

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“COMPORTAMIENTO DE LADRILLOS ARTESANALES DE ARCILLA EN SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL ENTRE UNIDADES Y PILAS DE ALBAÑILERÍA ELABORADAS CON ARCILLA DE CAOLÍN DE LA CIUDAD DE HUAMACHUCO Y UNIDADES Y PILAS DE LA CIUDAD DE JAÉN, TRUJILLO 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Luis Guillermo Galvez Escobar

Juan Carlos Baca Marquina

Asesor:

M.Sc. Ing. Gonzalo Hugo Díaz García

Trujillo - Perú

2021



ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor M.Sc. Ing. Gonzalo Hugo Díaz García, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA CIVIL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis del estudiante:

- Bach. Gálvez Escobar, Luis Guillermo
- Bach. Baca Marquina, Juan Carlos

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “COMPORTAMIENTO DE LADRILLOS ARTESANALES DE ARCILLA EN SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL ENTRE UNIDADES Y PILAS DE ALBAÑILERÍA ELABORADAS CON ARCILLA DE CAOLÍN DE LA CIUDAD DE HUAMACHUCO Y UNIDADES Y PILAS DE LA CIUDAD DE JAÉN, TRUJILLO 2021” para aspirar al título profesional de: Ingeniero Civil por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

M.Sc. Ing. Gonzalo Hugo Díaz García
Asesor

DEDICATORIA

El presente Proyecto está dedicado:

A mi Dios todo poderoso que ilumina mi camino día a día.

A mi padre Nelson y mi madre Victoria por brindarme su apoyo incondicional, por sus sabios y siempre acertados consejos, por el amor infinito que supieron mostrar ante las caídas que se me presentaron y por enseñarme a no darme por vencido. Por demostrarme que puedo contar con su compañía y, por último, porque es a quienes le debo todo lo que soy.

A mi esposa Gloria, mi hija Katina y mi hijo Luka que con todo su amor, tiempo y comprensión han sabido apoyarme en cada uno de los pasos que doy día a día, siendo ellos el principal motivo de mi vida. Mi esposa con todo su amor, comprensión y cariño pudo ayudarme a conseguir todas las metas trazadas hasta el momento.

A mi abuelita Carmen, mi tía Rosita y mi tía Mina que desde el cielo iluminan mi camino día a día y que gracias a sus sabios consejos y apoyo constante pudieron ayudarme a ser una mejor persona y profesional.

A todos los docentes e ingenieros que formaron parte de mi carrera universitaria y que, gracias a sus experiencias y conocimientos impartidos, supieron sacar lo mejor de mí como estudiante, logrando que desarrolle de forma plena mis habilidades como un buen profesional.

A mi asesor por saber orientarme y guiarme con sus conocimientos y experiencias, así como el tiempo dedicado para la realización de esta investigación.

A mis hermanos Tania, Ernesto y Úrsula que formaron parte de la hermosa infancia que vivimos juntos, porque siempre estuvieron en el momento indicado brindando su apoyo y fuerza para mi superación constante, ofreciendo siempre su confianza plena hacia mí.

Bach. Luis Gálvez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento importante de mi formación profesional.

A mis padres, a pesar de nuestra distancia física, siento que siempre están conmigo, de repente nos faltaron muchas cosas por compartir y vivir juntos, sé que este momento hubiese sido tan especial para ellos como lo es para mí.

A mi esposa Tula, mis hijos Kimberly, Giancarlo y Alexa a quien los amo con todas las fuerzas de mi corazón; gracias por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuestos a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

Bach. Juan Carlos Baca Marquina

AGRADECIMIENTO

El presente Proyecto está realizado gracias al apoyo de muchas personas especiales.

*A Dios padre por es quien ilumina mi camino
día a día, esté donde esté.*

*Agradezco a mis padres por saber inculcar en
mí un buen deseo de superación y constancia, por estar conmigo en los buenos y malos
momentos de mi vida.*

*Agradezco a mi esposa por su apoyo
constante, gracias a ella hemos podido salir adelante juntos buscando cumplir todos
nuestros sueños y metas trazadas.*

*Agradezco a los Ingenieros docentes que
fueron mis mentores y que incentivaron mi crecimiento profesional.*

*Agradezco a mis hermanos y a los amigos
verdaderos que mostraron su apoyo incondicional en los momentos difíciles.*

Bach. Luis Gálvez

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar otra etapa más de mi vida profesional.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mis padres, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me demostraron su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mis hermanos, que con sus consejos me han ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida.

A mis padres, que siempre lo he sentido presente en mi vida. Y sé que están orgullosos de la persona en la cual me he convertido.

Agradezco especialmente a mi esposa Tula, a mis hijos Kimberly, Giancarlo y Alexa quienes con su ayuda, cariño, respeto y comprensión han sido y son parte fundamental de mi vida.

Bach. Juan Carlos Baca Marquina.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE FIGURAS	13
ÍNDICE DE GRÁFICOS	14
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	15
RESUMEN	16
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	17
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA	17
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
1.3 JUSTIFICACIÓN	21
1.3.1 Justificación teórica.....	21
1.3.2 Justificación práctica.....	21
1.3.3 Justificación metodológica.....	22
1.4 LIMITACIONES.....	22
1.5 OBJETIVOS	23
1.5.1 Objetivo general.....	23
1.5.2 Objetivos específicos.....	23
1.6 ANTECEDENTES.....	24
1.6.1 Antecedentes Nacionales.....	24
1.6.2 Antecedentes Locales.....	29
1.7 BASES TEÓRICAS.....	31
1.7.1 Aspectos Generales de la Albañilería.....	31
1.7.1.1 <i>Características básicas.</i>	31
1.7.2 Clasificación de la albañilería por su función estructural.	32
1.7.2.1 <i>Muros Portantes.</i>	32
1.7.2.2 <i>Muros No Portantes.</i>	32
1.7.3 Componentes de la Albañilería.	33
1.7.3.1 <i>Unidades de Albañilería.</i>	33
1.7.3.2 <i>Materia prima de la unidad de albañilería de arcilla.</i>	35
1.7.3.3 <i>Procesos de fabricación artesanal de la unidad de albañilería de arcilla.</i> ...	36
1.7.4 Clasificación de la unidad de albañilería según su porcentaje de huecos.	39
1.7.4.1 <i>Unidad de Albañilería Sólida (o Maciza).</i>	39
1.7.4.2 <i>Unidad de Albañilería Hueca.</i>	39
1.7.4.3 <i>Unidad de Albañilería Alveolar.</i>	39
1.7.4.4 <i>Unidad de Albañilería Tubular (o Pandereta).</i>	39
1.7.5 Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería.....	39
1.7.6 Pruebas de la unidad de albañilería.	40
1.7.6.1 <i>Muestreo.</i>	40

