centro poblado de Compañía del distrito de Pacaycasa de la provincia de Huamanga y encontró que estas unidades llegaron a tener una absorción promedio de 20.82%, un coeficiente de saturación de 0.93 y una densidad de 1.46 g/cm<sup>3</sup>, las unidades ensayadas en esta investigación llegaron a tener una absorción promedio de 21.41%, un coeficiente de saturación de 0.80 y una densidad de 1.44 g/cm<sup>3</sup>, en el caso de la absorción ambos llegan a cumplir con ser menores al 22% según la NTE E.070, Sin embargo el coeficiente de saturación de las unidades ensayadas en esta investigación tienen un valor más conveniente, ya que la NTP 331.017, menciona que valores menores a 0.8 son poco absorbentes y es utilizables en cualquier clima o condición de intemperismo.

### 3.2.6. Resultado y discusiones del ensayo de área de vacíos

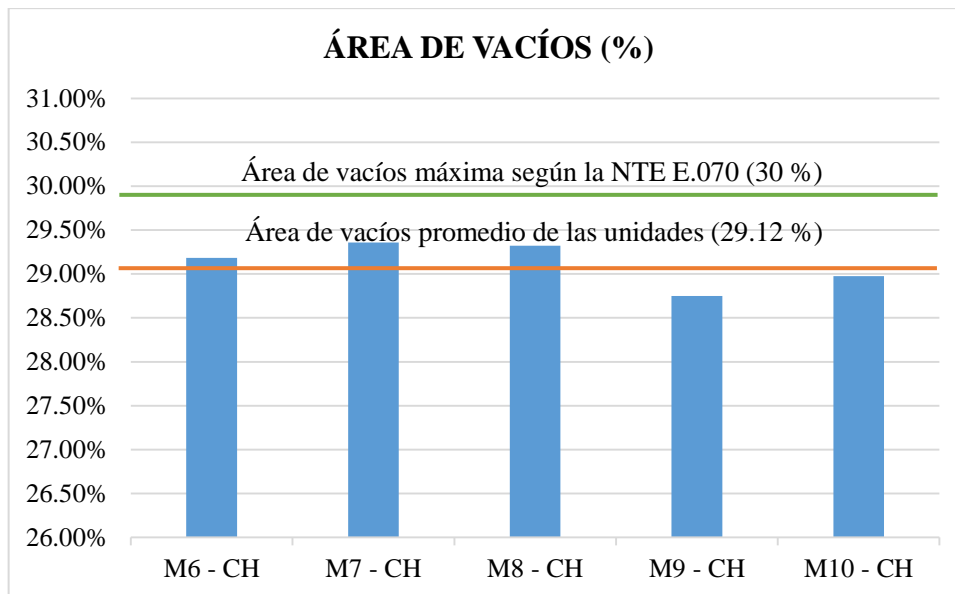
#### a) Resultados

Con respecto al área de vacíos, esta tiene como medida promedio un 29.12 % y un coeficiente de variación este es de 0.88 %, como se observa en la tabla 3.9 y figura 3.5.

**Tabla 3.9.** Resultados del ensayo de área de vacíos

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso de la arena (gr)	Densidad de arena (gr/cm <sup>3</sup> )	Volumen de vacíos (cm <sup>3</sup> )	Área de vacíos (cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de área de vacíos (%)
<b>M6-CH</b>	21.813	11.915	7.920	877.000	1.460	600.685	75.844	29.18%
<b>M7-CH</b>	21.770	11.888	7.960	883.000	1.460	604.795	75.979	29.36%
<b>M8-CH</b>	21.720	11.885	7.900	873.000	1.460	597.945	75.689	29.32%
<b>M9-CH</b>	21.920	11.988	7.970	879.000	1.460	602.055	75.540	28.75%
<b>M10-CH</b>	21.858	11.938	7.990	882.000	1.460	604.110	75.608	28.98%
<b>Porcentaje de áreas promedio</b>								<b>29.12%</b>
<b>Varianza</b>								<b>0.00001</b>
<b>Desviación estándar <math>\sigma</math></b>								<b>0.003</b>
<b>Coefficiente de variación</b>								<b>0.88%</b>

Las unidades llegan a tener un 29.12% de área de vacíos y puede ser clasificado como maciza, ya que no llegan a sobrepasar el máximo estipulado por la NTE E.070 (30% de área de vacíos)



**Figura 3.5.** Comparación de área de vacíos en unidades de albañilería

### b) Discusiones

Las unidades llegan a tener un 29.12% de área de vacíos y puede ser clasificado como maciza, ya que no llegan a sobrepasar el máximo estipulado por la NTE E.070 (30% de área de vacíos), por tanto, es recomendable para su uso en muros portantes, con respecto a el coeficiente de variación este es de 0.88 %, que es bastante bajo, lo que nos indica que tienen buena uniformidad en esta propiedad.

Si comparamos con unidades fabricadas industrialmente según Seminario (2013), que analizó las marcas Lark y Fortes, llegó a encontrar que tienen un área de vacíos promedio de 45.45% y 43.11% respectivamente, en las unidades ensayadas en esta investigación se llegan a tener un área de vacíos promedio de 29.12 %, la NTE E.070 clasifica como ladrillos macizos aquellas unidades que tengan un área de vacíos menor al 30% y pueden ser usadas en muros portantes, por ello los ladrillos ensayados en esta investigación tienen esa ventaja con respecto a las marcas Lark y Fortes ensayadas según Seminario (2013).

### 3.2.7. Resultado y discusiones del ensayo de eflorescencia

Al proceder a visualizarlos se detectó la existencia de manchas blanquecinas en la superficie de los ladrillos, esto en las superficies de asiento, estas manchas son visibles a unos metros de distancia, por tanto, según la NTP 331.017 (se considera ligera eflorescencia, cuando existe alguna diferencia a una distancia de 3 metros), se considera

que presenta un leve signo de eflorescencia, por tanto, se considera ser protegido con algún tipo de cobertura o tarrajeo.

### 3.3. EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE ARCILLA COCIDA PRODUCIDOS EN EL DISTRITO LOS CHANKAS DE LA PROVINCIA DE CHINCHEROS - APURÍMAC

#### 3.3.1. Resultados y discusiones del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería

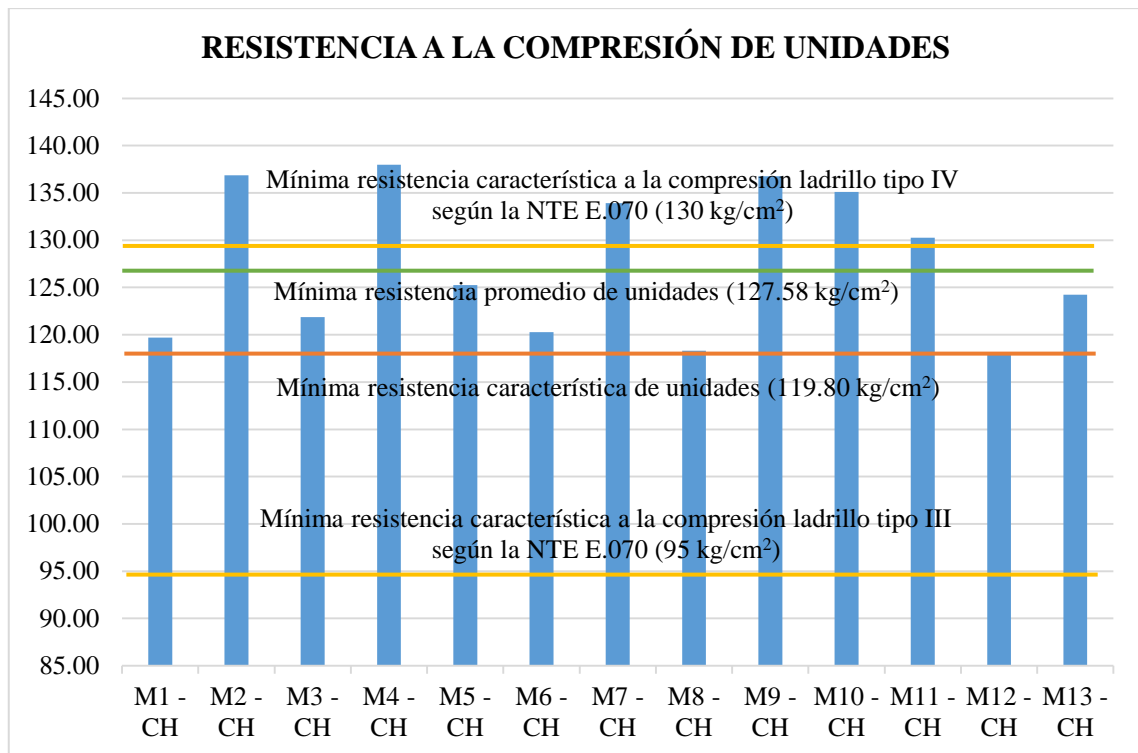
##### a) Resultados

El valor de resistencia a la compresión promedio de ladrillos llega a 127.58 kg/cm<sup>2</sup>, teniendo una desviación estándar de 7.77, lo que nos da una resistencia a la compresión característica de ladrillos de 119.80 kg/cm<sup>2</sup> y tiene un coeficiente de variación de 6.09 %, estos resultados se pueden ver resumidos en la tabla 3.10.

**Tabla 3.10.** Resultado del ensayo de resistencia a compresión de unidades de albañilería

Muestra	Dimensiones		Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	f <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo (mm) L <sub>prom</sub>	Ancho (mm) A <sub>prom</sub>			
M1 - CH	218.75	118.05	258.23	30913.00	119.71
M2 - CH	217.93	119.08	259.49	35513.00	136.85
M3 - CH	217.95	119.20	259.80	31657.00	121.85
M4 - CH	218.78	119.08	260.51	35948.00	137.99
M5 - CH	218.68	118.70	259.57	32512.00	125.25
M6 - CH	218.13	119.15	259.90	31255.00	120.26
M7 - CH	217.70	118.88	258.79	34658.00	133.92
M8 - CH	217.20	118.85	258.14	30545.00	118.33
M9 - CH	219.20	119.88	262.77	35935.00	136.76
M10 - CH	218.58	119.38	260.92	35250.00	135.10
M11 - CH	218.10	119.18	259.92	33854.00	130.25
M12 - CH	218.00	118.85	259.09	30567.00	117.98
M13 - CH	218.43	119.85	261.78	32523.00	124.24
			<b>fb promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>127.58</b>
			<b>Varianza</b>		<b>60.44</b>
			<b>Desviación estándar σ</b>		<b>7.77</b>
			<b>Coefficiente de variación</b>		<b>6.09%</b>
			<b>f<sup>'</sup>b característica (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>119.80</b>

Según resistencia a la compresión, clasifica como ladrillo tipo III (resistencia característica mayor a 95 kg/cm<sup>2</sup> y menor a 130 kg/cm<sup>2</sup>) según la norma E.070 del reglamento nacional de edificaciones, así mismo tiene un coeficiente de variación de 6.66 %, que no sobrepasa el 20% estipulado en los requisitos de aceptación de la unidad.



**Figura 3.6.** Comparación de resistencia a la compresión en unidades de albañilería

### b) Discusiones

Las unidades llegan a una resistencia característica de  $119.80 \text{ kg/cm}^2$ , por tanto, llegan a clasificarse como una unidad tipo “III” (resistencia característica mayor a  $95 \text{ kg/cm}^2$  y menor a  $130 \text{ kg/cm}^2$ ) según la norma E.070 del reglamento nacional de edificaciones, como se aprecia en la figura 3.6, así mismo tiene un coeficiente de variación de 6.09 % que no sobrepasa el 20% estipulado en los requisitos de aceptación de la unidad, por tanto, nos indica una uniformidad aceptable.

Según su resistencia a la compresión, estos ladrillos llegaron a ser del tipo III, por tanto, son de mediana resistencia, recomendados para edificaciones con solicitaciones moderadas, además de que es del tipo macizo (29% de área de vacíos), con lo que puede ser usado en la construcción de muros portantes.

De acuerdo a Leguía (2018) y Vicaña (2019), en la ciudad de Ayacucho se usan mayormente ladrillos (artesanales) fabricados en el centro poblado de Compañía del distrito de Pacaycasa de la provincia de Huamanga y encontraron que estas unidades llegaron a tener una resistencia característica a la compresión de  $81.54 \text{ kg/cm}^2$  y  $70.83 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, clasificando como ladrillos tipo “II” según la NTE 0.70, las

unidades ensayadas en esta investigación llegó a una resistencia característica a la compresión de  $119.79 \text{ kg/cm}^2$ , clasificando como ladrillos tipo “III” por esta propiedad, siendo superiores a los antes mencionados, ya que siguen un proceso de fabricación artesanal.

Si comparamos con unidades fabricadas industrialmente según Seminario (2013), que analizó las marcas Lark y Fortes, llegaron a tener una resistencia característica a la compresión de  $120 \text{ kg/cm}^2$  y  $84.13 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, clasificando como ladrillos tipo “III” y “II” respectivamente según la NTE 0.70, las unidades ensayadas en esta investigación llegan a una resistencia característica a la compresión de  $119.79 \text{ kg/cm}^2$ , clasificando como ladrillos tipo “III”, con respecto a la marca Lark, se puede observar que hay una similitud en las resistencia obtenidas, con respecto a la marca Fortes se puede ver una superioridad de los ladrillos investigados, sin embargo se debe de ver que las dos marcas tienen una área de vacíos de 45.45% y 43.11% respectivamente por ello tienen una menor superficie de contacto, mientras que las unidades ensayadas tienen un 29.12%.

### **3.4. EVALUACIÓN DE COMPORTAMIENTO DE PILAS Y MURETES ELABORADOS CON LADRILLOS DE ARCILLA COCIDA PRODUCIDOS EN EL DISTRITO LOS CHANKAS DE LA PROVINCIA DE CHINCHEROS - APURÍMAC**

#### **3.4.1. Resultado y discusiones del ensayo de resistencia a compresión en pilas**

##### **a) Resultados**

Las pilas fabricadas tienen una esbeltez distinta cada una, ya que tienen una altura y espesor distintas, estos se muestran en la tabla 3.11, con los resultados de la esbeltez se aplicaron factores de corrección a cada pila.

