

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

**VARIACIÓN DE LOS FACTORES DE CORRECCIÓN EN PILAS DE
ALBAÑILERÍA POR EFECTOS DE ESBELTEZ EN LADRILLO
ARTESANAL DE CAJAMARCA EN RELACIÓN A LOS INDICADOS EN
EL RNE – E070 - 2018**

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: INGENIERÍA CIVIL

Presentada por:

STALIN JESÚS RUIZ RIVERA

Asesor:

Dr. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

Cajamarca, Perú

2023

COPYRIGHT © 2023 by
STALIN JESÚS RUIZ RIVERA
Todos los derechos reservados



Universidad Nacional de Cajamarca

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley 140515 del 13 de febrero de 1962

Escuela de Posgrado

El Director de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Cajamarca, expide la presente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD:

Que el Bachiller en ingeniería Civil, **STALIN JESÚS RUIZ RIVERA**, ha sustentado y aprobado su tesis para obtener el Grado de Maestro en Ciencias, Mención Ingeniería Civil, titulada: **"VARIACION DE LOS FACTORES DE CORRECCIÓN EN PILAS DE ALBAÑILERÍA POR EFECTOS DE ESBELTEZ EN LADRILLO ARTESANAL DE CAJAMARCA EN RELACIÓN A LOS INDICADOS EN EL RNE – E070-2018"**.

Ha cumplido con los requisitos de originalidad establecidos por la Escuela de Posgrado, para lo cual ha presentado el Reporte de Aplicativo **TURNITIN** con el **23%** de similitud, reporte presentado por el **Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno**, docente de la Facultad de Ingeniería.

Se otorga la presente constancia, a solicitud del interesado para los fines pertinentes.

Cajamarca, 22 de enero de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Dr. Mauro Augusto Centurión Vargas
DIRECTOR



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO Nº 080-2018-SUNEDU/CD
Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



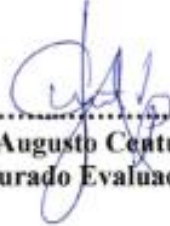
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS


Siendo las 10:30:00 horas del día 21 de noviembre de dos mil veintitrés, reunidos en el Auditorio de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. MAURO AUGUSTO CENTURIÓN VARGAS, M.Cs. JOSÉ LUIS MARCHENA ARAUJO, M.Cs. SERGIO MANUEL HUAMÁN SANGAY**, y en calidad de Asesor el **Dr. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y la Directiva para la Sustentación de Proyectos de Tesis, Seminarios de Tesis, Sustentación de Tesis y Actualización de Marco Teórico de los Programas de Maestría y Doctorado, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada: **VARIACIÓN DE LOS FACTORES DE CORRECCIÓN EN PILAS DE ALBAÑILERÍA POR EFECTOS DE ESBELTEZ EN LADRILLO ARTESANAL DE CAJAMARCA EN REALACIÓN A LOS INDICADOS EN EL RNE – E070 - 2018**; presentada por el **Bach. en Ingeniería Civil STALIN JESÚS RUIZ RIVERA**.


Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó APROBAR.....con la calificación de 17 (DIECISIETE) – EXCELENTE.....la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Bach. en Ingeniería Civil STALIN JESÚS RUIZ RIVERA**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, con Mención en **Ingeniería Civil**.

Siendo las 11:30 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno
Asesor


.....
Dr. Mauro Augusto Centurión Vargas
Jurado Evaluador


.....
M.Cs. José Luis Marchena Araujo
Jurado Evaluador


.....
M.Cs. Sergio Manuel Huamán Sangay
Jurado Evaluador

A:

Mis padres Dolores Ruiz y Julbia Consuelo Rivera, a mis hermanas Marlith, Edith y Lizbeth, a todos mis amigos que siempre estuvieron para ayudarme y para todos aquellos que ya no están y nos guían desde el cielo.

Stalin

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mis padres y hermanas, por su apoyo moral e incondicional, por ayudarme a llegar a donde estoy y por enseñarme a ser mejor persona cada día.

A la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca y a sus docentes por el conocimiento impartido durante mi paso por las aulas académicas, en especial al Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno, asesor y amigo que contribuyó con su experiencia y apoyo al desarrollo del presente estudio de investigación.

A los amigos y amigas que me ayudaron con apoyo físico y moral para el desarrollo del presente estudio, a todos ustedes mi más sincero agradecimiento.

No se trata nada más de resguardarse, se trata de manifestar la civilización a través de sorprendentes y prácticas construcciones.

- Álvaro Ancona

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.1. Contextualización.	1
1.1.2. Descripción del problema.	8
1.1.3. Formulación del problema.	9
1.2. Justificación e importancia	10
1.3. Delimitación de la investigación	11
1.4. Limitación	12
1.5. Objetivos	12
1.5.1. Objetivo general.	12
1.5.2. Objetivos específicos.....	12
CAPITULO II	14
MARCO TEÓRICO	14
2.1. Antecedentes de la investigación o marco referencial	14
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	14
2.1.2. Antecedentes Nacionales.	15

2.1.3.	Antecedentes Locales.	17
2.2.	Marco Conceptual	19
2.2.1.	Evolución histórica del ladrillo.....	19
2.2.2.	Características de la albañilería.....	20
2.2.3.	Tipos y especificaciones de la albañilería.....	21
2.2.4.	Elementos de albañilería	32
2.2.5.	Propiedades de la albañilería simple	43
2.2.6.	Tecnología del mortero.....	49
2.7.	Definición de términos básico.	53
CAPITULO III		57
PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES		57
3.1.	Hipótesis	57
3.2.	Variables	57
3.2.1.	Variable independiente.	57
3.2.2.	Variable dependiente.....	57
3.3.	Operacionalización de los Componentes de las Hipótesis	58
CAPITULO IV		59
MARCO METODOLÓGICO		59
4.1.	Ubicación Geográfica	59
4.1.1.	Ubicación geográfica de Estudio.....	59
4.1.2.	Ubicación de las ladrilleras.	60
4.2.	Diseño de la investigación	63
4.2.1.	Tipo.	63
4.2.2.	Nivel.	63
4.2.3.	Diseño.	63
4.3.	Métodos de investigación	64

4.3.1.	Ensayo granulométrico de la arena.	64
4.3.2.	Ensayos para la clasificación del ladrillo.	64
4.3.3.	Ensayos no clasificados de ladrillo	67
4.3.4.	Prismas de albañilería	69
4.4.	Población, muestra, unidad de análisis y unidad de observación	72
4.4.1.	Población.....	72
4.4.2.	Muestra.	73
4.4.3.	Unidad de Análisis.	73
4.4.4.	Unidad de Observación:	73
4.5.	Técnicas e instrumentos de recopilación de información.	74
4.6.	Técnicas para el procesamiento y análisis de información.	74
4.6.1.	Técnicas.	74
4.6.2.	Análisis de información:.....	74
4.7.	Equipos, materiales e insumos	75
4.7.1.	Personal.	75
4.7.2.	Materiales.....	75
4.7.3.	Equipos.	76
4.8.	Matriz de consistencia metodológica	76
CAPITULO V.....		78
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		78
5.1	Presentación de resultados.....	78
5.1.1.	Unidades de albañilería ensayadas.	78
5.1.2.	Ensayos Clasificatorios de Ladrillo.	79
5.1.3.	Ensayos no clasificatorios de ladrillo.	82
5.1.4.	Resistencia a Compresión de Prismas de albañilería (pilas).....	83
5.2	Análisis, interpretación y discusión de resultados	88
5.2.1.	Unidades de albañilería ensayadas.	88

5.2.2.	Ensayos Clasificatorios de Ladrillo.	89
5.2.3.	Ensayos no clasificatorios de ladrillo	90
5.2.4.	Resistencia a compresión de Prismas de albañilería (pilas).	91
5.3	Contrastación de hipótesis	91
CONCLUSIONES.....		93
RECOMENDACIONES.....		95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		96
ANEXOS		98
Anexo A. Procesamiento de datos.		98
1.	Ensayos Clasificatorios de Ladrillo.	98
1.1.	Variabilidad Dimensional.	98
1.2.	Alabeo	101
1.3.	Compresión Simple.	102
2.	Ensayos no Clasificatorios de Ladrillo.....	104
2.1.	Succión.....	104
2.2.	Absorción	105
3.	Prismas de albañilería	107
3.1.	Resistencia a la compresión de pilas	107
3.1.1.	Resistencia a la compresión de pilas ladrillo artesanal de Huacataz de dos, tres, cuatro y cinco hiladas.	107
3.1.2.	Resistencia a la compresión de pilas ladrillo artesanal de Cerrillo de dos, tres, cuatro y cinco hiladas.....	109
3.1.3.	Resistencia a la compresión de pilas ladrillo artesanal de Otuzco de dos, tres, cuatro y cinco hiladas.....	111
Anexo B. Panel Fotográfico.		114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Material predominante en las paredes exteriores a nivel nacional	2
Tabla 2 Material predominante en las paredes exteriores a nivel local	3
<i>Tabla 3 Factores de corrección de $f'm$ por esbeltez – Norma Mexicana</i>	<i>6</i>
Tabla 4 Factores de corrección de $f'm$ por esbeltez de acuerdo a la Norma ASTM C1314.....	7
<i>Tabla 5 Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.....</i>	<i>43</i>
Tabla 6 Granulometría de la arena gruesa	50
Tabla 7 <i>Tipos de mortero.</i>	<i>52</i>
Tabla 8 Tipos de morteros, ASTM C – 270	53
Tabla 9. Operacionalización de los componentes de la hipótesis	58
Tabla 10 Cantidad de pilas montadas	70
Tabla 11 Cantidad de ensayos realizados.....	71
Tabla 12 120 pilas que representa a la población.....	73
Tabla 13 120 pilas que representan a la muestra.	73
Tabla 14 Matriz de consistencia metodológica.....	77
Tabla 15 <i>Características de las unidades de albañilería ensayadas.....</i>	<i>78</i>
Tabla 16 Resultados del ensayo realizado de variación dimensional.....	79
Tabla 17 Valores obtenidos en los ensayos de alabeo	80
<i>Tabla 18 Resultado de ensayos de Compresión Simple.....</i>	<i>80</i>
Tabla 19 Resultados del ensayo de succión.....	82
Tabla 20 Resultados de ensayo de Absorción.	82
Tabla 21 <i>Resistencia a compresión de pilas de 2 hiladas</i>	<i>83</i>
Tabla 22 <i>Resistencia a compresión de pilas de 3 hiladas</i>	<i>84</i>
Tabla 23 <i>Resistencia a compresión de pilas de 4 hiladas</i>	<i>84</i>
Tabla 24 <i>Resistencia a compresión de pilas de 5 hiladas</i>	<i>84</i>
Tabla 25 <i>Cuadro de datos no depurados.....</i>	<i>85</i>

Tabla 26 Cuadro de datos depurados	86
Tabla 27 Comparación de los valores de C_{Ce}	88
Tabla 28 Resultados variabilidad dimensional ladrillo artesanal de Huacataz	98
Tabla 29 Resultados variabilidad dimensional ladrillo artesanal de Cerrillo.....	99
Tabla 30 Resultados variabilidad dimensional ladrillo artesanal de Otuzco	100
Tabla 31 Resultados alabeo ladrillo artesanal de Huacataz	101
Tabla 32 Resultados alabeo ladrillo artesanal de Cerrillo.....	101
Tabla 33 Resultados alabeo ladrillo artesanal de Otuzco	102
Tabla 34 Resultados Compresión simple ladrillo artesanal de Huacataz.....	102
Tabla 35 Resultados Compresión simple ladrillo artesanal de Cerrillo	103
Tabla 36 Resultados Compresión simple ladrillo artesanal de Otuzco	103
Tabla 37 Resultados succión ladrillo artesanal de Huacataz	104
Tabla 38 Resultados succión ladrillo artesanal de Cerrillo	104
Tabla 39 Resultados succión ladrillo artesanal de Otuzco.....	105
Tabla 40 Resultados absorción ladrillo artesanal de Huacataz.....	105
Tabla 41 Resultados absorción ladrillo artesanal de Cerrillo.....	106
Tabla 42 Resultados absorción ladrillo artesanal de Otuzco	106
Tabla 43 Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Huacataz (2 hiladas)	107
Tabla 44 Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Huacataz (3 hiladas)	108
Tabla 45 Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Huacataz (4 hiladas)	108
Tabla 46 Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Huacataz (5 hiladas)	109
Tabla 47 Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Cerrillo (2 hiladas)	109

Tabla 48 Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Cerrillo (3 hiladas)	110
Tabla 49 Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Cerrillo (4 hiladas)	110
Tabla 50 Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Cerrillo (5 hiladas)	111
Tabla 51 Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Otuzco (2 hiladas).....	111
Tabla 52 Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Otuzco (3 hiladas).....	112
Tabla 53 Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Otuzco (4 hiladas).....	112
Tabla 54 Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Otuzco (5 hiladas).....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Modelo de testigo con esbeltez igual a 3	4
Figura 2 Modelaje de Tabiques de Albañilería.....	23
Figura 3 Fuerza cortante admisible “Va”	24
Figura 4 Espesor Efectivo de un muro: “t”	25
Figura 5 Muro con refuerzo Horizontal y vertical.	26
Figura 6 Sección transversal Muro Laminar o Sandwich.....	27
Figura 7 Muros confinados de ladrillos de arcilla.	28
Figura 8 Requisitos mínimos para que un muro se considere confinado.....	29
Figura 9 Disposición Mínima de estribos.....	30
Figura 10 Unidades de Albañilería sólida o maciza.....	33
Figura 11 Unidades de arcilla.....	35
Figura 12 Esquema de elaboración de unidades de arcilla de forma artesanal en el sector de Santa Bárbara, provincia de Cajamarca.	37
Figura 13 Prismas estándar para ensayos de compresión.....	46
Figura 14 Imagen tomada de forma satelital de la ubicación donde se desarrolló el estudio (país, departamento, distrito, UNC).....	60
Figura 15 Fotografía satelital de las ladrilleras (C.P. Huacataz, C.P. Cerrillo y C.P. Otuzco)	63
Figura 16. Comparación de la Resistencia a Compresión (f'm).....	81
Figura 17. Esbeltez Vs Coeficiente de Corrección y curvas de ajuste.	87
Figura 18 Ladrillo artesanal del Centro poblado Huacataz.....	114
Figura 19 Ladrillo artesanal del Centro poblado Cerrillo	114
Figura 20 Ladrillo artesanal del Centro poblado Otuzco	115
Figura 21 Muestras para los ensayos de variabilidad dimensional, alabeo, succión, absorción	115
Figura 22 Ensayo a compresión de ladrillos artesanales	116

Figura 23. Ensayo a compresión de ladrillos artesanales	116
Figura 24 Ensayo a compresión de Pila de 2 hiladas.....	117
Figura 25 Ensayo a compresión de pila de 3 hiladas.....	117
Figura 26 Ensayo a compresión de pila de 4 hiladas.....	118
Figura 27 Pilas de 05 hiladas de las diferentes ladrilleras.....	118
Figura 28 Pilas de 04 hiladas de las diferentes ladrilleras.....	119
Figura 29 Ensayo a la compresión de pila de 5 hiladas	119
Figura 30 Ensayo a la compresión de pila de 5 hiladas	120
Figura 31 Ensayo a la compresión de pila de 5 hiladas	120

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS

ASTM: American Society for Testing and Materials o ASTM International (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales)

ACI: American Concrete Institute.

Cce: Coeficiente de corrección por esbeltez.

INDECOPI: Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual.

ININVI: Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda.

NSR-10: Reglamento Colombiano de diseño y construcción sismo resistente.

NTC: Norma Técnica Colombiana.

NTP: Norma Técnica Peruana.

PUCP: Pontificia Universidad Católica del Perú.

RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones.

SENCICO: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México.

UTM: Universal Transversal de Mercator

RESUMEN

La humanidad tiene necesidad de cubrir y cerrar un espacio para protegerse de las severidad de los climas de la naturaleza; por lo que la albañilería existió desde tiempos prehistóricos desde la pirca (piedra asentada con barro) hasta los ladrillos, y, con el fin de tener viviendas seguras, la Norma Peruana de diseño sismo resistente, dispone las condiciones básicas para que las edificaciones que se diseñan con albañilería tengan un comportamiento sísmico, que, en caso que estos sucedan, se minimice los daños evitando de esta manera pérdida de vidas humanas; para estos diseños es primordial encontrar la resistencia a compresión de las pilas de albañilería (f_m) que según norma, la resistencia encontrada se debe multiplicar por el coeficiente de corrección por esbeltez (C_{ce}), pero estos valores establecidos en la norma, no se pueden usar en Cajamarca debido a que no se han hecho estudios en esta ciudad. En este estudio se analizó las propiedades físicas y mecánicas (variación dimensional, alabeo, compresión simple, succión, absorción) de los ladrillos producidos de manera artesanal en la ciudad de Cajamarca, estas son del centro poblado Huacataz, Cerrillo y Otuzco, además y como parte primordial del estudio se calculó los C_{ce} , que son utilizados para realizar los diseños de albañilería y se comparó con la norma E.070. Se realizaron ensayos a 120 (10 de 2 hiladas, 10 de 3 hiladas, 10 de 4 hiladas y 10 de 5 hiladas, por cada ladrillera) con 1.5 cm de espesor de junta. Los resultados obtenidos de los C_{ce} se acercan a la curva de tendencia indicados en la norma, los factores que más difieren son en las pilas de poca esbeltez (2, 2.5 y 3), cuyos valores son -12%, -7%, -2% para ladrillos de Huacataz, -15%, -10%, 0% para ladrillos de Cerrillo y -11%, -5%, 5% para ladrillos de Otuzco, respetivamente, y los que más se acercan son para esbelteces de 4, 4.5 y 5, cuyos valores son -2%, 2%, 0% para ladrillos de Huacataz, 0%, 1%, 0% para ladrillos de Cerrillo y 2%, 2%, 0% para ladrillos de Otuzco respectivamente, los valores indicados en la norma E.070 se pueden utilizar en la ciudad de Cajamarca para Esbeltez > 3 .

Palabras Clave: Ladrillo, Artesanal, Corrección, Esbeltez, Pilas, Albañilería

ABSTRACT

The humanity needs to cover and close a space to protect itself from the severity of nature's climates; Therefore, masonry existed since prehistoric times from pirca (stone set with mud) to bricks, and, in order to have safe homes, the Peruvian Standard for earthquake-resistant design, establishes the basic conditions so that the buildings that are designed with masonry to have seismic behavior, so that, if these occur, damage is minimized, thus avoiding loss of human life; For these designs it is essential to find the compressive strength of the masonry piles ($f'm$) which, according to the standard, the resistance found must be multiplied by the correction coefficient for slenderness (C_{ce}), but these values established in the standard do not They can be used in Cajamarca because no studies have been done in this city. In this study, the physical and mechanical properties (dimensional variation, warping, simple compression, suction, absorption) of the bricks produced by hand in the city of Cajamarca were analyzed, these are from the Huacataz, Cerrillo and Otuzco population centers, in addition and as A primary part of the study was calculating the C_{ce} , which are used to make masonry designs and comparing it with the E.070 standard. Tests were carried out at 120 (10 with 2 courses, 10 with 3 courses, 10 with 4 courses and 10 with 5 courses, for each brickyard) with 1.5 cm joint thickness. The results obtained from the C_{ce} are close to the trend curve indicated in the standard, the factors that differ the most are in the low slender piles (2, 2.5 and 3), whose values are -12%, -7%, - 2% for bricks from Huacataz, -15%, -10%, 0% for bricks from Cerrillo and -11%, -5%, 5% for bricks from Otuzco, respectively, and those that are closest are for slendernesses of 4 , 4.5 and 5, whose values are -2%, 2%, 0% for bricks from Huacataz, 0%, 1%, 0% for bricks from Cerrillo and 2%, 2%, 0% for bricks from Otuzco respectively, the Values indicated in standard E.070 can be used in the city of Cajamarca for Leanness > 3 .

Keywords: Brick, Craft, Correction, Slenderness, Piles, Masonry

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Contextualización.

El crecimiento poblacional a nivel mundial aumenta constantemente y desde que el hombre abandona la vida errante ha buscado la forma de protegerse de los peligros constantes y del clima, empezando por realizar construcciones con piedras naturales adheridas con barro que al día de hoy la llamamos “Pirca” hasta las construcciones modernas de albañilería realizadas con unidades de ladrillo, de esta manera guarecerse y tener una vivienda que es una de las necesidades básicas del ser humano.

La Norma Técnica Peruana NTE 030 de diseño sismo resistente del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019), establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas de albañilería; según sus requerimientos tengan un comportamiento sísmico, que, en caso de estos, se minimice los daños a la edificación y evitando de esta manera pérdida de vidas humanas. El Perú es un país con peligro sísmico y Cajamarca está en la Zona 3 de sismicidad alta, según el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.070 albañilería.

Para el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (2017), en el Censo Nacional 2017: XII de Población y VII de Vivienda, en nuestro país (Perú) el material que predomina en la construcción de viviendas es el ladrillo (arcilla), esto debido a que 4'298,274 viviendas particulares en sus paredes exteriores son de ladrillo o bloque de cemento, representado un 55.8% del total de viviendas, seguido del adobe o tapia con una cantidad de 2'148,494, que corresponde al 27.9% del total de viviendas. En la **Tabla**

1 se muestra cómo ha incrementado el uso de ladrillo en los muros exteriores de las viviendas según el censo realizado. Se observa de forma clara que el material que predomina en la vivienda peruana en el año 1993 de acuerdo al censo, fue el adobe y el ladrillo que incluye también al bloque de cemento; pero con el transcurrir del tiempo, en el año 2007 y 2017 se ha establecido que el material predominante para las construcciones de las viviendas es el ladrillo o bloque de cemento.

Tabla 1

Material predominante en las paredes exteriores a nivel nacional

Material predominante en las paredes exteriores	Censo 1993	Censo 2007	Censo 2017	Variación intercensal (2007-2017)		Incremento Anual	Tasa de crecimiento promedio anual
				absoluto	%		
Total	4'427517	6400131	7698900	1298769	20.3	129877	1.9
Ladrillo o bloque de cemento	1581355	2991627	4298274	1306647	43.7	130665	3.7
Piedra o sillar con cal o cemento	54247	33939	43170	9231	27.2	923	2.4
Adobe o tapia	1917885	2229715	2148494	-81221	-3.6	-8122	-0.4
Madera (pona, tornillo etc.)	310379	617742	727778	110036	17.8	11004	1.7
Quincha (caña con barro)	207543	183862	164538	-19324	-10.5	-1932	-1.1
Piedra con barro	136964	106823	77593	-29230	-27.4	-2923	-3.1
Triplay, calamina, estera y otro	219144	236423	239053	2630	1.1	263	0.1

Nota. Material predominante en las paredes a nivel nacional. (INEI, 2017).

Para el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (2017), de acuerdo al Censo Nacional 2017: XII de Población y VII de Vivienda en el diferentes partes del distrito de Cajamarca (**Tabla 2**), el material que predomina en las paredes exteriores es el material noble (pared de ladrillo que incluye al bloque de cemento, además de la piedra o sillar asentado con cal o cemento) y por ende el más usado en la construcción de viviendas es la albañilería artesanal, debido a esto varían las propiedades

estructurales y de estas propiedades la que tiene mayor importancia es la resistencia a compresión ($f'm$), que es la propiedad estructural que influye en los diseños.

Tabla 2

Material predominante en las paredes exteriores a nivel local

Provincia	Distrito	Total de viviendas particulares	Tipo de material predominante en las paredes exteriores					
			Material noble 1/		Material de adobe o tapia		Material precario 2/	
			Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%
Cajamarca	Cajamarca	51111	32901	64.4	16947	33.2	619	1.2
Cajamarca	Asunción	2377	41	1.7	2306	97	27	1.1
Cajamarca	Chetilla	1023	15	1.5	991	96.9	14	1.4
Cajamarca	Cospan	1839	4	0.2	1813	98.6	22	1.2
Cajamarca	Encañada	5947	350	5.9	5520	92.8	46	0.8
Cajamarca	Jesús	4067	355	8.7	3659	90	41	1
Cajamarca	Llacanora	1637	165	10.1	1398	85.4	48	2.9
Cajamarca	Los Baños del Inca	11922	5281	44.3	6145	51.5	241	2
Cajamarca	Magdalena	2393	121	5.1	2226	93	40	1.7
Cajamarca	Matara	1204	78	6.5	1116	92.7	8	0.7
Cajamarca	Namora	2731	166	6.1	2515	92.1	34	1.2
Cajamarca	San Juan	1273	41	3.2	1183	92.9	41	3.2

1/ Comprende las viviendas con pared de ladrillo o bloque de cemento, piedra o sillar con cal o cemento.

2/ Comprende las viviendas con pared de quincha, piedra con barro, triplay, calamina, estera u otro material.

Nota. Material predominante en las paredes a nivel local. (INEI, 2017).