1.7.6.2	<i>Resistencia a compresión.</i>	40
1.7.6.3	<i>Variación dimensional.</i>	41
1.7.6.4	<i>Alabeo.</i>	41
1.7.6.5	<i>Absorción.</i>	41
1.7.7	Aceptación de la unidad de albañilería.	41
1.7.8	Mortero.	42
1.7.9	Componentes del mortero.	42
1.7.9.1	<i>Cemento.</i>	42
1.7.9.2	<i>Cal hidratada normalizada.</i>	43
1.7.9.3	<i>Agregado fino.</i>	43
1.7.9.4	<i>Agua.</i>	44
1.7.10	Clasificación del mortero para fines estructurales.	44
1.7.11	Proporción de los componentes del mortero.	44
1.7.12	Resistencia a la compresión.	45
1.7.12.1	<i>Mecanismo de falla.</i>	45
1.7.13	Prismas de albañilería.	45
1.7.14	Refrentado (capping).	46
1.7.15	Esbeltez de la pila.	46
1.7.16	Resistencia de prismas de albañilería.	47
1.7.17	Formas de falla.	49
1.7.18	Propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería.	50
1.7.18.1	<i>Pruebas clasificatorias y no clasificatorias.</i>	51
1.8	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	51
1.9	HIPÓTESIS	52
1.9.1	Hipótesis general.	52
1.9.2	Hipótesis específicas.	53
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA		54
2.1	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	54
2.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN	54
2.3	UNIDAD DE ESTUDIO	55
2.4	POBLACIÓN	55
2.5	MUESTRA (MUESTREO O SELECCIÓN)	55
2.6	TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	56
2.6.1	Técnicas de recolección de datos.	56
2.6.2	Instrumentos de recolección de datos.	56
2.6.3	Procedimiento de recolección de datos.	57
2.6.3.1	<i>Muestreo.</i>	59
2.6.3.2	<i>Variación dimensional de la unidad.</i>	59
2.6.3.3	<i>Alabeo de la unidad.</i>	60
2.6.3.4	<i>Resistencia a compresión de la unidad.</i>	60
2.6.3.5	<i>Succión de la unidad.</i>	61
2.6.3.6	<i>Absorción de la unidad.</i>	62
2.6.3.7	<i>Resistencia a compresión de pilas de albañilería.</i>	63
2.7	PROCEDIMIENTO DE DESARROLLO DE TRABAJO	65
2.7.1	Procedimiento para las muestras de Huamachuco.	65
2.7.2	Procedimiento para las muestras de Jaén.	65
CAPÍTULO III. RESULTADOS		66
3.1	ENSAYOS CLASIFICATORIOS DEL LADRILLO.	66

3.1.1	Variación dimensional.....	66
3.1.2	Alabeo.	76
3.1.3	Resistencia a la compresión.	79
3.2	ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS DEL LADRILLO.	89
3.2.1	Succión.	89
3.2.2	Absorción.	99
3.3	ENSAYOS A LAS PILAS DE ALBAÑILERÍA	104
3.3.1	Compresión axial en pilas de albañilería.....	104
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		115
4.1	DISCUSIÓN	115
4.1.1	Ensayos clasificatorios del ladrillo.....	115
4.1.1.1	<i>Variación dimensional.</i>	<i>115</i>
4.1.1.2	<i>Alabeo.....</i>	<i>123</i>
4.1.1.3	<i>Resistencia a la compresión.</i>	<i>128</i>
4.1.2	Ensayos no clasificatorios del ladrillo.....	133
4.1.2.1	<i>Succión.</i>	<i>133</i>
4.1.2.2	<i>Absorción.</i>	<i>138</i>
4.1.3	Ensayos a las pilas de albañilería.	143
4.1.3.1	<i>De la Ciudad de Huamachuco.</i>	<i>143</i>
4.1.3.2	<i>De la Ciudad de Jaén.</i>	<i>145</i>
4.1.3.3	<i>Comparación de $f'm$ de Pilas de Albañilería de Huamachuco y Jaén.</i>	<i>147</i>
4.1.4	Cuadro de resumen de los resultados.	148
4.1.4.1	<i>De los ensayos a las unidades de albañilería.</i>	<i>148</i>
4.1.4.2	<i>De los ensayos a las pilas de albañilería.</i>	<i>160</i>
4.2	CONCLUSIONES	166
4.3	RECOMENDACIONES.....	168
REFERENCIAS		169
ANEXOS.....		172

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.	34
Tabla 2. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.	40
Tabla 3. Granulometría de la arena gruesa.	43
Tabla 4. Tipos de mortero.	44
Tabla 5. Factores de corrección de f'_m por esbeltez.	46
Tabla 6. Incremento de f'_m y v'_m por edad.	47
Tabla 7. Métodos para determinar la resistencia de prismas de albañilería.	47
Tabla 8. Resistencias características de la albañilería Mpa (kg/cm^2).	48
Tabla 9. Operacionalización de las Variables	54
Tabla 10. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras con 0 % de Arcilla de Caolín.	67
Tabla 11. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras con 5 % de Arcilla de Caolín.	68
Tabla 12. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras con 10 % de Arcilla de Caolín.	69
Tabla 13. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras con 15 % de Arcilla de Caolín.	70
Tabla 14. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras con 20 % de Arcilla de Caolín.	71
Tabla 15. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras de la Ladrillera A.	72
Tabla 16. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras de la Ladrillera B.	73
Tabla 17. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras de la Ladrillera C.	74
Tabla 18. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras de la Ladrillera D.	75
Tabla 19. Resultados del ensayo de alabeo para especímenes de Huamachuco.	77
Tabla 20. Resultados del ensayo de alabeo para especímenes de Jaén.	78
Tabla 21. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 05 con 0 % de Arcilla de Caolín.	80
Tabla 22. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 05 con 5 % de Arcilla de Caolín.	81
Tabla 23. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 05 con 10 % de Arcilla de Caolín.	82
Tabla 24. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 05 con 15 % de Arcilla de Caolín.	83
Tabla 25. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 05 con 20 % de Arcilla de Caolín.	84
Tabla 26. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 08 de la Ladrillera A.	85
Tabla 27. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 08 de la Ladrillera B.	86

Tabla 28. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 08 de la Ladrillera C.	87
Tabla 29. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 08 de la Ladrillera D.	88
Tabla 30. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 05 con 0 % de Arcilla de Caolín.....	90
Tabla 31. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 05 con 5 % de Arcilla de Caolín.....	91
Tabla 32. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 05 con 10 % de Arcilla de Caolín.....	92
Tabla 33. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 05 con 15 % de Arcilla de Caolín.....	93
Tabla 34. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 05 con 20 % de Arcilla de Caolín.....	94
Tabla 35. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera A.	95
Tabla 36. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera B.....	96
Tabla 37. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera C.....	97
Tabla 38. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera D.	98
Tabla 39. Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 05 con 0 % de Arcilla de Caolín.....	100
Tabla 40. Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 05 con 5 % de Arcilla de Caolín.....	100
Tabla 41. Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 05 con 10 % de Arcilla de Caolín.....	101
Tabla 42. Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 05 con 15 % de Arcilla de Caolín.....	101
Tabla 43. Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 05 con 20 % de Arcilla de Caolín.....	102
Tabla 44. Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera A.....	102
Tabla 45. Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera B.....	103
Tabla 46. Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera C.....	103
Tabla 47. Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera D.....	104
Tabla 48. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 06 con 0 % de Arcilla de Caolín.	106
Tabla 49. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 06 con 5 % de Arcilla de Caolín.....	107
Tabla 50. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 06 con 10 % de Arcilla de Caolín.....	108
Tabla 51. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 06 con 15 % de Arcilla de Caolín.....	109
Tabla 52. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 06 con 20 % de Arcilla de Caolín.....	110