**Tabla 3.11.** Resultado del cálculo de esbeltez de pilas de albañilería

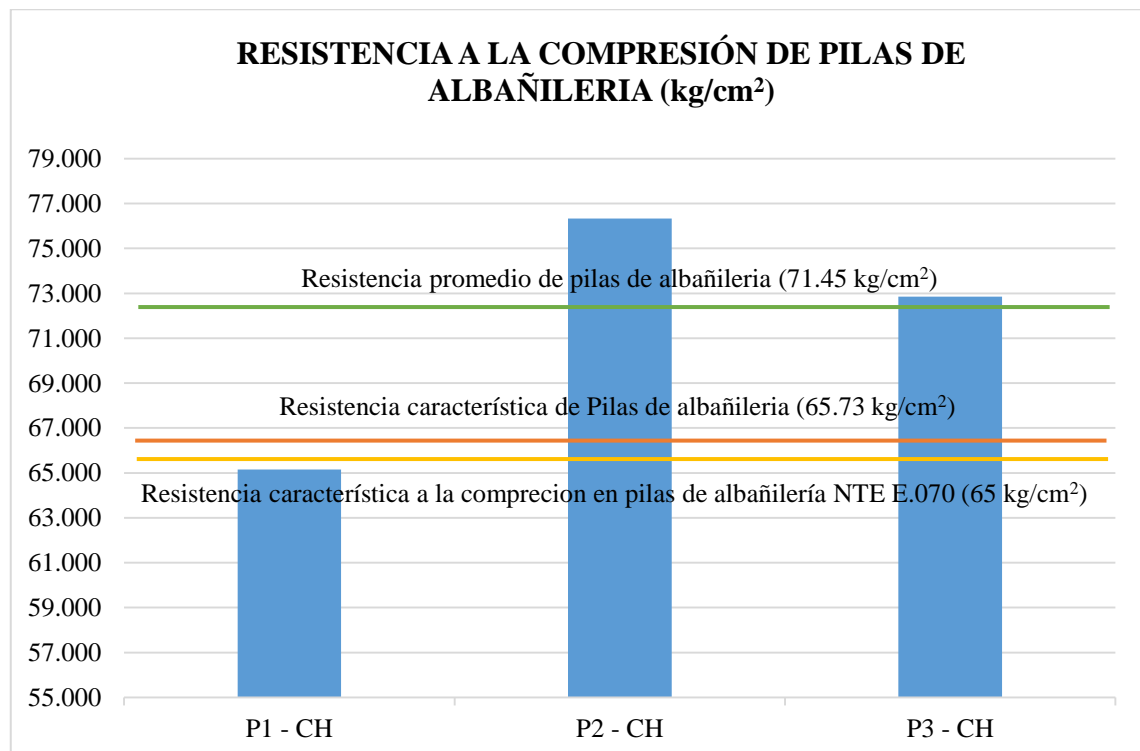
Muestra	Dimensiones			Esbeltez
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	
	$L_{prom}$	$A_{prom}$	$H_{prom}$	
<b>P1 - CH</b>	21.880	11.880	26.968	2.270
<b>P2 - CH</b>	21.805	11.905	27.503	2.310
<b>P3 - CH</b>	21.890	11.908	27.614	2.319

El valor de resistencia a la compresión promedio de pilas llega a  $F'm$ :  $71.45 \text{ kg/cm}^2$ , teniendo una desviación estándar de  $5.72$ , lo que nos da una resistencia a la compresión característica de pilas de  $65.73 \text{ kg/cm}^2$ , así mismo tiene un coeficiente de variación de  $8.00 \%$ .

**Tabla 3.12.** Resultado del ensayo de resistencia a compresión en pilas de albañilería

Área bruta ( $\text{cm}^2$ )	Carga (Kg)	$f_m$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	Factor de corrección	$F'm$ ( $\text{kg/cm}^2$ )
259.934	22058.000	84.860	0.768	65.155
259.589	25619.000	98.691	0.773	76.330
260.666	24516.000	94.051	0.775	72.857
<b><math>f'm</math> promedio (<math>\text{kg/cm}^2</math>)</b>				<b>71.45</b>
<b>Varianza</b>				<b>32.71</b>
<b>Desviación estándar <math>\sigma</math></b>				<b>5.72</b>
<b>Coefficiente de variación</b>				<b>8.00%</b>
<b><math>f'm</math> característica (<math>\text{kg/cm}^2</math>)</b>				<b>65.73</b>

Las unidades llegan a una  $f'm$  característica de  $65.73 \text{ kg/cm}^2$ , llegan a sobrepasar ligeramente los  $65 \text{ kg/cm}^2$  que es la resistencia característica para unidades fabricadas industrialmente estipulado por la NTE E.070.



**Figura 3.7.** Comparación de resistencia a la compresión en pilas de albañilería

## b) Discusiones

Teniendo una resistencia a la compresión promedio de pilas de  $71.45 \text{ kg/cm}^2$  y una desviación estándar de 5.72, tenemos una resistencia a la compresión característica de pilas de  $65.73 \text{ kg/cm}^2$  con lo que según la norma E.070 del reglamento nacional de edificaciones nos indica que la resistencia características de pilas de albañilería King Kong industrial es de  $65 \text{ kg/cm}^2$  siendo los datos observados ligeramente superior, estos resultados se pueden ver resumidos en la tabla 3.12 y figura 3.7, así mismo tiene un coeficiente de variación de 8.00 %, que nos indica una uniformidad aceptable,

De acuerdo a Leguia (2018) y Vicaña (2019), en la ciudad de Ayacucho se usan mayormente ladrillos (artesanales) fabricados en el centro poblado de Compañía del distrito de Pacaycasa de la provincia de Huamanga y encontraron que llegaron a tener una resistencia característica a la compresión en pilas de albañilería de  $37.24 \text{ kg/cm}^2$  y  $42.46 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, las unidades ensayadas en esta investigación llegan a una resistencia característica a la compresión de  $65.73 \text{ kg/cm}^2$ , siendo superiores a las anteriores y siendo una alternativa su uso.

### 3.4.2. Resultado y discusiones del ensayo de resistencia al corte en muretes

#### a) Resultados

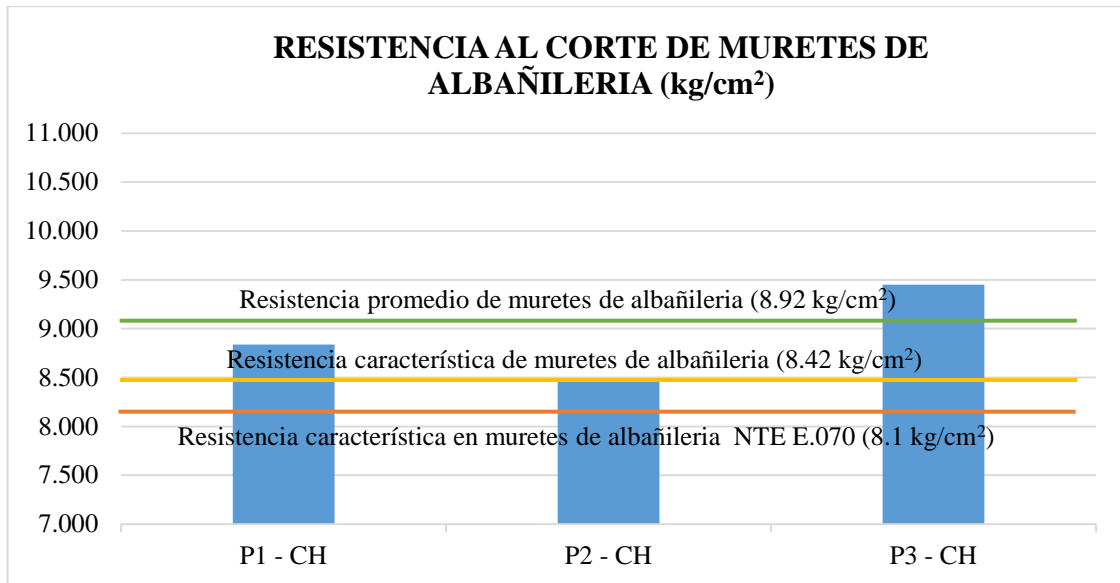
El valor de resistencia al corte promedio de los muretes llega a  $V'm$ :  $8.92 \text{ kg/cm}^2$ , teniendo una desviación estándar de 0.50, lo que nos da una resistencia al corte característico de muretes de  $8.42 \text{ kg/cm}^2$ , así mismo tiene un coeficiente de variación de 5.61 %, estos resultados se pueden ver resumidos en la tabla 3.13.

**Tabla 3.13.** Resultado del ensayo de resistencia al corte en muretes de albañilería

Muestra	Dimensiones				Área bruta ( $\text{cm}^2$ )	Carga (Ton)	Carga (Kg)	V'm ( $\text{kg/cm}^2$ )
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Diagonal (cm)				
P1 - CH	45.250	45.350	11.890	64.250	763.933	6.750	6750.00	8.836
P2 - CH	45.200	45.380	11.940	64.350	768.339	6.500	6500.00	8.460
P3 - CH	44.950	45.150	11.950	64.200	767.190	7.250	7250.00	9.450
<b>V'm promedio (<math>\text{kg/cm}^2</math>)</b>								<b>8.92</b>
<b>Varianza</b>								<b>0.25</b>
<b>Desviación estándar <math>\sigma</math></b>								<b>0.50</b>
<b>Coefficiente de variación</b>								<b>5.61%</b>
<b>V'm característica (<math>\text{kg/cm}^2</math>)</b>								<b>8.42</b>

Las unidades llegan a una  $V'm$  característica de  $8.42 \text{ kg/cm}^2$ , llegan a sobrepasar los  $8.1 \text{ kg/cm}^2$  que es la resistencia característica para unidades fabricadas industrialmente estipulado por la NTE E.070.





**Figura 3.8.** Comparación de resistencia al corte en muretes de albañilería

### b) Discusiones

Teniendo una resistencia al corte promedio de  $8.92 \text{ kg/cm}^2$  y una desviación estándar de 0.50, tenemos una resistencia al corte característica de  $8.42 \text{ kg/cm}^2$ , con lo que cumple la NTE E.070 del reglamento nacional de edificaciones que nos indica que la resistencia característica al corte de albañilería King Kong industrial es de  $8.1 \text{ kg/cm}^2$ , estos resultados se pueden ver en la figura 3.8, así mismo tiene un coeficiente de variación de 5.61 %, que nos indica una uniformidad aceptable.

Si bien esta resistencia supera lo estipulado en la norma E.070, no llega a cumplir la condición de que:

$$V'm \leq \sqrt{F'm}$$

$$\sqrt{F'm} = \sqrt{65.63} = 8.1 \text{ kg/cm}^2$$

Siendo la  $V'm$  característica  $8.42 \text{ kg/cm}^2$ .

De acuerdo a Leguía (2018), en la ciudad de Ayacucho se usan mayormente ladrillos (artesanales) fabricados en el centro poblado de Compañía del distrito de Pacaycasa de la provincia de Huamanga y encontraron que llegaron a tener una resistencia característica al corte de  $5.61 \text{ kg/cm}^2$ , las unidades ensayadas en esta investigación llegan a una resistencia característica al corte de  $8.42 \text{ kg/cm}^2$ , siendo superiores a las anteriores y siendo una alternativa su uso.

### 3.5. COMPARACIÓN ESTADÍSTICA DE RESULTADOS CON RESPECTO A LA NORMA

#### 3.5.1. Comparación estadística de unidades de albañilería con respecto a la norma

$H_0$ : Las unidades ensayadas superan el mínimo señalado por la NTE E.070 para ser considerado una unidad tipo “III” ( $u \geq 95$ ).

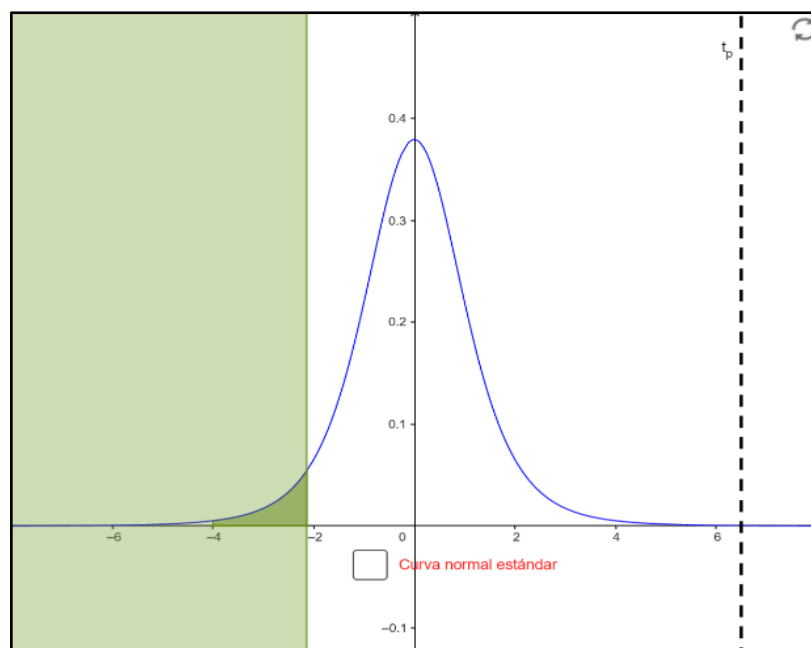
$H_1$ : Las unidades ensayadas no superan el mínimo señalado por la NTE E.070 para ser considerado una unidad tipo “III” ( $u < 95$ ).