Para hallar la resistencia a compresión que tiene la albañilería ($f'm$) se construyen pilas, estas construcciones son prismas que están asentadas con mortero y son realizadas con unidades enteras de ladrillos o bloques mayores o iguales a dos hiladas, con altura que no debe ser muy elevada con el fin que tenga facilidad para su construcción, se almacene de forma correcta y no tenga inconvenientes para su transporte desde la obra hasta un laboratorio. Estas pilas, con una edad nominal de 28 días, se deben ensayar para determinar la resistencia a compresión axial ($f'm$), dependiendo ésta de la relación altura-espesor o esbeltez (Bartolomé Ramos & Quiun Wong, 2005).

Las diferentes normas extranjeras, nos indican:

Según la Norma Chilena NCh 1928.Of1993 – Modificada en (2009). La Norma Chilena NCh 1928.Of1993 Albañilería armada - Requisitos para el diseño y cálculo (2009) en su anexo B (Normativo): Confección y Ensayo de Prismas de Albañilería, nos menciona:

Espesor: Esta dimensión del testigo tiene que ser igual al espesor de las vigas y también de los muros de la construcción.

Longitud: Esta dimensión de cumplir el testigo es ser mayor o igual a la longitud que tiene la unidad de albañilería.

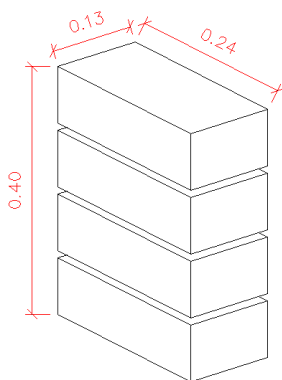
Altura: Las condiciones que tiene que cumplir esta dimensión en el testigo son las siguientes:

- Se debe incluir en el testigo un mínimo de tres ladrillos asentados (03 hiladas)
- El cociente que debe haber entre la altura y el espesor obligatoriamente tiene que ser igual o mayor 3.

En la **Figura 1**, se muestra cómo se obtendría el modelo de los prismas a ensayar de acuerdo a la norma chilena, de ser el caso para su estudio en esta investigación.

Figura 1

Modelo de testigo con esbeltez igual a 3



Nota. Adaptado de (NCh, Norma Chilena NCh 1928.OF1993, 2009)

Donde:

Espesor= 0.13 m

Altura = 0.40 m

Esbeltez = 3.0

De acuerdo a las condiciones mencionadas, se debe aplicar un factor de corrección por esbeltez igual a 1. Esta norma ha establecido un coeficiente de corrección de $f'm$ por esbeltez igual a 1 ($C_{ce}= 1$) para aquellas esbelteces que son primordialmente iguales o mayores a 3.

Por otro lado, para poder determinar el valor de la resistencia a compresión de la albañilería ($f'm$), se debe realizar la construcción de un mínimo de 5 pilas o testigos.

El Reglamento Colombiano de diseño y construcción sismo resistente (2010), establece que los muretes a ensayar se deben elaborar con los mismos materiales y preferentemente en las mismas condiciones que se presenten en las estructuras y se deben haber ensayos de al menos 3 muretes de albañilería para hallar el valor de de la resistencia a compresión de la albañilería ($f'm$) que la que se usa la proporción altura – ancho, mayor o igual que 1.5 y menor o igual que 5. Del mismo modo, los muretes son de altura mínima equivalente a 300 mm.

En esta norma, los coeficientes de corrección por esbeltez se normalizan a una relación alto – ancho o esbeltez igual a 2.

Los factores que esta norma menciona en el apartado D.3.7.2 – Elaboración y ensayo de los muretes, son los mismos a los que se indican en la norma ASTM C1314 en su apartado 12.1.2., con la con la única excepción que en la norma NSR-10 no se permite pilas con esbeltez inferior a 1.5.

Según, las Normas técnicas mexicanas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería (NTC) (2017), establecen que para la Construcción, curado, traslado, Acopio, cabeceado y procedimiento de ensayo de los

testigo de albañilería se realizará de acuerdo a la norma mexicana NMX-C-464-ONNCCE, en la que se debe realizar ensayos de un mínimo de 9 pilas para obtener el valor de la resistencia a compresión de la albañilería ($f'm$), y que, las pilas o prismas deben tener como mínimo tres unidades asentadas una sobre otra. La relación altura - espesor de la pila debe estar entre los rangos de 2 y 6. Si la relación de esbeltez no se encuentra entre los límites anteriores, se debe desechar la probeta.

Los coeficientes de corrección por esbeltez se han normalizado a 4, debido a esto que se normaliza a una esbeltez igual a 5, para que se pueda comparar a los que se mencionan en la norma técnica peruana E.070.

Tabla 3

Factores de corrección de $f'm$ por esbeltez – Norma Mexicana

Factores de corrección de $f'm$ por esbeltez – Norma Mexicana					
Relación altura a espesor de la pila (*)	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
Factor correctivo	0.75	0.90	1.00	1.05	1.06

(*) Para relaciones altura a espesor intermedias se interpolará linealmente

El *Building Code Requirements and Specification for Masonry Structures – MSJC (Masonry Standards Joint Committee) TMS 402/ACI 530/ASCE 5 and TMS 602/ACI 530.1/ASCE 6 (2008)*, en la presente norma se utilizan los mismos coeficientes de corrección de la resistencia a compresión de la albañilería ($f'm$) por esbeltez de los usado en la norma ASTM C1314-14

El *Standard Test Method for Compressive Strength of Masonry Prisms (2016)*, En esta norma se menciona que para encontrar el valor de la resistencia a compresión de a albañilería ($f'm$), el número mínimo de especímenes a evaluar es 3 y que, cada uno de los prismas deben tener una altura mínima de dos unidades o ladrillos, y que la relación entre altura -espesor o esbeltez se encuentren entre 1.3 y 5.0. Debido a que los

valores esbeltez según la norma ASTM C1314, son normalizados a una esbeltez igual a 2, se procede a normalizarlos en 5 como su esbeltez, para de esta manera poder compararlos con los valores que se indican en la norma peruana E.070.

Tabla 4

Factores de corrección de $f'm$ por esbeltez de acuerdo a la Norma ASTM C1314

Factores de corrección de $f'm$ por esbeltez – Norma ASTM C1314							
Esbeltez	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
Factor de corrección	0.75	0.86	1.00	1.04	1.07	1.15	1.22
Factor Normalizado (*)	0.61	0.70	0.82	0.85	0.88	0.84	1.00

(*) Interpolación lineal para valores intermedios de esbeltez

Nota. Factores de corrección por esbeltez normalizados (ASTM-C1314, 2016)

En el Perú el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.070 de Albañilería (2006), el uso de las pilas netamente estructurales son las que tienen una esbeltez estándar igual 5, de esta manera el Cce tiene como valor 1, pero debido al proceso de elaboración de las pilas o testigos, no es posible que todas estas tengan la misma esbeltez, y se establece en la norma coeficientes de corrección de $f'm$ para aquellas pilas que su esbeltez sea menor que 5 y mayor que 2, usándose estos valores en los diseños de albañilería. Estos valores usados son los mismos de la norma SENCICO del 2004, y éstos a su vez son los mismos que aquellos proporcionados por la Norma E.070 de 1982 (ININVI), sin tener un respaldo experimental y difiere además de la norma INDECOPI del 2003, siendo que en esta norma se normalizaron los factores de acorde a la Norma ASTM C1314, interpolando linealmente los valores. (Bartolomé Ramos & Quiun Wong, 2005).

1.1.2. Descripción del problema.

En el distrito de Cajamarca como en diversas partes de nuestro país (Perú) existe gran demanda de vivienda por el aumento de la población y para satisfacer la que es una de las necesidades primordiales del ser humano que es la vivienda, se usa el ladrillo artesanal debido a que es una de las más económicas alternativas para la construcción de edificaciones por el bajo costo de fabricación y comercialización.

El ladrillo fabricado en la provincia de Cajamarca, en su gran mayoría se hace de forma artesanal y debido a esto, no se tiene un control de calidad adecuado en la fabricación, pero, aun así, se comercializa por la acogida que tiene dentro de la comunidad por el costo, aun sabiendo que existen riesgos ocasionados al construir con este material por la misma necesidad de vivienda y por los bajos ingresos económicos que cuenta la población en su gran mayoría.

Es casi imposible concientizar a la población del distrito de Cajamarca que deje de obtener este material para la construcción de sus hogares, pero sí se puede dar un apoyo para que sus viviendas sean más seguras y esto se puede lograr con el estudio de la albañilería cuya característica de mayor importancia es la resistencia a compresión ($f'm$) y con el fin de lograr esto, debemos encontrar la resistencia a compresión de la albañilería que sea lo más real posible, esto mediante ensayos de pilas siguiendo la Norma E.070 que usa para fines estructurales la relación altura – espesor (esbeltez) igual a 5 que la estandariza, pero debido al proceso de elaboración de las pilas o testigos, no es posible que todas estas tengan la misma esbeltez, y se establece en la norma coeficientes de corrección de $f'm$ para aquellas pilas que su esbeltez sea menor que 5 y mayor que 2, usándose estos valores en los diseños de albañilería.

Los resultados encontrados en la investigación de Daniel Quiun, Ángel San Bartolomé y Giuseppe Mendoza denominada “Estudio Experimental Del Factor De Corrección Por Esbeltez En Pilas De Albañilería” del año 2005, para albañilería hecha

con control de calidad (ladrillo industrial de arcilla y concreto) y sin control del calidad (ladrillos elaborados de forma artesanal con arcilla y bloque de concreto vibrado), realizado en la ciudad de Lima difieren con los señalados en la norma E.070, pero estos factores de corrección encontrados son la para la albañilería artesanal fabricada en la ciudad de Lima, y no para los ladrillos que se fabrican y comercializan en el distrito de Cajamarca.

La resistencia a compresión de las pilas de albañilería ($f'm$), tiene importancia para los diseños de albañilería y para tener un buen diseño se debe tener en cuenta los factores de corrección por esbeltez, que se indica en el Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma E070, y en los estudios realizados no se pueden aplicar para la albañilería que se usa en la provincia de Cajamarca, debido principalmente que las unidades de albañilería fabricados, además más usados, son hechos de forma artesanal y no tiene un debido control de calidad, antes, durante y después de la fabricación, de esta manera es que la presente investigación nos permitirá obtener los factores de corrección de forma experimental para la ciudad de Cajamarca, considerando que según normativa las pilas deben tener esbeltez de 2 – 5, normalizándola a 5, sin embargo existen equipos que solo permiten ensayos hasta una esbeltez de 4, motivo por el cual se hace el presente estudio y tener datos confiables para ser usados en los diseños de albañilería.

1.1.3. Formulación del problema.

¿En cuánto varía los factores de corrección en pilas de albañilería por efectos de esbeltez en ladrillos artesanales fabricados en Cajamarca en relación a los valores indicados en la Norma E.070?

1.2. Justificación e importancia

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones en su Norma E.070, Norma Peruana de Albañilería, que tiene vigencia desde el año 2006, se muestra los diversos factores de corrección que son usados para hallar la resistencia a compresión ($f'm$) por efectos de esbeltez de las pilas de albañilería, pero estos valores no se pueden utilizar a nivel nacional debido a que existen diversas maneras para la elaboración de las unidades básicas de albañilería que es el ladrillo y estos son muy diferentes, dependiendo de la región, tradición, entre otras a lo largo y ancho del Perú.

Todo lo mencionado nos indica que existe un vacío de conocimiento en cuanto a los factores de corrección de la resistencia por efectos de esbeltez de las pilas de albañilería elaboradas con ladrillos artesanales producidos y distribuidos en la provincia de Cajamarca.

El presente estudio se realizó con la intención principal de generar datos sobre los factores para realizar la respectiva corrección a la resistencia a compresión por efectos de esbeltez de la albañilería elaborado con ladrillo artesanal fabricado y distribuido en diferentes lugares de la provincia de Cajamarca, debido a que existe un alto porcentaje de pobladores que realizan construcciones de viviendas informales.

Con los resultados que se lograron en este estudio, se espera que permita que otros profesionales puedan seguir o utilizar esta información para mejorar sus diseños en albañilería y de esta manera mejorar las edificaciones elaboradas con ladrillo artesanal, de la misma manera se puede ampliar para que futuros investigadores realicen estudios de la misma índole en ladrillos semi industriales, industriales y con variación de junta de mortero.

1.3. Delimitación de la investigación

En el presente estudio se limita a deducir los factores de corrección de la resistencia en compresión de pilas de albañilería por efectos de esbeltez en ladrillos fabricados y distribuidos en el distrito de Cajamarca.

Se evaluó con unidades de las 3 ladrilleras que tienen mayor volumen de fabricación y demanda en el distrito de Cajamarca y son los ladrillos fabricados en los centros poblados de Huacataz, Cerrillo y Otuzco.

Se evaluó unidades de albañilería (ladrillos) que se han elaborado de forma artesanal en el centro poblado de Huacataz, Cerrillo y Otuzco, debido a que son las unidades más usadas en el Distrito de Cajamarca.

El agregado usado para las juntas de 1.5 cm fue proporcionado por la Cantera denominada El Gavilán, y se realizó para un mortero de tipo P1 (1:0.25:3), cemento, cal y arena, debido a que es el material con más demanda debido a su bajo costo en el mercado.

El cemento usado para la fabricación del mortero fue cemento portland Pacasmayo tipo I.

El agua usada para la preparación del mortero fue agua potable.

Para realizar el curado de las pilas de albañilería se hizo con agua potable, con repeticiones de 3 veces durante del día, colocando agua en las pilas de forma directa en su superficie y contorno de las mismas.

Para los diferentes ensayos de compresión axial de unidades y prismas o pilas de albañilería, realizadas en la presente investigación, se usó un Capping cuyo material es el neopreno con espesor es de 5 mm.

1.4. Limitación

En la Investigación, para las unidades de albañilería artesanal utilizadas, no se realizó la evaluación del proceso de fabricación, ni los materiales que se usaron en esta.

No se evaluó en este estudio la resistencia a compresión de pilas de más de 6 hiladas, debido a que las máquinas con las que se evalúa la resistencia a la compresión de albañilería en la ciudad de Cajamarca, no cuenta con la apertura necesaria para tales ensayos.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general.

Determinar la variación de los factores de corrección de la resistencia en compresión de pilas de albañilería por efectos de esbeltez en ladrillo artesanal de Cajamarca en relación a los indicados en el RNE-E070.

1.5.2. Objetivos específicos.

Encontrar los valores de la resistencia a compresión de pilas de albañilería ($f'm$) hechas con mortero tipo P1 y ladrillo artesanal de los centros poblados de Huacataz, Cerrillo y Otuzco.

Encontrar los diferentes coeficientes de corrección para la resistencia a compresión en las pilas de albañilería ($f'm$) por efectos de la esbeltez fabricadas con ladrillo artesanal en la ciudad de Cajamarca. El rango de esbeltez a analizar está especificado en la Norma E.070 de Albañilería y tiene un rango entre 2 y 5.

Hacer comparaciones entre los distintos coeficientes de corrección de las pilas de albañilería ($f'm$) por esbeltez en ladrillo artesanal elaborado en Cajamarca obtenidos en este estudio de forma experimental y analítica, con los valores que se presentan en el Reglamento Nacional de edificaciones en su Norma E.070 de albañilería.

Determinar las distintas propiedades físicas y también las propiedades mecánicas de los ladrillos artesanales fabricados en centros poblados de Huacataz, Cerrillo y Otuzco.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación o marco referencial

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

En el estudio “*Analysis of safety of slender concrete masonry walls in relation to CSA S304-14*” (Isfeld et al., 2018), publicada en la revista canadiense de Ingeniería Civil, se realiza el Análisis de seguridad de muros esbeltos de mampostería de hormigón en relación a CSA S304-14, norma canadiense, en este estudio se menciona que esta norma de diseño de mampostería parece ser demasiado tradicional al determinar la capacidad de los muros de bloques de concreto con relaciones de esbeltez superiores a 30, la altura efectiva se determina en parte a partir de los soportes finales, la norma canadiense considera que las condiciones de apoyo son articuladas, elásticas o rígidas, para un muro de mampostería parcialmente reforzado, además en los ensayos es difícil lograr un verdadero soporte de base articulado, ya que el ancho del bloque de concreto restringe la rotación. En esta investigación se estudió el efecto de las condiciones de soporte de la base sobre la forma deflexión de paredes de bloques bajo carga axial. Los resultados de los diferentes ensayos se hizo comparación con cálculos basados en lo descrito en la norma canadiense de albañilería determinando que la esbeltez (correlación que hay entre la altura y el ancho de la base) superiores de muros hecho con albañilería y unidades fabricadas con concreto superiores a 30 difieren con lo indicado en la norma, debido a que esta es demasiado conservadora por lo tanto es necesario reexaminar el diseño de paredes esbeltas.

En el estudio “*Strength capacity of hollow clay blocks structural masonry - Flange, Chases, and slenderness effects*” (Fleith de Medeiros et al., 2022), en Brasil, publicado en la revista Science Direct, se investiga sobre las zanjas no planificadas realizadas en mampostería estructural para el paso de tuberías y se menciona que estas pueden comprometer la resistencia general de la estructura. Esta interferencia no cuenta con criterios claramente establecidos y uniformes en las normas brasileñas e internacionales para evaluar la deformabilidad y la consecuente reducción de la seguridad de los muros. El presente estudio evalúa numéricamente, usando el conocido método de Método de Elementos Finitos (MEF) y procedimientos de ajuste, los efectos de las zanjas en elementos de muros de mampostería, proponiendo un método para prever las reducciones de resistencia de los muros con la presencia de zanjas. Durante este estudio se presenta un criterio adicional para el factor de reducción (R) debido a la esbeltez de la mampostería. La contribución de las pestañas también se evalúa para diferentes relaciones altura/longitud. El enfoque simplificado de ignorar el espesor del muro para determinar su esbeltez (λ) y, en consecuencia, la reducción de la resistencia (R) que es un factor importante, fue invalidado en el presente estudio, considerando que los modelos numéricos proporcionaron coeficientes de reducción más bajos para cualquier grupo de muros estudiado. La esbeltez de las paredes considerando el espesor de pared residual en la región de la canalización debe limitarse a 33.

2.1.2. Antecedentes Nacionales.

En el estudio “Análisis comparativo de los coeficientes de corrección de la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería por efectos de esbeltez; elaboradas con ladrillo semi industrial king kong 18 huecos, respecto de los coeficientes establecidos por la Norma Técnica E070-Albañilería” (Huisa Cuito & Salas Rios, 2016), desarrollada en la Universidad Andina del Cuzco, Departamento del Cusco, provincia del Cusco, distrito de San Jerónimo, cuyo objetivo fue encontrar la variación de los

coeficientes de corrección por esbeltez de resistencia a compresión axial, en este estudio se ensayó pilas de albañilería de diferentes esbelteces que se elaboraron con mortero tipo P2 (dosificación cemento arena – 1:4) y con ladrillo semi industrial King Kong de 18 huecos, siendo ensayados a los 28 días y después de su análisis el investigador concluye que se encuentra una variación de 0% a $\pm 10\%$ respecto a la Norma Técnica E.070 – Albañilería

En la investigación “Coeficientes de corrección de la resistencia en compresión de prismas de albañilería por efectos de esbeltez, de unidades de albañilería semi industrial y artesanal, en la ciudad de Huánuco” (Falcon Pardave & Respaldiza Munguia, 2018), realizada en la Universidad Nacional "Hermilio Valdizan" de Huánuco, el investigador realiza la construcción de 60 pilas de albañilería, la mitad de ladrillo semi industrial y la otra mitad de ladrillo artesanal, en la que hace variaciones de la esbelteces de 2,3,4 hiladas. Los ensayos para hallar el $f'm$ se realiza a los 28 días después de su construcción, además determina las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos. En la investigación se concluye que con la dosificación Cemento: Arena – 1:4, a) la resistencia de la unidad de ladrillo ($f'b$) tiende a variar. b) existe influencia de las esbelteces, a mayor esbeltez, menor es el $f'm$. Además, en esta investigación menciona que el cálculo del Coeficiente de corrección por esbeltez realizado de forma experimental no tiene semejanza a los que se indican E 070, ASTM C1314 y NTP 399.605, por lo que considera que la esbeltez mínima sea 2 y menciona que la esbeltez estándar se E igual a 3, donde Cce igual a 1.

Los resultados obtenidos en este estudio nos menciona que los factores de corrección de $f'm$ por esbeltez (Cce) obtenidos de forma experimental en ladrillos semi industriales con los factores dados por las normas nacionales, son diferentes, debido a que existe una diferencia máxima de 13.10% y una mínima de 0.00% en relación al RNE E. 070 y existe una diferencia de máximo 25.61% y mínimo de 0.00% en relación a la

NTP 399,605 (2013), para los factores de corrección de $f'm$ por esbeltez (C_{ce}) que se obtuvieron con los factores de las normas extranjeras y nacionales, se encontró que los factores de corrección de $f'm$ son diferente, es decir un máximo de -27.78% y un mínimo de 0.00%, en relación a la RNE E. 070 y un máximo de -32.58% y un mínimo de 0.00% en relación a la NTP 399,605 (2013).

En el “Estudio experimental de los factores de corrección por esbeltez de la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería de la zona – Nuevo Chimbote” (Aguilar Velásquez & Bolaños Narciso, 2018), realizada en la Universidad Nacional del Santa, en este estudio se realiza la construcción de 60 pilas, las que son asentadas con unidades de 4 tipos, con el fin de realizar evaluación a la compresión axial. Se construyeron pilas de diferentes alturas que dependían de número de ladrillos, debido a esto se tiene diferentes proporciones altura- espesor (h/t). En este estudio se determina que los factores de corrección por esbeltez de pilas de albañilería realizadas en con material del lugar (Nuevo Chimbote), tiene bastante parecido a la investigación hecha por SENCICO en el 2006 (estudio hecho con materiales de Lima), del que se toma los valores para el RNE - E.070.

2.1.3. Antecedentes Locales.

En la investigación “Determinación del Comportamiento a Compresión Axial y el Factor de Corrección por Esbeltez en Prismas de Albañilería con Ladrillos Artesanales de Arcilla en la Ciudad de Jaén – Cajamarca” (Muñoz Vergara, 2014), realizada en la Universidad Nacional de Cajamarca – Sede Jaén, el investigador realiza una comparación entre la resistencia de las pilas de albañilería hechos con ladrillos artesanales de arcilla ($f'm$) con la Norma E-0.70. en esta investigación se concluye que de acuerdo a la norma se debe tener un mínimo de resistencia de 35 kg/cm², y ninguno de los prismas cumple esta condición, siendo un 22.21% la diferencia mínima. Esto

debido principalmente a que hay una gran dispersión en los resultados encontrados de la resistencia de compresión como unidad de ladrillo (f'_{b}) y además que los Cce (Coeficiente de corrección por esbeltez), que se han determinado de forma experimental no tiene relación a las normas E0.70, ASTM C1314 y NTP 399.605, por este motivo para el presente estudio considera que la esbeltez mínima sea 2 y la estándar sea 3, donde el Cce sea 1

En el estudio “Variación de la resistencia a la compresión de los ladrillos, debido a los factores: materiales y proceso de fabricación, a partir de investigaciones realizadas en el Perú” (Martos Leon, 2022), Realizada en la Universidad Privada del Norte – Sede Cajamarca, En esta investigación cuyo objetivo principal fue de encontrar en cuanto varia la resistencia a compresión de los ladrillos a causa de factores tales como los materiales utilizados y el proceso para su fabricación, a partir de las diversas investigaciones realizadas en diversas partes del Perú. Durante este estudio se realiza un muestreo a 32 investigaciones en el tema, adecuándose al criterio del investigador. Para el muestreo el investigador toma diversos criterios para incluir en el estudio, estos a partir de 2011 hasta la fecha e incluyendo principalmente el idioma español y que las investigaciones estén en páginas oficiales de las diversas universidades nacionales o privadas (repositorios). En esta investigación se toman 16 estudios de ladrillos de arcilla y la misma cantidad en estudios de ladrillo de concreto, cuya conclusión es que los factores de los procesos de fabricación en los ladrillos de concreto tienen mayor incremento con un valor de 334%, respecto a la resistencia patrón y que en los ladrillos de arcilla el material cambia en 140.05% de resistencia a la compresión. Aceptándose la hipótesis, ya que hay un 15% de incremento en los factores discutidos en el estudio.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Evolución histórica del ladrillo.

Se tiene conocimiento que el ladrillo tuvo su origen en Medio Oriente en los territorios que hoy en día son Irak e Irán, y que se remontan a más de 2,500 años antes de nuestra era. Desde estas regiones, todos sus habitantes nómadas y después de las batallas ganadas por Alejandro Magno y del gran imperio romano con los diferentes destinos mercantiles del insigne Marco Polo, entre contactos diversos ayudaron a generalizar la cultura y entre otras costumbres el uso del ladrillo. Hace más o menos 7,000 años se descubre que, humedeciendo, amasando, secando y luego sometiendo al alto calor las arcillas, se volvían muy resistentes y estables, alcanzando lo que hoy en día conocemos como “cerámica”; siendo los sumerios que hace más de 5,500 años aplican estos conocimientos sobre cerámica en las distintas construcciones, reemplazando piedras por ladrillos. Todo esto ocurre en Mesopotamia, donde la mayor parte de las poblaciones nómades se asientan y dejan el nomadismo, dando origen lo que se denomina sedentarismo, surgiendo de esta manera las primeras ciudades en el mundo, posiblemente siendo sumeria una de ellas, debido a esto se eleva el desarrollo de las diferentes construcciones en base a ladrillos. Estos a su vez brindan la posibilidad de ser combinados y trabados entre sí, facilitando la rigidización de la mampostería. (Bianucci, 2009).