Tabla 53. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera A.	111
Tabla 54. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera B.	112
Tabla 55. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera C.	113
Tabla 56. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera D.	114
Tabla 57. Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos clasificatorios del ladrillo para unidades con Arcilla de Caolín de Huamachuco y su comparación con la Norma E.070 (2006).	149
Tabla 58. Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos clasificatorios del ladrillo para unidades de las Ladrilleras de Jaén y su comparación con la Norma E.070 (2006)..	151
Tabla 59. Resumen de los ensayos clasificatorios del ladrillo para unidades con 0 % y 10 % de Arcilla de Caolín de Huamachuco y su comparación con las Ladrilleras de Jaén y la Norma E.070 (2006).	153
Tabla 60. Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos no clasificatorios del ladrillo para unidades con Arcilla de Caolín de Huamachuco y su comparación con la Norma E.070 (2006).	155
Tabla 61. Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos no clasificatorios del ladrillo para unidades de las Ladrilleras de Jaén y su comparación con la Norma E.070 (2006)..	155
Tabla 62. Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos no clasificatorios del ladrillo para unidades con 0 % y 10 % de Arcilla de Caolín de Huamachuco y su comparación con el Promedio de las Ladrilleras de Jaén.	158
Tabla 63. <i>Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de Resistencia a la Compresión Axial de muestras con Arcilla de Caolín de Huamachuco y su comparación con la Norma E.070 (2006).</i>	161
Tabla 64. <i>Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de Resistencia a la Compresión Axial de muestras de las Ladrilleras de Jaén y su comparación con la Norma E.070 (2006).</i>	161
Tabla 65. <i>Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de Resistencia a la Compresión Axial de muestras con Arcilla de Caolín de Huamachuco y su comparación con el promedio de las Ladrilleras de Jaén.</i>	164
Tabla 66. Matriz de consistencia de la investigación.	172

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuadro sinóptico sobre el procedimiento de estudio para las unidades y pilas de Huamachuco.	57
Figura 2. Cuadro sinóptico sobre el procedimiento de estudio para las unidades y pilas de Jaén.	58
Figura 3. Resultados del ensayo de variación dimensional de unidades con 0 % de Arcilla de Caolín.	173
Figura 4. Variación dimensional del largo de los ladrillos con 0 % de Arcilla de Caolín.	174
Figura 5. Alabeo de los ladrillos con 10 % de Arcilla de Caolín.	174
Figura 6. Dimensiones de los ladrillos para el ensayo de resistencia a compresión simple.	175
Figura 7. Dimensiones de los ladrillos para el ensayo de succión.	176
Figura 8. Dimensiones de pilas de albañilería.	177
Figura 9. Variación dimensional del ladrillo de arcilla de la Ladrillera A.	178
Figura 10. Variación dimensional del ladrillo de arcilla de la Ladrillera D.	179
Figura 11. Alabeo en ladrillos artesanales de arcilla.	180
Figura 12. Succión en ladrillos artesanales de arcilla.	181
Figura 13. Absorción en ladrillos artesanales de arcilla.	182
Figura 14. Resistencia a compresión de la unidad de las Ladrilleras A y B.	183
Figura 15. Resistencia a compresión axial para 4 hiladas en la Ladrillera A.	183

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Variación dimensional de unidades de Arcilla de Caolín.	117
Gráfico 2. Variación dimensional vs Resistencia a la Compresión (Huamachuco).	118
Gráfico 3. Variación dimensional de unidades de las Ladrilleras A, B, C y D.	120
Gráfico 4. Variación dimensional vs Resistencia a la Compresión (Jaén).	121
Gráfico 5. Variación dimensional de unidades: Huamachuco vs Jaén.	122
Gráfico 6. Alabeo de unidades de Arcilla de Caolín.	123
Gráfico 7. Alabeo vs Resistencia a la Compresión (Huamachuco).	124
Gráfico 8. Alabeo de unidades de las Ladrilleras A, B, C y D.	125
Gráfico 9. Alabeo vs Resistencia a la Compresión (Jaén).	126
Gráfico 10. Alabeo de unidades: Huamachuco vs Jaén.	127
Gráfico 11. Resistencia a la Compresión de unidades de Arcilla de Caolín.	129
Gráfico 12. Resistencia a la Compresión de unidades de las Ladrilleras A, B, C y D.	131
Gráfico 13. Resistencia a la Compresión de unidades: Huamachuco vs Jaén.	132
Gráfico 14. Succión de unidades de Arcilla de Caolín.	134
Gráfico 15. Succión de unidades de las Ladrilleras A, B, C y D.	136
Gráfico 16. Succión de unidades: Huamachuco vs Jaén.	137
Gráfico 17. Absorción de unidades de Arcilla de Caolín.	139
Gráfico 18. Absorción de unidades de las Ladrilleras A, B, C y D.	141
Gráfico 19. Absorción de unidades: Huamachuco vs Jaén.	142
Gráfico 20. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería de Arcilla de Caolín.	144
Gráfico 21. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería de las Ladrilleras A, B, C y D.	146
Gráfico 22. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería: Huamachuco vs Jaén.	147

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Variación dimensional de la unidad.	59
Ecuación 2. Resistencia a compresión de la unidad.	61
Ecuación 3. Resistencia característica a compresión de la unidad.	61
Ecuación 4. Succión de la unidad.	62
Ecuación 5. Absorción de la unidad.	63
Ecuación 6. Resistencia a compresión de pilas de albañilería.	64
Ecuación 7. Resistencia característica a compresión de pilas de albañilería.	64

RESUMEN

La presente investigación se realizó bajo la premisa de dar una alternativa al público consumidor respecto al uso de unidades de albañilería artesanal con una mejor resistencia frente a cargas axiales.

El uso de aditivos minerales como la arcilla de caolín en la elaboración de mampuestos artesanales, permite mejorar las propiedades mecánicas de estos de manera significativa tal como la resistencia a la compresión axial.

Para verificar la mejoría de esta propiedad se realizó un comparativo tomando como referencia los resultados correspondientes a los ensayos de resistencia a la compresión axial de unidades elaboradas con 10 % de arcilla de caolín y de pilas elaboradas con el mismo tipo de unidades, con los resultados de resistencia a la compresión de las unidades y pilas de distintas ladrilleras de la ciudad de Jaén.

Se determinó que las unidades y pilas elaboradas con 10 % de arcilla de caolín presentaron una mejor resistencia respecto al de las unidades y pilas elaboradas con ladrillos de arcilla King Kong artesanal de las distintas ladrilleras de la ciudad de Jaén, siendo estas variaciones para f_b de 32.00 %, y para f_m de 197.61 %.

Palabras claves: Unidades de Albañilería, Artesanal, Aditivos Minerales, Arcilla de Caolín, Cargas Axiales, Compresión Axial, Pilas de Albañilería.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

Como ya se conoce, existe un problema latente en lo referente a las construcciones hechas bajo el método de albañilería confinada, las cuales son hechas en su mayoría con ladrillos King Kong artesanal. Este problema se suscita debido a que existe una gran demanda de estos productos a causa del crecimiento poblacional en distintas zonas del país, y para tratar de cubrir dichas demandas, los propietarios ladrilleros incurren en el error de agilizar, modificar y/o alterar los procesos de fabricación de sus ladrillos artesanales, como por ejemplo: Contratación de personal no capacitado, ejecución de los procesos de forma inadecuada a sabiendas de lo que es correcto, utilización de insumos que no cumplen los requerimientos para aminorar costos, falta de técnica de mezclado y labranza, aceleramiento en el proceso del secado, utilización de hornos sin las dimensiones para lograr una cocción apropiada del mampuesto, todas estas fallas conlleva a que se obtenga un producto no apropiado y que no cumpla los requerimientos mínimos para lo que fue diseñado. Todos estos factores mencionados, logran que los muros de albañilería de muchas edificaciones realizadas con estos mampuestos, pierdan su capacidad de resistencia frente a cargas axiales, sin embargo, pocos o muchos de nosotros conocemos estos problemas, pero es irrisorio lo que se hace para cambiar o mejorar dicha situación.