#### Datos:

Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$ ; Tamaño de muestra:  $n = 13$

Desviación estándar:  $\sigma = 7.77$ ; Media muestral:  $\bar{x} = 119.80$

$$T_P = \frac{\bar{x} - u}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \rightarrow T_P = \frac{119.80 - 95}{\frac{7.77}{\sqrt{13}}} \rightarrow T_P = 11.50; \text{ se tiene } t_{0.95,12} = -1.782$$



**Figura 3.9.** Región de aceptación y rechazo de hipótesis para unidades tipo III

Fuente: adaptado de <https://www.geogebra.org/>

**Toma de decisión:** El valor de  $T_P = 11.5$  es mayor que el  $T_{\text{critico}} = -1.782$ , estos valores se encuentran graficados verticalmente en la figura 3.9, por tanto, se acepta la Hipótesis nula, Las unidades ensayadas superan el mínimo señalado por la NTE E.070 para ser considerado una unidad tipo “III”.

$H_0$ : Las unidades ensayadas superan el mínimo señalado por la NTE E.070 para ser considerado una unidad tipo “IV” ( $u \geq 130$ ).

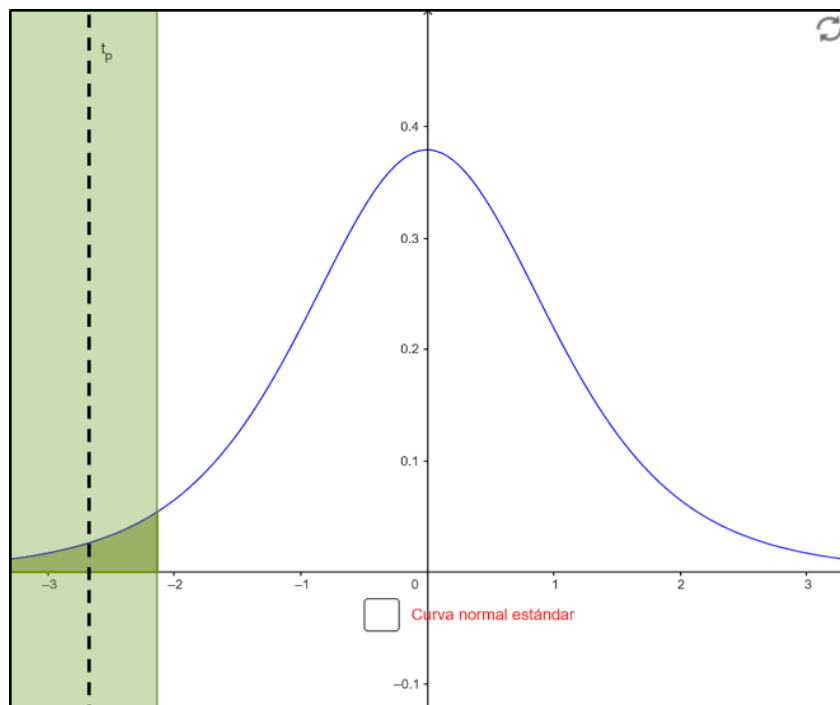
$H_1$ : Las unidades ensayadas no superan el mínimo señalado por la NTE E.070 para ser considerado una unidad tipo “IV” ( $u < 130$ ).

**Datos:**

*Nivel de significancia:*  $\alpha = 0.05$ ; *Tamaño de muestra:*  $n = 13$

*Desviación estándar:*  $\sigma = 7.77$ ; *Media muestral:*  $\bar{x} = 119.80$

$$T_P = \frac{\bar{x} - u}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \rightarrow T_P = \frac{119.80 - 130}{\frac{7.77}{\sqrt{13}}} \rightarrow T_P = -4.73; \text{ se tiene } t_{0.95,12} = -1.782$$



**Figura 3.10.** Región de aceptación y rechazo de hipótesis para unidades tipo IV

**Fuente:** adaptado de <https://www.geogebra.org/>

**Toma de decisión:** El valor de  $T_P = -4.73$  es menor que el  $T_{\text{crítico}} = -1.782$ , estos valores se encuentran graficados verticalmente en la figura 3.10, por tanto, se acepta la Hipótesis alternativa, Las unidades ensayadas no superan el mínimo señalado por la NTE E.070 para ser considerado una unidad tipo “IV”.

### 3.5.2. Comparación estadística de pilas de albañilería con respecto a la norma

$H_0$ : Las pilas de albañilería ensayados superan el mínimo señalado por la NTE E.070 “King Kong industrial” ( $u \geq 65$ ).

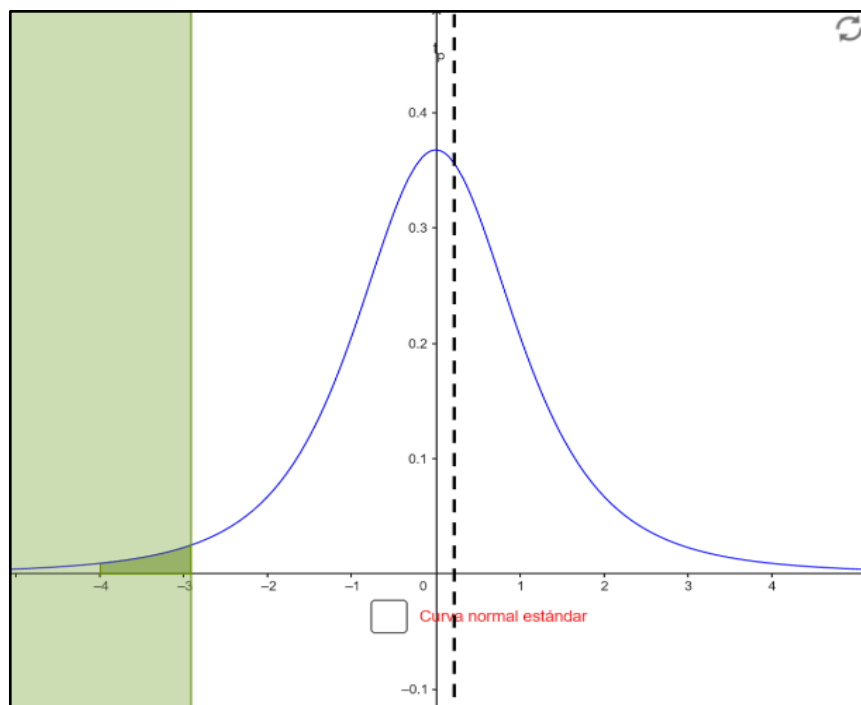
$H_1$ : Las pilas de albañilería ensayados no superan el mínimo señalado por la NTE E.070 “King Kong industrial” ( $u < 65$ ).

#### Datos:

Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$ ; Tamaño de muestra:  $n = 3$

Desviación estándar:  $\sigma = 5.72$ ; Media muestral:  $\bar{x} = 65.73$

$$T_p = \frac{\bar{x} - u}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \rightarrow T_p = \frac{65.73 - 65}{\frac{5.72}{\sqrt{3}}} \rightarrow T_p = 0.221; \text{ se tiene } t_{0.95,2} = -2.92$$



**Figura 3.11.** Región de aceptación y rechazo de Hipótesis para pilas de albañilería

Fuente: adaptado de <https://www.geogebra.org/>

**Toma de decisión:** El valor de  $T_p = 0.221$  es mayor que el  $T_{\text{critico}} = -2.92$ , estos valores se encuentran graficados verticalmente en la figura 3.11, por tanto, se acepta la Hipótesis nula, las pilas de albañilería superan el mínimo señalado por la NTE E.070 “King Kong industrial”.

### 3.5.3. Comparación estadística de muretes de albañilería con respecto a la norma

$H_0$ : Los muretes de albañilería ensayados superan el mínimo señalado por la NTE E.070 “King Kong industrial” ( $u \geq 8.1$ ).

$H_1$ : Los muretes de albañilería ensayados no superan el mínimo señalado por la NTE E.070 King Kong industrial” ( $u < 8.1$ ).

#### Datos:

Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$ ; Tamaño de muestra:  $n = 3$

Desviación estándar:  $\sigma = 0.50$ ; Media muestral:  $\bar{x} = 8.92$

$$T_P = \frac{\bar{x} - u}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \rightarrow T_P = \frac{8.92 - 8.1}{\frac{0.50}{\sqrt{3}}} \rightarrow T_P = 2.841; \text{ se tiene } t_{0.95,2} = -2.92$$

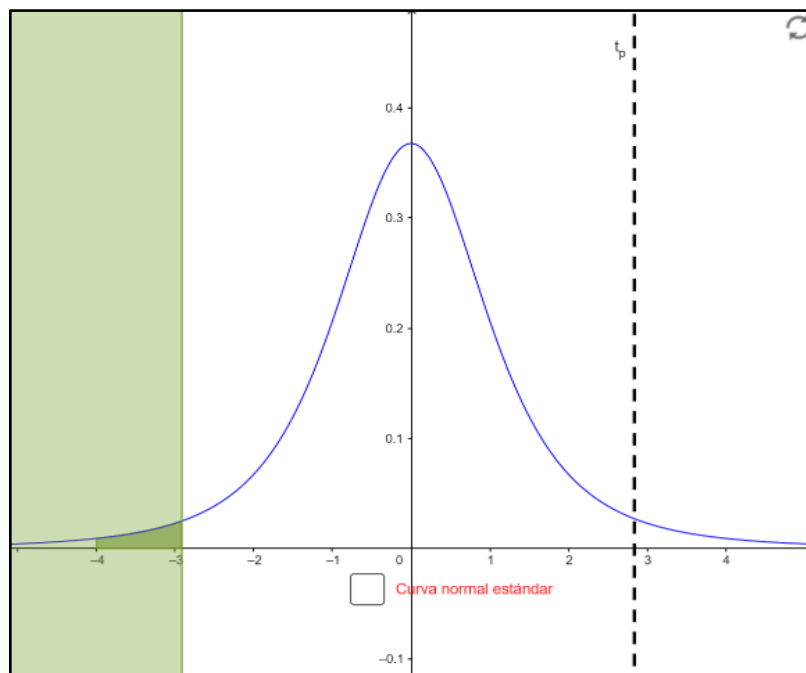


Figura 3.12. Región de aceptación y rechazo de Hipótesis para muretes de albañilería

Fuente: adaptado de <https://www.geogebra.org/>

**Toma de decisión:** El valor de  $T_p = 2.841$  es mayor que el  $T_{\text{crítico}} = -2.92$ , estos valores se encuentran graficados verticalmente en la figura 3.12 por tanto, se acepta la Hipótesis nula, los muretes de albañilería superan el mínimo señalado por la NTE E.070 “King Kong industrial”.

## CONCLUSIONES

1. Se logró evaluar las diferentes propiedades físicas de la albañilería producida en el distrito Los Chankas, teniendo como variación dimensional máxima un 0.79%, de alabeo se llega a tener un máximo de 3.5 mm, clasificándola como tipo “IV” según la norma E.070; una humedad natural de 0.46%, una succión promedio de 106.71 gr/200cm<sup>2</sup>\*min, de absorción un 21.42% siendo menor que el 22 % estipulado por la norma E.070 para su aceptación, una absorción máxima de 26.78%, un coeficiente de saturación de 0.80, una densidad de 1.44 gr/cm<sup>3</sup>, se tiene un 29.12% de áreas de vacíos, siendo menor que el 30% estipulado por la NTE E.070, por tanto es una unidad maciza y finalmente las unidades presentaron un leve signo de eflorescencia, entonces son unidades que pueden ser usadas en climas y condiciones de intemperismo severos, deben de ser saturadas antes de su uso y es una unidad maciza y con bajo signo de eflorescencia.
2. Se logró evaluar la resistencia a la compresión de la albañilería producida en el distrito Los Chankas, teniendo esta una resistencia a la compresión característica de 119.80 kg/cm<sup>2</sup>, llegando a clasificar como un ladrillo tipo III (resistencia característica mayor a 95 kg/cm<sup>2</sup> y menor a 130 kg/cm<sup>2</sup>) según la NTP E.070 de albañilería, los ensayos tuvieron un coeficiente de variación de 6.09%, siendo menor que el máximo de 20% según la NTP E.070, entonces clasifican como como un ladrillo tipo “III”.
3. Se logró evaluar el comportamiento de pilas y muretes de albañilería, se tiene como resultado en pilas una resistencia a la compresión característica (F´m) de 65.73 kg/cm<sup>2</sup>, siendo mayor a los 65 kg/cm<sup>2</sup> según la NTP E.070; los resultados de resistencia al corte en muretes tuvieron una resistencia al corte característica (V´m) de 8.42 kg/cm<sup>2</sup>, siendo mayor a los 8.1 kg/cm<sup>2</sup> según la NTP E.070, por tanto llegan a denominarse como un ladrillo King Kong industrial.

4. Se determinó las fases del proceso productivo de unidades de albañilería producidas en el distrito Los Chankas, en las que se pudo determinar que se realizan las actividades de extracción de materia prima, pre hidratado, trituración, amasado y moldeo, secado y cocción, estas en su mayoría se realizan se forma semi industrial con la ayuda de maquinaria, el proceso de cocción se realiza usando leña y carbón mineral.
  
5. De la observación e información recopilada en el trabajo de campo se determinó que el costo de producción para un millar de ladrillo King Kong 15 huecos producidos en el distrito los Chankas de la provincia de Chincheros es de S/ 213.84 (Doscientos trece y 84/100 Soles) en el mes de septiembre del 2019, el costo de venta a boca de horno es de S/ 550.00 (Quinientos cincuenta y 00/100 Soles) por millar.

## RECOMENDACIONES

- **A los usuarios de los ladrillos**

Se recomienda el uso de estas unidades de albañilería, ya que se demostró que tienen una mayor resistencia a la compresión, a diferencia de las unidades artesanales que actualmente predominan en nuestra ciudad, se recomienda su uso en muros portantes de viviendas hasta 3 pisos en zonas sísmicas 2 y 3 como lo son las regiones de Ayacucho y Apurímac.

Se recomienda que al usar estas unidades se realice la saturación horas antes, esto con la finalidad de evitar una alta succión que puede afectar el fraguado del mortero y así afectar la resistencia del muro.

- **A los fabricantes**

Se recomienda adicionar algún agregado (arena) en la fabricación de las unidades de albañilería, ya que estas tienen una alta succión y absorción, la incorporación de algún agregado grueso lograría disminuir esas propiedades.