La albañilería pudo surgir hace unos 15,000 años, debido a las necesidades de las personas nómadas para resguardarse de las inclemencias del clima, por su severidad y por esta necesidad se empezó recolectando y colocando piedra en apilamientos verticales de esta manera tener protección y pasado el tiempo ya emplearía el barro como mortero, en las islas Aran, en Irlanda, como en Catal Hüyük, en Anatolia se puede apreciar estas construcciones. (Gallegos & Casabonne, 2005)

La unidad de albañilería formada por el hombre sería una masa de barro secada al sol, para suplir a las rocas principalmente en lugares donde no existía esta, se conoce que esta unidad se encontró en Jericó en el Medio Oriente cuya forma no es regular, inclusive en otros lugares y en distintas épocas como es en Mesopotamia (7000 años de antigüedad) y Huaca Prieta en el Perú (5000 años de antigüedad) se desarrollaron unidades de forma cónica. (Gallegos & Casabonne, 2005)

Más tarde en alrededor del siglo XX, los españoles e italianos contribuyeron más con los, en ese instante, modernos criterios de diseño, con unidades de ladrillo cerámico, que hasta el día de hoy se utilizan, por otro lado, en los territorios de América, en las diferentes civilizaciones precolombinas no existe muestras del uso del ladrillo. Para la mayoría de las construcciones importantes se recurría a la piedra encuadrada y pulimentada. (San Bartolomé, 1994).

En el imperio Inca y los antecesores en los sectores del altiplano, hacían uso de la piedra y por la parte costera el uso del adobe, repitiéndose en las diferentes construcciones que tenían. En cuanto al Perú, los ladrillos de arcilla llegaron en la época de la colonia española, y la primera fábrica de ladrillos fue construida en Lima en el año de 1856. (San Bartolomé, 1994).

Cerrando la historia, indicaremos que en el Perú, los primeros ensayos sobre elementos de albañilería se realizaron en la década de los 70 y los escasos resultados alcanzados hasta el año de 1982, fueron utilizados para la elaboración de nuestro primer reglamento relativo específicamente a la albañilería (Norma E.070, ININVI-82); a la fecha continúan las investigaciones. (San Bartolomé, 1994).

2.2.2. Características de la albañilería.

Las unidades asentadas con mortero conforman la albañilería en su forma tradicional, siendo estas unidades con mortero, un material estructural, debido a esto,

se menciona que estas unidades están “unidas” o “apegadas” de forma débil, el cual se confirma por la experiencia y por los ensayos y que permite afirmar la heterogeneidad del material y que es anisotrópico, en cuya naturaleza tiene una resistencia alta la que depende de manera principal de la unidad y que su resistencia a la tracción es muy reducida y que se controla básicamente por la adhesión entre el mortero y las diferentes unidades. (Gallegos & Casabonne, 2005)

Con todos los antecedentes que se han descrito, para tener en cuenta el desarrollo de un diseño que sea racional con el material descrito de deben hacer estudios muy necesarios, para conocer las propiedades del material (físicas y mecánicas), además de concretar las más aceptadas prácticas en la construcción y para que se realicen la redacción y posterior perfeccionamiento de las diferentes normas con las que se hagan eficientes diseños y cálculos en las construcciones de albañilería.

2.2.3. Tipos y especificaciones de la albañilería.

Los tipos de albañilería y las especificaciones reglamentarias las podemos clasificar como:

2.2.3.1. Función estructural.

La clasificación según su función estructural es:

- Muros portantes
- Muros no portantes.

a. Muros portantes.

Los muros de albañilería deben ser diseñados y realizados de tal forma que esta pueda transmitir las cargas horizontales y verticales desde los niveles superiores hacia los niveles inferiores y posteriormente a la cimentación, estos muros son los que

componen principalmente las estructuras de una edificación hecha con albañilería y estos deben ser continuos verticalmente. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)

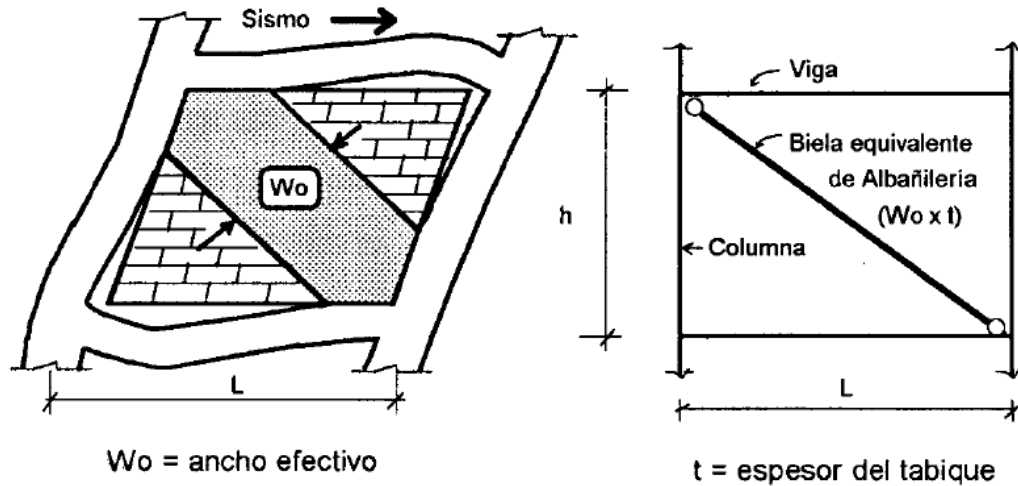
b. Muros no portantes.

Son muros con diseño y construcción de tal forma que solamente llevan las cargas que provienen de su propio peso y de las cargas transversales al plano donde está construido (Ejemplo: parapetos, tabiques, cercos, otros); El diseño de estos muros se realiza ante cargas perpendiculares al plano que están construidos, por ejemplo, aquellas que se originan por el viento, sismo y otras que se denomina de empuje. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)

La tabiquería se realiza principalmente con albañilería, esto debido que tiene buenas propiedades térmicas, así como acústicas además de ser incombustibles, en su construcción casi de forma general se usa mortero de baja calidad y ladrillos denominados "pandereta" que son ladrillos tubulares cuya perforación se encuentra a la cara paralela del asentado, de esta manera se reduce y aligera el peso de la edificación, sin embargo, si los tabiques no han sido cuidadosamente aislados de la estructura principal, haciéndolos "flotantes", se producirá la interacción tabique-estructura en el plano del pórtico (San Bartolomé, 1994).

Figura 2

Modelaje de Tabiques de Albañilería



Nota. Modelaje de tabiques de albañilería (San Bartolomé, 1994)

2.2.3.2. Por la distribución del refuerzo.

Los muros de acuerdo a la clasificación por distribución del refuerzo, los podemos clasificar como:

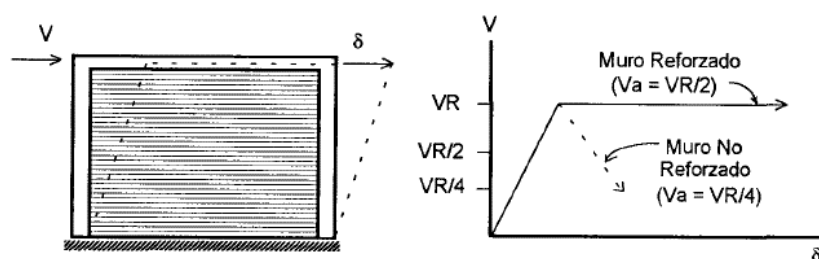
a. No reforzados o albañilería simple.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en la norma E070 de albañilería (2006), nos menciona que los muros no reforzados son los muros que no tiene refuerzo, y si lo tienen este refuerzo no cumple con las especificaciones reglamentarias mínimas que debería tener los muros reforzados. Según la Norma E.70, se limita su uso a edificaciones de un piso, pero en Cajamarca hay diversas viviendas hechas con albañilería no reforzada que tienen dos niveles y son construidas en suelos que tiene muy mala calidad o también construcciones en ladera, y no se tiene conocimiento de cómo es el comportamiento ante los mismos severos o moderados.

La Norma E.070 no indica, pero de preferencia cuando se construyan muros no reforzados, deben construirse en suelos de buena calidad, debido a que los asentamientos diferenciales en la albañilería son demasiado débiles. La resistencia al corte y la rigidez en el plano (V_R en la **Figura 3**), de los muros sin refuerzo se pueden comparar con los muros que tienen refuerzo, pero la norma adopta factores de seguridad que son el doble de los muros con refuerzo, debido a la fragilidad de los muros que no tienen refuerzo.

Figura 3

Fuerza cortante admisible " V_a "

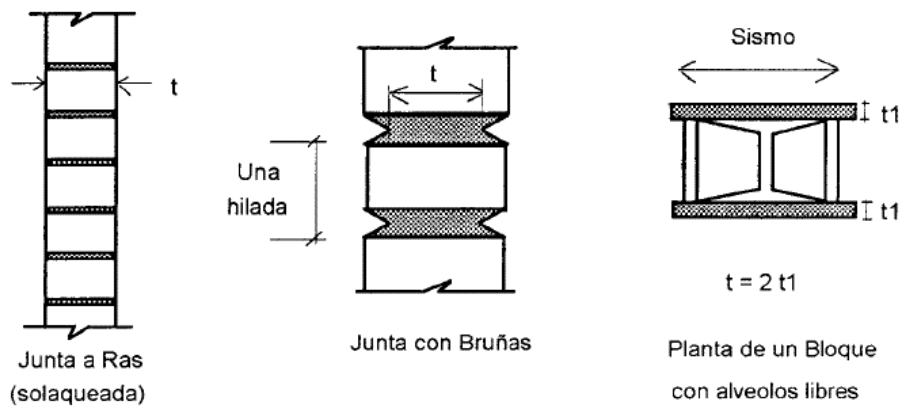


Nota. Fuerza cortante admisible " V_a " (San Bartolomé, 1994).

El espesor efectivo del muro (Figura 4) se define como su espesor bruto descontando los acabados (por el posible desprendimiento del tarrajeo producto de las vibraciones sísmicas), las bruñas u otras indentaciones. La Norma E.070, nos menciona que el espesor mínimo que se emplea en muros sin refuerzo es igual a $t = h / 20$ para las zonas 2 y 3 de sismicidad, y para la zona 1, $t = h / 25$, siendo "h" la altura de piso a techo o la denominada altura de pandeo. La fórmula anterior se encuentra cuando se considera los problemas eventuales que surgen por el pandeo, cuando los muros esbeltos están sujetos a diversas cargas perpendiculares a su plano, en otros casos a la excentricidad de las cargas verticales.

Figura 4

Espesor Efectivo de un muro: "t"



Nota. Espesor Efectivo de un muro (San Bartolomé, 1994).

b. Muros reforzados

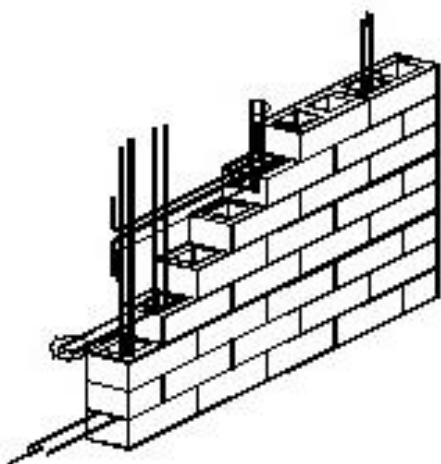
Los muros reforzados los podemos clasificar como muros armados, muros laminares y muros confinados).

- Muros armados.

Estos muros tienen la característica, debido a que llevan refuerzo en el interior de su construcción. Este refuerzo está generalmente distribuido a lo largo de la altura del muro (refuerzo horizontal) como de su longitud (refuerzo vertical), (**Figura 5**).

Figura 5

Muro con refuerzo Horizontal y vertical.



Nota. Muro con refuerzo Horizontal y vertical (*San Bartolomé, 1994*).

Los requisitos mínimos que debe cumplir un muro armado lo establecen la Norma E.070, en su artículo 28. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006)

- Laminares o tipo sándwich.

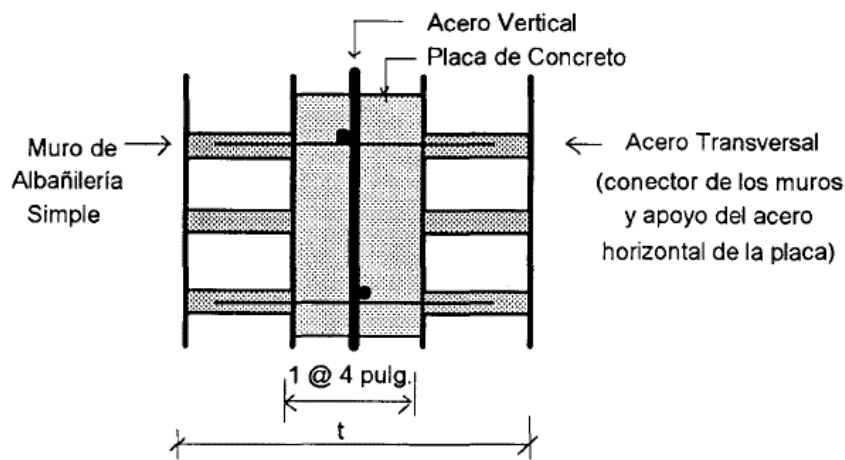
Estos muros son construidos por una placa delgada de concreto, con un espesor de 1 a 4 pulgadas, usando concreto grout o normal, reforzado con una malla de acero central, y por 2 muros de albañilería simple que sirven como encofrados de la placa (**Figura 6**).

En estos tipos de muros se logra una integración de todo el sistema de albañilería cuando se genera una adherencia entre el concreto y los muros incluyendo también por el reforzamiento de forma transversal que se emplea para realizar la conexión de dos o más muros. En el estudio realizado de forma experimental por el Ing. H. Gallegos, en Perú, utiliza unidades de albañilería sillico – calcáreas y se mostró que el comportamiento elástico de los muros laminares es bueno, teniendo una gran

resistencia al corte así como una superior rigidez lateral; pero se obtuvo una fuerte baja en la resistencia y rigidez (lo que se denomina “falla frágil”) después de agrietarse de forma diagonal en la placa, esto se debe de manera principal a que los muros de la placa se “soplaron” es decir la albañilería se separó de la placa (San Bartolomé, 1994).

Figura 6

Sección transversal Muro Laminar o Sandwich.



Nota. Sección transversal Muro Laminar o Sandwich. (San Bartolomé, 1994).

- Muros confinados.

Este es el sistema que tradicionalmente se emplea en casi todo el Perú para la construcción de viviendas de hasta 4 pisos (**Figura 7**).

San Bartolomé, A. (1994), menciona que la característica de los muros confinados o de la albañilería confinada es debido a que es hecha con albañilería simple y rodeada por concreto armado, que se vacía después de la construcción de los diversos muros. Normalmente la conexión empelada para unir la albañilería y las columnas es de forma “dentada” que se utiliza de forma tradicional en Perú. Por otro lado en el vecino país de Chile se usa una conexión a “ras” y que en el movimiento sísmico de 1985 tuvo un gran comportamiento.

Figura 7

Muros confinados de ladrillos de arcilla.



La ductilización del sistema es básicamente debido al concreto armado que este alrededor del muro; de esta manera se otorga la capacidad de deformarse de forma inelástica, incrementando de forma muy pequeña la resistencia, por el motivo de que las vigas ("solera", "viga collar", "collarín" o "viga ciega") y las diversas columnas son de medidas bajas y con pequeño refuerzo. Cuando la albañilería está sujeta a fuerzas ortogonales a su plano los pórticos funcionan de manera extra como elementos de arriostre.

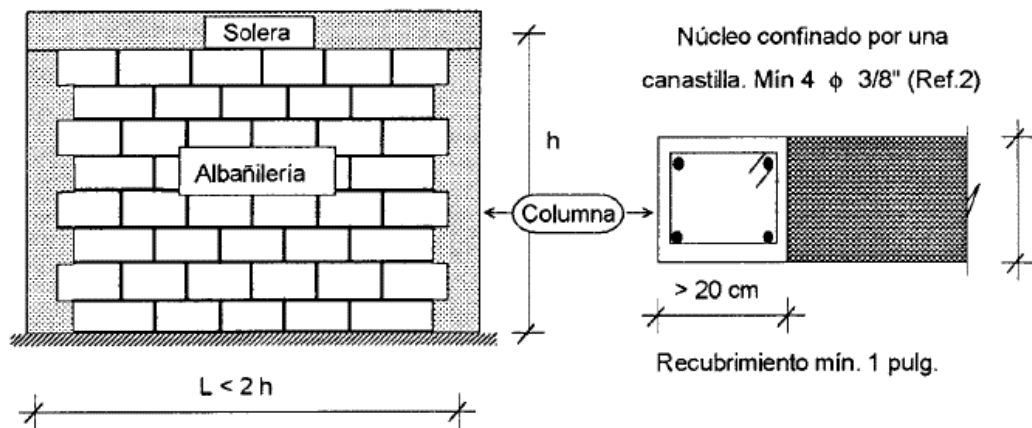
La Norma E.070 señala que para que los muros se consideren confinados, deben cumplir requisitos esenciales y estos son:

Que el enmarcamiento de los muros se dé en los cuatro lados con elementos horizontales o vigas soleras y verticales o columnas, estas de concreto armado. Se acepta que los cimientos de concreto armado sean elementos que confinen horizontalmente para aquellos muros que se encuentran en el primer piso.

La separación límite entre los centros de las columnas con las que se confinan sea dos veces la separación entre los componentes horizontales considerados como refuerzo y por ningún motivo mayores a 5 metros. Al cumplir la condición antes descrita, así como también al emplear el espesor mínimo que se indica en norma E.70 en su artículo 19.1, no hay necesidad de diseñar muros para fuerzas sísmicas que actúen de manera perpendicular al plano, salvo que haya cargas verticales que actúen de manera excéntrica. **Figura 8.**

Figura 8

Requisitos mínimos para que un muro se considere confinado



Nota. Requisitos mínimos para que un muro se considere confinado. (San Bartolomé, 1994)

Las unidades de albañilería que se pueden usar son las que se describen en las especificaciones de la norma E.70 en su artículo 5.3.

La forma que conecte la columna con la albañilería puede ser a nivel o en forma dentada.

Cuando se emplee la forma dentada, la distancia del diente no debe ser mayor a 5 centímetros y los desperdicios de mortero y todas las impurezas se deben limpiar antes de realizar el vaciado de concreto en los elementos de confinamiento (columnas). (San Bartolomé, 1994)

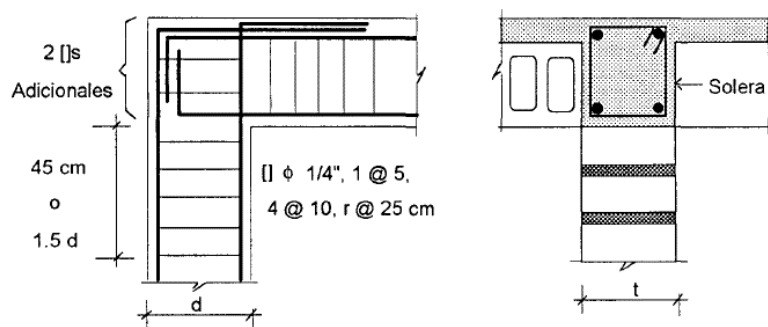
Cuando se empleen conexiones a ras, se debe adicionar los denominados “chicotes” o las “mechas” para que sirva de anclaje (a menos que tenga un continuo refuerzo de forma horizontal), estos elementos son pueden ser varillas de 6 milímetros de diámetro, que profundicen como mínimo 40 centímetros hasta el interior de los muros de albañilería y unos 12.5 centímetros de los elementos verticales (columnas) más un doblamiento a un ángulo de 90° de 10 cm; la cuantía que se debe usar debe ser de 0.001. (San Bartolomé, 1994).

Los refuerzos horizontales, cuando se requieran, deberán ser continuos y se deben anclar en las columnas que confinan a 12.5 centímetros utilizando un gancho de forma vertical de 10 centímetros a un ángulo de 90°. (San Bartolomé, 1994)

Los estribos a emplear en las columnas de confinamiento deberán ser cerrados a 135°, pudiéndose emplear estribos con % de vuelta adicional, atando sus extremos con el refuerzo vertical, o también, zunchos que empiecen y terminen con gancho estándar a 180° doblado en el refuerzo vertical (Figura 9). (San Bartolomé, 1994)

Figura 9

Disposición Mínima de estribos



Nota. Disposición Mínima de estribos. (San Bartolomé, 1994)

Cuando en una estructura haya traslapes, ya sea de forma horizontal o vertical, estos deberán tener una distancia igual a 45 veces el diámetro mayor de la barra a traslapar, no será permitido en la albañilería que en el primer entre piso haya traslape de forma vertical, y menos en partes que se localizan en la parte extrema de las vigas soleras y las columnas. (San Bartolomé, 1994)

En relación al concreto, este debe tener un $f'c$ (resistencia a la compresión) que sea mayor a 175 kg/cm² (17.15 MPa) y la combinación de los agregados deben tener aspecto fluido, y su asentamiento debe ser de 12.7 centímetros o 5 pulgadas, para determinar este asentamiento de deberá realizar el ensayo en el cono de Abrams. Cuando las columnas tengan una reducida distancia y estas sean utilizadas como confinamiento de la albañilería en aparejo de soga, el tamaño máximo del agregado grueso no deberá ser mayor a 1.27 centímetros o ½ pulgada. (San Bartolomé, 1994).

De acuerdo a la normativa mencionada en la Norma E.060 de concreto Armado, se menciona que todos los empalmes y anclajes ubicados en la armadura de la estructura deben desarrollar una eficiente capacidad a los esfuerzos de tracción.

La distancia mínima de los elementos verticales o columnas y los elementos horizontales o vigas soleras deberá ser igual al espesor real de los muros.

En las vigas soleras el mínimo peralte que deben tener es igual al espesor que tenga la losa del techo.

En una columna de confinamiento el peralte mínimo que deberá tener es de 15 centímetros. En el caso de que se presente ductos en las losas o que las losas lleguen a su límites en una propiedad, se presente la discontinuidad de las vigas soleras, el peralte más pequeño de la columna que confina debe ser adecuada para que se pueda anclar la parte del refuerzo que existe incluyendo su recubrimiento.

En los diversos muros confinados, cuando se requiera el uso de un refuerzo horizontal, se debe insertar las varillas de refuerzo en los elementos verticales (columnas) de confinamiento como mínimo 12.50 centímetros y deberán terminar en un gancho de 90° de forma vertical y con una longitud de 10 centímetros.

2.2.4. Elementos de albañilería

2.2.4.1. Unidades básicas de albañilería.

Para las construcciones de albañilería, el componente básico es la unidad de albañilería, estas pueden ser elaboradas con materias diversas materias primas tales como las arcillas, concreto y una mezcla de sílice con cal. Las unidades de albañilería se realizan mediante el moldeo en “ladrilleras” y posteriormente compactación; estas se producen en control de calidad en las fábricas industriales o en precarios fabricas artesanales en las que no se tiene un control de calidad, es por eso que las formas, modelos, distancias, volumen son muy variables entre sí. Las unidades de albañilería son denominadas ladrillos o bloques y estas pueden ser sólidas, alveolares, tubulares o huecas. Las unidades de albañilería (ladrillos) tienen la característica principal de que debido a su dimensión y peso son manipulables con una sola mano cuando se realiza el asentado en la albañilería. Las unidades de albañilería en las que se hace uso de las dos manos para su manipulación, se le denomina bloque.

2.2.4.2. Tipología.

En las unidades de albañilería para realizar la tipología nos basamos en el área neta que el ladrillo tenga, también a la equivalencia a la superficie total de la cara de asentamiento y en los particulares formas de los alveolos. Para conocer los tipos de albañilería, se debe tener en cuenta que estos no tienen que ver con el tamaño, ni mucho

menos con el material con el que son elaborados, en otras palabras, se puede afirmar que para el mismo tipo de albañilería puede haber ladrillos o bloques.

Las diversas unidades de albañilería se clasifican en unidades huecas, Unidades tubulares o pandereta y unidades sólidas o macizas, estas últimas por motivos de estudio se describe a continuación:

- Unidades sólidas o macizas.

Son las que no tienen huecos o, en todo caso, presentan alveolos o perforaciones perpendiculares a la superficie de asiento que cubren un área no mayor al 30% del área de la sección bruta en el mismo plano (**Figura 10**).

Figura 10

Unidades de Albañilería sólida o maciza.