La importancia de lograr un producto de calidad que llegue a cumplir ciertas características intrínsecas y acorde con la norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones van de la mano con la implementación de nuevas técnicas y a la inserción de ciertos aditivos minerales sin alterar significativamente los costos de producción, así mismo la incorporación de capacitaciones y supervisiones que

permitan a los artesanos ladrilleros mejorar notoriamente sus procesos y técnicas de elaboración de sus ladrillos.

Se debe impulsar y/o fomentar en estas empresas ladrilleras el espíritu de investigación, o de incorporar en sus procesos la investigación para mejorar las características ya estipuladas por norma según el Reglamento Nacional de Edificaciones, sin alterar los costos de producción.

Es por esta razón que se pretende realizar una verificación de las capacidades de resistencia a la compresión axial que presentan las unidades de albañilería hechas por diferentes entidades ladrilleras artesanales de la ciudad de Huamachuco y que hacen uso de buenos procesos así como de la inserción de aditivos minerales como la arcilla de caolín, con unidades de albañilería de otras entidades ladrilleras de la ciudad de Jaén que hacen uso de procedimientos o técnicas básicas y que no llegan a cumplir con los requerimientos mínimos estipulados por la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

(Bonilla, 2006) Encontró que la albañilería es el material más utilizado en el Perú, además que la resistencia a la compresión es la propiedad más relevante y se obtiene elaborando prismas o pilas, asentando los ladrillos uno sobre otro unidos con mortero, para luego ser ensayadas a compresión axial. Estas pilas pueden presentar alturas diferentes, el cual se relaciona directamente con la cantidad de ladrillos utilizados en la pila, generando que aparezca diferentes relaciones entre espesor y altura del prisma llamado esbeltez. Como es complicado que todas las pilas tengan esbelteces igual a 5, la NTE E.070 estipula coeficientes de corrección de $f'm$ por esbeltez (C_{ce}) para prismas con esbeltez mayor que 2 y menor que 5.

(Cantú, de Mendoza, Gallina y Tempestti, 2007) Establecieron que la mampostería utilizada en Argentina, corresponde a un alto porcentaje de las construcciones, sin embargo, estos mampuestos macizos por ser artesanales, no se ajustan a los estándares mínimos de calidad, los cuales fueron sometidos a pruebas correspondientes a las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo. Por tal motivo se plantearon recomendaciones para la implementación de un control de calidad de forma sistemática que permitan la verificación de estos requisitos mínimos según la norma en vigencia.

(INCE, 2014) Manifestó que, en la Provincia de Guayas, Ecuador, debido al gran aumento en sus construcciones en los últimos años, siendo estos de un 15.25% en permisos para construcción y teniendo además como segundo material predominante el ladrillo, con 44.31%.

(Urbina, 2015) Indicó que, la resistencia a compresión axial aumenta de forma considerada al incrementar la temperatura de cocción de los ladrillos, pues logra hacerlos más compactos y por ende duraderos, ya que disminuye significativamente la capacidad de absorción.

Como afirmó Arquñigo (2011), para que un ladrillo pueda lograr una mejor resistencia a la compresión, este tiene que tener un buen grado de cocción, pero teniendo el cuidado de no vitrificar la unidad.

De la misma manera García (2013), mencionó que la mala calidad de los ladrillos artesanales King Kong se relaciona con la utilización de hornos mal construidos, tamizados de forma inadecuada, falta de control y registro de los rellenos, escasez de equipos mecánicos. Estos factores se manifiestan en una baja resistencia a la

compresión de estas unidades defectuosas, generando el incumplimiento mínimo según la Norma E.070.

Esto lo sustenta PRAL (2009), pues manifestó que una unidad de albañilería sin homogeneidad, con una baja resistencia a compresión y sin una densidad y peso adecuado, se debe a una fabricación de forma desordenada y empírica, sin conocimientos de las composiciones químicas del ladrillo y de los procesos de cocción del mismo.

Confirmando lo anterior, el Ministerio de la Producción (2010), en su Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales, indicó que los ladrillos no presentan un alto nivel de calidad en sus propiedades físicas y mecánicas debido a la presencia de impurezas en el proceso de mezclado.

(Sáenz, 2016) Encontró que el espesor óptimo para la elaboración de pilas de albañilería es de 1 cm, pues obtuvo una resistencia de 35,30 kg/cm², seguido del espesor de 1.5 cm, obteniendo una resistencia de 33,06 kg/cm².

Como hemos podido notar, un ladrillo que incumple los requisitos mínimos que establece la Norma E.070 del RNE, se debe a que son elaborados de forma artesanal y según la experticia del artesano, no teniendo en consideración controles y normativas. Además, se pone de manifiesto que las deficientes prácticas en los procesos de fabricación como el mezclado, moldeo y cocción de estos mampuestos, generan una baja resistencia a la compresión.

1.2 Formulación del Problema

¿Cuál es el comportamiento de los ladrillos artesanales de arcilla en su resistencia a la compresión axial entre unidades y pilas de albañilería elaboradas con arcilla de caolín de la ciudad de Huamachuco y unidades y pilas de la ciudad de Jaén?

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación teórica.

La Norma E-070 indica en su Tabla 9 los valores de f'_b y f'_m para ladrillos de arcilla King Kong artesanal, siendo estos de 55 kg/cm² (5.4 MPa) y de 35 kg/cm² (3.4 MPa), respectivamente. Se toman como referencia estos valores, sobre los cuales se verificarán y compararán la resistencia de los ladrillos y pilas de las distintas ladrilleras de ambas ciudades.

La realización de esta investigación será tema de debate y confrontación académica según la determinación de los resultados.

1.3.2 Justificación práctica.

Debido al incremento en la demanda de construcciones elaboradas a base de albañilería en distintas zonas del país, se toma como consideración realizar las comparaciones pertinentes de los mampuestos a fin de verificar que estos puedan tener un buen comportamiento frente a sollicitaciones de cargas externas, esto es debido a los inadecuados procesos de elaboración por las que fueron sometidos. Por esta razón, la presente investigación busca generar información al permitir evaluar la resistencia de unidades (f'_b) y pilas (f'_m) de las ladrilleras de ambas

ciudades, y, por ende, obtener datos que sirvan como referencia para futuras soluciones en edificaciones realizadas a base de albañilería.

1.3.3 Justificación metodológica.

Esta investigación busca la obtención de nuevos planteamientos confiables y veraces hacia los problemas que tienen los propietarios ladrilleros frente a los procesos de elaboración de sus ladrillos, fomentando las buenas prácticas y despertando el interés de los artesanos ladrilleros, incentivándolos a adoptar mejoras en sus métodos de elaboración. Por tal motivo, el presente trabajo colaborará a investigaciones futuras, ya que les brindará una base técnica acerca de los comportamientos de los mampuestos artesanales King Kong cuando son sometidos a cargas axiales.

1.4 Limitaciones

Una de las limitaciones presentes en esta investigación es que por motivos de la Pandemia Globalizada del COVID-19, la Universidad Privada del Norte, siguiendo las Normativas de Bioseguridad, restringió los ensayos en los laboratorios. Esto conlleva a que solo se utilizaron los resultados ya obtenidos en las investigaciones sobre las cuales se hace el estudio.

Otra limitación a considerar es que no se pudo tener acceso a los lugares de donde son las ladrilleras, tanto en Huamachuco como en Jaén, esto es debido a las restricciones ya mencionadas.

Solo se tomarán en consideración en la presente investigación los ensayos de resistencia a la compresión axial tanto en unidades como en pilas de albañilería elaboradas con ladrillos de arcilla King Kong artesanal.