Se recomienda realizar controles de calidad permanentes a los lotes producidos, tanto en unidades y prismas de albañilería y en función a la norma técnica de edificaciones E.070 de albañilería.

Mejorar el proceso de cocción, ya que este es definitivo para la calidad del producto, tanto en resistencia y características físicas y visuales, con el fin de obtener valores de coeficientes de variación cada vez menores.

- **A los alumnos**

Se recomienda realizar futuras investigaciones en el área de unidades de albañilería, como la adecuada proporción de agregado – arcilla y sus efectos en la resistencia de estos, los efectos del uso de tecnología nuevas, como el uso de extrusoras con bomba de vacío en la fabricación y su efecto en la resistencia de las unidades y la realización de un estudio mineralógico de la cantera usada actualmente y la cantera de agregado que podría ser incorporado en la fabricación.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afanador, N., & Guerrero, G. (2012). Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 43 - 58. Recuperado el 2019 de Mayo de 28, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-81702012000100003&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81702012000100003&lng=en&tlng=es).
- Aguirre, D. R. (2004). *Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la Región Central Junin*. Lima: PUCP.
- Alarcon, H. (2016). *Comportamiento estructural en muros de albañilería confinada compuestos por ladrillos de arcilla fabricados en Huancayo - Concepcion - 2016*. Huancayo - Junin: UPLA.
- Cordova, M. (2003). *Estadística descriptiva e inferencial* (5ta ed.). Lima, Peru: Moshera S.R.L.
- Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *Albañilería Estructural*. Lima - Peru: PUCP.
- García, C. A., García, M. C., & Vaca, M. L. (2013). Resistencia mecánica de ladrillos preparados con mezclas de arcilla y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales. *Tecnura*, 68-81. Recuperado el 28 de Mayo de 2019, de from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-921X2013000400006&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2013000400006&lng=en&tlng=es)
- Instituto Nacional de Calidad. (2017). *Unidades De Albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*. Lima - Peru: CID INACAL.
- Leguia, G. (2018). *Evaluación de la resistencia al corte y flexión de muros de albañilería confinada artesanal con carga dinámica cíclica*. Ayacucho - Peru: UNSCH.
- Loayza, R. (2017). *Tecnología de producción de ladrillos en el distrito de Talavera provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac*. Cusco: UNSAAC.
- Ministerio de vivienda. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.070, Albañilería*. Lima: El Peruano.
- Programa regional de aire limpio y el Ministerio de la Producción. (2010). *Estudio diagnóstico sobre las ladrilleras artesanales en el Perú*. Lima: Ministerio del Ambiente.

- Quispe, M. (2016). *Determinación de unidades físico - mecánicas de unidades de albañilería, elaboradas con residuos sólidos de ladrilleras artesanales, arena de cantera Cunyac y cemento tipo IP*. Cusco: UNSAAC.
- San Bartolome, A. (1994). *Construcciones de albañilería - comportamiento sísmico y diseño estructural*. Lima - Peru: PUCP.
- Sanches, N., Zapata, M., & Granados, H. (1992). *Análisis de unidades de albañilería producidas en Huancayo*. Huancayo.
- Seminario, R. C. (2013). *Variabilidad de las propiedades de los ladrillos industriales de 18 huecos en la Ciudad de Piura*. Piura - Peru: PIRHUA.
- Vicaña, J. (2019). *Efectos patológicos en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal en la región ayacucho*. Ayacucho - Peru: UNSCH.
- Villegas, C. A. (2008). *Estudio de verificación de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla cocida de Lima Metropolitana*. Lima - Peru: UNI.

# ANEXOS



ANEXO 01.

CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN



# PEREZ BARDALEZ & ASOCIADOS S.R.L.

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 613-08-2018

A : HUALLANCA HUALLANCA CARBAJAL INGENIROS  
ASOCIADOS SAC  
ATENCIÓN : Ing. ROLANDO HUALLANACA DE LA CRUZ  
DE : Ing. CARLOS PÉREZ CHAPARRO  
Consultor en Control de Calidad  
ASUNTO : CALIBRACION DE PRENSA DE ROTURA DE PROBETAS DE  
CONCRETO  
FECHA : 23 de Agosto del 2018

### DEL EQUIPO

Marca : S/M  
Tipo : Manual  
Modelo : HHCN2  
Serie :  
Capacidad : 100000 kg/f

### UBICACIÓN

Av. Perú 101 Carmen Alto Ayacucho

### INFORMACIÓN ADICIONAL

### DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN

Verificación y calibración mediante contraste de puntos de control y aplicación de cargas registradas en patrón electrónico marca PROCEQ DMS C-148, serie 01.2621, calibrado con patrón trazable al NIST (USA).

### DE LAS CONDICIONES

Ambientales.

### RESULTADOS

Carga (kg)	Error (%)
100	-0,10
200	-0,15
300	-0,27
400	-0,30
500	-0,40
600	-0,65
700	-0,70
800	-0,70

### NOTAS

- 1) Los signos de error indican el porcentaje de carga que podrá adicionarse algebraicamente a la lectura del dial en el rango correspondiente.
- 2) De acuerdo a los resultados, la lectura de carga es directa, para cada ensayo.
- 3) Norma utilizada ASTM E-4-14
- 4) Para efectos de supervisión el error máximo permisible es de  $\pm 1,00\%$ .

Hecho por: V.P.Z.

  
Carlos A. Pérez Chaparro  
Ingeniero Civil  
CIP. 88377

Pietro Mascagni 350 - Lima 41  
Teléfono: 999442520  
pbasrl@yahoo.com.pe

Calibración, reparación, mantenimiento, venta y alquiler de equipos de control de calidad para laboratorios de concreto, suelos y asfaltos.

# PEREZ BARDALEZ & ASOCIADOS S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 611-08-2018

A : HUALLANCA HUALLANCA CARBAJAL INGENIEROS  
ASOCIADOS SAC  
ATENCIÓN DE : Ing. ROLANDO HUALLANCA DE LA CRUZ  
: Ing. CARLOS PÉREZ CHAPARRO  
Consultor en Control de Calidad  
ASUNTO : CALIBRACION ESTUFA ELECTRICA  
FECHA : 23 de agosto del 2018

## DEL EQUIPO

Marca : A&A INSTRUMENTS  
Tipo : DRYIN OVEN  
Modelo : STHX 1A  
Serie : 15726 18726  
Capacidad : 85 LITROS

## UBICACIÓN

Av. Perú 101 Carmen Alto Ayacucho

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**PATRON TERMOMETRO DIGITAL**

Marca: CIE

Modelo: 305P

Capacidad y precisión: -50 a 1300 ° C +0.3%

Series: 1600039 1600035

## DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN

Verificación y calibración mediante contraste de puntos de control, en intervalos de minutos  
Tomando lecturas en tiempo inmediato.

## DE LAS CONDICIONES

Ambientales

## RESULTADOS

Hora	Pirómetro estufa	Patrón 1	Patrón 2
16.35	60.0°C	58.7°C	59.2 °C
16.55	60.3°C	59.1°C	59.7°C
17.25	130.3°C	129.9°C	130.8°C
17.54	130.3°C	128.5°C	130.2°C
18.20	130.1°C	129.9°C	144.2°C
18.55	130.3°C	128.5°C	130.2°C

ORSEVACIONES: Dicho equipo no presenta mayor variabilidad en los contrastes ya que cuenta con sistema de aire forzado en el interior de la cámara térmica.

  
Carlos A. Pérez Chaparro  
Ingeniero Civil  
CIP. 89377

Hecho por: V.P.Z.

Pietro Mascagni 350 - Lima 41  
Teléfono: 999442520  
pbasri@yahoo.com.pe

Calibración, reparación, mantenimiento, venta y alquiler de equipos de control de calidad para laboratorios de concreto, suelos y asfaltos.

# PEREZ BARDALEZ & ASOCIADOS S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 618-08-2018

A : HUALLANCA HUALLANCA CARBAJAL INGENIEROS  
ASOCIADOS SAC  
ATENCIÓN DE : Ing. ROLANDO HUALLANCA DE LA CRUZ  
: Ing. CARLOS PÉREZ CHAPARRO  
Consultor en Control de Calidad  
ASUNTO : CALIBRACION BALANZA ELECTRONICA  
FECHA : 23 de agosto del 2018

## DEL EQUIPO

Marca : OHAUS  
Tipo :  
Modelo : R31P30  
Serie : 8335440264  
Capacidad : 30KG

## UBICACIÓN

Av. Perú 101 Carmen Alto Ayacucho

## INFORMACIÓN ADICIONAL

PESAS PATRON CLASE M1  
Marca: ACCURATE  
Capacidad: 0 A 20 KG 5KG 10KG

## DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN

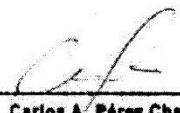
Verificación y calibración mediante contraste de cargas de peso patrón e indicador de balanza

## DE LAS CONDICIONES

Ambientales.

## RESULTADOS

Patrón	Balanza	Patrón	Balanza	Patrón	Balanza
1gr.	1gr	50gr.	50gr.	4500gr.	4500gr
2gr.	2gr.	100gr.	100gr.	10000gr.	9999gr.
3gr.	3gr.	300gr.	300gr.	15000gr.	14999gr.
20gr.	20gr.	800gr.	800gr.	20000gr.	19999gr.
30gr.	30gr.	1500gr.	1500gr.	30000gr.	29999gr.

  
Carlos A. Pérez Chaparro  
Ingeniero Civil.  
C.I.P. 60317

Hecho por: V.P.Z.



ANEXO 02.

ENSAYOS DE LA CANTERA DE ARCILLA



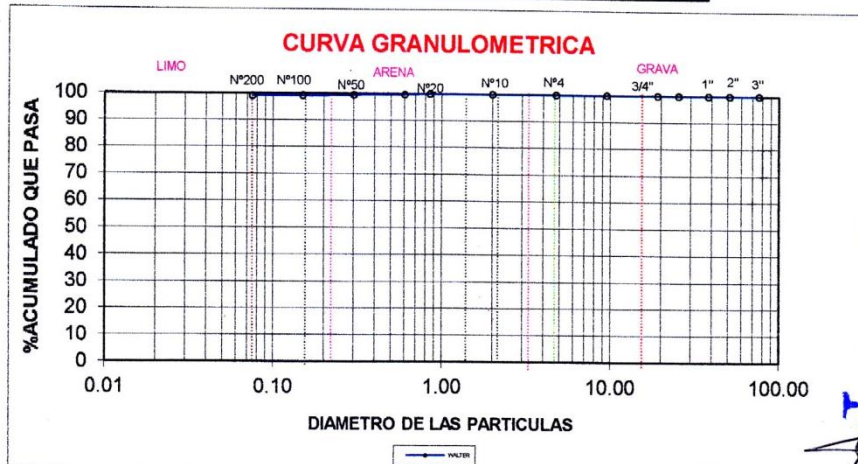


**ENSAYOS ESTANDARES DE CLASIFICACION**  
**(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)**

**ITEM** : PROYECTO TESIS  
**SOLICITA** : BR. ING. BRUS CUENCA GRANADOS  
**MUESTRA** : ARCILLA PARA ELABORACION DE LADRILLOS  
**CANTERA** : CHAMILLCO  
**UBICACIÓN** : KM. 125 CARRETERA AYACUCHO-ANDAHUAYLAS DIST. LOS CHANKAS-CHINCHEROS-APURIMAC

PESO INICIAL SECO (gr) 107.80  
 PESO LAVADO SECADO (gr) 1.10  
 FECHA : 16/12/2019

MALLA	ABERTURA (mm)	P. RETENIDO (gr)	R. PARCIAL (%)	% ACUMULADOS	
				Retenido	Pasante
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1-1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº10	2.00	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº20	0.85	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº30	0.60	0.30	0.28	0.28	99.72
Nº50	0.30	0.20	0.19	0.46	99.54
Nº100	0.15	0.40	0.37	0.83	99.17
Nº200	0.08	0.10	0.09	0.93	99.07
FONDO	0.01	0.10	0.09	1.02	98.98
LAVADO	0.01	106.70	98.98	100.00	0.00



**PROPIEDADES FISICAS**

CONTENIDO DE HUMEDAD	5.80	D10 = 0.050	<b>DISTRIBUCION GRANULOMETRICO</b>	
LIMITE LIQUIDO	45.00	D30 = 0.050		
LIMITE PLASTICO	24.09	D60 = 0.050	% GG	0.00
INDICE PLASTICIDAD	20.91		% GF	0.00
LIMITE DE CONTRACCION		Cu = 1	% AG	0.00
FINOS(%)	99.07	Cc = 1	% AM	0.28
CLASIFICACION (SUCS)		<b>CL</b>	% AF	0.65
CLASIFICACION (AASTHO)	<b>A-7-6(24)</b>		% F	99.07
NOMBRE DEL GRUPO	<b>ARCILLA INORGANICA</b>			

**HHC**  
 Ing. Rolando A. Huallanca De La Cruz  
 C.A. DE LABORATORIOS SUELO Y LADRILLO  
 (R. 07467)

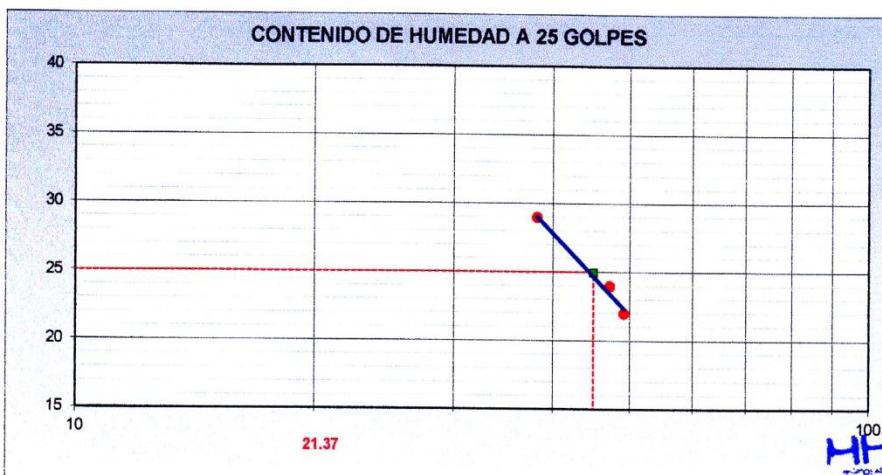
**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
(NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS	
ITEM	: PROYECTO TESIS
SOLICITA	: BR. ING. BRUS CUENCA GRANADOS
MUESTRA	: ARCILLA PARA ELABORACION DE LADRILLOS
CANTERA	: CHAMILLO
UBICACIÓN	: KM. 125 CARRETERA AYACUCHO-ANDAHUAYLAS DIST. LOS CHANKAS-CHINCHEROS-APURIMAC
FECHA : 16/12/19	