Nota. Unidades de Albañilería sólida o maciza. (Bonilla Manilla, 2006)

2.2.4.3. Clasificación materia prima de elaboración

Las unidades de albañilería las podemos clasificar de acuerdo a la materia prima con la que se elabora, es decir las podemos clasificar en unidades de albañilería calcáreas, unidades de concreto y unidades de arcilla, esta última por motivos de estudio se describe a continuación:

- Unidades de albañilería realizadas con Arcilla.

Estas son unidades o ladrillos de forma sólida, también pueden ser perforados, tubulares o cerámicos hechos con arcilla cocida, los que son de elaboración forma artesanal o industrial, con una variación de color que se obtiene de acuerdo al tipo de arcilla que puede ser amarillento hasta rojizo.

- Materia prima.

Para la elaboración de los ladrillos se utiliza como materia prima la arcilla, estas pueden ser calcáreas y no calcáreas. Las arcillas calcáreas contienen un aproximado de 15% de carbonato de calcio las que dan a los ladrillos un color amarillento, en cambio las no calcáreas el elemento que predomina con un 5% de óxido de hierro es el silicato de alúmina que le da un aspecto rojizo. Las mejores arcillas contienen un 33% de arena y limo; es necesario que exista arena para reducir los efectos de contracción por secado de la arcilla (Gallegos & Casabonne, 2005).

- Clasificación de los ladrillos de arcilla.

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

- Corriente: 24 cm x14 cm x 6 cm. (peso aproximado de 3 Kg.)
- King Kong: 24 cm x14 cm x10 cm. (peso aproximado de 5 a 8 Kg.)
- Pastelero: 20 cm x20 cm x2.5 cm. (peso aproximado de 4 a 6 Kg)
- Pandereta: 24 cm x12 cm x10 cm. (peso aproximado de 2.5 a 3 Kg.)
- Hueco: el empleo de este ladrillo es en losas aligeradas.
- IKARO: 24 cm x11.5 cm x9.5 cm. (peso aproximado de 3 Kg.)

Figura 11

Unidades de arcilla.



Nota. Unidades de arcilla. (Bonilla Manilla, 2006)

- Fabricación

El proceso de elaboración del ladrillo es variable, siendo artesanal, semi-industriales e industriales, elaborándose diferentes productos en su forma, tamaño y dimensiones.

Al respecto San Bartolomé, A. 1994, indica que la elaboración de las unidades de realizadas con arcilla está comprendida en etapas y son las siguientes:

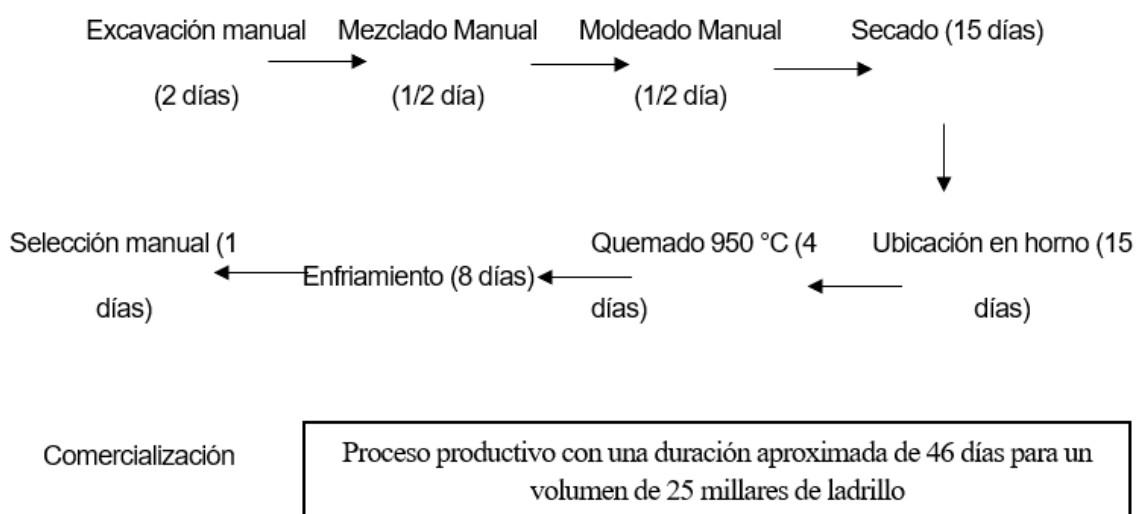
- Se extrae el material mediante herramientas manuales (picos, lompas) y se traslada mediante carretillas, usando equipo mecánico para la elaboración artesanal, y para el proceso de forma industrial mediante el uso de palas mecánicas. Posteriormente mediante mallas metálicas se tamiza para que se elimine las piedras y diferentes materias no utilizables. (San Bartolomé, 1994)

- Se muele la materia prima con molinos o también se apisona para triturarla. (San Bartolomé, 1994)
- La materia prima se mezcla con agua y arena, dejado reposar esta mezcla durante un aproximado de un día en el caso de manera artesanal como el adobe, o en su defecto utilizando máquinas que dosifican su peso, estas de forma industrial. (San Bartolomé, 1994)
- Para el moldeado se realiza de tal manera que se amasa la mezcla en moldes hecho con madera como los que se usan para los adobes o con prensas a gran presión o en su defecto con máquinas extrusoras, en las que la masa se pasa por la boquilla con la sección que requiera la unidad de albañilería siendo las dimensiones del ladrillo terminado. (San Bartolomé, 1994)
- Para realizar el secado de las unidades de albañilería se colocan las unidades sobre tendales o se introducen en hornos con una temperatura que se puede regularizar y va desde temperatura ambiente hasta los 200 °C. (San Bartolomé, 1994)
- El quemado de las unidades de albañilería se realiza en hornos de preferencia abiertos que contengan quemadores que en su base tenga leña o algún combustible, normalmente petróleo, en estos quemadores artesanales la diferencia entre las resistencias de los que están ubicados en la parte baja del horno y la parte alta hay diferencias de más del 100% en su resistencia, o también se puede realizar con hornos en forma de túnel utilizando quemadores de petróleo o con carbón molido, con temperaturas que se regulan y puede llegar a temperaturas de 1200 °C, además debe contar con enfriamiento, la duración de este proceso dura como mínimo 2 días y 5 como máximo. (San Bartolomé, 1994)

En la Tesis “*Estudio de la influencia del tipo de arcilla en las características técnicas del ladrillo. Santa Bárbara*” la Ingeniero Yvonne Katherine Fernández León, realiza un esquema para el proceso de elaboración de ladrillos en el Centro Poblado Santa Barbará, y que se asemeja a los utilizados en los Centros Poblados del Cerillo, Huacataz y Otuzco, distrito de Baños del Inca, para la confección de unidades de albañilería, además se debe tener en cuenta que estas unidades de albañilería según el estudio son usadas por la mayoría de habitantes de la ciudad de Cajamarca y distritos aledaños para la construcción de viviendas y otras estructuras. (Fernández León, 2010)

Figura 12

Esquema de elaboración de unidades de arcilla de forma artesanal en el sector de Santa Bárbara, provincia de Cajamarca.



Nota. Diagrama de fabricación de unidades de arcilla de manera artesanal en Santa Bárbara – Cajamarca. (Fernández León, 2010).

2.2.4.4. Propiedades Físicas y Mecánicas (Unidades de albañilería)

- Variabilidad dimensional o Variación dimensional.

Esta es una propiedad física que influye en el comportamiento de resistencia de los muros. Debido a que si tiene una mayor variación el espesor de las juntas es mayor y si las juntas son mayores, la resistencia a compresión de la albañilería y la fuerza cortante de los muros son menores.

Las medidas de las unidades de albañilería, según la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, tiene la expresión: $L \times A \times H$ (largo x ancho x altura), en cm. Donde el largo y el ancho son superficies de asiento y las medidas comerciales normalmente solo hacen la inclusión de 01 centímetro de junta. Esta propiedad es la que define la altura de las diversas hiladas ya que con mayores variaciones el espesor de la junta aumenta y es superior a lo que se necesita para la adhesión que son desde los 0.9 cm hasta 1.2 cm, y de esta manera la albañilería baja su resistencia a la compresión.

En el libro de Ángel San Bartolomé “Construcciones de albañilería – Comportamientos Sísmico y Estructural” publicado en el año 1994, se menciona que las pruebas de variación dimensional son necesarias realizarlas para que de esta manera se determine el espesor de las juntas que se usaran en la albañilería. Haciendo hincapié de que por cada 3 milímetros de incremento en el espesor de las juntas horizontales adicionales al mínimo que se requiere (10 mm), se disminuye hasta en un 15% la resistencia a la compresión de la albañilería, de esta manera también hay disminución a la resistencia cortante. (San Bartolomé, 1994)

Entonces se puede decir que la calidad de los ladrillos determina los espesores de las juntas además de la resistencia a compresión y corte de los muros.

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, (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

- Alabeo.

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

- Absorción.

En el libro del Héctor Gallegos, y Carlos Casabonne, publicado (2005) “Albañilería estructural”, denomina absorción y absorción máxima a diferencia de pesos entre las unidades mojadas y unidades secar, y se expresa en un porcentaje del peso de la unidad seca.

En la Norma E.070, la absorción se toma como medida de permeabilidad en las unidades de albañilería, y se indica que las unidades hechas con arcilla no tienen que sobrepasar el 22%. (Gallegos & Casabonne, 2005)

Se menciona que las unidades de albañilería que tienen absorción superior al 22%, son más porosas y debido a esto resisten menos los eventos climáticos si está a la intemperie. Cuando se realiza muros con este tipo de unidad porosa, esta absorberá el agua que contiene el mortero, bajando la humedad y de esta manera impide la adherencia de la unidad de con el mortero, influyendo en la resistencia del muro el cual disminuye. (Gallegos & Casabonne, 2005)

La norma peruana limita estos valores debido a que las unidades porosas resisten menos a la intemperie, debido a la durabilidad a causa del intersperso. Estos aspectos tienen nula o baja importancia cuando los muros tienen recubrimiento adecuado para su protección climática. (Gallegos & Casabonne, 2005)

Los ensayos de absorción se procederán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.613, (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

- **Succión.**

Esta propiedad es la medida de la avidéz del agua en las unidades de albañilería en el lado que se asienta, y es fundamental porque con este valor se define la relación entre el mortero y la unidad de contacto y por ende la resistencia a la fracción de la albañilería en general.

San Bartolomé en su libro "Construcciones de albañilería – Comportamiento sísmico y estructural", menciona que ha demostrado con diversas unidades de albañilería que tiene mucha succión en el instante de asentamiento no se puede lograr, con métodos tradicionales en la construcción una unión adecuada con el mortero y cuando la succión es elevada, el mortero, por motivos que tiene una pérdida de agua rápida, que la unidad absorbe, esta tiende a deformarse y endurecerse, impidiendo un contacto adecuado con la cara de la unidad siguiente. (San Bartolomé, 1994)

Por este motivo se tiene una adhesión incompleta y muy pobre, con uniones de poca resistencia y porosos por ende permeables al agua.

- **Resistencia a la compresión.**

Esta propiedad es ya de por sí la principal propiedad de las unidades de albañilería y la que determina el f_m que es la resistencia a la compresión de los muros de albañilería. De manera general si la resistencia a compresión es alta, se afirma que

la unidad de albañilería es buena y se puede usar con fines estructurales y fines de exposición, si los valores son bajos, las muestras de unidades de albañilería tendrán muros con baja resistencia y con duración reducida.

Se hace mención que en el libro "*Ladrillo*" de Enrique Tola Mendoza publicado en 1963 que la resistencia a compresión de las unidades de albañilería depende de naturaleza del material y que en su contenido tenga un regulado uso de elementos "desgrasantes" con una cantidad prudente de cal y cuarzo que son contenido en las diferentes arcillas. De forma lamentable, esta es una propiedad que no se puede medir de forma adecuada, por la gran variedad de formas y mediadas que tiene las unidades, y principalmente de las alturas que estas tiene que impide hacer una relación entre el resultado del ensayo a compresión con la real resistencia de la masa que lo compone. (Mendoza, 1963)

Esto se debe a los efectos de la forma y de la esbeltez en el valor medido y a la restricción, ocasionada por los cabezales de la máquina de compresión, que modifica el estado de esfuerzos de la unidad (Gallegos Vargas, 1991).

La resistencia a compresión de las unidades de albañilería se mide en la actualidad en los ensayos de compresión estándar, en la que interviene la altura que tenga los testigos y de la forma de estos y no solo la resistencia de la masa, en consecuencia, los valores que se obtienen indican de manera general el comportamiento de la albañilería que se asienta con mortero y de las que son llenas con concreto líquido, de la misma manera para la durabilidad debe ser seguido al ensayo de compresión, los valores obtenidos en la absorción máxima y asimismo del coeficiente de saturación. (San Bartolomé, 1994).

2.2.4.5. Clasificación de las unidades de albañilería con fines estructurales.

La Norma NTP 331.017 clasificara a los tadrillos en 5 tipos y estos son:

- TIPO I. Los ladrillos de este tipo se caracterizan por tener una resistencia y durabilidad muy baja; y son para construcciones donde las exigencias no sean altas (viviendas de 1 o 2 pisos), evitando el contacto directo con la lluvia o el suelo (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).
- TIPO II. Los ladrillos de este tipo se los puede clasificar de baja resistencia y durabilidad; no se pueden usar bajo condiciones de servicio moderadas es decir no deben estar en contacto directo con la lluvia, suelo o agua (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).
- TIPO III. Este tipo de ladrillo son de mediana resistencia y durabilidad, son aptos para emplearse en construcciones sujetas a condiciones de reducido intemperismo (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).
- TIPO IV. Este tipo de ladrillos son considerados de alta resistencia y durabilidad; y son muy aptos para ser usados en condiciones de servicio rigurosas, estos ladrillos pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo moderado, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).
- TIPO V. Son los ladrillos que cuya resistencia y durabilidad es elevada; estas unidades son aptas para emplearse en condiciones de servicio muy rigurosas, pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo superiores o similares al tipo IV (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

Para realizar diseños estructurales, se debe tener en cuenta las características que se indican en la Tabla 5 de la Norma Técnica Peruana E.070 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

Tabla 5

Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.

Tabla CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta.
	Hasta 100 mm	Hasta 100 mm	Hasta 100 mm		
Ladrillo I	±8	±6	±4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	±3	±2	±1	2	17.6 (180)

f_b = Resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería.

MPa= Mega pascal

Nota. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006)

2.2.5. Propiedades de la albañilería simple

2.2.5.1. Montaje de los especímenes y ensayos.

Héctor Gallegos y Carlos Casabonne, del año (2005) en su libro “Albañilería estructural”. Se menciona que los valores de la resistencia a compresión, tracción y corte de la albañilería define el comportamiento que tienen las estructuras de albañilería ante cargas reales tales como cargas gravitacionales, sismo, viento. Cuando los testigos se someten a los ensayos el comportamiento que estos tienen es resultado de la combinación de los componentes de la albañilería, de esta manera se simula la reacción

cuando es sometido a cargas similares a las de los ensayos. Para el modelaje de los prismas de albañilería se complica debido a que las características son anisotrópicas de la albañilería y porque en la realidad las cargas no se presentan como se hacen en los ensayos, debido a que en estos se aíslan los efectos que produce los bordes y que en los ensayos en las probetas se debe acomodar las caras para tener determinada orientación, de forma general son las que se mencionan:

En los ensayos de compresión se debe aplicar una carga perpendicular a la hilada, siendo que la orientación de toma de forma primordial pues asemeja a la acción de la gravedad en los muros horizontales y que estos predominan en una construcción.

Los valores que se obtienen son claves para realizar el análisis de cómo se comporta el muro al corte ante las acciones de cargas de gravedad y fuerzas sísmicas, debido a esto se presenta los esfuerzos de compresión muy elevados, principalmente verticales en las partes comprimidas.

- La tracción coplanar se genera en los ensayos aplicando fuerzas de corte, para producir tracciones indirectas, ello suele hacerse tomando tres ángulos con relación a la hilada: 0° , 45° y 90° , interpolando entre los valores medios, la determinación de la resistencia en cualquier dirección intermedia por lo que todo define el comportamiento del muro de albañilería hasta el nivel de agrietamiento para combinaciones de cargas gravitacionales y horizontales coplanares, originadas por sismo o viento (Gallegos & Casabonne, 2005)
- Los ensayos de tracción por flexión se aplica carga perpendicular al plano, para generar flexiones paralelas y perpendiculares a la hilada, lo que permite la determinación de los módulos de ruptura de la albañilería en estas direcciones principales, siendo esta información la que permite analizar el comportamiento

de muros sometidos a carga perpendicular a su plano, que pueden tener condiciones de apoyo de borde variadas (Gallegos & Casabonne, 2005).

- Para realizar la evaluación de la resistencia al corte se utiliza el ensayo de cizalla en la junta horizontal del mortero, y es sometida al mismo tiempo de corte en su plano y compresión vertical, puede ser el plano de falla de muros de albañilería simple y albañilería confinada (Gallegos & Casabonne, 2005).
- Las características del espécimen y del tipo de determinan mediante procedimiento y evaluación del ensayo es de considerable importancia, pues debe hacer ensayos repetibles, económicos y que se puedan interpretar (Gallegos & Casabonne, 2005).

2.2.5.2. Naturaleza de la albañilería y criterios de falla.

Se sabe que la albañilería es un material compuesto, heterogéneo y anisotrópico en el que los planos que tienen debilidad condiciendo con las juntas que están en forma vertical y también en las horizontales y que se forman un comportamiento único, las juntas horizontales, debido a su naturaleza continua, dividen a la albañilería en capas (hiladas), dando la apariencia de un material compuesto laminado. (Gallegos & Casabonne, 2005).

La elaboración de criterios de fallas, en cargas coplanares, debe contemplar los posibles modos de falla en tracción y en corte por cizalle a lo largo de las juntas horizontales y verticales; en el último caso, se tendrá en cuenta el efecto de las compresiones perpendiculares a la junta y además, es necesario que se considere los efectos de tracción transversal generados por las diferencias en las características elásticas de los materiales componentes. (Gallegos & Casabonne, 2005).

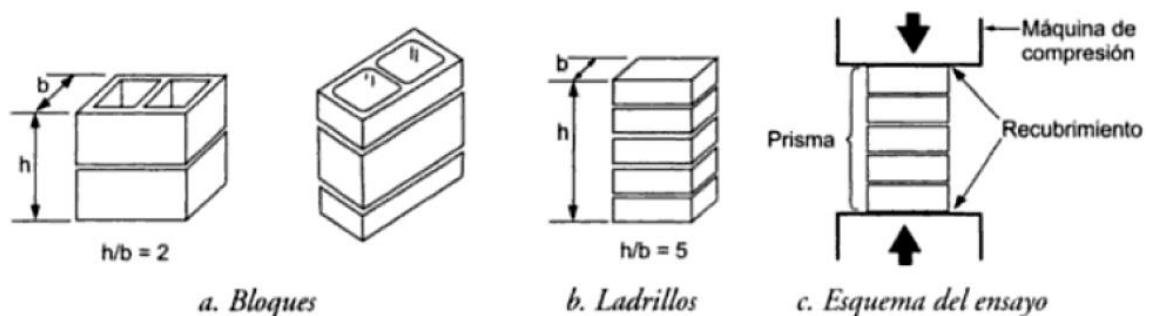
La descripción cuantitativa de la falla en albañilería no puede basarse en un único criterio general, sino en los diversos modos en que esta puede ocurrir en un material compuesto. (Gallegos & Casabonne, 2005).

2.2.5.3. Probetas y ensayos para determinar los valores de la resistencia a la compresión

Las Probetas para que se pueda determinar la resistencia a la compresión de la albañilería se puede decir que esta estandarizado a nivel mundial, y consiste en un prisma con contiene unidades de albañilería asentadas una sobre otra, estos son prismas que se llenan con concreto líquido — solo en el caso de unidades huecas-asentadas o apiladas —, cuando la resistencia a determinar corresponde a esa forma de albañilería. (Gallegos & Casabonne, 2005).

Figura 13

Prismas estándar para ensayos de compresión



Nota. Prismas estándar para ensayos de compresión (Gallegos & Casabonne, 2005)

Los prismas se construyen, si son para investigación, de acuerdo con los objetivos del programa de ensayos; y, si son para control de obra con la unidad, mortero o concreto líquido por emplearse o que se emplean ya en obra, utilizando el espesor de la junta, la técnica constructiva y la mano de obra representativa. (Gallegos & Casabonne, 2005).

La esbeltez y altura mínima de los prismas se obtiene directamente de que si la albañilería es de ladrillos o de bloques, en el caso de prismas de ladrillo, la relación alto - ancho del prisma debe estar entre 2 y 5, y el alto no será menor de 30 cm, en el caso

de prismas de bloques, la esbeltez estará entre 1,3 y 5, y el alto no será menor de 30 cm; en los dos casos debe haber, alejada del efecto restrictivo del cabezal de la máquina de ensayo, por lo menos una junta. (Gallegos & Casabonne, 2005).

Se tiene un consenso en que la esbeltez mínima de los prismas de albañilería debe ser mayor a la que por tradición es aceptada y que esta tiene el valor de 2 por los valores errados que se obtienen con esbeltez pequeña, por lo que diversos investigadores recomiendan que la esbeltez mínima sea de 4 para minimizar los efectos de la restricción en los extremos; Los factores de corrección por esbeltez diferente a la tomada como patrón, que por lo general fue de 2 y en algunas normas de 5. (Gallegos & Casabonne, 2005).

Los prismas no se curan, solo se protegen con una tela húmeda durante veinticuatro horas y luego se colocan bajo techo hasta que son ensayados y esto se realiza normalmente a los veintiocho días, pero puede hacerse antes siempre que se establezca la relación entre las resistencias a los 7 y 28 días. (Gallegos & Casabonne, 2005)

Los ensayos consistirán en que por lo menos dos ensayos, pero se prefiere que sean tres. La resistencia de la albañilería (f_m) que la caracteriza se debe encontrar con la siguiente ecuación.

$$f_m = a \cdot C \cdot (X - m\bar{d})$$

donde:

a: es el coeficiente para la edad de la probeta en el instante en el que se hace el ensayo ($a=1$ para probetas cuyo ensayo es a los 28 días y 1.1 para ensayos realizados a los 7 días);

C: es el factor de corrección de la esbeltez

X: Resultado Promedio de las Pruebas

m: es un número dependiente del porcentaje de resultados defectuosos aceptables (generalmente 10%)

δ : Desviación estándar. (Gallegos & Casabonne, 2005)

2.2.5.4. Factores de corrección por esbeltez.

A fin de obtener los coeficientes de corrección (CCe) por esbeltez, los resultados son procesados siguiendo los siguientes pasos (Bartolomé Ramos & Quiun Wong, 2005).

- Depuración de Resultados.

Los resultados que son inconsistentes deben ser quitados de tal modo que queden como mínimo 3 pilas o ninguna en cada tipo a ensayar, se tiene que entender que por resultado inconsistente es aquel valor máximo o mínimo que no guarde coherencia con el resultado esperado; por ejemplo, que pilas más esbeltas soporten más carga axial que las pilas menos esbeltas, lo cual sería incongruente. (Bartolomé Ramos & Quiun Wong, 2005).

- Cálculo de $f'm$.

Se Trabaja con los resultados depurados, la resistencia característica a compresión axial ($f'm$, SENCICO, 2006) se evalúa restando a la resistencia promedio la desviación estándar. La resistencia unitaria promedio fue calculada como la carga máxima promedio dividida entre el área bruta de la pila (Bartolomé Ramos & Quiun Wong, 2005).

- Evaluaciones de $f'm$ para una Esbeltez que esta normalizada a un valor de 5.

La esbeltez estándar de la Norma E.070 es $E = 5$ (Bartolomé Ramos & Quiun Wong, 2005).

- Cálculo del Coeficiente de Corrección por Esbeltez (CCe).

Para cada serie de ensayos el coeficiente de corrección se calculará como $CCe = f'm (E = 5) / f'm (E)$. (Bartolomé Ramos & Quiun Wong, 2005).

- Elaboración de las de curvas de ajuste.

Se preparará una gráfica de E vs. CCe, en el que se trazará las curvas de ajuste.

Donde E es la esbeltez y CCe es el coeficiente de corrección por esbeltez por valores indicados en la Norma E.070 (Bartolomé Ramos & Quiun Wong, 2005).

2.2.6. Tecnología del mortero.

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. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006)

Para el mortero cuyo fin serán las obras hechas con albañilería se debe tomar en cuenta lo que se indica en la Normas NTP 399.607 y NTP 399.610.

La función principal del mortero en la albañilería es adherir las unidades corrigiendo las irregularidades de las mismas, así como sellar las juntas contra la inserción del aire y de la humedad. (San Bartolomé, 1994).

En cuanto a la adherencia unidad de albañilería y el mortero, se logra cuando los solubles del cemento son absorbidos por la unidad y de esta manera se cristaliza en forma de agujas en sus poros y la adherencia se ve favorecida cuando el mortero se inserta en las perforaciones y rugosidades de la unidad, formando algo como una llave de corte entre las diversas hiladas (San Bartolomé, 1994).