Asimismo, se tomarán como referencia si fuese necesario, los ensayos correspondientes a las propiedades físicas de la unidad, como: variación dimensional, alabeo, succión y absorción.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general.

Determinar el comportamiento de los ladrillos artesanales de arcilla en su resistencia a la compresión axial entre unidades y pilas de albañilería elaboradas con arcilla de caolín de la ciudad de Huamachuco y unidades y pilas de la ciudad de Jaén.

1.5.2 Objetivos específicos.

- a) Verificar los valores de f'_b y f'_m de las unidades y pilas elaboradas con arcilla de caolín de la ciudad de Huamachuco y de las unidades y pilas elaboradas con ladrillos de arcilla de la ciudad de Jaén.
- b) Comparar los valores de f'_b y f'_m de las unidades y pilas elaboradas con arcilla de caolín de la ciudad de Huamachuco con las unidades y pilas elaboradas con ladrillos de arcilla de la ciudad de Jaén.
- c) Obtener la variación de los valores de f'_b y f'_m de las unidades y pilas elaboradas con arcilla de caolín de la ciudad de Huamachuco con las unidades y pilas elaboradas con ladrillos de arcilla de la ciudad de Jaén.

1.6 Antecedentes

1.6.1 Antecedentes Nacionales.

A. Determinación de las Propiedades Físico – Mecánicas de las Unidades de Albañilería en la Provincia de Cajamarca. (Lulichac F, 2015).

El objetivo de esta investigación fue determinar las propiedades físico - mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca. Para ello, se realizaron ensayos de variación dimensional, alabeo, succión, absorción y resistencia a la compresión tanto de unidades como de pilas correspondientes a 4 ladrilleras seleccionadas de esta provincia.

Se encontró que para las 4 ladrilleras (Cerrillo Parte Alta, Cerrillo Parte Baja, Santa Bárbara y Rumipampa), en el ensayo de variación dimensional y alabeo de sus unidades, obtuvieron una clasificación del Tipo V, mientras que en el ensayo de succión se encontró que este oscilaba entre 40.04 g/200cm²/min y 60.23 g/200cm²/min, obteniéndose un valor promedio de 48.74 g/200cm²/min. En tanto, en el ensayo correspondiente a la absorción de las unidades, se obtuvo un valor promedio de 18.23 %. Para los ensayos de resistencia a la compresión de unidades, se determinó que la ladrillera Cerrillo Parte Baja fue la que obtuvo el resultado más bajo, siendo de 34.71 kg/cm² y que la ladrillera Rumipampa fue la que obtuvo el valor más alto, siendo de 41.50 kg/cm², sin embargo, estos resultados son inferiores a los establecidos por la Norma E.070, la cual estipula que es de 50 kg/cm² para un ladrillo Tipo I, y, por lo tanto, no clasifican según su resistencia obtenida. Finalmente, para los ensayos de resistencia a la compresión de pilas de albañilería, se determinó que la ladrillera Cerrillo Parte Alta fue la que obtuvo el

resultado más bajo, siendo de 28.27 kg/cm^2 y que la ladrillera Cerrillo Parte Baja fue la que obtuvo el valor más alto, siendo de 32.59 kg/cm^2 , sin embargo, estos resultados son inferiores a los establecidos por la Norma E.070, la cual establece un valor de 35.00 kg/cm^2 , ergo, no clasifican según su resistencia obtenida.

Se concluyó que más del 10% de los valores de cada una de las propiedades físico – mecánicas de las ladrilleras estudiadas (Cerrillo Parte Alta, Cerrillo Parte Baja, Santa Bárbara y Rumipampa) no llegaron a cumplir con las exigencias mínimas que establece la Norma E.070 de Albañilería del RNE.

B. Propiedades Físico – Mecánicas de Unidades de Albañilería de tres Ladrilleras Artesanales en función de la Norma E.070, Distrito de Bambamarca - Cajamarca. (Molocho J, 2019).

El objetivo de esta investigación fue determinar las propiedades físico - mecánicas de tres ladrilleras artesanales en función de la norma E.070, en el distrito de Bambamarca. Para ello, se realizaron ensayos de variación dimensional, alabeo, succión, absorción y compresión tanto de unidades como de pilas correspondientes a 3 ladrilleras seleccionadas de esta zona de estudio.

Se encontró que para las 3 ladrilleras (Sánchez, Infante y Rodríguez), en el ensayo de variación dimensional, obtuvieron una clasificación del Tipo V, mientras que en el ensayo de alabeo de sus unidades, obtuvieron una clasificación tipo I, II y III las ladrilleras Sánchez, Rodríguez e Infante, respectivamente. En tanto, en el ensayo de succión se encontró que este oscilaba entre $29.66 \text{ g/200cm}^2/\text{min}$ y $67.87 \text{ g/200cm}^2/\text{min}$, obteniéndose un valor promedio de $51.03 \text{ g/200cm}^2/\text{min}$. Posteriormente, en el ensayo correspondiente a la absorción de las unidades, se

obtuvo un valor promedio de 18.45 %. Para los ensayos de resistencia a la compresión de unidades, se determinó que las ladrilleras Sánchez y Rodríguez obtuvieron resultados de 81.91 kg/cm² y 83.20 kg/cm², respectivamente, clasificándolos como Tipo II, mientras que la ladrillera Infante obtuvo un resultado de 95.12 kg/cm², clasificándolo como Tipo III según normativa. Finalmente, para los ensayos de resistencia a la compresión de pilas de albañilería, se determinó que la ladrillera Rodríguez fue la que obtuvo el resultado más bajo, siendo de 21.44 kg/cm² y que la ladrillera Infante fue la que obtuvo el valor más alto, siendo de 26.03 kg/cm², sin embargo, estos resultados son inferiores a los establecidos por la Norma E.070, la cual establece un valor de 35.00 kg/cm², ergo, no clasifican según su resistencia obtenida.

C. Evaluación de las características Físicas - Mecánicas de la Albañilería producida artesanalmente en los Centros Poblados de Manzanamayo y San José del Distrito de Baños del Inca - Cajamarca. (Tapia C, 2015).

El objetivo de esta investigación fue determinar las propiedades físico - mecánicas de la albañilería producida artesanalmente en los Centros Poblados de Manzanamayo y San José del distrito de Baños del Inca- Cajamarca. Para ello, se realizaron ensayos de alabeo, succión y resistencia a la compresión de unidades correspondientes a 2 ladrilleras seleccionadas de esta zona de estudio.

Se encontró que para las 2 ladrilleras (San José y Manzanamayo), en el ensayo de variación dimensional y alabeo de sus unidades, obtuvieron una clasificación del Tipo V. En tanto, en el ensayo de succión se encontró que la ladrillera Manzanamayo obtuvo un valor de 48.94 g/200cm²/min y San José obtuvo un valor de 63.37 g/200cm²/min, obteniéndose un valor promedio de 56.16 g/200cm²/min.

Posteriormente, en el ensayo correspondiente a la absorción de las unidades, se obtuvo un valor promedio de 19.56 %. Para los ensayos de resistencia a la compresión de unidades, se determinó que las ladrilleras San José y Manzanamayo obtuvieron resultados de 52.48 kg/cm² y 62.44 kg/cm², respectivamente, clasificándolos como Tipo I según normativa. Finalmente, para los ensayos de resistencia a la compresión de pilas de albañilería, se determinó que la ladrillera Manzanamayo fue la que obtuvo el resultado más bajo, siendo de 12.45 kg/cm² y que la ladrillera San José fue la que obtuvo el valor más alto, siendo de 15.44 kg/cm², sin embargo, estos resultados son inferiores a los establecidos por la Norma E.070, la cual establece un valor de 35.00 kg/cm², ergo, no clasifican según su resistencia obtenida.