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: ARCILLA PARA LADRILLO

LIMITE LIQUIDO				
Nº TARRO		Z-10	A-6	K-5
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	40.39	26.96	33.82
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	35.45	21.99	26.94
PESO DE AGUA	(g)	4.94	4.97	6.88
PESO DEL TARRO	(g)	22.51	11.45	12.94
PESO DEL SUELO SECO	(g)	12.94	10.54	14.00
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	38.2	47.2	49.1
NUMERO DE GOLPES		29	24	22

LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO		A-2	H-1	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	18.02	17.07	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	16.73	15.97	
PESO DE AGUA	(g)	1.29	1.10	
PESO DEL TARRO	(g)	11.46	11.33	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	5.27	4.64	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	24.5	23.7	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	45.0
LIMITE PLASTICO	24.09
INDICE DE PLASTICIDAD	20.91

  
 mg. Rolando A. Huallanca De La Cruz  
 JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y CONCRETO  
 IP 6346

LIMITE DE CONTRACCION ASTM 427

PROYECTO : TESIS  
 SOLICITA : BR. ING. BRUS CUENCA GRANADOS  
 MATERIAL : ARCILLA PARA ELABORAR LADRILLO  
 CANTERA : CHAMILCO  
 UBICACIÓN : KM. 125 CARRET. AYAC--ANDAHUAYLAS- DIST. LOS CHANKAS-CHINCHEROS-APURIMAC

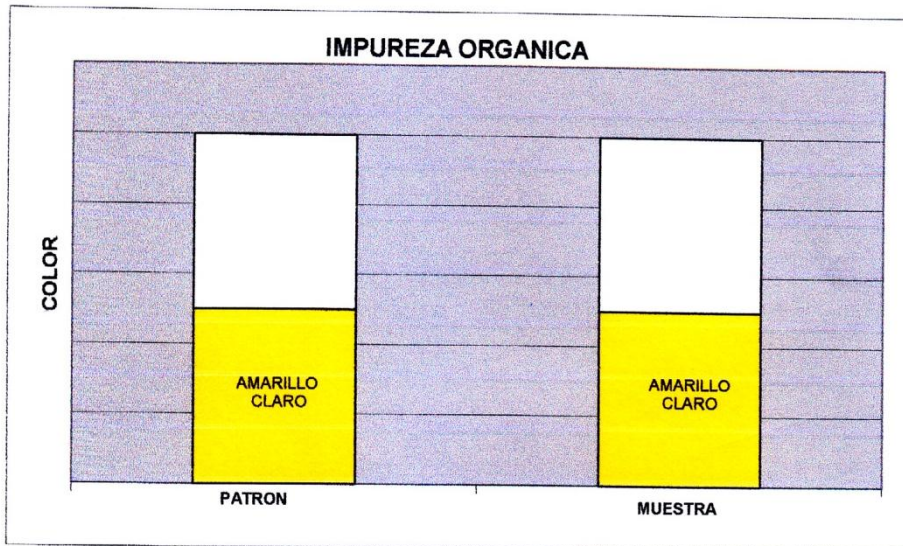
1	VASIJA DE CONTRACCION N°	1
2	PESO VASIJA DE CONTRACCION + PESO SUELO HUMEDO	116.74
3	PESO VASIJA DE CONTRACCION + PESO SUELO SECO	105.89
4	PESO AGUA CONTENIDA (2-3)	10.85
5	PESO VASIJA DE CONTRACCION	84.26
6	PESO SUELO SECO, $W_o = (3-5)$	21.63
7	CONTENIDO DE HUMEDAD, $\omega = (4/6*100)$	50.16
8	VOLUMEN DE LA VASIJA DE CONTRACCION, V	18
9	VOLUMEN DE LA TORTA DE SUELO SECO, $V_o$	15
10	$(V-V_o) = (8-9)$	3
11	$(V-V_o)*100 / W_o = 10/6*100$	13.86962552
12	LIMITE DE CONTRACCION(7-11)	36.29218678
13	RELACION DE CONTRACCION (6/9)	1.442

**HHC**  
  
 Ing. Rolando A. Huallanca De La Cruz  
 JEFE DE LABORATORIO SUELO Y CONCRETO  
 ID 17401

**IMPUREZAS ORGANICAS ASTM C-40**

**ITEM** : PROYECTO TESIS  
**SOLICITA** : BR. ING. BRUS CUENCA GRANADOS  
**MUESTRA** : ARCILLA PARA ELABORACION DE LADRILLOS  
**CANTERA** : CHAMILCO  
**UBICACIÓN** : KM. 125 CARRETERA AYACUCHO-ANDAHUAYLAS DIST. LOS CHANKAS-CHINCHEROS-APURIMAC

**FECHA** : 16/12/2019



**RESULTADO:**  
POR COMPARACION DEL COLOR EN EL PLATO DE COLOR ORGANICO VS. COLOR SOLUCION CON LA MUESTRA DE ARENA: **NO HAY PRESENCIA DE TRAZAS DE MATERIA ORGANICA EN LA ARCILLA**

**HHC**  
INGENIEROS ASOCIADOS SAC  
*[Signature]*  
**Ing. Roberto A. Huallanca De La Cruz**  
INGENIERO DE LABORATORIO SUELO Y CONCRETO  
N° 163447

PESO ESPECIFICO RELATIVA DE SOLIDOS ATM 427

ITEM : TESIS  
 SOLICITA : BR. ING. BRUS CUENCA GRANADOS  
 MATERIAL : ARCILLA PARA ELABORAR LADRILLO  
 CANTERA : CHAMILICO  
 UBICACIÓN : KM. 125 CARRET. AYAC--ANDAHUAYLAS- DIST. LOS CHANKAS-CHINCHEROS-APURIMAC

1	UBICACIÓN MUESTRA	C-55
2	PESO DE MUESTRA SECA (WS)	70
3	PESO DE FIOLA + AGUA ( Wmw)	656.48
4	PESO DE FIOLA + AGUA +SUELO ( WMWS)	699.99
5	PESO ESPECIFICO DEL AGUA ( $\delta_w$ ) GR/CM3	0.9922
6	PESO MUESTRA DESPLAZADA (Ww)	26.49
7	VOLUMEN DE MUESTRA ( $V_w=W_s/\Delta w$ )	26.70
8	PESO ESPECIFICO= $W_s/V_w$	2.621895055

**HHC**  
INGENIEROS ASOCIADOS SAC  
 Ing. Rolando Huallanca De La Cruz  
 JEFE DE LABORATORIO SUELO Y CONCRETO  
 N° 673497

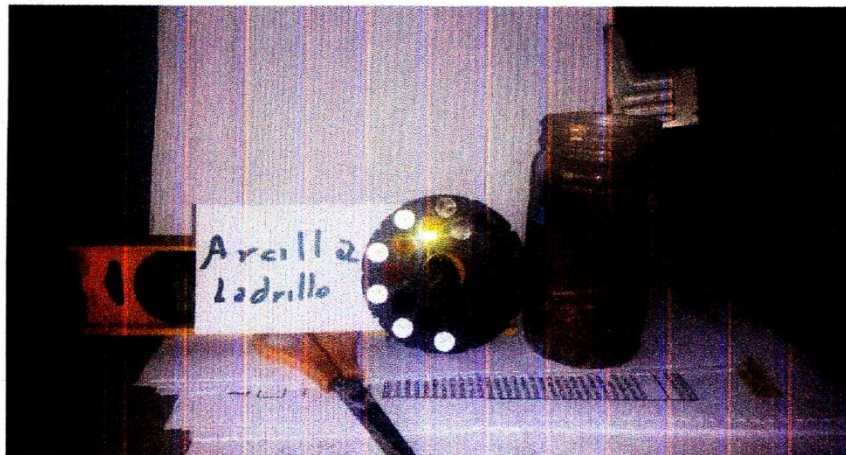


Foto N° 1: Ensayo de materia organica arcilla para ladrillo

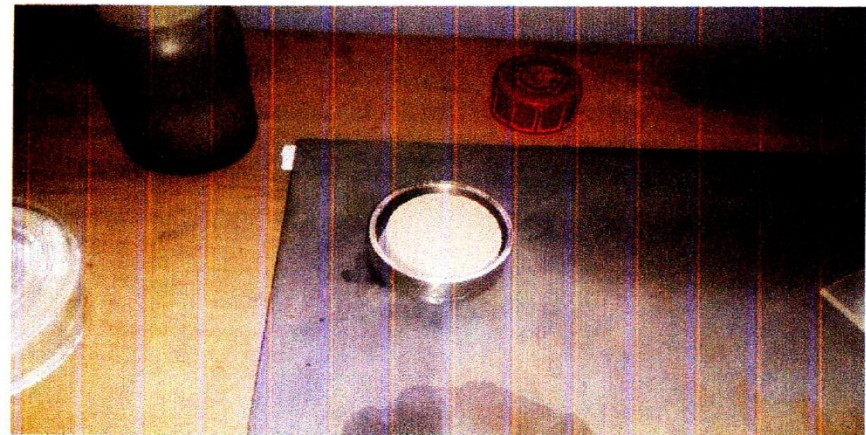


Foto N° 2: Ensayo de limite de contracción de la arcilla

**HHC**  
INGENIEROS ASOCIADOS SAC  
Ing. Rolando A. Huallanca De La Cruz  
INGENIERO Y LABORATORIO SUELO Y CONCRETO  
IP 821497



**Foto N° 5:** Ensayo de limite de contracción de la arcilla



**Foto N° 6:** Ensayo de limite de contracción de la arcilla

**HHC**  
INGENIEROS ASOCIADOS SAC  
**Ing. Rolando A. Pizalla De La Cruz**  
LABORATORIO SUELO Y CONCRETO  
N° 13497



Foto N° 3: Ensayo de limite de contracción de la arcilla



Foto N° 4: Ensayo de limite de contracción de la arcilla

**HHCM**  
INGENIEROS ASOCIADOS SAC  
*[Signature]*  
Ing. Rolando A. Huallanca De La Cruz  
INFORME LABORATORIO SUELO Y CONCRETO  
N° 163497





ANEXO 03.

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

NORMA E.070 - ALBAÑILERÍA



total del muro « $h_m$ » (del suelo al nivel más alto) y la longitud del muro en planta  $l_m$ .

$$\text{si } \left(\frac{h_m}{l_m}\right) \leq 1,5 \quad \alpha = 0,8$$

$$\text{si } \left(\frac{h_m}{l_m}\right) \geq 2,5 \quad \alpha = 0,53$$

$$\text{si } 1,5 < \left(\frac{h_m}{l_m}\right) < 2,5 \quad \alpha \text{ se obtiene interpolando entre } 0,8 \text{ y } 0,53$$

El valor máximo de  $V_n$  será  $V_n < 2,7\sqrt{f_c}A_c$

2.11. El refuerzo vertical distribuido debe garantizar una adecuada resistencia al corte fricción ( $\phi V_n$ ) en la base de todos los muros.

La resistencia a corte fricción deberá calcularse como:

$$V_n < 2,7\sqrt{f_c}A_c$$

Donde la fuerza normal última ( $N_u$ ) se calcula en función de la carga muerta ( $N_m$ ) como  $N_u = 0,9 N_m$ , el coeficiente de fricción debe tomarse como  $\mu = 0,6$  y  $\phi = 0,85$ . Excepcionalmente cuando se prepare adecuadamente la junta se tomará  $\mu = 1,0$  y el detalle correspondiente se deberá incluir en los planos.

2.12. El refuerzo vertical de los muros deberá estar adecuadamente anclado, en la platea de cimentación (o en losa de transferencia), para poder desarrollar su máxima resistencia a tracción, mediante anclajes rectos o con gancho estándar de 90°, las longitudes correspondientes a ambos casos deberán estar de acuerdo a lo señalado en la NTE E.060 Concreto Armado.

2.13. Cuando excepcionalmente se decida empalmar por traslape todo el acero vertical de los muros de un piso, la longitud de empalme ( $l_e$ ) deberá ser como mínimo dos veces la longitud de desarrollo ( $l_d$ ), es decir  $l_e = 2 l_d$ . En los casos de mallas electrosoldadas se deberá usar  $l_e = 3 l_d$ .

2.14. El recubrimiento del acero de refuerzo en los extremos de los muros deberá ser como mínimo de 2,5 cm. En los casos de elementos en contacto con el terreno se deberá incrementar el espesor del muro hasta obtener un recubrimiento mínimo de 4 cm.

2.15. La cuantía mínima de refuerzo vertical y horizontal de los muros deberá cumplir con las siguientes limitaciones:

$$\text{Si } V_u > 0,5 \phi V_c \text{ entonces } \rho_h \geq 0,0025 \text{ y } \rho_v \geq 0,0025$$

$$\text{Si } V_u < 0,5 \phi V_c \text{ entonces } \rho_h \geq 0,0020 \text{ y } \rho_v \geq 0,0015$$

$$\text{Si } \frac{h_m}{l_m} \leq 2 \text{ la cuantía vertical de refuerzo no deberá ser menor que la cuantía horizontal.}$$

Estas cuantías son aplicables indistintamente a la resistencia del acero.

### 3. DISEÑO DE LOSAS DE ENTREPISO Y TECHO

3.1. Se podrá emplear malla electrosoldada para el diseño de las losas, debiéndose cumplir los espaciamientos máximos indicados en el Sección 11.5.4 de la NTE E.060 de Concreto Armado.