2.6.1.1. Componentes del mortero.

Los morteros para la albañilería de forma básica están compuestos por cemento, cal hidratada, arena gruesa y agua, sabiendo que el cemento y la cal tienen como función de aglomerantes y que la arena gruesa es un agregado inerte.

- Cemento.

El cemento es principalmente el cemento portland tipo I y de manera excepcional el tipo II, que es resistente a los sulfatos. Existen ocasiones que se debe utilizar cemento puzolánico IP, y se recomienda que se prepare una mezcla con más cemento en el que se baje la proporción $\frac{1}{2}$ al volumen de la arena y de esta manera obtener la misma resistencia que se obtendría con un cemento tipo I.

- Agregado grueso.

El agregado grueso debe ser arena gruesa obtenida de forma natural y que no contenga materia orgánica ni sales, estas deben ser de acuerdo a las propiedades que se indica en la Tabla 6. Se podrán aceptar con diferente granulometría siempre y cuando los ensayos que se realicen en pilas y muretes proporcionen una resistencia mencionada en las especificaciones dadas en la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Tabla 6

Granulometría de la arena gruesa

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

Nota. Granulometría de la arena gruesa (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006)

Las características que debe tener el agregado grueso es el siguiente:

- La cantidad que se retenga entre dos mallas consecutivas no debe ser superior al 50%.
- El módulo de fineza deberá estar entre los rangos de 1.6 y 2.5.
- Las partículas que se quiebren deben estar en el rango del 1% en peso como máximo.
- No se debe emplear de arena de mar

- **Cal hidratada.**

La cal debe ser de manera fortuita hidratada y normalizada, esto debido a que es posible a que en una no normalizada exista partículas muy finas que lugar de funcionar como a aglomerante lo hace como restos inertes. El peso en volumen de la cal esta por 640Kg/m^3 .

La cal en los morteros se diferencia del cemento porque endurece de manera lenta cuando reacción con el carbónico del ambiente en el proceso que se llama carbonatación.

Se dice que la carbonatación para el mortero es beneficiosa por dos razones principales.

A lo largo del tiempo las fisuras se sellan cuando se forman cristales de carbonato de calcio y de esta manera dan una resistencia adicional a la ya dada por el mortero.

Debido a que endurece de manera lenta, esta favorece a la retentividad de la mezcla.

- **Agua.**

El agua en lo posible debe ser potable y de preferencia libre de sustancias que degraden, ácidos, álcalis y sobre todo materia orgánica.

2.6.1.2. Ensayo a la compresión del mortero.

Los ensayos a de compresión en probetas de mortero que son normalmente cilindros de 5 centímetros de diámetro, vaciados en moldes metálicos, y curados durante 28 días con agua, se realiza con la finalidad de controlar la calidad que se obtiene del mortero.

A) **Propiedades del mortero.**

- **Fluidez.**

Es la capacidad que tiene la mezcla para poder fluir (discurrir) y que sea trabajable con las herramientas en especial con el badilejo.

- **Retentividad.**

Es la capacidad que tiene la mezcla para que mantenga su constancia o de después de un medo pedido de tiempo pueda seguir siendo trabajable.

B) **Clasificación de las proporciones en el mortero.**

La clasificación de los morteros son en tipo P y tipo NP, los de Tipo P se emplean en la construcción de muros portantes, en cabio los de tipo NP, en muros no portantes.

Para los componentes del mortero deben tener las proporciones volumétricas en estado natural o suelto de acuerdo a lo indicado en la en la Tabla 7.

Tabla 7

Tipos de mortero.

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

Nota. Tipos de mortero. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006)

Se podrán emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (embolsado o pre- mezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes, proporcionen resistencias iguales o mayores a las especificadas en los planos (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006) De no contar con cal hidratada normalizada, se podrá utilizar mortero sin cal respetando las proporciones cemento-arena indicadas en la **Tabla 8**, (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

Se debe señalar de manera necesaria que en la Norma ASTM C-270 se muestra dos tipos de mortero (M y S) para la elaboración de muros portantes, en la que el volumen de arena este entre 2/4 y 3 veces la suma del volumen de cemento y cal como aglomerantes. **Tabla 8**.

Tabla 8

Tipos de morteros, ASTM C – 270

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

Nota. Tipos de morteros, ASTM C – 270 (ASTM-C1314, 2016)

2.7. Definición de términos básico.

- Pila de albañilería: Son prismas compuestos por dos o más hiladas de unidades enteras (ladrillos o bloques) asentadas una sobre el otro mediante mortero. (Bartolomé Ramos & Quiun Wong, 2005).
- Factor de corrección: Un factor que se multiplica por el resultado de una ecuación para corregir una cantidad conocida de error sistémica. (Bartolomé Ramos & Quiun Wong, 2005).

- Esbeltez: Altura de la pila dividida entre su menor dimensión transversal (SENCICO, 2004)

Las siguientes definiciones han sido consideradas del Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma E.070, Norma de Albañilería.

- 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. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).
- 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, los muros de Albañilería Armada también se les denomina Muros Armados. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).
- Albañilería Confinada. Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería considerando que la cimentación de concreto como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).
- Albañilería No Reforzada. Albañilería sin refuerzo (Albañilería Simple) o con refuerzo que no cumple con los requisitos mínimos de esta Norma. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).
- Albañilería Reforzada o Albañilería Estructural. Albañilería armada o confinada, cuyo refuerzo cumple con las exigencias de esta Norma. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

- Construcciones de Albañilería. Edificaciones cuya estructura está constituida predominantemente por muros portantes de albañilería. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).
- Mortero. Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).
- Unidad de Albañilería. Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal las que pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).
- 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. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).
- Unidad de Albañilería Apilable. Es la unidad de Albañilería alveolar que se asienta sin mortero. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).
- 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. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).
- 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. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

- Unidad de Albañilería Tubular (o Pandereta). Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

CAPITULO III

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Los factores de corrección en pilas de albañilería por efectos de esbeltez en ladrillo artesanal de Cajamarca varían en un rango de 0 % a ± 15 % a los factores indicados en la Norma E.070 - Albañilería.

3.2. Variables

3.2.1. Variable independiente.

Esbeltez de las pilas de albañilería en ladrillo elaborado en Cajamarca.

3.2.2. Variable dependiente.

Factores de corrección de la resistencia en compresión de las pilas de Albañilería

3.3. Operacionalización de los Componentes de las Hipótesis

Tabla 9.

Operacionalización de los componentes de la hipótesis

“VARIACIÓN DE LOS FACTORES DE CORRECCIÓN EN PILAS DE ALBAÑILERÍA POR EFECTOS DE ESBELTEZ EN LADRILLO ARTESANAL DE CAJAMARCA EN RELACIÓN A LOS INDICADOS EN EL RNE – E070”					
Hipótesis	Definición Conceptual	Definición Operacional			
		Variables	Indicadores	Fuentes de recolección de datos	de datos
Los factores de corrección en pilas de albañilería por efectos de esbeltez en ladrillo artesanal de Cajamarca varían en un rango de 0% a $\pm 15\%$ a los factores indicados en la Norma E. 070 - Albañilería.	Esbeltez de las Pilas de albañilería: Altura de la pila dividida entre su menor dimensión transversal	Variable Independiente: Esbeltez de las pilas de Albañilería en ladrillo elaborado en Cajamarca	Relación entre altura y espesor de pila 2 hiladas 3 hiladas 4 hiladas 5 hiladas	Relaciones entre altura y espesores de pilas de 2, 3, 4, 5 hiladas de pilas de albañilería.	
	Factor de Corrección por esbeltez de las pilas de Albañilería: Un factor que se multiplica por el resultado de una ecuación para corregir una cantidad conocida de error sistémica.	Variable dependiente: Factores de corrección de la resistencia en compresión de pilas de albañilería por efectos de esbeltez en ladrillo elaborado en Cajamarca.	Factor de corrección	Pruebas a compresión de pilas de 2, 3, 4, 5 hiladas de pilas de albañilería.	

CAPITULO IV MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación Geográfica

4.1.1. Ubicación geográfica de Estudio.

Esta investigación tuvo lugar en el distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca y departamento de Cajamarca, en el Laboratorio de Ensayo de Materiales denominado "Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz", ubicado en el edificio 1C de la Facultad de Ingeniería, en la Universidad Nacional de Cajamarca.

- Coordenadas geográficas en grados, minutos, segundos

Latitud: - 7° 10' 3.01" S

Longitud: - 78° 29' 42.5" W

- Coordenadas geográficas en grados decimales

Latitud: - 7.167503°

Longitud: - 78.495139°

- Coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator)

DATUM: WGS-84

Este: 776651.00 m

Norte: 9206979.00 m

Cota: 2682 m.s.n.m

Uso: 17S

- Hemisferio: Sur

Figura 14

Imagen tomada de forma satelital de la ubicación donde se desarrolló el estudio (país, departamento, distrito, UNC)



4.1.2. Ubicación de las ladrilleras.

a) Ladrillera del Centro poblado Huacataz

La ladrillera del Centro poblado Huacataz, se encuentra ubicado en el distrito de Los Baños del Inca, provincia de Cajamarca y departamento de Cajamarca.

- Coordenadas geográficas en grados, minutos, segundos.

Latitud: - 7° 4'18.14"S

Longitud: - 78°27'55.51"O

- Coordenadas geográficas en grados decimales.
 Latitud: -7.071706°
 Longitud: -78.465419°
- Coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator)
 DATUM: WGS-84
 Este: 779993.24 m
 Norte: 9217561.52 m
 Cota: 3348.00 m.s.n.m
 Uso: 17
- Hemisferio: Sur

b) Ladrillera del Centro Poblado Cerrillo

La ladrillera del Centro poblado Cerrillo, se encuentra ubicado en el distrito de Los Baños del Inca, provincia de Cajamarca y departamento de Cajamarca.

- Coordenadas geográficas en grados, minutos, segundos.
 Latitud: 7° 7'38.60"S
 Longitud: 78°29'18.40"O
- Coordenadas geográficas en grados decimales
 Latitud: -7.127389°
 Longitud: -78.488444°
- Coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator)
 DATUM: WGS-84
 Este: 777414.68 m
 Norte: 9211413.92 m
 Cota: 2734.00 m.s.n.m
 Uso: 17
- Hemisferio: Sur

c) Ladrillera del Centro Poblado Otuzco

La ladrillera del Centro poblado Otuzco, se encuentra ubicado en el distrito de Los Baños del Inca, provincia de Cajamarca y departamento de Cajamarca.

- Coordenadas geográficas en grados, minutos, segundos.

Latitud: - 7° 7'25.51"S

Longitud: - 78°27'17.54"O

- Coordenadas geográficas en grados decimales.

Latitud: -7.123752°

Longitud: -78.454872°

- Coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator)

DATUM: WGS-84

Este: 781127.52 m

Norte: 9211796.01 m

Cota: 2723.00 m.s.n.m

Uso: 17S

- Hemisferio: Sur

Figura 15

Fotografía satelital de las ladrilleras (C.P. Huacataz, C.P. Cerrillo y C.P. Otuzco)



4.2. Diseño de la investigación

4.2.1. Tipo.

Aplicada

4.2.2. Nivel.

Correlacional

4.2.3. Diseño.

Experimental.

4.3. Métodos de investigación

Se recolectaron las muestras de arena el día 20 de octubre del 2017 de la cantera “El Gavilán”, las muestras de ladrillo se recolectaron entre el 05 al 07 de noviembre del 2017, posteriormente se realizaron diferentes ensayos para encontrar las propiedades de los materiales que se van a utilizar, así como también de las pilas de albañilería que se van a fabricar como sigue:

4.3.1. Ensayo granulométrico de la arena.

Se realizó el día 11 de noviembre del 2017. En este ensayo se seleccionó realizando el método del cuarteo y se realizó el análisis granulométrico de acuerdo a las Normas NTP 400.037. y se Determinó el módulo de finura, según lo establecido en la Norma NTP 334.045, ASTM C- 125.

Se determinó los pesos específicos y porcentajes de absorción, según lo establecido en la Norma NTP 400.022, ASTM C-728.

Mediante ensayos se determinó el contenido de humedad, según lo establecido en la Norma NTP 400.010, ASTM C-728.

Se calculó el peso unitario del agregado (arena gruesa), según lo establecido en la Norma NTP 400.017.

4.3.2. Ensayos para la clasificación del ladrillo.

Se hizo ensayos en los ladrillos con la finalidad de limitar la aplicación de estos en diseños estructurales.

En relación a lo indicado en la NTP 399.613, se apartó las unidades enteras que representa al conjunto al cual pertenecían, se verifico que el color se uniforme, además

de verificar la textura y tamaño, que estén libres de impurezas, limo u otros materiales que no son asociados durante el proceso de fabricación.

Según la Norma Técnica E.070, menciona que “el muestreo será efectuado por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades de albañilería”; para la presente investigación se seleccionó 150 ladrillos de cada ladrillera (Huacataz, Cerrillo, Otuzco)

Se marcaron los especímenes de manera que pueda ser identificado en cualquier momento.

Las diversas propiedades que clasifican al ladrillo tenemos las siguientes: Variación dimensional, alabeo y la más importante que es la de compresión simple.

4.3.2.1. Variación dimensional.

Los ensayos se realizaron el 11 y 12 de noviembre del 2017, en la que se usó 10 unidades de cada ladrillera (Huacataz, Cerrillo, Otuzco), el ensayo se realizó de la siguiente manera:

- El secado de las unidades de ladrillo se realizó en un horno ventilado entre 110 °C a 115 °C, por tiempo total de 24 horas
- Posteriormente al secado losa ladrillos se dejaron enfriar a una temperatura de 18 °C, por un periodo de 6 horas, para luego pesarlo con una aproximación de 0.1 g. Luego se procedió a limpiar las aristas y los lados del ladrillo, para eliminar las partículas sueltas y salientes
- La medición se realizó con un vernier digital, anotando la medida del largo, ancho y alto, todas las medidas se hicieron a la mitad de las aristas que limitan cada cara, se realizaron 4 medidas por cada dimensión posteriormente se sacó el promedio para concluir con los resultados.

Los valores encontrados son expresados en porcentaje, y se realizó el cálculo la fórmula, con una aproximación de 0.5 mm.

$$V = \frac{ME - MP}{ME} \times 100 \quad (2. 1)$$

Donde:

V: Es la Variación dimensional en porcentaje (%).

ME: Medida que el fabricante especificó a la hora de su venta (mm).

MP: la medida promedio (mm).

4.3.2.2. Alabeo

Los ensayos se realizaron el 11 de noviembre del 2017, en la que se usó 10 ladrillos de cada ladrillera (Huacataz, Cerrillo, Otuzco). Para realizar este ensayo la siguió lo que menciona la Norma NTP 399.613, y en la que indica que se necesita una varilla con borde recto de acero, regla o cuña de acero graduada al 1 mm y una superficie plana de acero o vidrio de 300 mm * 300 mm.

Posteriormente se procede al registro de los alores del alabeo, verificando su era cóncavo o convexo, observado cuando se colocó en forma diagonal la regla sobre el centro de ambas caras paralelas al de asiento o también ubicada de vértice a vértice con una escuadra graduada y se midió el alabeo con la regla metálica de graduación a 1 mm.

4.3.2.3. Compresión simple

Los ensayos se realizaron el 25 de noviembre del 2017, en la que se usó 10 unidades de cada ladrillera (Huacataz, Cerrillo, Otuzco), el ensayo se realizó de la siguiente manera:

- Se registró el peso de la unidad de albañilería, además de midió el largo, ancho y alto.
- Posteriormente se ensayaron en la máquina universal que es desarrollada para los ensayos de compresión uniaxial.
- La resistencia a compresión fb se determinó realizando una división entre la carga de rotura entre el área bruta; y la resistencia a compresión característica $f'b$ se obtuvo restando una desviación estándar al promedio de los resultados, según como indica la Norma E.070.

$$fb = \frac{\text{Carga Máxima}}{\text{Área Bruta}} \quad (2.2)$$

$$f'b = fb - \sigma \quad (2.3)$$

Donde:

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

fb : Resistencia a la compresión promedio

σ : Desviación estándar.

4.3.3. Ensayos no clasificados de ladrillo

Las propiedades no clasificatorias del ladrillo, pero, no menos importantes son:

- Succión
- Absorción

4.3.3.1. Ensayos de succión.

Los ensayos se realizaron el 11 y 12 de noviembre del 2017, en la que se usó 10 unidades de cada ladrillera (Huacataz, Cerrillo, Otuzco), el ensayo se realizó de la siguiente manera.

- Las unidades de albañilería se secaron en el horno a una temperatura de 110° C por un periodo de 24 horas y luego se anotó el peso respectivo.
- Durante al proceso, se verifico el peso seco en reiteradas veces hasta que el peso no variara, cuando sucedió lo contrario la unidad de albañilería se colocó de nuevo en el horno.
- En una bandeja de metal se llenó con agua potable y sobre esta se colocó dos barras de acero de ½” el que sirvió de apoyo para los ladrillos.

La prueba consistió en pesar los ladrillos secos, colocarlos sobre las barras durante el tiempo de 1 minuto y llenar la bandeja cada vez que esta disminuya de esta manera mantener la cantidad de agua original. Luego la unidad de albañilería que estaba húmeda se pesó.

El valor de la succión se expresó en gramos por minuto en un área normalizada de 200 cm², como indica la Norma E.070 y se calculó mediante la siguiente fórmula.

$$S = \frac{200*(P_{suc}-P_{sec})}{Area\ Bruta} \quad (2.4)$$

Donde:

S: Succión

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

Psec: Peso seco (gr) de la unidad luego de permanecer en el horno.

Área Bruta: A x L (Ancho x Largo) (cm²).

4.3.3.2. Ensayos de absorción

Los ensayos se realizaron el 11 y 12 de noviembre del 2017, en la que se usó 10 unidades de cada ladrillera (Huacataz, Cerrillo, Otuzco). El ensayo de absorción se realizó de la manera siguiente:

Las unidades de albañilería se sacaron en el horno con una temperatura de 110 °C y se procedió a pesarlas después de transcurrido un periodo de 24 horas. Se añoraron los pesos en reiteradas veces hasta que no hubo variaciones. Luego las unidades de albañilería se dejaron enfriar por un tiempo de 8 horas y luego se colocaron en un depósito lleno con agua potable durante un tiempo de 24 horas, registrando el peso, este ensayo se hizo de acuerdo a la NTP 399.613. los valores obtenidos se han expresaron en porcentaje dado por la fórmula:

$$A = \frac{P_s - P_{seco}}{P_{seco}} * 100 \quad (2.5)$$

Donde:

A: Absorción (%)

Ps: Peso Saturado (gr)

Pseco: Peso seco (gr)

4.3.4. Prismas de albañilería

Para hacer predicción del comportamiento de los muros de albañilería y saber el comportamiento de los muros confinados ante cargas reales que no es fácil conocer debido a que los ensayos son caros, no es suficiente con el control de la unidad de albañilería, debido a este motivo es que se elaboran pequeños especímenes a los que denominamos pilas a las que se les aplicaron cargas que son iguales a la reales.

4.3.4.1. Pilas

- Procedimientos de construcción de las pilas.

El montado de las pilas se realizó entre el 15 al 17 de diciembre del 2017. Se construyeron 120 pilas (Tabla 10), con un espesor de mortero de 15 mm, Debido a la alta succión de los ladrillos de arcilla, se regó las unidades por media hora el mismo día antes del asentado.

Tabla 10

Cantidad de pilas montadas

Ladrillera	2 hiladas	3 hiladas	4 hiladas	5 hiladas	Total	Fecha de montaje
Huacataz	10	10	10	10	40	15-12-2017
Cerrillo	10	10	10	10	40	16-12-2017
Otuzco	10	10	10	10	40	17-12-2017
Total	30	30	30	30	120	

El diseño del mortero se hizo de forma analítica, con los valores que se indican en la Norma E.070, para muros portantes.

Mortero tipo P1 = 1:0.25:3 (cemento: cal: arena).

Durante la construcción se tuvo control de la altura con escantillón y con plomada y nivel la verticalidad.

El curado se realizó según lo indica la Norma E.070.

El ensayo de compresión se efectuó cuando los especímenes cumplieron los 28 días de edad, sobre una capa de neopreno.

- Montaje e instrumentos

Se hizo registro de las dimensiones de la altura (H) y también del espesor efectivo (t).

- **Cálculo de la resistencia a compresión axial.**

La prueba consistió en el ensayo de pilas de 2, 3, 4, 5 hiladas las que se muestran en cuadro siguiente:

Tabla 11

Cantidad de ensayos realizados.

Ladrillera	2 hiladas	3 hiladas	4 hiladas	5 hiladas	Total	Fecha de Ensayo
Huacataz	10	10	10	10	40	12-01-2018
Cerrillo	10	10	10	10	40	13-01-2018
Otuzco	10	10	10	10	40	14-01-2018
Total	30	30	30	30	120	

- **Factores de corrección por esbeltez.**

A fin de obtener los coeficientes de corrección (CCe) por esbeltez, los resultados fueron procesados siguiendo los siguientes pasos (Bartolomé Ramos & Quiun Wong, 2005).

- Depuración de Resultados.

Los resultados inconsistentes se descartaron de tal modo que quedaron 3 pilas o ninguna en cada tanda a ensayar.

- Cálculo de $f'm$.

Se trabajó con los valores depurados, mencionando que la resistencia característica a compresión axial ($f'm$, RNE – Norma E.070), se evalúa restando la desviación estándar de la resistencia promedio, además de que resistencia unitaria promedio fue calculada como la carga máxima promedio dividida entre el área bruta de la pila (Bartolomé Ramos & Quiun Wong, 2005).

- La Evaluación de la resistencia a compresión de las pilas ($f'm$) se realiza para una Esbeltez Normalizada igual a 5.

La esbeltez estándar de la Norma E.070 es $E = 5$ (Bartolomé Ramos & Quiun Wong, 2005)

- Cálculo del Coeficiente de Corrección por Esbeltez (CCe).

Para cada serie de ensayos el coeficiente de corrección se calculó como $CCe = f'm (E = 5) / f'm (E)$. (Bartolomé Ramos & Quiun Wong, 2005).

- Obtención de las curvas de ajuste.

Se realizó un gráfico E vs. CCe, dónde se trazó las curvas de ajuste.

Donde E es la esbeltez y CCe es el coeficiente de corrección por esbeltez por valores indicados en la Norma E.070 (Bartolomé Ramos & Quiun Wong, 2005).

4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidad de observación

4.4.1. Población.

La población que se estudió fueron en forma íntegra todas las pilas hechas con ladrillos artesanales de las tres ladrilleras que más demanda tienen en el distrito de Cajamarca entre las que tenemos (ladrillera del C.P. de Huacataz, C.P. de Cerrillo y C.P. de Otuzco).

Tabla 12

120 pilas que representa a la población.

Ladrillera	2 hiladas	3 hiladas	4 hiladas	5 hiladas	Total
Huacataz	10	10	10	10	40
Cerrillo	10	10	10	10	40
Otuzco	10	10	10	10	40
TOTAL					120

4.4.2. Muestra.

La muestra fue intencional y realizada por conveniencia en un total de 120 pilas como se detalla en el cuadro siguiente:

Tabla 13

120 pilas que representan a la muestra.

Ladrillera	2 hiladas	3 hiladas	4 hiladas	5 hiladas	Total
Huacataz	10	10	10	10	40
Cerrillo	10	10	10	10	40
Otuzco	10	10	10	10	40
TOTAL					120

4.4.3. Unidad de Análisis.

La unidad que sirve de análisis es la pila de albañilería.

4.4.4. Unidad de Observación:

La unidad de observación es la pila de albañilería (f'm).

4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información.

- Se realizaron entrevistas a las diferentes distribuidoras de ladrillos artesanales para informarse cuales son las ladrilleras que más demanda de ladrillos tienen en Cajamarca.
- Se realizaron fichas para recolectar los datos de los diferentes ensayos que se realizaron en el laboratorio, como las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería.
- Se confeccionaron fichas para recolectar los datos de los ensayos de laboratorio para los ensayos a compresión de pilas de 2, 3, 4, 5 hiladas.
- Se realizó estudios de las propiedades físicas del agregado fino (arena gruesa) que se usó en la fabricación de los morteros.

4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de información.

4.6.1. Técnicas.

- Observación directa
- Se elaboraron fichas para recopilar los datos.

4.6.2. Análisis de información:

- El procesamiento de los datos y lo gráficos encontrados se realizó mediante software Microsoft Excel 2013.
- Los datos se analizaron en referencia al RNE - Norma E.070.

4.7. Equipos, materiales e insumos

4.7.1. Personal.

4.7.1.1. Especializado

- Ingeniero civil investigador.
- Técnico de laboratorio.
- Docente asesor

4.7.1.2. Obrero

- Peones (01)
- Operario (01)

4.7.2. Materiales.

4.7.2.1. De ferretería.

- Ladrillos artesanales de las ladrilleras de los C.P. Huacataz, Cerrillo y Otuzco.
- Cemento Pacasmayo Tipo I.
- Agregado Fino.
- Yeso.
- Agua.