D. Influencia de la adición de Vidrio triturado en la Resistencia a la Compresión Axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca, 2015. (Ruíz D, 2015).

El objetivo de esta investigación fue determinar la influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca. Para ello, se realizaron ensayos de variación dimensional, alabeo, succión, absorción y compresión tanto de unidades como de pilas correspondientes a unidades con 0%, 5%, 10%, 15%, 25% y 50%.

Se encontró que para el ensayo de alabeo, los porcentajes de 5%, 15%, 25% y 50%, clasificaron como unidades Tipo IV, mientras que los porcentajes de 0% y 10% clasificaron como unidades Tipo V. En tanto, en el ensayo correspondiente a la absorción de las unidades, se obtuvo un valor de 43.74 g/200cm²/min para las proporciones de 0% y 5 % de vidrio triturado, mientras que para la proporción del 10% se obtuvo un valor de 21.37 g/200cm²/min, siendo el más óptimo de todas

las proporciones restantes, las cuales fueron de 37.55 g/200cm²/min, 26.46 g/200cm²/min y 80.11 g/200cm²/min para las proporciones de 15%, 25% y 50%, respectivamente. Para los ensayos de resistencia a la compresión de unidades, se determinó que para las proporciones de 0%, 5% y 25% se obtuvieron una resistencia de 91.64 kg/cm², 88.03 kg/cm² y 89.81 kg/cm², respectivamente, y clasificándolos como Tipo II. Mientras que para las proporciones de 10% y 15%, se obtuvieron resistencias de 97.74 kg/cm² y 90.97 kg/cm², respectivamente, y clasificándolos como Tipo III. La adición de 50% de vidrio triturado fue la que logró la resistencia más baja, siendo esta de 66.21 kg/cm², clasificándolo como Tipo I.

Se concluyó que según las hipótesis planteadas, se logró incrementar en un 10% la resistencia a la compresión axial del ladrillo de arcilla artesanal, siendo la proporción óptima de un 10% de vidrio triturado, llegando a una resistencia de 97.74 kg/cm², mientras que a mayor porcentaje de adición de vidrio (50%), la resistencia va disminuyendo progresivamente.

E. Evaluación de las propiedades físico – mecánicas de los ladrillos King Kong producidos en el sector de Fila Alta, Jaén, Cajamarca. (Mego A, 2013).

El objetivo de esta investigación fue evaluar las propiedades físico – mecánicas de los ladrillos King Kong producidos en el Sector Fila Alta de la ciudad de Jaén. Para ello, se realizaron ensayos de variación dimensional, alabeo, succión, absorción y resistencia a la compresión de unidades correspondientes a 5 ladrilleras seleccionadas de esta zona de estudio.

Se encontró que para las 5 ladrilleras (Edilbrando Aguilar, Modesto Llanos, Uber Lozano, Marcos Arévalo y Clarisa Gonzáles), en el ensayo de variación dimensional las tres primeras clasificaron como Tipo IV y las dos últimas como Tipo V, mientras que en el ensayo de alabeo, todas ellas clasificaron como Tipo V. En tanto, para el ensayo de succión se encontró que el valor más bajo lo obtuvo la ladrillera Edilbrando Aguilar, con un valor de $52.23 \text{ g}/200\text{cm}^2/\text{min}$ y el más alto lo obtuvo la ladrillera Uber Lozano, con un valor de $119.65 \text{ g}/200\text{cm}^2/\text{min}$; siendo el promedio de todas ellas de $78.43 \text{ g}/200\text{cm}^2/\text{min}$. Para el ensayo correspondiente a la absorción de las unidades, todas obtuvieron valores muy similares, oscilando desde un 16.53 % hasta un 23.64 %, teniendo como promedio de 19.04 %. Finalmente, para los ensayos de resistencia a la compresión de unidades, se determinó que la ladrillera Edilbrando Aguilar fue la que obtuvo el resultado más bajo, siendo de $15.76 \text{ kg}/\text{cm}^2$ y que la ladrillera Marcos Arévalo fue la que obtuvo el valor más alto, siendo de $39.11 \text{ kg}/\text{cm}^2$, sin embargo, estos resultados son inferiores a los establecidos por la Norma E.070, la cual estipula que es de $50 \text{ kg}/\text{cm}^2$ para un ladrillo Tipo I, y, por lo tanto, no clasifican según su resistencia obtenida.

Se concluyó que las propiedades de variación dimensional y alabeo de estas 5 ladrilleras llegan a cumplir según normativa, sin embargo no cumple en sus propiedades de resistencia de la unidad a compresión, pues están por debajo de lo que establece la Norma E.070 Albañilería del RNE.

1.6.2 Antecedentes Locales.

A. Propiedades Físico – Mecánicas del ladrillo artesanal y maquinado producido en la Ciudad de Trujillo, 2018. (Rebaza P, 2018).

El objetivo de esta investigación fue evaluar las propiedades físico – mecánicas del ladrillo artesanal y maquinado producido en el sector la Hermelinda de la ciudad de Trujillo, 2018. Para ello, se realizaron ensayos de variación dimensional, alabeo, succión, absorción y resistencia a la compresión tanto de unidades como de pilas correspondientes a 2 ladrilleras seleccionadas de esta provincia.

Se encontró que para las 2 ladrilleras (Ladrillera 01 y Ladrillera 02), en el ensayo de variación dimensional la primera clasificó como Tipo V y la segunda como Tipo IV, mientras que en el ensayo de alabeo de la unidad, ambas ladrilleras clasificaron como Tipo V. En tanto, en el ensayo de succión se encontró que la Ladrillera 01 obtuvo un valor de $33.87 \text{ g}/200\text{cm}^2/\text{min}$ y la Ladrillera 02 obtuvo un valor de $162.21 \text{ g}/200\text{cm}^2/\text{min}$. Posteriormente, en el ensayo correspondiente a la absorción de las unidades, se obtuvo un valor de 13.05 % y 13.87 % para las Ladrilleras 01 y 02, respectivamente, siendo el promedio de las dos de 13.46 %. Para los ensayos de resistencia a la compresión de unidades, se determinó que las Ladrilleras 01 y 02 obtuvieron resultados de $38.64 \text{ kg}/\text{cm}^2$ y $49.17 \text{ kg}/\text{cm}^2$, respectivamente, sin embargo, estos resultados son inferiores a los establecidos por la Norma E.070, la cual estipula que es de $50 \text{ kg}/\text{cm}^2$ para un ladrillo Tipo I, y, por lo tanto, no clasifican según su resistencia obtenida.

Finalmente, para los ensayos de resistencia a la compresión de pilas de albañilería, se determinó que la Ladrillera 01 fue la que obtuvo el resultado más bajo, siendo de $36.86 \text{ kg}/\text{cm}^2$ y que la Ladrillera 02 fue la que obtuvo el valor más alto, siendo de $38.23 \text{ kg}/\text{cm}^2$, estos resultados son superiores a los establecidos por la Norma

E.070, la cual establece un valor de 35.00 kg/cm^2 , ergo, clasifican según su resistencia obtenida.

1.7 Bases Teóricas

1.7.1 Aspectos Generales de la Albañilería.

1.7.1.1 Características básicas.

La albañilería es un material compuesto por unidades pegadas con mortero, en efecto se trata de un material heterogéneo y con una alta resistencia a la compresión, siendo este factor un valor dependiente de forma directa con la resistencia propia de la unidad, mientras que la resistencia a la tracción es controlada y reducida principalmente por la adhesión entre el ladrillo y el mortero. (Arango, 2002, p. 1).