3.2. Se podrá emplear redistribución de momentos hasta en un 20 %, sólo cuando el acero de refuerzo cumpla con 1.3

### 4. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA

4.1. En edificios con muros discontinuos pero que satisfacen los requerimientos del acápite 4.1.b de las especificaciones complementarias de diseño sismorresistente, el sistema de transferencia (parrilla, losa y elementos verticales de soporte) se deberá diseñar empleando un factor de reducción de fuerzas sísmicas (RST) igual al empleado en el edificio R dividido entre 1,5, es decir  $RST = R / 1,5$ .

4.2. En los edificios con muros discontinuos descritos en el acápite 4.1.e de las especificaciones complementarias de diseño sismorresistente, para todos los muros que descansan en el nivel de transferencia, se calcularán las resistencias nominales a flexión ( $M_n$ ) asociadas a cada valor de la carga axial,  $P_u$ . Los valores de  $M_n$  y  $P_u$  se amplificarán por 1,2 y se usarán en las combinaciones de diseño usuales en las que se incluirán además las cargas directamente aplicadas en el nivel de transferencia.

### 5. DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN

5.1. Cuando se decida emplear plateas superficiales de cimentación sobre rellenos controlados, se deberá especificar en los planos del proyecto la capacidad portante del relleno en la superficie de contacto con la platea, así como sus características (densidad mínima, profundidad, espesor, etc.).

5.2. Las plateas deberán tener uñas con una profundidad mínima por debajo de la losa o del nivel exterior, el que sea más bajo, de 0,60 m en la zona de los límites de propiedad y 2 veces el espesor de la losa en zonas interiores.

## NORMA E.070

### ALBAÑILERÍA

#### ÍNDICE DE FÓRMULAS Y VALORES DE DISEÑO

FÓRMULA o VALOR DE DISEÑO	Artículo
Resistencia característica de la albañilería ( $f_{m,v}$ )	13.7
Espesor efectivo mínimo de los muros portantes (t)	19.1a
Esfuerzo axial máximo permitido en los muros portantes	19.1b
Resistencia admisible en la albañilería por carga concentrada coplanar o resistencia al aplastamiento	19.1c
Densidad mínima de muros reforzados	19.2b
Módulo de elasticidad de la albañilería ( $E_m$ )	24.7
Fuerza cortante admisible en los muros ante el sismo moderado	26.2
Fuerza cortante de agrietamiento diagonal o resistencia al corte ( $V_m$ )	26.3
Resistencia al corte mínima del edificio ante sismos severos	26.4
Refuerzo horizontal mínimo en muros confinados	27.1
Carga sísmica perpendicular al plano de los muros	29.6
Momento flector por carga sísmica ortogonal al plano de los muros	29.7
Esfuerzo admisible de la albañilería por flexocompresión	30.7
Esfuerzo admisible de la albañilería en tracción por flexión	30.7
Factores de seguridad contra el volteo y deslizamiento de los cercos	31.6
Resistencia de un tabique ante acciones sísmicas coplanares	33.4

### CAPÍTULO 1 ASPECTOS GENERALES

#### Artículo 1.- ALCANCE

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

1.2. 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.

1.3. Los sistemas de albañilería que estén fuera del alcance de esta Norma, deberán ser aprobados mediante Resolución del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento luego de ser evaluados por SENCICO.

#### Artículo 2.- REQUISITOS GENERALES

2.1. Las construcciones de albañilería serán diseñadas por métodos racionales basados en los principios es-

tablecidos por la mecánica y la resistencia de materiales. Al determinarse los esfuerzos en la albañilería se tendrá en cuenta los efectos producidos por las cargas muertas, cargas vivas, sismos, vientos, excentricidades de las cargas, torsiones, cambios de temperatura, asentamientos diferenciales, etc. El análisis sísmico contemplará lo estipulado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente, así como las especificaciones de la presente Norma.

2.2. Los elementos de concreto armado y de concreto ciclópeo satisfarán los requisitos de la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado, en lo que sea aplicable.

2.3. Las dimensiones y requisitos que se estipulan en esta Norma tienen el carácter de mínimos y no eximen de manera alguna del análisis, cálculo y diseño correspondiente, que serán los que deben definir las dimensiones y requisitos a usarse de acuerdo con la función real de los elementos y de la construcción.

2.4. Los planos y especificaciones indicarán las dimensiones y ubicación de todos los elementos estructurales, del acero de refuerzo, de las instalaciones sanitarias y eléctricas en los muros; las precauciones para tener en cuenta la variación de las dimensiones producidas por deformaciones diferidas, contracciones, cambios de temperatura y asentamientos diferenciales; las características de la unidad de albañilería, del mortero, de la albañilería, del concreto, del acero de refuerzo y de todo otro material requerido; las cargas que definen el empleo de la edificación; las juntas de separación sísmica; y, toda otra información para la correcta construcción y posterior utilización de la obra.

2.5. Las construcciones de albañilería podrán clasificarse como «tipo resistente al fuego» siempre y cuando todos los elementos que la conforman cumplan los requisitos de esta Norma, asegurando una resistencia al fuego mínima de cuatro horas para los muros portantes y los muros perimetrales de cierre, y de dos horas para la tabiquería.

2.6. Los tubos para instalaciones secas: eléctricas, telefónicas, etc. sólo se alojarán en los muros cuando los tubos correspondientes tengan como diámetro máximo 55 mm. En estos casos, la colocación de los tubos en los muros se hará en cavidades dejadas durante la construcción de la albañilería que luego se rellenarán con concreto, o en los alvéolos de la unidad de albañilería. En todo caso, los recorridos de las instalaciones serán siempre verticales y por ningún motivo se picará o se recortará el muro para alojarlas.

2.7. Los tubos para instalaciones sanitarias y los tubos con diámetros mayores que 55 mm, tendrán recorridos fuera de los muros portantes o en falsas columnas y se alojarán en ductos especiales, o en muros no portantes.

2.8. Como refuerzo estructural se utilizará barras de acero que presenten comportamiento dúctil con una elongación mínima de 9%. Las cuantías de refuerzo que se presentan en esta Norma están asociadas a un esfuerzo de fluencia  $f_y = 412 \text{ MPa}$  ( $4200 \text{ Kg/cm}^2$ ), para otras situaciones se multiplicará la cuantía especificada por  $412/f_y$  (en MPa) ó  $4200/f_y$  (en  $\text{kg/cm}^2$ ).

2.9. Los criterios considerados para la estructuración deberán ser detallados en una memoria descriptiva estructural tomando en cuenta las especificaciones del Capítulo 6

## CAPÍTULO 2 DEFINICIONES Y NOMENCLATURA

### Artículo 3. DEFINICIONES

3.1. **Albañilería o Mampostería.** Material estructural compuesto por «unidades de albañilería» asentadas con mortero o por «unidades de albañilería» apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.

3.2. **Albañilería Armada.** Albañilería reforzada interiormente con varillas de acero distribuidas vertical y horizontalmente e integrada mediante concreto líquido, de tal manera que los diferentes componentes actúen conjuntamente para resistir los esfuerzos. A los muros de Albañilería Armada también se les denomina Muros Armados.

3.3. **Albañilería Confinada.** Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel.

3.4. **Albañilería No Reforzada.** Albañilería sin refuerzo (Albañilería Simple) o con refuerzo que no cumple con los requisitos mínimos de esta Norma.

3.5. **Albañilería Reforzada o Albañilería Estructural.** Albañilería armada o confinada, cuyo refuerzo cumple con las exigencias de esta Norma.

3.6. **Altura Efectiva.** Distancia libre vertical que existe entre elementos horizontales de arriostre. Para los muros que carecen de arriostres en su parte superior, la altura efectiva se considerará como el doble de su altura real.

3.7. **Arriostre.** Elemento de refuerzo (horizontal o vertical) o muro transversal que cumple la función de proveer estabilidad y resistencia a los muros portantes y no portantes sujetos a cargas perpendiculares a su plano.

3.8. **Borde Libre.** Extremo horizontal o vertical no arriostrado de un muro.

3.9. **Concreto Líquido o Grout.** Concreto con o sin agregado grueso, de consistencia fluida.

3.10. **Columna.** Elemento de concreto armado diseñado y construido con el propósito de transmitir cargas horizontales y verticales a la cimentación. La columna puede funcionar simultáneamente como arriostre o como confinamiento.

3.11. **Confinamiento.** Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante.

3.12. **Construcciones de Albañilería.** Edificaciones cuya estructura está constituida predominantemente por muros portantes de albañilería.

3.13. **Espesor Efectivo.** Es igual al espesor del muro sin tarrajeo u otros revestimientos descontando la profundidad de bruñas u otras indentaciones. Para el caso de los muros de albañilería armada parcialmente rellenos de concreto líquido, el espesor efectivo es igual al área neta de la sección transversal dividida entre la longitud del muro.

3.14. **Muro Arriostrado.** Muro provisto de elementos de arriostre.

3.15. **Muro de Arriostre.** Muro portante transversal al muro al que provee estabilidad y resistencia lateral.

3.16. **Muro No Portante.** Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Son, por ejemplo, los parapetos y los cercos.

3.17. **Muro Portante.** Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical.

3.18. **Mortero.** Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería.

3.19. **Placa.** Muro portante de concreto armado, diseñado de acuerdo a las especificaciones de la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.

3.20. **Plancha.** Elemento perforado de acero colocado en las hiladas de los extremos libres de los muros de albañilería armada para proveerles ductilidad.

3.21. **Tabique.** Muro no portante de carga vertical, utilizado para subdividir ambientes o como cierre perimetral.

3.22. **Unidad de Albañilería.** Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar ó tubular.

3.23. **Unidad de Albañilería Alveolar.** Unidad de Albañilería Sólida o Hueca con alvéolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar el refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de los muros armados.

3.24. **Unidad de Albañilería Apilable:** Es la unidad de Albañilería alveolar que se asienta sin mortero.

3.25. **Unidad de Albañilería Hueca.** Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

3.26. **Unidad de Albañilería Sólida (o Maciza)** Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

3.27. **Unidad de Albañilería Tubular (o Pandereta).** Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento.

3.28. **Viga Solera.** Viga de concreto armado vaciado sobre el muro de albañilería para proveerle arriostre y confinamiento.

## Artículo 4.- NOMENCLATURA

- $A$  = área de corte correspondiente a la sección transversal de un muro portante.
- $A_c$  = área bruta de la sección transversal de una columna de confinamiento.
- $A_{cV}$  = área de una columna de confinamiento por corte fricción.
- $A_n$  = área del núcleo confinado de una columna descontando los recubrimientos.
- $A_s$  = área del acero vertical u horizontal.
- $A_{sV}$  = área del acero vertical por corte fricción en una columna de confinamiento.
- $A_{sT}$  = área del acero vertical por tracción en una columna de confinamiento.
- $A_e$  = área de estribos cerrados.
- $d$  = peralte de una columna de confinamiento (en la dirección del sismo).
- $D_b$  = diámetro de una barra de acero.
- $e$  = espesor bruto de un muro.
- $E_c$  = módulo de elasticidad del concreto.
- $E_s$  = módulo de elasticidad de la albañilería.
- $f_b$  = resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería.
- $f_c$  = resistencia a compresión axial del concreto o del «grout» a los 28 días de edad.
- $f'_m$  = resistencia característica a compresión axial de la albañilería.
- $f_t$  = esfuerzo admisible a tracción por flexión de la albañilería.
- $f_y$  = esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo.
- $G_c$  = módulo de corte de la albañilería.
- $h$  = altura de entrepiso o altura del entrepiso agrietado correspondiente a un muro confinado.
- $I$  = momento de inercia correspondiente a la sección transversal de un muro.
- $L$  = longitud total del muro, incluyendo las columnas de confinamiento (si existiesen).
- $L_m$  = longitud del paño mayor en un muro confinado, ó  $0,5 L$ ; lo que sea mayor.
- $L_v$  = longitud tributaria de un muro transversal al que está en análisis.
- $M_e$  = momento flector en un muro obtenido del análisis elástico ante el sismo moderado.
- $M_u$  = momento flector en un muro producido por el sismo severo.
- $N$  = número de pisos del edificio o número de pisos de un pórtico.
- $N_c$  = número total de columnas de confinamiento.  $N_c \geq 2$ . Ver la Nota 1.
- $P$  = peso total del edificio con sobrecarga reducida según se especifica en la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.
- $P_g$  = carga gravitacional de servicio en un muro, con sobrecarga reducida.
- $P_c$  = carga vertical de servicio en una columna de confinamiento.
- $P_s$  = carga axial sísmica en un muro obtenida del análisis elástico ante el sismo moderado.
- $P_m$  = carga gravitacional máxima de servicio en un muro, metrada con el 100% de sobrecarga.
- $P_u$  = carga axial en un muro en condiciones de sismo severo.
- $P_t$  = carga de gravedad tributaria proveniente del muro transversal al que está en análisis.
- $s$  = separación entre estribos, planchas, o entre refuerzos horizontales o verticales.
- $S$  = factor de suelo especificado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
- $t$  = espesor efectivo del muro.
- $t_n$  = espesor del núcleo confinado de una columna correspondiente a un muro confinado.
- $U$  = factor de uso o importancia, especificado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
- $V_c$  = fuerza cortante absorbida por una columna de confinamiento ante el sismo severo.
- $V_u$  = fuerza cortante en un muro, obtenida del análisis elástico ante el sismo moderado.
- $V_{Ei}$  = fuerza cortante en el entrepiso «i» del edificio producida por el sismo severo.
- $V_{ur}$  = fuerza cortante producida por el sismo severo en el entrepiso «i» de uno de los muros.
- $V_m$  = resistencia al corte en el entrepiso «i» de uno de los muros.