4.7.2.2. De escritorio.

- Libreta de campo.
- Lapiceros.
- Reglas y escalímetros.

4.7.3. Equipos.

4.7.3.1. De laboratorio.

- Badilejo.
- Cucharón.
- Probetas (con capacidad de 000 ml).
- Balanza (con capacidad de 5,000 gr y aproximación de 0.01 gr.)
- Balanza (con capacidad de 300 kg y aproximación de 0.1 gr.)
- Vernie Digital.
- Regla de metal con graduación a 1 mm.
- Recipientes metálicos de 50 cm diámetro por 30 cm de alto.
- Horno para secado
- Máquina de compresión universal.
- Máquina de compresión péndulo.

4.7.3.2. De oficina.

- Computadora Portátil.
- Impresora.
- Cámara fotográfica.

4.8. Matriz de consistencia metodológica

La matriz de consistencia metodológica, se presenta en el cuadro siguiente:

Tabla 14

Matriz de consistencia metodológica.

“VARIACIÓN DE LOS FACTORES DE CORRECCIÓN EN PILAS DE ALBAÑILERÍA POR EFECTOS DE ESBELTEZ EN LADRILLO ARTESANAL DE CAJAMARCA EN RELACIÓN A LOS INDICADOS EN EL RNE – E070”							
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	FUENTE O INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA
¿Cuál es la variación de los factores de corrección en pilas de albañilería por efectos de esbeltez en ladrillo artesanal de Cajamarca en relación a los factores indicados en el RNE – Norma E.070?	Determinar experimentalmente los coeficientes de corrección de la resistencia a compresión de las pilas de albañilería ($f'm$) por efectos de la esbeltez con ladrillo artesanal en la ciudad de Cajamarca. El rango de esbeltez a estudiar se encuentra especificado por el RNE – Norma E. 070 de Albañilería y está comprendido entre 2 y 5	Los factores de corrección en pilas de albañilería por efectos de esbeltez en ladrillo artesanal de Cajamarca superan hasta en un 15% a los factores indicados en el RNE – Norma E.070.	Independiente: Esbeltez de las pilas de Albañilería en ladrillo elaborado en Cajamarca.	Relación entre altura y espesor de pila 2 hiladas 3 hiladas 4 hiladas 5 hiladas	Relaciones entre altura y espesores de pilas de 2, 3, 4, 5 hiladas de pilas de albañilería.	Hallar Relaciones entre altura y espesores de pilas de 2, 3, 4, 5 hiladas de pilas de albañilería.	Población: Relación entre altura y espesor de las pilas. Muestra: Relación entre altura y espesor de las pilas de las 120 pilas a ensayar
			Dependiente: Factores de corrección de la resistencia en compresión de pilas de albañilería por efectos de esbeltez en ladrillo elaborado en Cajamarca.	Factor de corrección	Pruebas a compresión de pilas de 2, 3, 4, 5 hiladas de pilas de albañilería.	Hallar la resistencia a compresión de pilas de 2, 3, 4, 5 hiladas de pilas de albañilería.	Población: Pilas de albañilería Muestra: 120 pilas de albañilería 30 de 2 hiladas (10 de cada ladrillera) 30 de 3 hiladas (10 de cada ladrillera) 30 de 4 hiladas (10 de cada ladrillera) 30 de 5 hiladas (10 de cada ladrillera)

CAPITULO V
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Presentación de resultados.

5.1.1. Unidades de albañilería ensayadas.

Tabla 15

Características de las unidades de albañilería ensayadas

Características	Ladrillo artesanal del Centro poblado Huacataz	Ladrillo artesanal del Centro Poblado Cerrillo	Ladrillo artesanal del Centro Poblado Otuzco
Tipo	King Kong Sólido	King Kong Sólido	King Kong Sólido
Dimensiones	21.23X12.08X7.73 cm	21.02X12.45X7.6 cm	21.31X11.91X7.55 cm
Número de probetas ensayadas	10	10	10
Peso	2.80 Kg	2.82 Kg	2.88 Kg
Resistencia característica a la compresión ($f'b$)	4.66 Mpa (47.50 kg/cm ²)	4.66 Mpa (47.50 kg/cm ²)	3.19 Mpa (32.53 kg/cm ²)
Desviación estándar (σ)	0.53 Mpa (5.40 kg/cm ²)	1.10 Mpa (11.25 kg/cm ²)	1.01 Mpa (10.33 kg/cm ²)
Coefficiente de variación (cv)	10.20%	19.15%	24.11%

5.1.2. Ensayos Clasificatorios de Ladrillo.

5.1.2.1. Variación dimensional.

Tabla 16

Resultados del ensayo realizado de variación dimensional

Ladrillo artesanal del Centro poblado Huacataz			
Característica	Largo	Ancho	Alto
Medida brindada por el fabricante	L=210.00 mm	A=120.00 mm	H=80.00 mm
Desviación estándar (σ)	$\sigma=1.06$	$\sigma=1.12$	$\sigma=1.29$
Medidas Promedio	L=212.33 mm	A=120.78 mm	H=77.33 mm
Coefficiente de variación (c.v.)	0.50%	0.93%	1.66%
Variación Dimensional	-1.11%	-0.65%	3.34%
Ladrillo artesanal del Centro Poblado Cerrillo			
Característica	Largo	Ancho	Alto
Medida brindada por el fabricante	L=210.00 mm	A=120.00 mm	H=80.00 mm
Desviación estándar (σ)	$\sigma=2.36$	$\sigma=0.79$	$\sigma=0.98$
Medidas Promedio	L=210.15 mm	A=124.48 mm	H=75.95 mm
Coefficiente de variación (c.v.)	1.12%	0.64%	1.29%
Variación Dimensional	-0.07%	-3.73%	5.06%
Ladrillo artesanal del Centro Poblado Otuzco			
Característica	Largo	Ancho	Alto
Medida brindada por el fabricante	L=210.00 mm	A=120.00 mm	H=80.00 mm
Desviación estándar (σ)	$\sigma=1.65$	$\sigma=1.11$	$\sigma=1.31$
Medidas Promedio	L=213.13 mm	A=119.05 mm	H=75.50 mm
Coefficiente de variación (c.v.)	0.77%	0.93%	1.73%
Variación Dimensional	-1.49%	0.79%	5.63%

5.1.2.2. Alabeo.

Tabla 17

Valores obtenidos en los ensayos de alabeo

Ladrillo artesanal del Centro poblado Huacataz	
Cóncavo	0.99
Convexo	0.98
Ladrillo artesanal del Centro Poblado Cerrillo	
Cóncavo	0.98
Convexo	0.99
Ladrillo artesanal del Centro Poblado Otuzco	
Cóncavo	0.98
Convexo	0.97

5.1.2.3. Compresión simple.

Tabla 18

Resultado de ensayos de Compresión Simple.

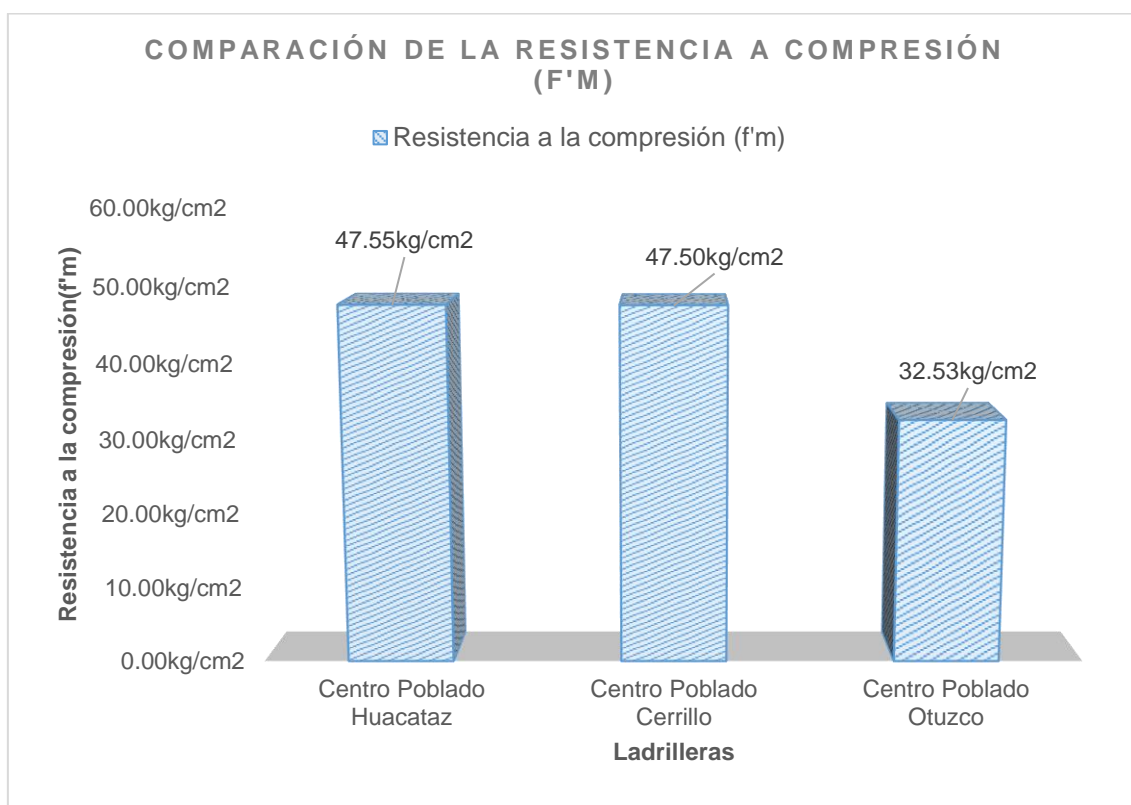
Ladrillo artesanal del Centro poblado Huacataz		
Característica	Mpa	Kg/cm²
Resistencia a la compresión promedio (fb)	5.19	52.96
Desviación estándar (σ)	0.53	5.40
Resistencia a la compresión (f'b)	4.66	47.55
Ladrillo artesanal del Centro Poblado Cerrillo		
Característica	Mpa	Kg/cm²
Resistencia a la compresión promedio (fb)	5.76	58.75
Desviación estándar (σ)	1.10	11.25
Resistencia a la compresión (f'b)	4.66	47.50

Ladrillo artesanal del Centro Poblado Otuzco

Característica	Mpa	Kg/cm²
Resistencia a la compresión promedio (fb)	4.20	42.86
Desviación estándar (σ)	1.01	10.33
Resistencia a la compresión (f'b)	3.19	32.53

Figura 16.

Comparación de la Resistencia a Compresión (f'm)



5.1.3. Ensayos no clasificatorios de ladrillo.

5.1.3.1. Ensayo de succión.

Tabla 19

Resultados del ensayo de succión

Ladrillo artesanal del Centro poblado Huacataz	
Succión Promedio (gr/200 cm ² -min)	50.36
Desviación estándar (σ)	12.19
Coeficiente de variación (c.v.)	24.21%
Ladrillo artesanal del Centro Poblado Cerrillo	
Succión Promedio (gr/200 cm ² -min)	47.42
Desviación estándar (σ)	6.67
Coeficiente de variación (c.v.)	14.08%
Ladrillo artesanal del Centro Poblado Otuzco	
Succión Promedio (gr/200 cm ² -min)	57.52
Desviación estándar (σ)	3.74
Coeficiente de variación (c.v.)	6.50%

5.1.3.2. Ensayo de Absorción

Tabla 20

Resultados de ensayo de Absorción.

Ladrillo artesanal del Centro poblado Huacataz	
Absorción Promedio	16.77%
Desviación estándar (σ)	0.01
Coeficiente de variación (c.v.)	8.45%
Ladrillo artesanal del Centro Poblado Cerrillo	
Absorción Promedio	14.05%
Desviación estándar (σ)	0.03
Coeficiente de variación (c.v.)	23.14%
Ladrillo artesanal del Centro Poblado Otuzco	
Absorción Promedio	18.27%
Desviación estándar (σ)	0.01
Coeficiente de variación (c.v.)	5.96%

5.1.4. Resistencia a Compresión de Prismas de albañilería (pilas)

En esta prueba se encontró la resistencia a compresión axial de las pilas de albañilería que fueron asentados con un mortero cuyo espesor fue de 1.5 cm y con diferente esbeltez y el análisis fue realizado como lo menciona en la norma ASTM C1314.

La resistencia a compresión axial de pilas ($f'm$), se obtiene realizado cargar sobre el área bruta, y se hizo el cálculo y se hizo la resta de la desviación estándar, a la resistencia promedio de las pilas de 2 hiladas, 3 hiladas, 4 hiladas y 5 hiladas respectivamente, ensayadas en cada procedimiento.

Se realizaron 120 pilas de ladrillo artesanal (40 de Huacataz, 40 de Cerrillo, 40 de Otuzco) King Kong, con diferentes asentamientos 2 hiladas, 3 hiladas, 4 hiladas y 5 hiladas. Los cálculos obtenidos se realizaron en el laboratorio de Tecnología de los materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca, siendo los siguientes:

- Resistencia a compresión de pilas de 2H

Tabla 21

Resistencia a compresión de pilas de 2 hiladas

Ladrillera	Número de hiladas	P máx (promedio) (tn-f)	$f'm$ (promedio) (kgf/cm ²)	Desviación Estándar	Dispersión porcentual
Huacataz	2 hiladas	13.15	50.92	3.22	6.3%
Cerrillo	2 hiladas	12.96	49.81	6.28	12.6%
Otuzco	2 hiladas	10.49	40.69	1.83	3.3%

- Resistencia a compresión de pilas de 3H

Tabla 22

Resistencia a compresión de pilas de 3 hiladas

Ladrillera	Número de hiladas	P máx (promedio) (tn-f)	f'm (promedio) (kgf/cm2)	Desviación Estándar	Dispersión porcentual
Huacataz	3 hiladas	12.28	47.60	4.07	8.5%
Cerrillo	3 hiladas	12.14	46.65	5.20	11.1%
Otuzco	3 hiladas	10.51	41.07	1.86	4.5%

- Resistencia a compresión de pilas de 4H

Tabla 23

Resistencia a compresión de pilas de 4 hiladas

Ladrillera	Número de hiladas	P máx (promedio) (tn-f)	f'm (promedio) (kgf/cm2)	Desviación Estándar	Dispersión porcentual
Huacataz	4 hiladas	11.62	44.82	3.47	7.7%
Cerrillo	4 hiladas	12.81	49.15	1.74	3.5%
Otuzco	4 hiladas	10.10	39.30	2.66	6.8%

- Resistencia a compresión de pilas de 5H

Tabla 24

Resistencia a compresión de pilas de 5 hiladas

Ladrillera	Número de hiladas	P máx (promedio) (tn-f)	f'm (promedio) (kgf/cm2)	Desviación Estándar	Dispersión porcentual
Huacataz	5 hiladas	11.26	43.92	4.41	10.0%
Cerrillo	5 hiladas	11.98	45.78	7.11	15.5%
Otuzco	5 hiladas	9.66	38.00	3.32	8.7%

5.1.4.1. Factores de corrección por esbeltez.

- Depuración de Resultados.

Los resultados inconsistentes fueron suprimidos de tal modo que como mínimo queden 3 pilas para ensayar en su defecto ninguna. Debe entenderse que se mención como resultado inconsistente aquel valor ya sea máximo o ya sea mínimo que no guarde concordancia con los resultados esperados.

Tabla 25

Cuadro de datos no depurados.

DATOS NO DEPURADOS					
Unidad	h(mm)	Hiladas	E=h/t	f'b (kg/cm²)	Dispersión (%)
PAH	169.10	2H	1.39	50.92	6.08%
t = 121.70 mm	258.50	3H	2.12	47.60	8.24%
A = 258.07 cm²	350.80	4H	2.87	44.82	7.25%
	443.90	5H	3.67	43.92	10.14%
Unidad	h(mm)	Hiladas	E=h/t	f'b (kg/cm²)	D (%)
PAC	168.90	2H	1.36	49.81	12.26%
t = 124.33 mm	260.40	3H	2.10	46.65	10.30%
A = 260.81 cm²	345.90	4H	2.78	49.15	4.63%
	442.80	5H	3.56	45.78	15.50%
Unidad	h(mm)	Hiladas	E=h/t	f'b (kg/cm²)	D (%)
PAO	171.50	2H	1.42	40.69	3.48%
t = 120.03 mm	260.70	3H	2.17	41.07	4.01%
A = 256.35 cm²	353.50	4H	2.94	39.30	6.56%
	446.80	5H	3.74	38.00	8.96%

Las pilas de 4 hiladas de ladrillo artesanal de Cerrillo (PAC) y las pilas de 3 hiladas de Otuzco (PAO) fueron eliminadas debido a que las pilas más esbeltas soportaban más carga axial que las pilas menos esbeltas, lo cual es incongruente.

- Cálculo de f'm.

Se trabajó con los resultados depurados, la resistencia característica a compresión axial (f'm, Norma E.070) se evaluó restando a la resistencia promedio la desviación estándar. La resistencia unitaria promedio fue calculada como la carga

máxima promedio dividida entre el área bruta de la pila (Bartolomé Ramos & Quiun Wong, 2005).

- Evaluación de $f'm$ para una Esbeltez Normalizada de 5.

La esbeltez estándar de la Norma E.070 es $E = 5$ (Bartolomé Ramos & Quiun Wong, 2005), debido a que ninguna serie tuvo esa esbeltez, se tuvo que predecir el valor $f'm$ ($E = 5$) por interpolación lineal de los resultados experimentales depurados.

- Cálculo del Coeficiente de Corrección por Esbeltez (CCe).

Para cada serie de ensayos el coeficiente de corrección se calculará como $CCe = f'm$ ($E = 5$) / $f'm$ (E). (Bartolomé Ramos & Quiun Wong, 2005)

- Obtención de las curvas de ajuste.

Se prepararon tres gráficos E vs. CCe, para cada una de las ladrilleras dónde se trazó una curva de ajuste en cada una. Las curvas de ajuste responden a las ecuaciones 1, 2 y 3 donde E es la esbeltez y CCe es el coeficiente de corrección por esbeltez.

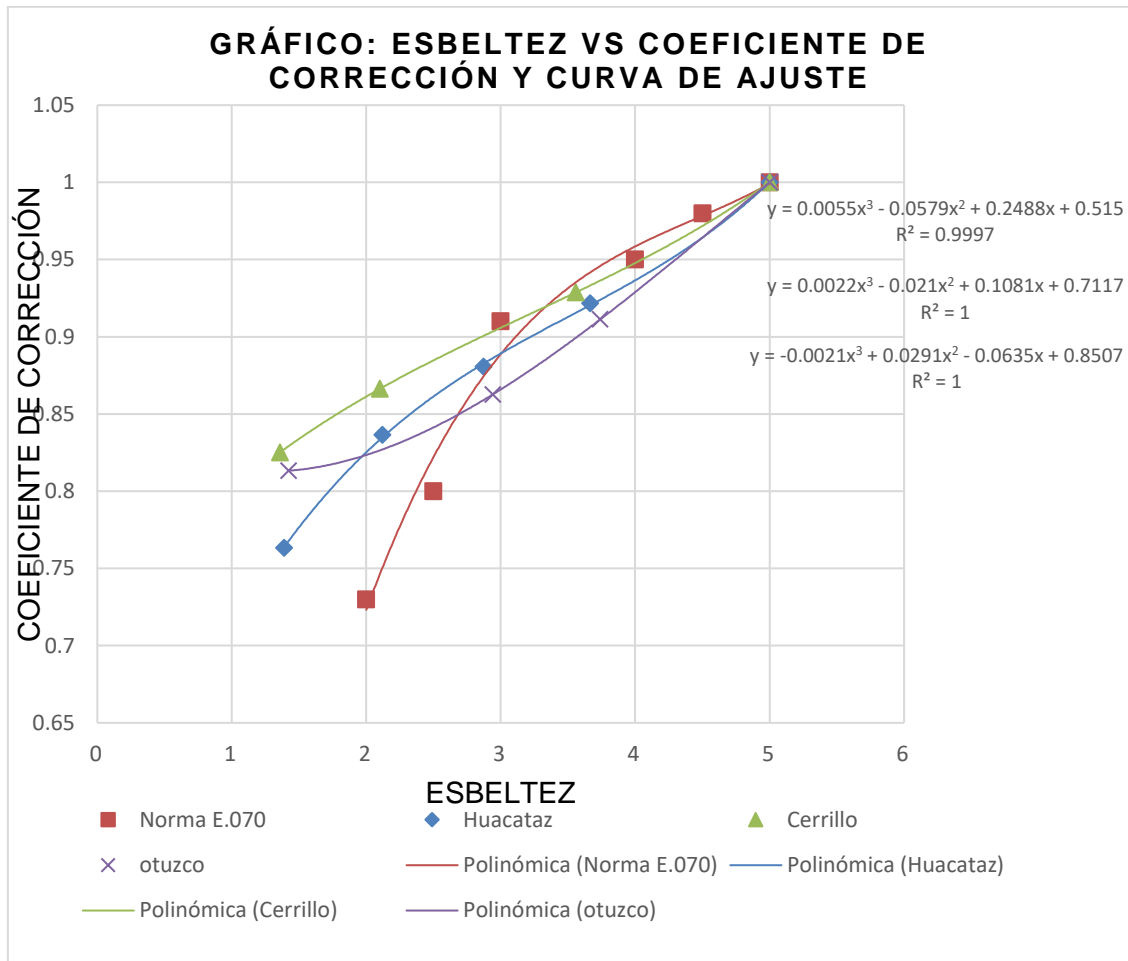
Tabla 26

Cuadro de datos depurados

DATOS DEPURADOS					
Unidad	Hiladas	E=h/t	f'b (kg/cm ²)	Desviación	f'm (kg/cm ²) recalculado
PAH t = 121.70 mm A = 258.07 cm ²	2H	1.39	50.92	3.22	47.70
	3H	2.12	47.60	4.07	43.53
	4H	2.87	44.82	3.47	41.35
	5H	3.67	43.92	4.41	39.51
		5.00	--	--	36.41
PAC t = 124.33 mm A = 260.81 cm ²	2H	1.36	49.81	6.28	43.52
	3H	2.10	46.65	5.20	41.46
	5H	3.56	45.78	7.11	38.67
		5.00	--	--	35.91
PAO t = 120.03 mm A = 256.35 cm ²	2H	1.42	40.69	1.83	38.86
	4H	2.94	39.30	2.66	36.63
	5H	3.74	38.00	3.32	34.68
		5.00	--	--	31.60

Figura 17.

Esbeltez Vs Coeficiente de Corrección y curvas de ajuste.



- Ecuación de Coeficiente de corrección pilas de albañilería Huacataz
 $CCe = 0.0055E^3 - 0.0579E^2 + 0.2488E + 0.515$
- Ecuación de Coeficiente de corrección pilas de albañilería Cerrillo
 $CCe = 0.0022E^3 - 0.021E^2 + 0.1081E + 0.7117$
- Ecuación de Coeficiente de corrección pilas de albañilería Otuzco
 $CCe = -0.0021E^2 + 0.0291E^2 - 0.0635E + 0.8507$

Comparación entre RNE - Norma E.070 y las ecuaciones antecesoras.

Tabla 27

Comparación de los valores de CCe.

COMPARACIÓN DE LOS VALORES CCe						
E=h/t	2	2.5	3	4	4.5	5
RNE - Norma E.070	0.73	0.8	0.91	0.95	0.98	1.00
Ecuación Huacataz	0.83	0.86	0.89	0.94	0.96	1.00
Ecuación Cerrillo	0.86	0.89	0.91	0.95	0.97	1.00
Ecuación Otuzco	0.82	0.84	0.87	0.93	0.96	1.00
Diferencia Ecuación Huacataz y Norma E.070	-12%	-7%	2%	2%	2%	0%
Diferencia Ecuación Cerrillo y Norma E.070	-15%	-10%	0%	0%	1%	0%
Diferencia Ecuación Otuzco y Norma E.070	-11%	-5%	5%	2%	2%	0%

5.2 Análisis, interpretación y discusión de resultados

5.2.1. Unidades de albañilería ensayadas.

Los ladrillos que se han fabricado artesanalmente en el Centro poblado Huacataz del distrito de Los Baños del Inca, no cumplen con las medidas que se menciona cuando se venden (21*12*8 cm) y no llega a la resistencia característica a la compresión para clasificarlo como Tipo I, siendo la resistencia $f'b= 4.66$ MPa (47.55Kg/cm²).

Los ladrillos que se han fabricado artesanalmente en el Centro poblado Cerrillo del distrito de Los Baños del Inca, no cumplen con las medidas que se menciona cuando se venden (21*12*8 cm) y no llega a la resistencia característica a la compresión para clasificarlo como Tipo I, siendo la resistencia $f'b= 4.66$ MPa (47.50 Kg/cm²).

Los ladrillos que se han fabricado artesanalmente en el Centro poblado Otuzco del distrito de Los Baños del Inca, no cumplen con las medidas que se menciona cuando se venden (21*12*8 cm) y no llega a la resistencia característica a la compresión para clasificarlo como Tipo I, siendo la resistencia $f'b= 3.19$ MPa (32.53 Kg/cm²).