A. Heterogeneidad:

La albañilería se compone de dos materiales principales, los mampuestos y el mortero, teniendo disposiciones (aparejos) variables, lo que conlleva a que sus características no sean uniformes. (Colacce et al., 2005, p. 7).

B. Resistencia a compresión vs. Resistencia a tracción:

La albañilería es un material que tiene una buena resistencia a la compresión, es decir, presenta una buena resistencia frente a las cargas verticales y horizontales paralelos a su plano, pero, por el contrario, presenta poca resistencia a tracción, es decir, frente a cargas horizontales perpendiculares a su plano, no es muy resistente. Por tal motivo, debe aprovecharse al máximo

su resistencia a compresión para compensar la poca resistencia a tracción que posee. (Colacce et al., 2005, p. 7).

C. Variabilidad:

La albañilería presenta una gran variabilidad debido a que existe un toque artesanal en la mano de quien levanta el muro (Colacce et al., 2005, p. 8), y esto, aunado a que existe un escaso conocimiento de este material, así como de sus componentes como el mortero, que, dada su forma artesanal de dosificación y mezclado, tiende a producir características variables. (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 24). Por tal motivo resulta una tarea esencial corregir la falta de conocimiento y las diferentes etapas de control de procesos de elaboración de este material a fin de que se obtenga un correcto desarrollo y la corrección de estas divergencias. (Arango, 2002, p. 4).

1.7.2 Clasificación de la albañilería por su función estructural.

1.7.2.1 Muros Portantes.

“Los Muros Portantes se emplean como elementos estructurales de una edificación, los cuales están sometidos a todo tipo de solicitaciones, tanto de manera perpendicular como contenida en su plano, tanto lateral como vertical y tanto eventual como permanente”. (San Bartolomé, 1994, p. 6).

1.7.2.2 Muros No Portantes.

Los Muros No Portantes se diseñan ante cargas perpendiculares a su plano, los cuales son causados por los vientos, sismos u otras cargas de empuje; ya

que estos muros no soportan carga vertical, ejemplo de ello son los cercos, los parapetos y los tabiques. (San Bartolomé, 1994, p. 5).

1.7.3 Componentes de la Albañilería.

1.7.3.1 Unidades de Albañilería.

Es el material predominante para la construcción de la albañilería. Es elaborado con materias primas diversas como: la arcilla, el concreto de cemento portland y la mezcla de sílice y cal son las principales; y se forma por medio del moldeo en combinación con otros métodos de compactación o extrusión. (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 75). Además, dependiendo de sus dimensiones, pueden clasificarse en ladrillos cuando la manipulación y asentado es con una sola mano, y bloques, cuando se utilizan ambas manos debido a las dimensiones y peso. (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2011, p. 37, 38).

Existen ladrillos de diferentes materiales, pero los que más se utilizan para la edificación de una vivienda son los de arcilla. Se caracterizan por tener dimensiones y pesos que lo hacen manejables con una sola mano en el proceso de asentado. (Aceros Arequipa, 2010, p. 22). Asimismo, los ladrillos pueden ser artesanales o industriales, la diferencia radica en que en el primer caso son elaborados con procedimientos manuales y el producto final suele presentar variaciones entre una unidad y otra, mientras que los producidos de forma industrial se elaboran con maquinarias teniendo como producto final, unidades uniformes y sin variabilidad. (INACAL).

Los ladrillos para muros portantes deben ser elaborados para que puedan soportar el peso de la estructura y las fuerzas sísmicas, por ende, deben ser de muy buena calidad. Dependiendo de la resistencia que presenten ($f'b$), estos ladrillos pueden clasificarse en cinco tipos. (Aceros Arequipa, 2010, p. 22).

Tabla 1. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.

TABLA 1 CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f'b$ mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)
Bloque P (1)	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
Bloque NP (2)	± 7	± 6	± 4	8	2.0 (20)
(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes					
(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes					

Fuente: NTE E.070, 2006.

La mayor variación dimensional y alabeo en las unidades, conllevan a un incremento en las juntas de mortero, generando como consecuencia, una baja en la resistencia a la compresión y a la fuerza cortante de la albañilería. Por tal motivo, para clasificar una unidad con fines estructurales, se debe emplear los resultados más desfavorables de los ensayos indicado en la Tabla 1. (San Bartolomé, 2005, p. 122).

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

- TIPO I: Ladrillos con resistencia y durabilidad muy baja; utilizados bajo condiciones de exigencias mínimas (viviendas de 1 o 2 pisos), evitando el contacto directo con la lluvia o el suelo.
- TIPO II: Ladrillos de baja resistencia y durabilidad; utilizados bajo condiciones de servicio moderadas (no deben estar en contacto directo con la lluvia, suelo o agua).
- TIPO III: Ladrillos de mediana resistencia y durabilidad, utilizados en construcciones sujetas a condiciones de bajo intemperismo.
- TIPO IV: Ladrillos de alta resistencia y durabilidad; utilizados bajo condiciones de servicio rigurosas. Pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo moderado, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.
- TIPO V: Ladrillos de resistencia y durabilidad muy elevada; utilizados para condiciones de servicio muy rigurosas, pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo similares al TIPO IV.

1.7.3.2 Materia prima de la unidad de albañilería de arcilla.

La materia prima fundamental es la arcilla, proveniente de las rocas ígneas y se compone de sílice y alúmina en diferentes proporciones, de óxidos metálicos y otras sustancias. Las arcillas se clasifican dependiendo de su composición básica, en calcáreas y no calcáreas, las primeras tienen aproximadamente 15 % de carbonato de calcio y dan el color amarillento en los ladrillos, y las no calcáreas están formadas de silicato de alúmina, presentan de 2 % a 10 % de óxidos de hierro y feldespato, y dependiendo del contenido de óxido de hierro, producen un color rojo o salmón. Las arcillas

impuras se componen de arena y limo aproximadamente en un 33 %, estas son ideales para fabricar mejores ladrillos, ya que disminuyen las contracciones y agrietamientos en la etapa de secado y quema (Gallegos y Casabonne, 2005, p. 93).

Para la fabricación de ladrillos, es fundamental una consistencia plástica de la arcilla al mezclarse con el agua para que puedan tomar la forma del molde, además sus partículas deben tener una alta adhesión para mantenerse estables y consistentes durante el retirado del molde y su posterior cocción. (Gallegos y Casabonne, 2005, p. 93).

1.7.3.3 Procesos de fabricación artesanal de la unidad de albañilería de arcilla.

- A. Extracción de arcilla y tierras:** Mediante la excavación manual de canteras, se recomienda la extracción de arcilla y tierra en lugares lejanos o en la misma zona de fabricación (Ministerio de la Producción, 2010, p. 3), aquí se emplearán picos, lampas y carretillas; luego, se tamiza a través de mallas metálicas con el objetivo de excluir las piedras y materias extrañas. (San Bartolomé, 1994, p.106).

- B. Mezcla:** Consiste en dejar reposar por un día la masa de arcilla, agua y arena y otros agregados como cenizas, aserrín o cáscara de arroz, con la finalidad de deshacer los terrones más pequeños y se vuelva más consistente la mezcla, adquiriendo la textura solicitada para el moldeo. Si hubiera impurezas como raíces, arbustos o piedras, se retirarán manualmente, siendo lo recomendable, tamizar la arena para eliminar impurezas y lograr un grano más homogéneo. Además, la materia prima no se escoge ni está sujeto a molienda para una

inspección granulométrica, por lo que las propiedades finales de la mezcla son determinadas en base a su consistencia, conforme a las necesidades, experiencia, o disponibilidad de cada artesano. (Ministerio de la Producción, 2010, p. 3).