- $v_m$  = resistencia característica de la albañilería al corte obtenida de ensayos de muretes a compresión diagonal.
- $Z$  = factor de zona sísmica especificado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
- $\delta$  = factor de confinamiento de la columna por acción de muros transversales.
- $\delta = 1$ , para columnas de confinamiento con dos muros transversales.
- $\delta = 0,8$ , para columnas de confinamiento sin muros transversales o con un muro transversal.
- $\phi$  = coeficiente de reducción de resistencia del concreto armado (ver la Nota 2).
- $\phi = 0,9$  (flexión o tracción pura).
- $\phi = 0,85$  (corte fricción o tracción combinada con corte-fricción).
- $\phi = 0,7$  (compresión, cuando se use estribos cerrados).
- $\phi = 0,75$  (compresión, cuando se use zunchos en la zona confinada).
- $\rho$  = cuantía del acero de refuerzo =  $A_s / (s.t)$ .
- $\sigma$  = esfuerzo axial de servicio actuante en un muro =  $P_s / (t.L)$ .
- $\sigma_m = P_m^s / (t.L)$  = esfuerzo axial máximo en un muro.
- $\mu$  = coeficiente de fricción concreto endurecido - concreto.

**Nota 1:** En muros confinados de un paño sólo existen columnas extremas ( $N_c = 2$ ); en ese caso:  $L_m = L$

**Nota 2:** El factor « $\phi$ » para los muros armados se proporciona en el Artículo 28 (28.3).

CAPÍTULO 3  
COMPONENTES DE LA ALBAÑILERÍA

## Artículo 5.- UNIDAD DE ALBAÑILERÍA

## 5.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

a) Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipulación.

b) Las unidades de albañilería a las que se refiere esta norma son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima.

c) Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.

d) Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días.

## 5.2. CLASIFICACIÓN PARA FINES ESTRUCTURALES

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la Tabla 1.

TABLA 1.  
CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f'_c$ mínimo en MPa ( $\text{kg/cm}^2$ ) 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)
Bloque P <sup>(1)</sup>	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP <sup>(2)</sup>	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

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

**5.3. LIMITACIONES EN SU APLICACIÓN**

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 2. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTE E.030 Diseño Sísmorresistente.

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	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

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

**5.4. PRUEBAS**

a) **Muestreo.** - El muestreo será efectuado a pie de obra. 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 de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción.

b) **Resistencia a la Compresión.** - 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 399.604.

La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería ( $f_c$ ) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

c) **Variación Dimensional.** - 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.

d) **Alabeo.** - Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicada en la Norma NTP 399.613.

e) **Absorción.** - Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.613.

**5.5. ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD**

a) Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40 % para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote.

b) La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto clase, tendrá una absorción no mayor que 12% de absorción. La absorción del bloque de concreto NP, no será mayor que 15%.

c) El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25 mm para el Bloque clase P y 12 mm para el Bloque clase NP.

d) La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.

e) La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico.

f) La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.

g) La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

**Artículo 6.- MORTERO**

**6.1. DEFINICIÓN.** El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se

añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610.

**6.2. COMPONENTES**

a) Los materiales aglomerantes del mortero pueden ser:

- Cemento Portland tipo I y II, NTP 334.009
- Cemento Adicionado IP, NTP 334.830
- Una mezcla de cemento Portland o cemento adicionado y cal hidratada normalizada de acuerdo a la NTP 339.002.

b) El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la Tabla 3. Se aceptarán otras granulometrías siempre que los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias según lo especificado en los planos.

MALLA ASTM	% QUE PASA
Nº 4 (4,75 mm)	100
Nº 8 (2,36 mm)	95 a 100
Nº 16 (1,18 mm)	70 a 100
Nº 30 (0,60 mm)	40 a 75
Nº 50 (0,30 mm)	10 a 35
Nº 100 (0,15 mm)	2 a 15
Nº 200 (0,075 mm)	Menos de 2

• No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas.

• El módulo de fineza estará comprendido entre 1,6 y 2,5.

• El porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1% en peso.

• No deberá emplearse arena de mar.

c) El agua será potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica.

**6.3. CLASIFICACIÓN PARA FINES ESTRUCTURALES.** Los morteros se clasifican en: tipo P, empleado en la construcción de los muros portantes; y NP, utilizado en los muros no portantes (ver la Tabla 4).

**6.4. PROPORCIONES.** Los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas (en estado suelto) indicadas en la Tabla 4

TIPO	COMPONENTES			USOS
	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 1/2	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

a) Se podrán emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (embolsado o pre-mezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias iguales o mayores a las especificadas en los planos y se asegure la durabilidad de la albañilería.

b) De no contar con cal hidratada normalizada, especificada en el Artículo 6 (6.2ª), se podrá utilizar mortero sin cal respetando las proporciones cemento-arena indicadas en la Tabla 4.

**Artículo 7.- CONCRETO LÍQUIDO O GROUT**

**7.1. DEFINICIÓN.** El concreto líquido o Grout es un material de consistencia fluida que resulta de mezclar cemento, agregados y agua, pudiéndose adicionar cal hidratada normalizada en una proporción que no exceda de 1/10 del volumen de cemento u otros aditivos que no disminuyan la resistencia o que originen corrosión del acero de refuerzo. El concreto líquido o grout se emplea para

rellenar los alvéolos de las unidades de albañilería en la construcción de los muros armados, y tiene como función integrar el refuerzo con la albañilería en un sólo conjunto estructural.

Para la elaboración de concreto líquido o grout de albañilería, se tendrá en cuenta las Normas NTP 399.609 y 399.608.

**7.2. CLASIFICACIÓN.** El concreto líquido o grout se clasifica en fino y en grueso. El grout fino se usará cuando la dimensión menor de los alvéolos de la unidad de albañilería sea inferior a 60 mm y el grout grueso se usará cuando la dimensión menor de los alvéolos sea igual o mayor a 60 mm.

### 7.3. COMPONENTES

a) Los materiales aglomerantes serán:

- Cemento Portland I, NTP 334.009
- Cemento Adicionado IP, NTP 334.830
- Una mezcla de cemento Portland o adicionado y cal hidratada normalizada de acuerdo a la NTP 339.002

b) El agregado grueso será confitillo que cumpla con la granulometría especificada en la Tabla 5. Se podrá utilizar otra granulometría siempre que los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias según lo especificado en los planos.

MALLA ASTM	% QUE PASA
½ pulgada	100
3/8 pulgada	85 a 100
N° 4 (4,75 mm)	10 a 30
N° 8 (2,36 mm)	0 a 10
N° 16 (1,18 mm)	0 a 5

c) El agregado fino será arena gruesa natural, con las características indicadas en la Tabla 3.

d) El agua será potable y libre de sustancias, ácidos, álcalis y materia orgánica.

**7.4. PREPARACIÓN Y FLUIDEZ.** Los materiales que componen el grout (ver la Tabla 6) serán batidos mecánicamente con agua potable hasta lograr la consistencia de un líquido uniforme, sin segregación de los agregados, con un revenimiento medido en el Cono de Abrams comprendido entre 225 mm a 275 mm.

CONCRETO LÍQUIDO	CEMENTO	CAL	ARENA	CONFITILLO
FINO	1	0 a 1/10	2 1/4 a 3 veces la suma de los volúmenes de los aglomerantes	—
GRUESO	1	0 a 1/10	2 1/4 a 3 veces la suma de los aglomerantes	1 a 2 veces la suma de los aglomerantes

**7.5. RESISTENCIA.** El concreto líquido tendrá una resistencia mínima a compresión  $f_c = 13,72 MPa$  ( $140 kg/cm^2$ ). La resistencia a compresión  $f_c$  será obtenida promediando los resultados de 5 probetas, ensayadas a una velocidad de carga de 5 toneladas/minutos, menos 1,3 veces la desviación estándar. Las probetas tendrán una esbeltez igual a 2 y serán fabricadas en la obra empleando como moldes a las unidades de albañilería a utilizar en la construcción, recubiertas con papel filtro. Estas probetas no serán curadas y serán mantenidas en sus moldes hasta cumplir 28 días de edad.

### Artículo 8.- ACERO DE REFUERZO

8.1. La armadura deberá cumplir con lo establecido en las Norma Barras de Acero con Resaltes para Concreto Armado (NTP 341.031).

8.2. Sólo se permite el uso de barras lisas en estribos y armaduras electrosoldadas usadas como refuerzo horizontal. La armadura electrosoldada debe cumplir con la

norma de Malla de Alambre de Acero Soldado para Concreto Armado (NTP 350.002).

### Artículo 9.- CONCRETO

9.1. El concreto de los elementos de confinamiento tendrá una resistencia a la compresión mayor o igual a  $17,15 MPa$  ( $175 kg/cm^2$ ) y deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.

## CAPÍTULO 4 PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION

### Artículo 10.- ESPECIFICACIONES GENERALES

La mano de obra empleada en las construcciones de albañilería será calificada, debiéndose supervisar el cumplimiento de las siguientes exigencias básicas:

10.1. Los muros se construirán a plomo y en línea. No se atenderá contra la integridad del muro recién asentado.

10.2. En la albañilería con unidades asentadas con mortero, todas las juntas horizontales y verticales quedarán completamente llenas de mortero. El espesor de las juntas de mortero será como mínimo 10 mm y el espesor máximo será 15 mm o dos veces la tolerancia dimensional en la altura de la unidad de albañilería más 4 mm, lo que sea mayor. En las juntas que contengan refuerzo horizontal, el espesor mínimo de la junta será 6 mm más el diámetro de la barra.

10.3. Se mantendrá el temple del mortero mediante el reemplazo del agua que se pueda haber evaporado, por una sola vez. El plazo del reemplazo no excederá al de la fragua inicial del cemento.

10.4. Las unidades de albañilería se asentarán con las superficies limpias de polvo y sin agua libre. El asentado se realizará presionando verticalmente las unidades, sin bambolearlas. El tratamiento de las unidades de albañilería previo al asentado será el siguiente:

a) Para concreto y sílico-calcareo: pasar una brocha húmeda sobre las caras de asentado o rociarlas.

b) Para arcilla: de acuerdo a las condiciones climatológicas donde se encuentra ubicadas la obra, regarlas durante media hora, entre 10 y 15 horas antes de asentarlas. Se recomienda que la succión al instante de asentarlas esté comprendida entre 10 a 20 gr/200 cm<sup>2</sup>-min (\*).

(\* *Un método de campo para evaluar la succión de manera aproximada, consiste en medir un volumen (V1, en cm<sup>3</sup>) inicial de agua sobre un recipiente de área definida y vaciar una parte del agua sobre una bandeja, luego se apoya la unidad sobre 3 puntos en la bandeja de manera que su superficie de asiento esté en contacto con una película de agua de 3 mm de altura durante un minuto, después de retirar la unidad, se vacía el agua de la bandeja hacia el recipiente y se vuelve a medir el volumen (V2, en cm<sup>3</sup>) de agua; la succión normalizada a un área de 200 cm<sup>2</sup>, se obtiene como:  $SUCCION = 200 (V1 - V2) / A$ , expresada en gr/200 cm<sup>2</sup>-min, donde «A» es el área bruta (en cm<sup>2</sup>) de la superficie de asiento de la unidad.*

10.5. Para el asentado de la primera hilada, la superficie de concreto que servirá de asiento (losa o sobrecimiento según sea el caso), se preparará con anterioridad de forma que quede rugosa; luego se limpiará de polvo u otro material suelto y se la humedecerá, antes de asentar la primera hilada.

10.6. No se asentarán más de 1,30 m de altura de muro en una jornada de trabajo. En el caso de emplearse unidades totalmente sólidas (sin perforaciones), la primera jornada de trabajo culminará sin llenar la junta vertical de la primera hilada, este llenado se realizará al iniciarse la segunda jornada. En el caso de la albañilería con unidades apliables, se podrá levantar el muro en su altura total y en la misma jornada deberá colocarse el concreto líquido.

10.7. Las juntas de construcción entre jornadas de trabajos estarán limpias de partículas sueltas y serán previamente humedecidas.

10.8. El tipo de aparejo a utilizar será de sogá, cabeza o el amarre americano, traslapándose las unidades entre las hiladas consecutivas.

10.9. El procedimiento de colocación y consolidación del concreto líquido dentro de las celdas de las unidades,

como en los elementos de concreto armado, deberá garantizar la ocupación total del espacio y la ausencia de cangrejeras. No se permitirá el vibrado de las varillas de refuerzo.

10.10. Las vigas peraltadas serán vaciadas de una sola vez en conjunto con la losa de techo.

10.11. Las instalaciones se colocarán de acuerdo a lo indicado en los Artículos 2 (2.6 y 2.7).

#### Artículo 11.- ALBAÑILERÍA CONFINADA

Aparte de los requisitos especificados en el Artículo 10, se deberá cumplir lo siguiente:

11.1. Se utilizará unidades de albañilería de acuerdo a lo especificado en el Artículo 5 (5.3).

11.2. La conexión columna-albañilería podrá ser dentada o a ras:

a) En el caso de emplearse una conexión dentada, la longitud de la unidad saliente no excederá de 5 cm y deberá limpiarse de los desperdicios de mortero y partículas sueltas antes de vaciar el concreto de la columna de confinamiento.

b) En el caso de emplearse una conexión a ras, deberá adicionarse «chicoles» o «mechas» de anclaje (salvo que exista refuerzo horizontal continuo) compuestos por varillas de 6 mm de diámetro, que penetren por lo menos 40 cm al interior de la albañilería y 12,5 cm al interior de la columna más un doblez vertical a 90° de 10 cm; la cuantía a utilizar será 0,001 (ver el Artículo 2 (2.8)).

11.3. El refuerzo horizontal, cuando sea requerido, será continuo y anclará en las columnas de confinamiento 12,5 cm con gancho vertical a 90° de 10 cm.

11.4. Los estribos a emplear en las columnas de confinamiento deberán ser cerrados a 135°, pudiéndose emplear estribos con ¾ de vuelta adicional, atando sus extremos con el refuerzo vertical, o también, zunchos que empiecen y terminen con gancho estándar a 180° doblado en el refuerzo vertical.