5.2.2. Ensayos Clasificatorios de Ladrillo.

5.2.2.1. Variación dimensional.

De la **Tabla 16**, se deduce que los ladrillos ensayados no son uniformes a las dimensiones dadas por los fabricantes, teniendo un coeficiente de variación de -1.11 %, 1.12 % y 0.77% para el largo, 0.93%, 0.64% y 0.93 % para el Ancho y 1.66%, 1.29% y 1.73% para las alturas, esto nos indica que los ladrillos son de los tres tipos de ladrillos y tienen un porcentaje que es menor y se puede clasificar como TIPO I.

5.2.2.2. Alabeo

De acuerdo a la **Tabla 17** se cumple lo que señala la norma E.070. Para un ladrillo de clase I, siendo el más cóncavo con una dimensión 0.98 mm y más convexo con una medida de 0.97 mm estos ladrillos y, de manera consecuente, los muros construidos con estos ladrillos se harán con mayor espesor de mortero, afectando de manera directa a la resistencia, debido a que, por cada milímetro de junta adicional de mortero, la resistencia baja un 15 %.

5.2.2.3. Compresión simple

Se puede observar de acuerdo a la **Tabla 18** que los ladrillos producidos artesanalmente tienen una resistencia a compresión ($f'b$) de 47.55 Kg/cm² , 47.50

Kg/cm² , 32.53 Kg/cm², no cumpliendo con los valores establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.070, es decir estas unidades de albañilería, por la resistencia que tienen no pueden ser ni clasificados como tipo I, además se observa que los coeficientes de variación son muy elevados 10.20%, 19.2 % y 24.1% respectivamente para los ladrillos de Centro poblado Huacataz, Centro Poblado Cerrillo y Ladrillo artesanal del Centro Poblado Otuzco.

5.2.3. Ensayos no clasificatorios de ladrillo

5.2.3.1. Ensayo de succión

Se especifica que que la succión de los ladrillos de arcilla debe estar comprendido entre los 10 y 20 gr/cm² – min y cuando excede este valor se necesita regar a los ladrillos de arcilla durante 30 minutos, entre 10 a 15 horas antes de ser asentados. (*Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006*)

De los resultados de la **Tabla 19**, se observa que los valores del ladrillo elaborado artesanalmente en las canteras de Huacataz (50.36 gr/200 cm²-min), Cerrillo (47.42 gr/200 cm²-min) y Otuzco (57.52 gr/200 cm²-min) tienen valores que son superiores a los que se señala en Norma E-070, por lo que debe ponerse en agua por un periodo de 30 minutos o un día antes de realizar los muros de albañilería.

5.2.3.2. Ensayo de Absorción

La absorción para ladrillos de arcilla nos señala la norma E.070 de albañilería que no debe ser mayor de 22%.

De los resultados mostrados en la **Tabla 20** observamos que; Absorción del ladrillo: 16.77% < 22%, 14.05% < 22%, 18.27% < 22%. Por lo que, los tres tipos de unidades de albañilería cumplen con lo especificado en la norma E.070 de albañilería.

5.2.4. Resistencia a compresión de Prismas de albañilería (pilas).

5.2.4.1. Factores de corrección por esbeltez.

Los Factores de corrección por esbeltez que especifica el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.070, están estandarizados a una esbeltez $E=5$.

De los resultados encontrados se puede indicar que los Factores de Corrección obtenidos experimentalmente se acercan a la curva de tendencia de los indicados en el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.070, apreciando además que la diferencia tiene mayor resalte cuando las pilas son de poca esbeltez ($E \leq 3$), lo que nos indica que los factores de corrección pueden ser utilizados los del Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.070 para los ladrillos artesanales de Cajamarca siempre y cuando la esbeltez de las pilas sea mayor que 3 ($E > 3$).

5.3 Contrastación de hipótesis

La hipótesis que se ha planeado en este estudio de investigación fue: “Los factores de corrección en pilas de albañilería por efectos de esbeltez en ladrillo artesanal de Cajamarca varían en un rango de 0% a $\pm 15\%$ a los factores indicados en la Norma E. 070 - Albañilería.”

De los resultados que se han obtenido, se corrobora la hipótesis y los factores de corrección hallados experimentalmente varían en un rango de 0% a $\pm 15\%$ a los indicados en Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.070, estos valores son de 0% a $\pm 15\%$ para los ladrillos fabricados el centro poblado de Cerrillo, de 0% a $\pm 12\%$ para los ladrillos fabricados en el centro poblado Huacataz y de 0% a $\pm 11\%$ para los ladrillos fabricados en el centro poblado de Otuzco, esto nos indica que los valores de factores de corrección se aproximan a los estimados en la Norma E.070 para las esbelteces $E > 3$

Se comprobó además que los factores de corrección son demasiado sensibles para las esbelteces que son menores a $E \leq 3$, lo que se recomienda realizar ensayos en pilas con un mínimo de 3 unidades de albañilería.

CONCLUSIONES

Las conclusiones que se llega en el presente estudio de investigación son las siguientes:

- Se determinaron las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales de las ladrilleras de las Centros Poblados de Huacataz, Cerrillo y Otuzco perteneciente al distrito de Los Baños de Inca, no cumpliendo con las dimensiones que se menciona en el momento de la venta, tienen una concavidad y convexidad alta, por lo que se utilizará juntas de mayores dimensiones, la resistencia no cumple con los valores establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.070, Además la succión es alta por lo que se debe remojar antes de ser sentados.
- Se logró validar la hipótesis, debido a que los factores de corrección en pilas de albañilería por efectos de esbeltez en ladrillo artesanal de Cajamarca varían en un rango de 0% a $\pm 15\%$ a los coeficientes indicados en la Norma E. 070 – Albañilería, estos en un rango de 0% a $\pm 15\%$ a los indicados en Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.070, de 0% a $\pm 15\%$ para los ladrillos fabricados el centro poblado de Cerrillo, de 0% a $\pm 12\%$ para los ladrillos fabricados en el centro poblado Huacataz y de 0% a $\pm 11\%$ para los ladrillos fabricados en el centro poblado de Otuzco.
- Al encontrar los factores de corrección de f'm por esbeltez en pilas de albañilería en ladrillos artesanales de arcilla, dan como resultados a ecuaciones cúbicas para las pilas de albañilería de Huacataz y Cerillo y cuadrática para las pilas de albañilería de Otuzco.; con la cual se obtiene Cce para cada esbeltez.

- Para realizar la comparación de los coeficientes de corrección de $f'm$ por efectos de esbeltez en las unidades de albañilería artesanal con la Norma E-070, se extrapolo para normalizarlo a una esbeltez igual 5.

RECOMENDACIONES

Al concluir el presente trabajo e investigación se presenta las siguientes recomendaciones y sugerencias para que se tomen en cuenta en futuras investigaciones:

Recomendaciones.

- Se recomienda que para futuras investigaciones se realice con ladrillos industriales de mayor demanda en la ciudad de Cajamarca, utilizando esbelteces igual a 3 y 5, dónde para cada uno su coeficiente de corrección por esbeltez (Cce) sea 1.
- Se recomienda que para futuras investigaciones se realice las pilas con ladrillos artesanales, variando las juntas de hasta 2 cm., ya que no existe un control en la autoconstrucción y de esta manera conocer la variación de los diferentes coeficientes de corrección por esbeltez (Cce).
- Se recomienda que para los diseños de albañilería estructural que se realicen en la ciudad de Cajamarca, optar preferentemente el uso de los coeficientes de corrección de la resistencia a compresión axial de la albañilería que propone esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI530.1. (2002). *EI BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR MASONRY STRUCTURES REPORTED BY THE MASONRY STANDARDS JOINT COMMITTEE*. E.E.U.U.
- Aguilar Velásquez, Y. J., & Bolaños Narciso, I. L. (2018). *ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LOS FACTORES DE CORRECCIÓN POR ESBELTEZ DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA DE LA ZONA – NUEVO CHIMBOTE*. NUEVO CHIMBOTE: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA.
- ASTM-C1314. (2016). *Standard Test Method for Compressive Strength of Masonry Prisms*.
- Bartolomé Ramos, A. S., & Quiun Wong, D. R. (2005). *ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL FACTOR DE CORRECCIÓN POR ESBELTEZ EN PILAS DE ALBAÑILERÍA*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Bianucci, M. A. (2009). *El Ladrillo Origenes y Desarrollo*. Resistencia, Chaco, Argentina: FAU-UNNE.
- Bonilla Manilla, D. E. (2006). *FACTORES DE CORRECCIÓN DE LA RESISTENCIA EN COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA POR EFECTOS DE ESBELTEZ*. LIMA: UNIVERSIDAD CATOLICA EL PERU.
- Committee Masonry Standards Joint. (2008). *Building Code Requirements and Specification for Masonry Structures*. E.E.U.U.
- Falcon Pardave, S. J., & Respaldiza Munguia, N. (2018). *Coefficientes de corrección de la resistencia en compresión de prismas de albañilería por efectos de esbeltez, de unidades de albañilería semi industrial y artesanal, en la ciudad de Huánuco*. Huánuco: Universidad Nacional "Hermilio Valdizan" de Huánuco.
- Fernández León, Y. K. (2010). *Estudio de la influencia del tipo de arcilla en las características técnicas del ladrillo*. Santa Bárbara. Cajamarca: UNC.
- Fleith de Medeiros, G., Mohamad, G., Kostaschi, L. E., Quispe Rodriguez, R., & Simonetti Milani, A. (2022). Strength capacity of hollow clay blocks structural masonry - Flange, Chases, and slenderness effects. *Science Direct*, 272(114943), 17.
- Gallegos Vargas, H. (1991). *Albañilería Estructural*. Lima: Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *Albañilería estructural*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Huisa Cuito, L. N., & Salas Rios, E. (2016). *Análisis comparativo de los coeficientes de corrección de la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería por efectos de esbeltez; elaboradas con ladrillo semi industrial king kong 18 huecos, respecto de los coeficientes establecidos por la Norm*. Universidad Andina de Cuzco.
- INEI. (2017). *Censos Nacionales 2017: XII de Población y VII de Vivienda*. Lima: INEI. Retrieved Octubre 19, 2016, from <https://www.inei.gob.pe/>

- Isfeld, A. C., Müller, A. L., Hagel, M., & Shrive, N. G. (2018). *Analysis of safety of slender concrete masonry walls in relation to CSA S304-14*. Canadá: Canadian Journal of Civil Engineering.
- Martos Leon, S. G. (2022). *Variación de la resistencia a la compresión de los ladrillos, debido a los factores: materiales y proceso de fabricación, a partir de investigaciones realizadas en el Perú*. Universidad Privada del Norte.
- Mendoza, E. T. (1963). *Ladrillo*. LIMA: Editorial Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.070 Albañilería*. Lima.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). *Norma Técnica Peruana E030 - Diseño Sismoresistente*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Muñoz Vergara, Y. R. (2014). *DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN AXIAL Y EL FACTOR DE CORRECCIÓN POR ESBELTEZ EN PRISMAS DE ALBAÑERÍA CON LADRILLOS ARTESANALES DE ARCILLA EN LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA*. JAEN - CAJAMARCA: Universidad Nacional de Cajamarca.
- NCh. (1997). *Norma Chilena Oficial NCH.2123.OF.97*. Chile.
- NCh. (2009). *Norma Chilena NCh 1928.OF1993*. Chile: INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN.
- Norma Técnica Complementaria (NTC). (2017). *Normas Técnicas Mexicanas Complementarias Para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería*. Mexico.
- NSR. (1998). *Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente*. Colombia.
- NSR-10. (2010). *Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente*. Colombia.
- San Bartolomé, Á. (1994). *Construcciones de albañilería – Comportamientos Sísmico y Estructural*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- SENCICO. (2004). *Servicio nacional de capacitación para la Industria de la Construcción*. Lima.
- UNAM. (2003). *Normas Técnicas Mexicanas Complementarias Para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería*. Mexico.

ANEXOS

Anexo A. Procesamiento de datos.

1. Ensayos Clasificatorios de Ladrillo.

1.1. Variabilidad Dimensional.

Tabla 28

Resultados variabilidad dimensional ladrillo artesanal de Huacataz

Especímen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)				
	L1	L2	L3	L4	L0	A1	A2	A3	A4	A0	H1	H2	H3	H4	H0
LAH-01	213	212	212	213	212.50	122	120	121	120	120.75	77	77	77	76	76.75
LAH-02	211	211	210	213	211.25	119	119	120	120	119.50	76	77	77	76	76.50
LAH-03	212	210	211	212	211.25	121	120	119	119	119.75	77	79	78	79	78.25
LAH-04	212	215	213	214	213.50	121	122	120	120	120.75	79	77	78	79	78.25
LAH-05	210	210	212	211	210.75	121	122	120	121	121.00	77	75	77	77	76.50
LAH-06	213	212	211	212	212.00	122	121	121	122	121.50	77	76	75	75	75.75
LAH-07	211	213	212	212	212.00	123	122	121	119	121.25	77	76	75	75	75.75
LAH-08	216	213	214	213	214.00	120	120	119	119	119.50	78	79	76	78	77.75
LAH-09	211	211	215	215	213.00	121	120	120	121	120.50	78	77	78	79	78.00
LAH-10	212	213	213	214	213.00	124	123	123	123	123.25	80	80	79	80	79.75
				L	210.00				L	120.00				L	80.00
				σ	1.06				σ	1.12				σ	1.29
				\bar{L}	212.33				\bar{L}	120.78				\bar{L}	77.33
				%	-1.11%				%	-0.65%				%	3.34%
				CV	0.50%				CV	0.93%				CV	1.66%

Tabla 29

Resultados variabilidad dimensional ladrillo artesanal de Cerrillo

Especimen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)				
	L1	L2	L3	L4	L0	A1	A2	A3	A4	A0	H1	H2	H3	H4	H0
LAC-01	208	211	209	210	209.50	124	125	124	123	124.00	77	76	77	77	76.75
LAC-02	206	206	205	207	206.00	124	125	124	125	124.50	75	75	75	76	75.25
LAC-03	210	209	209	209	209.25	124	123	123	123	123.25	76	75	75	75	75.25
LAC-04	213	215	214	213	213.75	125	126	125	124	125.00	80	79	76	75	77.50
LAC-05	211	209	210	209	209.75	125	126	127	126	126.00	77	78	78	76	77.25
LAC-06	211	211	211	212	211.25	124	125	125	125	124.75	76	77	75	77	76.25
LAC-07	214	213	213	214	213.50	125	123	123	126	124.25	76	77	75	76	76.00
LAC-08	209	211	210	210	210.00	126	124	124	124	124.50	74	75	74	75	74.50
LAC-09	206	210	207	208	207.75	123	123	123	125	123.50	76	76	74	75	75.25
LAC-10	211	211	211	210	210.75	125	126	125	124	125.00	75	76	75	76	75.50
				L	210.00				L	120.00			L	80.00	
				σ	2.36				σ	0.79			σ	0.98	
				\bar{L}	210.15				\bar{L}	124.48			\bar{L}	75.95	
				-	-				-	-			-	-	
				%	0.07%				%	3.73%			%	5.06%	
				CV	1.12%				CV	0.64%			CV	1.29%	

Tabla 30*Resultados variabilidad dimensional ladrillo artesanal de Otuzco*

Espécimen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)				
	L1	L2	L3	L4	L0	A1	A2	A3	A4	A0	H1	H2	H3	H4	H0
LAO-01	212	209	210	210	210.25	123	120	120	120	120.75	76	76	76	75	75.75
LAO-02	215	215	214	214	214.50	122	120	120	121	120.75	74	74	75	76	74.75
LAO-03	214	215	214	215	214.50	117	118	117	120	118.00	72	75	73	72	73.00
LAO-04	211	212	212	211	211.50	118	118	118	119	118.25	75	75	74	75	74.75
LAO-05	215	213	214	215	214.25	118	118	119	118	118.25	74	77	75	76	75.50
LAO-06	213	212	213	213	212.75	117	120	118	117	118.00	74	74	75	75	74.50
LAO-07	211	214	211	211	211.75	119	119	117	117	118.00	77	78	75	78	77.00
LAO-08	213	212	212	212	212.25	122	119	118	118	119.25	77	77	76	77	76.75
LAO-09	214	215	215	213	214.25	120	120	119	119	119.50	76	75	76	76	75.75
LAO-10	216	215	215	215	215.25	120	120	119	120	119.75	76	78	77	78	77.25
				L	210.00				L	120.00			L	80.00	
				σ	1.65				σ	1.11			σ	1.31	
				\bar{L}	213.13				\bar{L}	119.05			\bar{L}	75.50	
				%	1.49%				%	0.79%			%	5.63%	
				CV	0.77%				CV	0.93%			CV	1.73%	

1.2. Alabeo

Tabla 31

Resultados alabeo ladrillo artesanal de Huacataz

Especímen	Cara A		Cara B	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
LAH-01	1.5	0.0	1.5	0.0
LAH-02	3.0	0.0	2.5	0.0
LAH-03	2.5	0.0	0.0	1.0
LAH-04	1.5	0.0	0.0	1.0
LAH-05	0.2	0.0	0.0	1.0
LAH-06	4.0	0.0	0.0	3.0
LAH-07	0.0	2.0	0.0	5.0
LAH-08	2.0	0.0	0.0	2.0
LAH-09	0.0	3.0	0.0	0.0
LAH-10	0.0	1.5	1.0	0.0
Promedio	Cóncavo	0.99		
	Convexo	0.98		

Tabla 32

Resultados alabeo ladrillo artesanal de Cerrillo

Especímen	Cara A		Cara B	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
LAC-01	1.4	0.0	1.7	0.0
LAC-02	2.9	0.0	2.3	0.0
LAC-03	2.4	0.0	0.0	2.0
LAC-04	1.9	0.0	0.0	1.0
LAC-05	0.0	0.8	0.0	1.0
LAC-06	3.0	0.0	0.0	4.0
LAC-07	0.0	2.0	0.0	4.0
LAC-08	1.0	0.0	0.0	2.0
LAC-09	0.0	3.0	0.0	0.0
LAC-10	2.0	0.0	1.0	0.0
Promedio	Cóncavo	0.98		
	Convexo	0.99		

Tabla 33*Resultados alabeo ladrillo artesanal de Otuzco*

Espécimen	Cara A		Cara B	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
LAO-01	0.0	1.0	1.5	0.0
LAO-02	3.0	0.0	1.3	0.0
LAO-03	2.5	0.0	0.0	1.3
LAO-04	1.5	0.0	0.0	1.3
LAO-05	0.8	0.0	0.0	1.8
LAO-06	1.9	0.0	0.0	3.0
LAO-07	1.3	0.0	0.0	5.0
LAO-08	2.0	0.0	0.0	3.0
LAO-09	2.8	0.0	0.0	2.0
LAO-10	0.0	1.0	1.0	0.0
Promedio	Cóncavo	0.98		
	Convexo	0.97		

1.3. Compresión Simple.**Tabla 34***Resultados Compresión simple ladrillo artesanal de Huacataz*

Espécimen	Largo (mm)		Ancho (mm)		Altura (mm)		Peso seco (gr)		Carga Máx (tn)	Carga máx (kN)	Área (m ²)	f'b (Mpa)	f'b (kg/cm ²)
	L1	L2	A1	A2	H1	H2	P1	P2					
LAH-01	213	212	122	120	77	77	2798	2798	15.20	149.02	0.026	5.80	59.10
LAH-02	211	211	119	119	76	77	2843	2844	13.95	136.77	0.025	5.45	55.54
LAH-03	212	210	121	120	77	79	2807	2806	12.63	123.82	0.025	4.87	49.66
LAH-04	212	215	121	122	79	77	2831	2832	12.86	126.09	0.026	4.86	49.57
LAH-05	210	210	121	122	77	75	2795	2796	11.76	115.29	0.026	4.52	46.08
LAH-06	213	212	122	121	77	76	2749	2750	12.35	121.10	0.026	4.69	47.83
LAH-07	211	213	123	122	77	76	2746	2748	13.06	128.08	0.026	4.93	50.29
LAH-08	216	213	120	120	78	79	2823	2825	13.98	137.12	0.026	5.33	54.32
LAH-09	211	211	121	120	78	77	2779	2778	16.17	158.53	0.025	6.24	63.58
LAH-10	212	213	124	123	80	80	2865	2866	14.07	137.94	0.026	5.26	53.60
											fb	5.19	52.96
											σ	0.53	5.40
											f'b	4.66	47.55
											CV	10.20%	10.20%

Tabla 35

Resultados Compresión simple ladrillo artesanal de Cerrillo

Espécimen	Largo (mm)		Ancho (mm)		Altura (mm)		Peso seco (gr)		Carga Máx (tn)	Carga máx (kN)	Área (m ²)	f'b (Mpa)	f'b (kg/cm ²)	
	L1	L2	A1	A2	H1	H2	P1	P2						
LAC-01	208	211	124	125	77	76	2825	2824	16.43	161.16	0.026	6.18	63.01	
LAC-02	206	206	124	125	75	75	2806	2806	16.98	166.55	0.026	6.49	66.22	
LAC-03	210	209	124	123	76	75	2823	2822	18.91	185.45	0.026	7.17	73.09	
LAC-04	213	215	125	126	80	79	2902	2901	12.87	126.26	0.027	4.70	47.94	
LAC-05	211	209	125	126	77	78	2985	2986	19.32	189.45	0.026	7.19	73.30	
LAC-06	211	211	124	125	76	77	2835	2836	15.41	151.14	0.026	5.75	58.67	
LAC-07	214	213	125	123	76	77	2824	2825	10.71	105.01	0.026	3.97	40.45	
LAC-08	209	211	126	124	74	75	2704	2704	17.01	166.78	0.026	6.35	64.79	
LAC-09	206	210	123	123	76	76	2749	2748	12.29	120.57	0.026	4.71	48.06	
LAC-10	211	211	125	126	75	76	2771	2771	13.76	134.98	0.026	5.10	51.98	
												fb	5.76	58.75
												σ	1.10	11.25
												f'b	4.66	47.50
												CV	19.16%	19.16%

Tabla 36

Resultados Compresión simple ladrillo artesanal de Otuzco

Espécimen	Largo (mm)		Ancho (mm)		Altura (mm)		Peso seco (gr)		Carga Máx (tn)	Carga máx (kN)	Área (m ²)	f'b (Mpa)	f'b (kg/cm ²)	
	L1	L2	A1	A2	H1	H2	P1	P2						
LAO-01	212	209	123	120	76	76	2908	2909	12.61	123.67	0.026	4.84	49.31	
LAO-02	215	215	122	120	74	74	2809	2810	11.67	114.42	0.026	4.40	44.85	
LAO-03	214	215	117	118	72	75	2849	2850	11.69	114.68	0.025	4.55	46.40	
LAO-04	211	212	118	118	75	75	2871	2870	10.33	101.29	0.025	4.06	41.39	
LAO-05	215	213	118	118	74	77	2951	2952	12.57	123.24	0.025	4.88	49.77	
LAO-06	213	212	117	120	74	74	2853	2855	15.74	154.31	0.025	6.13	62.49	
LAO-07	211	214	119	119	77	78	2935	2934	10.81	106.02	0.025	4.19	42.75	
LAO-08	213	212	122	119	77	77	2768	2769	7.96	78.10	0.026	3.05	31.10	
LAO-09	214	215	120	120	76	75	2875	2875	7.14	70.02	0.026	2.72	27.74	
LAO-10	216	215	120	120	76	78	3000	3000	8.48	83.20	0.026	3.22	32.81	
												fb	4.20	42.86
												σ	1.01	10.33
												f'b	3.19	32.53
												CV	24.11%	24.11%

2. Ensayos no Clasificatorios de Ladrillo.

2.1. Succión

Tabla 37

Resultados succión ladrillo artesanal de Huacataz

Espécimen	Psec (gr)	Pusc(gr)	A (mm)	L (mm)	Área (cm ²)	S (gr/ 200 cm ² -min)
LAH-01	2798.0	2836.3	120.75	212.50	256.59	29.85
LAH-02	2843.5	2923.0	119.50	211.25	252.44	62.98
LAH-03	2806.5	2871.8	119.75	211.25	252.97	51.63
LAH-04	2831.5	2884.3	120.75	213.50	257.80	40.96
LAH-05	2795.5	2859.0	121.00	210.75	255.01	49.80
LAH-06	2749.5	2818.4	121.50	212.00	257.58	53.50
LAH-07	2747.0	2810.1	121.25	212.00	257.05	49.10
LAH-08	2824.0	2907.1	119.50	214.00	255.73	64.99
LAH-09	2778.5	2824.1	120.50	213.00	256.67	35.53
LAH-10	2865.5	2951.2	123.25	213.00	262.52	65.29
					Promedio	50.36
					σ	12.195
					C.V.	24.21%