11.5. Los traslapes del refuerzo horizontal o vertical tendrán una longitud igual a 45 veces el mayor diámetro de la barra traslapada. No se permitirá el traslaje del refuerzo vertical en el primer entrepiso, tampoco en las zonas confinadas ubicadas en los extremos de soleras y columnas.

11.6. El concreto deberá tener una resistencia a compresión ( $f'_c$ ) mayor o igual a 17,15 MPa (175 kg/cm<sup>2</sup>). La mezcla deberá ser fluida, con un revenimiento del orden de 12,7 cm (5 pulgadas) medida en el cono de Abrams. En las columnas de poca dimensión, utilizadas como confinamiento de los muros en aparejo de sogá, el tamaño máximo de la piedra chancada no excederá de 1,27 cm (½ pulgada).

11.7. El concreto de las columnas de confinamiento se vaciará posteriormente a la construcción del muro de albañilería; este concreto empezará desde el borde superior del cimientado, no del sobrecimiento.

11.8. Las juntas de construcción entre elementos de concreto serán rugosas, humedecidas y libre de partículas sueltas.

11.9. La parte recta de la longitud de anclaje del refuerzo vertical deberá penetrar al interior de la viga solera o cimentación; no se permitirá montar su doblez directamente sobre la última hilada del muro.

11.10. El recubrimiento mínimo de la armadura (medido al estribo) será 2 cm cuando los muros son tarrajeados y 3 cm cuando son caravista.

#### Artículo 12.- ALBAÑILERÍA ARMADA

Aparte de los requisitos especificados en el Artículo 10, se deberá cumplir lo siguiente:

12.1. Los empalmes del refuerzo vertical podrán ser por traslaje, por soldadura o por medios mecánicos.

a) Los empalmes por traslaje serán de 60 veces el diámetro de la barra.

b) Los empalmes por soldadura sólo se permitirán en barras de acero ASTM A706 (soldables), en este caso la soldadura seguirá las especificaciones dadas por AWS.

c) Los empalmes por medios mecánicos se harán con dispositivos que hayan demostrado mediante ensayos que la resistencia a tracción del empalme es por lo menos 125% de la resistencia de la barra.

d) En muros cuyo diseño contemple la formación de rótulas plásticas, las barras verticales deben ser preferentemente continuas en el primer piso empalmándose recién en el segundo piso (\*). Cuando no sea posible evitar el empalme, éste podrá hacerse por soldadura, por medios mecánicos o por traslaje; en el último caso, la longitud de empalme será de 60 veces el diámetro de la barra y 90 veces el diámetro de la barra en forma alternada.

(\* Una técnica que permite facilitar la construcción empleando refuerzo vertical continuo en el primer piso, consiste en utilizar unidades de albañilería recortadas en forma de H, con lo cual además, las juntas verticales quedan completamente llenas con grout.

12.2. El refuerzo horizontal debe ser continuo y anclado en los extremos con doblez vertical de 10 cm en la celda extrema.

12.3. Las varillas verticales deberán penetrar, sin doblarlas, en el interior de los alvéolos de las unidades correspondientes.

12.4. Para asegurar buena adhesión entre el concreto líquido y el concreto de asiento de la primera hilada, las celdas deben quedar totalmente libres de polvo o restos de mortero proveniente del proceso de asentado; para el efecto los bloques de la primera hilada tendrán ventanas de limpieza. Para el caso de muros totalmente llenos, las ventanas se abrirán en todas las celdas de la primera hilada; en el caso de muros parcialmente rellenos, las ventanas se abrirán solo en las celdas que alojen refuerzo vertical. En el interior de estas ventanas se colocará algún elemento no absorbente que permita la limpieza final.

12.5. Para el caso de la albañilería parcialmente rellena, los bloques vacíos correspondientes a la última hilada serán taponados a media altura antes de asentarlos, de tal manera que por la parte vacía del alvéolo penetre el concreto de la viga solera o de la losa del techo formando llaves de corte que permitan transferir las fuerzas sísmicas desde la losa hacia los muros. En estos muros, el refuerzo horizontal no atravesará los alvéolos vacíos, sino que se colocará en el mortero correspondiente a las juntas horizontales.

12.6. Para el caso de unidades apilables no son necesarias las ventanas de limpieza; la limpieza de la superficie de asiento se realizará antes de asentar la primera hilada.

12.7. Antes de encofrar las ventanas de limpieza, los alvéolos se limpiarán preferentemente con aire comprimido y las celdas serán humedecidas interiormente regándolas con agua, evitando que esta quede empozada en la base del muro.

12.8. El concreto líquido o grout se vaciará en dos etapas. En la primera etapa se vaciará hasta alcanzar una altura igual a la mitad del entrepiso, compactándolo en diversas capas, transcurrido 5 minutos desde la compactación de la última capa, la mezcla será recompactada. Transcurrida media hora, se vaciará la segunda mitad del entrepiso, compactándolo hasta que su borde superior esté por debajo de la mitad de la altura correspondiente a la última hilada, de manera que el concreto de la losa del techo, o de la viga solera, forme llaves de corte con el muro. Esta segunda mitad también se deberá recompactar. Debe evitarse el vibrado de las armaduras para no destruir la adherencia con el grout de relleno.

12.9. Los alvéolos de la unidad de albañilería tendrán un diámetro o dimensión mínima igual a 5 cm por cada barra vertical que contengan, o 4 veces el mayor diámetro de la barra por el número de barras alojadas en el alvéolo, lo que sea mayor.

12.10. El espesor del grout que rodea las armaduras será 1½ veces el diámetro de la barra y no deberá ser menor de 1 cm a fin de proporcionarle un recubrimiento adecuado a la barra.

12.11. En el caso que se utilice planchas perforadas de acero estructural en los talones libres del muro, primero se colocarán las planchas sobre una capa delgada de mortero presionándolas de manera que el mortero penetre por los orificios de la plancha; posteriormente, se aplicará la siguiente capa de mortero sobre la cual se asentará la unidad inmediata superior. Para el caso de albañilería con unidades apilables las planchas se colocarán adheridas con apóxico a la superficie inferior de la unidad.

12.12. En el caso que se utilice como refuerzo horizontal una malla electrosoldada con forma de escalerilla,

el espaciamiento de los escalones deberá estar modulado de manera que coincidan con la junta vertical o con la pared transversal intermedia del bloque, de manera que siempre queden protegidas por mortero. Las escaleras podrán usarse como confinamiento del muro sólo cuando el espaciamiento de los escalones coincidan con la mitad de la longitud nominal de la unidad.

## CAPÍTULO 5 RESISTENCIA DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA

### Artículo 13.- ESPECIFICACIONES GENERALES

13.1. La resistencia de la albañilería a compresión axial ( $f_m$ ) y a corte ( $v_m$ ) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, según se indica en la Tabla 7.

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
( $f_m$ )	A	A	A	B	B	A	B	B	B
( $v_m$ )	A	A	A	B	A	A	B	B	A

A: Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero.

B: Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.605 y 399.621

13.2. Cuando se construyan conjuntos de edificios, la resistencia de la albañilería  $f_m$  y  $v_m$  deberá comprobarse mediante ensayos de laboratorio previos a la obra y durante la obra. Los ensayos previos a la obra se harán sobre cinco especímenes. Durante la construcción la resistencia será comprobada mediante ensayos con los criterios siguientes:

- a) Cuando se construyan conjuntos de hasta dos pisos en las zonas sísmicas 3 y 2,  $f_m$  será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada y  $v_m$  con tres muretes por cada 1000 m<sup>2</sup> de área techada.
- b) Cuando se construyan conjuntos de tres o más pisos en las zonas sísmicas 3 y 2,  $f_m$  será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada y  $v_m$  con tres muretes por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada.

13.3. Los prismas serán elaborados en obra, utilizando el mismo contenido de humedad de las unidades de albañilería, la misma consistencia del mortero, el mismo espesor de juntas y la misma calidad de la mano de obra que se empleará en la construcción definitiva.

13.4. Cuando se trate de albañilería con unidades alveolares que irán llenas con concreto líquido, los alvéolos de las unidades de los prismas y muretes se llenarán con concreto líquido. Cuando se trate de albañilería con unidades alveolares sin relleno, los alvéolos de las unidades de los prismas y muretes quedarán vacíos.

13.5. Los prismas tendrán un rellentado de cemento-yeso con un espesor que permita corregir la irregularidad superficial de la albañilería.

13.6. Los prismas serán almacenados a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días. Los prismas podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días pero no menor de 14 días; en este caso, la resistencia característica se obtendrá incrementándola por los factores mostrados en la Tabla 8.

	Edad	14 días	21 días
		Muretes	Ladrillos de arcilla
	Bloques de concreto	1,25	1,05
Pilas	Ladrillos de arcilla y Bloques de concreto	1,10	1,00

13.7. La resistencia característica  $f_m$  en pilas y  $v_m$  en muretes (ver Artículo 13 (13.2)) se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar.

13.8. El valor de  $v_m$  para diseño no será mayor de  $0,319\sqrt{f_m}$  MPa ( $\sqrt{f_m}$  Kg/cm<sup>2</sup>)

13.9. En el caso de no realizarse ensayos de prismas, podrá emplearse los valores mostrados en la Tabla 9, correspondientes a pilas y muretes construidos con mortero 1:4 (cuando la unidad es de arcilla) y 1: ½ : 4 (cuando la materia prima es sílice-cal o concreto), para otras unidades u otro tipo de mortero se tendrá que realizar los ensayos respectivos.

Materia Prima	Denominación	UNIDAD $f_m$	PILAS $f_m$	MURETES $v_m$
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

(\*) Utilizados para la construcción de Muros Armados.

(\*\*) El valor  $f_m$  se proporciona sobre área bruta en unidades vacías (sin grout), mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de  $f_c = 13,72$  MPa (140 kg/cm<sup>2</sup>). El valor  $f_m$  ha sido obtenido contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la Tabla 10.

Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

## CAPÍTULO 6 ESTRUCTURACIÓN

Las especificaciones de este Capítulo se aplicarán tanto a la albañilería confinada como a la albañilería armada.

### Artículo 14.- ESTRUCTURA CON DIAFRAGMA RÍGIDO

14.1. Debe preferirse edificaciones con diafragma rígido y continuo, es decir, edificaciones en los que las losas de piso, el techo y la cimentación, actúen como elementos que integran a los muros portantes y compatibilicen sus desplazamientos laterales.

14.2. Podrá considerarse que el diafragma es rígido cuando la relación entre sus lados no excede de 4. Se deberá considerar y evaluar el efecto que sobre la rigidez del diafragma tienen las aberturas y discontinuidades en la losa.

14.3. Los diafragmas deben tener una conexión firme y permanente con todos los muros para asegurar que cumplan con la función de distribuir las fuerzas laterales en proporción a la rigidez de los muros y servirles, además, como arriostres horizontales.

14.4. Los diafragmas deben distribuir la carga de gravedad sobre todos los muros que componen a la edificación, con los objetivos principales de incrementarles su ductilidad y su resistencia al corte, en consecuencia, es recomendable el uso de losas macizas o aligeradas armadas en dos direcciones. Es posible el uso de losas unidireccionales siempre y cuando los esfuerzos axiales en los muros no excedan del valor indicado en el Artículo 19 (19.1.b).





**UNSCH**

FACULTAD DE CIENCIAS  
**AGRARIAS**

---

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El presidente de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias, deja constancia que el trabajo de tesis titulado;

**“Características físico mecánicas de los ladrillos de arcilla cocida y su clasificación según la Norma E-070, Chincheros – Apurímac, 2019”**

Autor : Brus Cuenca Granados

Asesor : Vance Giorgio Fernández Huamán

Ha sido sometido al análisis del sistema antiplagio TURNITIN concluyendo que presenta un porcentaje de 18 % de similitud.

Por lo que, de acuerdo al porcentaje establecido en el Artículo 13 del Reglamento de originalidad de trabajos de investigación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, es procedente otorgar la Constancia de Originalidad.

Ayacucho, 09 de setiembre de 2021

---

**Ing. WALTER AUGUSTO MATEU MATEO**  
**Presidente de comisión**

# Características físico mecánicas de los ladrillos de arcilla cocida y su clasificación según la Norma E-070, Chincheros – Apurímac, 2019

*por Brus Cuenca Granados*

---

**Fecha de entrega:** 09-sep-2021 12:06p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1644603850

**Nombre del archivo:** TESIS\_BRUS\_CUENCA\_GRANADOS.pdf (12.47M)

**Total de palabras:** 24972

**Total de caracteres:** 126593

# Características físico mecánicas de los ladrillos de arcilla cocida y su clasificación según la Norma E-070, Chincheros – Apurímac, 2019

## INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://cybertesis.uni.edu.pe">cybertesis.uni.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://documents.mx">documents.mx</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
7	<a href="http://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	1%

9	<a href="http://repositorio.upeu.edu.pe">repositorio.upeu.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
10	<a href="http://intranet.cip.org.pe">intranet.cip.org.pe</a> Fuente de Internet	1 %
11	<a href="http://repositorio.unsaac.edu.pe">repositorio.unsaac.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
12	<a href="http://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
13	Submitted to Universidad Nacional de Trujillo Trabajo del estudiante	1 %
14	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
15	<a href="http://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
17	<a href="http://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://bridgedb.org">bridgedb.org</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://alicia.concytec.gob.pe">alicia.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

21	<a href="http://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://docplayer.net">docplayer.net</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://e-spacio.uned.es">e-spacio.uned.es</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="http://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="http://repositorio.uandina.edu.pe">repositorio.uandina.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
27	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
28	<a href="http://issuu.com">issuu.com</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
30	<a href="http://www.icfes.gov.co">www.icfes.gov.co</a> Fuente de Internet	<1 %
31	<a href="http://revistas.udistrital.edu.co">revistas.udistrital.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
32	<a href="http://www.umng.edu.co">www.umng.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %

33 repositorio.pucp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

---

34 Jaime Octavio Guerra Pulido. "Estudio de un microacelerómetro realimentado con actuación electrostática y transducción saw", Universidad Nacional Autónoma de México, 2014

Publicación

<1 %

---

35 qdoc.tips

Fuente de Internet

<1 %

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Apagado