Tabla 38

Resultados succión ladrillo artesanal de Cerrillo

Espécimen	Psec (gr)	Pusc(gr)	A (mm)	L (mm)	Área (cm ²)	S (gr/ 200 cm ² -min)
LAC-01	2824.5	2879.2	124.00	209.50	259.78	42.11
LAC-02	2806.0	2871.7	124.50	206.00	256.47	51.23
LAC-03	2822.5	2869.8	123.25	209.25	257.90	36.68
LAC-04	2901.5	2953.7	125.00	213.75	267.19	39.07
LAC-05	2985.5	3048.7	126.00	209.75	264.29	47.83
LAC-06	2835.5	2899.0	124.75	211.25	263.53	48.19
LAC-07	2824.5	2894.0	124.25	213.50	265.27	52.40
LAC-08	2704.0	2767.1	124.50	210.00	261.45	48.27
LAC-09	2748.5	2811.3	123.50	207.75	256.57	48.95
LAC-10	2771.0	2849.3	125.00	210.75	263.44	59.44
					Promedio	47.42
					σ	6.67
					C.V.	14.08%

Tabla 39

Resultados succión ladrillo artesanal de Otuzco

Espécimen	Psec (gr)	Pusc(gr)	A (mm)	L (mm)	Área (cm ²)	S (gr/ 200 cm ² -min)
LAO-01	2908.5	2980.1	120.75	210.25	253.88	56.41
LAO-02	2809.5	2878.8	120.75	214.50	259.01	53.51
LAO-03	2849.5	2920.3	118.00	214.50	253.11	55.94
LAO-04	2870.5	2936.8	118.25	211.50	250.10	53.02
LAO-05	2951.5	3028.9	118.25	214.25	253.35	61.10
LAO-06	2854.0	2929.3	118.00	212.75	251.05	59.99
LAO-07	2934.5	3010.7	118.00	211.75	249.87	60.99
LAO-08	2768.5	2848.6	119.25	212.25	253.11	63.29
LAO-09	2875.0	2949.3	119.50	214.25	256.03	58.04
LAO-10	3000.0	3068.2	119.75	215.25	257.76	52.92
					Promedio	57.52
					σ	3.74
					C.V.	6.50%

2.2. Absorción

Tabla 40

Resultados absorción ladrillo artesanal de Huacataz

Espécimen	Peso seco 1 (gr)	Peso seco 2 (gr)	Peso seco 3 (gr)	Peso Saturado (gr)	Absorción
LAH-01	2798.0	2789.7	2779.3	3261.0	17.33%
LAH-02	2843.5	2837.9	2830.7	3267.6	15.43%
LAH-03	2806.5	2800.8	2795.7	3266.0	16.82%
LAH-04	2831.5	2824.5	2820.1	3299.3	16.99%
LAH-05	2795.5	2785.7	2778.5	3287.6	18.32%
LAH-06	2749.5	2740.7	2736.1	3202.6	17.05%
LAH-07	2747.0	2738.4	2733.4	3219.9	17.80%
LAH-08	2824.0	2814.1	2806.9	3307.6	17.84%
LAH-09	2778.5	2772.2	2766.8	3228.5	16.69%
LAH-10	2865.5	2855.2	2846.0	3228.0	13.42%
				Absorción	16.77%
				σ	0.01
				C.V.	8.45%

Tabla 41*Resultados absorción ladrillo artesanal de Cerrillo*

Espécimen	Peso seco 1 (gr)	Peso seco 2 (gr)	Peso seco 3 (gr)	Peso Saturado (gr)	Absorción
LAC-01	2824.5	2816.7	2888.2	3299.7	14.25%
LAC-02	2806.0	2798.5	2794.2	3235.1	15.78%
LAC-03	2822.5	2815.6	2836.6	3263.1	15.04%
LAC-04	2901.5	2892.3	2856.7	3320.8	16.25%
LAC-05	2985.5	2979.2	2934.6	3440.4	17.24%
LAC-06	2835.5	2827.7	2838.7	3329.1	17.28%
LAC-07	2824.5	2815.4	2921.0	3288.4	12.58%
LAC-08	2704.0	2695.7	2748.7	3150.3	14.61%
LAC-09	2748.5	2739.2	2861.2	3167.8	10.72%
LAC-10	2771.0	2763.7	2982.7	3186.3	6.83%
				Absorción	14.05%
				σ	0.03
				C.V.	23.14%

Tabla 42*Resultados absorción ladrillo artesanal de Otuzco*

Espécimen	Peso seco 1 (gr)	Peso seco 2 (gr)	Peso seco 3 (gr)	Peso Saturado (gr)	Absorción
LAO-01	2908.5	2900.7	2908.5	3458.8	18.92%
LAO-02	2809.5	2802.2	2809.5	3349.8	19.23%
LAO-03	2849.5	2841.2	2849.5	3370.4	18.28%
LAO-04	2870.5	2863.6	2870.5	3441.3	19.89%
LAO-05	2951.5	2946.2	2951.5	3441.8	16.61%
LAO-06	2854.0	2846.4	2854.0	3324.9	16.50%
LAO-07	2934.5	2928.6	2934.5	3465.4	18.09%
LAO-08	2768.5	2760.2	2768.5	3288.9	18.80%
LAO-09	2875.0	2867.7	2875.0	3411.8	18.67%
LAO-10	3000.0	2990.2	3000.0	3529.9	17.66%
				Absorción	18.27%
				σ	0.01
				C.V.	5.96%

3. Prismas de albañilería

3.1. Resistencia a la compresión de pilas

3.1.1. Resistencia a la compresión de pilas ladrillo artesanal de Huacataz de dos, tres, cuatro y cinco hiladas.

Tabla 43

Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Huacataz (2 hiladas)

2 HILADAS								
Espécimen	P máx (Tn)	P máx (KN)	Largo (mm)	Ancho (mm)	área (mm ²)	f'b (kg/cm ²)	altura (mm)	Esbeltez
PAH-01	13.82	135.53	214.00	122.00	26108.00	52.93	165.00	1.35
PAH-02	12.38	121.41	211.00	123.00	25953.00	47.70	165.00	1.34
PAH-03	14.41	141.31	211.00	121.00	25531.00	56.44	163.00	1.35
PAH-04	12.70	124.54	213.00	120.00	25560.00	49.69	167.00	1.39
PAH-05	14.32	140.43	212.00	122.00	25864.00	55.37	167.00	1.37
PAH-06	13.10	128.47	212.00	120.00	25440.00	51.49	178.00	1.48
PAH-07	13.37	131.11	213.00	123.00	26199.00	51.03	176.00	1.43
PAH-08	12.25	120.13	214.00	123.00	26322.00	46.54	159.00	1.29
PAH-09	12.56	123.17	212.00	122.00	25864.00	48.56	171.00	1.40
PAH-10	12.57	123.27	210.00	121.00	25410.00	49.47	180.00	1.49
Promedio	13.15	128.94	212.20	121.70	25825.10	50.92	169.10	1.39
Desviación estándar (σ)	0.80	7.84	1.32	1.16	327.20	3.22	6.92	0.06
Dispersión Porcentual	6.08%	6.08%	0.62%	0.95%	1.27%	6.33%	4.09%	4.52%

Tabla 44

Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Huacataz (3 hiladas)

3 HILADAS								
Espécimen	P máx (Tn)	P máx (KN)	Largo (mm)	Ancho (mm)	área (mm ²)	f'b (kg/cm ²)	altura (mm)	Esbeltez
PAH-01	10.35	101.50	213.00	123.00	26199.00	39.51	262.00	2.13
PAH-02	12.41	121.70	211.00	122.00	25742.00	48.21	266.00	2.18
PAH-03	12.72	124.74	213.00	124.00	26412.00	48.16	262.00	2.11
PAH-04	10.84	106.30	214.00	122.00	26108.00	41.52	266.00	2.18
PAH-05	12.78	125.33	211.00	120.00	25320.00	50.47	250.00	2.08
PAH-06	11.82	115.91	211.00	120.00	25320.00	46.68	257.00	2.14
PAH-07	13.10	128.47	211.00	124.00	26164.00	50.07	264.00	2.13
PAH-08	12.89	126.41	210.00	122.00	25620.00	50.31	254.00	2.08
PAH-09	13.58	133.17	213.00	122.00	25986.00	52.26	257.00	2.11
PAH-10	12.35	121.11	211.00	120.00	25320.00	48.78	247.00	2.06
Promedio	12.28	120.46	211.80	121.90	25819.10	47.60	258.50	2.12
Desviación estándar (σ)	1.01	9.92	1.32	1.52	410.83	4.07	6.64	0.04
Dispersión Porcentual	8.24%	8.24%	0.62%	1.25%	1.59%	8.54%	2.57%	1.91%

Tabla 45

Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Huacataz (4 hiladas)

4 HILADAS								
Espécimen	P máx (Tn)	P máx (KN)	Largo (mm)	Ancho (mm)	área (mm ²)	f'b (kg/cm ²)	altura (mm)	Esbeltez
PAH-01	11.50	112.78	214.00	122.00	26108.00	44.05	341.00	2.80
PAH-02	11.81	115.82	210.00	122.00	25620.00	46.10	343.00	2.81
PAH-03	12.44	121.99	214.00	121.00	25894.00	48.04	361.00	2.98
PAH-04	11.24	110.23	210.00	123.00	25830.00	43.52	353.00	2.87
PAH-05	11.97	117.39	214.00	124.00	26536.00	45.11	350.00	2.82
PAH-06	12.52	122.78	212.00	121.00	25652.00	48.81	359.00	2.97
PAH-07	11.85	116.21	214.00	120.00	25680.00	46.14	355.00	2.96
PAH-08	12.40	121.60	212.00	122.00	25864.00	47.94	356.00	2.92
PAH-09	9.93	97.38	212.00	124.00	26288.00	37.77	348.00	2.81
PAH-10	10.58	103.75	213.00	122.00	25986.00	40.71	342.00	2.80
Promedio	11.62	113.99	212.50	122.10	25945.80	44.82	350.80	2.87
Desviación estándar (σ)	0.84	8.27	1.58	1.29	294.25	3.47	7.18	0.08
Dispersión Porcentual	7.25%	7.25%	0.74%	1.05%	1.13%	7.74%	2.05%	2.65%

Tabla 46

Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Huacataz (5 hiladas)

5 HILADAS								
Espécimen	P máx (Tn)	P máx (KN)	Largo (mm)	Ancho (mm)	área (mm ²)	f'b (kg/cm ²)	altura (mm)	Esbeltez
PAH-01	13.05	127.96	212.00	122.00	25864.00	50.45	443.00	3.63
PAH-02	10.44	102.43	211.00	122.00	25742.00	40.58	457.00	3.75
PAH-03	10.67	104.60	212.00	123.00	26076.00	40.90	435.00	3.54
PAH-04	11.25	110.30	214.00	121.00	25894.00	43.44	441.00	3.64
PAH-05	9.95	97.60	212.00	120.00	25440.00	39.12	453.00	3.78
PAH-06	9.92	97.30	210.00	120.00	25200.00	39.37	464.00	3.87
PAH-07	10.59	103.90	211.00	121.00	25531.00	41.50	421.00	3.48
PAH-08	12.90	126.50	211.00	120.00	25320.00	50.95	412.00	3.43
PAH-09	11.76	115.30	211.00	120.00	25320.00	46.44	451.00	3.76
PAH-10	12.06	118.30	213.00	122.00	25986.00	46.42	462.00	3.79
Promedio	11.26	110.42	211.70	121.10	25637.30	43.92	443.90	3.67
Desviación estándar (σ)	1.14	11.20	1.16	1.10	313.60	4.41	17.21	0.14
Dispersión Porcentual	10.14%	10.14%	0.55%	0.91%	1.22%	10.03%	3.88%	3.95%

3.1.2. Resistencia a la compresión de pilas ladrillo artesanal de Cerrillo de dos, tres, cuatro y cinco hiladas.

Tabla 47

Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Cerrillo (2 hiladas)

2 HILADAS								
Espécimen	P máx (Tn)	P máx (KN)	Largo (mm)	Ancho (mm)	área (mm ²)	f'b (kg/cm ²)	altura (mm)	Esbeltez
PAC-01	14.32	140.43	209.00	123.00	25707.00	55.70	162.00	1.32
PAC-02	13.50	132.39	210.00	123.00	25830.00	52.26	168.00	1.37
PAC-03	15.30	150.04	210.00	125.00	26250.00	58.29	163.00	1.30
PAC-04	11.60	113.76	207.00	123.00	25461.00	45.56	179.00	1.46
PAC-05	12.65	124.05	209.00	125.00	26125.00	48.42	164.00	1.31
PAC-06	13.65	133.86	214.00	123.00	26322.00	51.86	168.00	1.37
PAC-07	14.60	143.18	207.00	125.00	25875.00	56.43	176.00	1.41
PAC-08	10.36	101.60	212.00	126.00	26712.00	38.78	168.00	1.33
PAC-09	11.26	110.42	209.00	126.00	26334.00	42.76	180.00	1.43
PAC-10	12.36	121.21	206.00	125.00	25750.00	48.00	161.00	1.29
Promedio	12.96	127.09	209.30	124.40	26036.60	49.81	168.90	1.36
Desviación estándar (σ)	1.59	15.59	2.41	1.26	375.69	6.28	7.05	0.06
Dispersión Porcentual	12.26%	12.26%	1.15%	1.02%	1.44%	12.61%	4.17%	4.20%

Tabla 48*Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Cerrillo (3 hiladas)*

3 HILADAS								
Espécimen	P máx (Tn)	P máx (KN)	Largo (mm)	Ancho (mm)	área (mm ²)	f'b (kg/cm ²)	altura (mm)	Esbeltez
PAC-01	12.89	126.41	213.00	123.00	26199.00	49.20	240.00	1.95
PAC-02	10.27	100.71	212.00	126.00	26712.00	38.45	258.00	2.05
PAC-03	11.62	113.95	209.00	123.00	25707.00	45.20	271.00	2.20
PAC-04	13.71	134.45	206.00	123.00	25338.00	54.11	268.00	2.18
PAC-05	13.31	130.53	210.00	126.00	26460.00	50.30	254.00	2.02
PAC-06	13.42	131.60	210.00	123.00	25830.00	51.96	274.00	2.23
PAC-07	11.33	111.11	209.00	124.00	25916.00	43.72	254.00	2.05
PAC-08	13.00	127.49	211.00	123.00	25953.00	50.09	271.00	2.20
PAC-09	11.03	108.17	209.00	124.00	25916.00	42.56	260.00	2.10
PAC-10	10.86	106.50	214.00	124.00	26536.00	40.93	254.00	2.05
Promedio	12.14	119.09	210.30	123.90	26056.70	46.65	260.40	2.10
Desviación estándar (σ)	1.25	12.26	2.31	1.20	419.34	5.20	10.61	0.09
Dispersión Porcentual	10.30%	10.30%	1.10%	0.97%	1.61%	11.14%	4.07%	4.52%

Tabla 49*Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Cerrillo (4 hiladas)*

4 HILADAS								
Espécimen	P máx (Tn)	P máx (KN)	Largo (mm)	Ancho (mm)	área (mm ²)	f'b (kg/cm ²)	altura (mm)	Esbeltez
PAC-01	12.03	117.97	206.00	124.00	25544.00	47.10	345.00	2.78
PAC-02	12.74	124.94	211.00	126.00	26586.00	47.92	367.00	2.91
PAC-03	12.99	127.39	208.00	124.00	25792.00	50.36	331.00	2.67
PAC-04	13.76	134.94	211.00	126.00	26586.00	51.76	357.00	2.83
PAC-05	12.78	125.33	206.00	125.00	25750.00	49.63	345.00	2.76
PAC-06	12.84	125.92	212.00	125.00	26500.00	48.45	341.00	2.73
PAC-07	11.74	115.13	207.00	123.00	25461.00	46.11	351.00	2.85
PAC-08	13.49	132.29	213.00	125.00	26625.00	50.67	343.00	2.74
PAC-09	12.92	126.70	206.00	125.00	25750.00	50.17	355.00	2.84
PAC-10	12.79	125.43	211.00	123.00	25953.00	49.28	324.00	2.63
Promedio	12.81	125.60	209.10	124.60	26054.70	49.15	345.90	2.78
Desviación estándar (σ)	0.59	5.82	2.77	1.07	467.43	1.74	12.53	0.09
Dispersión Porcentual	4.63%	4.63%	1.32%	0.86%	1.79%	3.55%	3.62%	3.11%

Tabla 50*Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Cerrillo (5 hiladas)*

5 HILADAS								
Espécimen	P máx (Tn)	P máx (KN)	Largo (mm)	Ancho (mm)	área (mm ²)	f'b (kg/cm ²)	altura (mm)	Esbeltez
PAC-01	10.81	106.04	212.00	123.00	26076.00	41.47	462.00	3.76
PAC-02	13.67	134.04	212.00	126.00	26712.00	51.17	435.00	3.45
PAC-03	13.41	131.49	208.00	123.00	25584.00	52.41	412.00	3.35
PAC-04	14.91	146.20	210.00	126.00	26460.00	56.34	431.00	3.42
PAC-05	10.64	104.39	211.00	123.00	25953.00	41.02	425.00	3.46
PAC-06	9.20	90.20	213.00	126.00	26838.00	34.27	459.00	3.64
PAC-07	11.98	117.51	213.00	125.00	26625.00	45.01	462.00	3.70
PAC-08	13.19	129.37	210.00	123.00	25830.00	51.07	422.00	3.43
PAC-09	9.72	95.30	208.00	124.00	25792.00	37.68	464.00	3.74
PAC-10	12.26	120.19	207.00	125.00	25875.00	47.37	456.00	3.65
Promedio	11.98	117.47	210.40	124.40	26174.50	45.78	442.80	3.56
Desviación estándar (σ)	1.86	18.20	2.17	1.35	444.19	7.11	19.78	0.15
Dispersión Porcentual	15.50%	15.50%	1.03%	1.09%	1.70%	15.53%	4.47%	4.27%

3.1.3. Resistencia a la compresión de pilas ladrillo artesanal de Otuzco de dos, tres, cuatro y cinco hiladas.

Tabla 51*Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Otuzco (2 hiladas)*

2 HILADAS								
Espécimen	P máx (Tn)	P máx (KN)	Largo (mm)	Ancho (mm)	área (mm ²)	f'b (kg/cm ²)	altura (mm)	Esbeltez
PAO-01	10.61	104.05	216.00	117.00	25272.00	41.98	171.00	1.46
PAO-02	10.22	100.22	216.00	121.00	26136.00	39.10	174.00	1.44
PAO-03	10.01	98.16	213.00	117.00	24921.00	40.17	178.00	1.52
PAO-04	10.55	103.46	213.00	121.00	25773.00	40.93	177.00	1.46
PAO-05	11.30	110.81	212.00	118.00	25016.00	45.17	162.00	1.37
PAO-06	10.45	102.48	214.00	123.00	26322.00	39.70	172.00	1.40
PAO-07	10.71	105.03	214.00	123.00	26322.00	40.69	163.00	1.33
PAO-08	10.56	103.56	216.00	123.00	26568.00	39.75	170.00	1.38
PAO-09	10.09	98.95	215.00	121.00	26015.00	38.79	170.00	1.40
PAO-10	10.42	102.18	212.00	121.00	25652.00	40.62	178.00	1.47
Promedio	10.49	102.89	214.10	120.50	25799.70	40.69	171.50	1.42
Desviación estándar (σ)	0.36	3.58	1.60	2.37	575.68	1.83	5.66	0.06
Dispersión Porcentual	3.48%	3.48%	0.75%	1.97%	2.23%	4.49%	3.30%	4.05%

Tabla 52*Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Otuzco (3 hiladas)*

3 HILADAS								
Espécimen	P máx (Tn)	P máx (KN)	Largo (mm)	Ancho (mm)	área (mm ²)	f'b (kg/cm ²)	altura (mm)	Esbeltez
PAO-01	11.11	108.95	216.00	119.00	25704.00	43.22	259.00	2.18
PAO-02	10.95	107.38	215.00	122.00	26230.00	41.75	271.00	2.22
PAO-03	10.86	106.50	213.00	118.00	25134.00	43.21	271.00	2.30
PAO-04	10.16	99.64	212.00	122.00	25864.00	39.28	257.00	2.11
PAO-05	10.85	106.40	211.00	120.00	25320.00	42.85	280.00	2.33
PAO-06	10.42	102.18	213.00	119.00	25347.00	41.11	250.00	2.10
PAO-07	10.55	103.46	214.00	120.00	25680.00	41.08	248.00	2.07
PAO-08	10.21	100.13	212.00	118.00	25016.00	40.81	259.00	2.19
PAO-09	10.16	99.64	213.00	119.00	25347.00	40.08	254.00	2.13
PAO-10	9.83	96.40	216.00	122.00	26352.00	37.30	258.00	2.11
Promedio	10.51	103.07	213.50	119.90	25599.40	41.07	260.70	2.17
Desviación estándar (σ)	0.42	4.13	1.72	1.60	448.94	1.86	10.18	0.09
Dispersión Porcentual	4.01%	4.01%	0.80%	1.33%	1.75%	4.54%	3.90%	4.04%

Tabla 53*Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Otuzco (4 hiladas)*

4 HILADAS								
Espécimen	P máx (Tn)	P máx (KN)	Largo (mm)	Ancho (mm)	área (mm ²)	f'b (kg/cm ²)	altura (mm)	Esbeltez
PAO-01	9.18	90.02	216.00	121.00	26136.00	35.12	356.00	2.94
PAO-02	9.21	90.32	214.00	121.00	25894.00	35.57	339.00	2.80
PAO-03	11.00	107.87	215.00	121.00	26015.00	42.28	340.00	2.81
PAO-04	10.60	103.95	216.00	117.00	25272.00	41.94	355.00	3.03
PAO-05	10.10	99.05	213.00	123.00	26199.00	38.55	368.00	2.99
PAO-06	9.39	92.08	211.00	121.00	25531.00	36.78	357.00	2.95
PAO-07	10.93	107.19	214.00	122.00	26108.00	41.86	350.00	2.87
PAO-08	10.12	99.24	211.00	118.00	24898.00	40.65	336.00	2.85
PAO-09	10.33	101.30	214.00	120.00	25680.00	40.23	367.00	3.06
PAO-10	10.15	99.54	215.00	118.00	25370.00	40.01	367.00	3.11
Promedio	10.10	99.06	213.90	120.20	25710.30	39.30	353.50	2.94
Desviación estándar (σ)	0.66	6.49	1.79	1.93	435.33	2.66	12.05	0.11
Dispersión Porcentual	6.56%	6.56%	0.84%	1.61%	1.69%	6.78%	3.41%	3.66%

Tabla 54*Cálculo de resistencia a compresión de pilas de ladrillo artesanal de Otuzco (5 hiladas)*

5 HILADAS								
Espécimen	P máx (Tn)	P máx (KN)	Largo (mm)	Ancho (mm)	área (mm ²)	f'b (kg/cm ²)	altura (mm)	Esbeltez
PAO-01	10.55	103.50	214.00	118.00	25252.00	41.80	455.00	3.86
PAO-02	10.55	103.50	216.00	118.00	25488.00	41.41	464.00	3.93
PAO-03	9.99	97.99	213.00	121.00	25773.00	38.77	443.00	3.66
PAO-04	9.46	92.73	213.00	122.00	25986.00	36.39	442.00	3.62
PAO-05	9.84	96.50	211.00	119.00	25109.00	39.19	432.00	3.63
PAO-06	8.90	87.30	212.00	122.00	25864.00	34.42	459.00	3.76
PAO-07	8.80	86.30	212.00	119.00	25228.00	34.88	412.00	3.46
PAO-08	10.94	107.30	211.00	121.00	25531.00	42.86	445.00	3.68
PAO-09	8.29	81.28	212.00	117.00	24804.00	33.42	449.00	3.84
PAO-10	9.31	91.32	214.00	118.00	25252.00	36.88	467.00	3.96
Promedio	9.66	94.77	212.80	119.50	25428.70	38.00	446.80	3.74
Desviación estándar (σ)	0.87	8.49	1.55	1.84	369.35	3.32	16.31	0.16
Dispersión Porcentual	8.96%	8.96%	0.73%	1.54%	1.45%	8.73%	3.65%	4.19%

Anexo B. Panel Fotográfico.

Figura 18

Ladrillo artesanal del Centro poblado Huacataz



Figura 19

Ladrillo artesanal del Centro poblado Cerrillo



Figura 20

Ladrillo artesanal del Centro poblado Otuzco



Figura 21

Muestras para los ensayos de variabilidad dimensional, alabeo, succión, absorción



Figura 22

Ensayo a compresión de ladrillos artesanales



Figura 23.

Ensayo a compresión de ladrillos artesanales



Figura 24

Ensayo a compresión de Pila de 2 hiladas.



Figura 25

Ensayo a compresión de pila de 3 hiladas



Figura 26

Ensayo a compresión de pila de 4 hiladas



Figura 27

Pilas de 05 hiladas de las diferentes ladrilleras



Figura 28

Pilas de 04 hiladas de las diferentes ladrilleras



Figura 29

Ensayo a la compresión de pila de 5 hiladas



Figura 30

Ensayo a la compresión de pila de 5 hiladas



Figura 31

Ensayo a la compresión de pila de 5 hiladas