C. Moldeado o labranza: La mezcla realizada, se moldea para dar forma al ladrillo requerido, sea sólido o hueco. Los moldes pueden ser metálicos o de madera, y no tienen tamaños estandarizados y difieren dependiendo de la región y el artesano. Se emplea arena muy fina para facilitar el retiro de la mezcla del molde (Ministerio de la Producción, 2010, p. 4).

D. Secado: Consiste en colocar en lugares apropiados lo más cercano al lugar del moldeo, los ladrillos crudos recién moldeados. Estas unidades se secan por acción natural del viento y el sol, y cuando llueve se cubrirán con mantas de plástico. El proceso termina cuando el ladrillo haya perdido un 13 % de humedad aproximadamente y esté listo para cargarse en el horno. Según el clima, el secado puede durar entre 5 a 7 días, teniendo en cuenta que en el tercer o cuarto día se deben voltear para un secado más uniforme, para lo cual se debe raspar los lados en contacto con el suelo para desprender la tierra adherida. (Ministerio de la Producción, 2010, p. 7).

E. Carga del horno: Se acoplan los ladrillos secos formando una bóveda sobre el canal de encendido en toda la longitud del horno. En la quema con carbón, se construye una especie de parrilla en la base de esta bóveda, con ladrillos enteros y tallados manualmente, mientras que, en la parte superior, se colocan los ladrillos en capas horizontales continuas, cruzada una tras otra con una separación de 3 a 5 mm hasta ocupar toda la altura del horno y para que fluya

el aire y los gases calientes por la combustión, así como para transmitir el calor durante la cocción. (Ministerio de la Producción, 2010, p. 7, 8).

F. Cocción: Es un trabajo netamente artesanal que el Maestro Hornero va adaptando de acuerdo con el producto que se va consiguiendo. Los canales de encendido están hechos a la altura del suelo, traspasan el horno de extremo a extremo y sus aperturas están en las caras de mayor longitud. Las características y magnitudes de las aperturas obedecen al tipo de combustible a que se va emplear para la quema. (Ministerio de la Producción, 2010, p. 8).

G. Descarga de horno: Cuando la cocción ha llegado a la parte superior y el carbón se ha consumido, se deja enfriar por un periodo de 4 a 6 días. Este enfriamiento se da desde la parte inferior hacia la parte superior. En épocas de alta demanda, a los artesanos no les importa el tiempo de enfriamiento normal, y descargan los ladrillos cuando aún están calientes. (Ministerio de la Producción, 2010, p. 8).

H. Clasificación y despacho: Los ladrillos enfriados se descargan y depositan cerca del horno, clasificándolos en bien cocidos, medianamente cocidos y crudos. Los ladrillos comprados se pagan de acuerdo al quemado del producto, mientras más cocidos se encuentren los ladrillos, mayor es su precio; en tanto que, los ladrillos crudos se volverán a cocer nuevamente. Cabe destacar que las ladrilleras artesanales no realizan ensayos de calidad de sus productos terminados. (Ministerio de la Producción, 2010, p. 9).

1.7.4 Clasificación de la unidad de albañilería según su porcentaje de huecos.

1.7.4.1 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” (NTE E.070, 2006, p. 296).

1.7.4.2 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” (NTE E.070, 2006, p. 296).

1.7.4.3 Unidad de Albañilería Alveolar.

“Unidad de Albañilería Sólida o Hueca con alvéolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar el refuerzo vertical. Son empleadas en la construcción de los muros armados” (NTE E.070, 2006, p. 296).

1.7.4.4 Unidad de Albañilería Tubular (o Pandereta).

“Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento” (NTE E.070, 2006, p. 296).

1.7.5 Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería.

“El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 2” (NTE E.070, 2006, p. 298).

Tabla 2. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.

TABLA 2			
LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES			
TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí	Sí	Sí
	Celdas totalmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

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

Fuente: NTE E.070, 2006.

1.7.6 Pruebas de la unidad de albañilería.

1.7.6.1 Muestreo.

El muestreo será efectuado a pie de obra. Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción. (NTE E.070, 2006, p. 298).

1.7.6.2 Resistencia a compresión.

Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 339.604. La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería (f'_b) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra. (NTE E.070, 2006, p. 298).

1.7.6.3 Variación dimensional.

Para determinar la variación dimensional de las unidades de albañilería, se procederá según la NTP 399.613 y 399.604. (NTE E.070, 2006, p. 298).

1.7.6.4 Alabeo.

Para determinar el alabeo de las unidades de albañilería, se procederá según la NTP 399.613. (NTE E.070, 2006, p. 298).

1.7.6.5 Absorción.

Para determinar la absorción de las unidades de albañilería, se procederá según las Normas NTP 399.604 y 399.613. (NTE E.070, 2006, p. 298).

1.7.7 Aceptación de la unidad de albañilería.

La NTE E.070 (2006) establece los siguientes requisitos para las unidades de arcilla:

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

La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%.

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

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

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

La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo. (p. 298).

1.7.8 Mortero.

La Norma Técnica de Edificación E.070 (2006) define al mortero de la siguiente manera:

El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se procederá según las Normas NTP 399.607 y 399.610. (p. 298).

1.7.9 Componentes del mortero.

1.7.9.1 Cemento.

Se utiliza básicamente el Cemento Portland tipo I y excepcionalmente el Cemento Portland tipo II. Si se usara Cemento Puzolánico IP, se sugiere preparar una mezcla de mejor calidad, reduciendo la mitad del volumen de arena, para conseguir una resistencia igual al del tipo I. Su peso volumétrico

es de 1500 kg/m^3 , y su venta es en bolsas de 1 pie^3 con un peso de 42.5 kg.

(San Bartolomé, 1994, p. 122).

1.7.9.2 *Cal hidratada normalizada.*

La cal empleada en el mortero será hidratada y normalizada; la causa de su normalización se debe a que puede tener partículas muy finas, los cuales son residuos inertes que no funcionan como aglomerante. Su peso volumétrico es de 640 kg/m^3 . Además, la cal a diferencia del cemento permite que el mortero endurezca muy lentamente al reaccionar con el anhídrido carbónico del ambiente, en un proceso llamado Carbonatación, y es muy beneficiosa para el mortero por 2 razones: Primero porque las fisuras se sellan a través del tiempo, con la formación de cristales de carbonato de calcio, los que proporcionan cierta resistencia adicional sobre la dada por el cemento y segundo porque al endurecer lentamente beneficia la retentividad de la mezcla. (San Bartolomé, 1994, p. 122, 123).

1.7.9.3 *Agregado fino.*

Será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la Tabla 3. (NTE E.070, 2006, p. 298).

Tabla 3. *Granulometría de la arena gruesa.*

TABLA 3	
GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA	
MALLA ASTM	% QUE PASA
Nº 4 (4,75 mm)	100
Nº 8 (2,36 mm)	95 a 100
Nº 16 (1,18 mm)	70 a 100
Nº 30 (0,60 mm)	40 a 75
Nº 50 (0,30 mm)	10 a 35
Nº 100 (0,15 mm)	2 a 15
Nº 200 (0,075 mm)	Menos de 2

Fuente: NTE E.070, 2006.

- a) “No deberá quedar retenido más del 50 % de arena entre dos mallas consecutivas” (NTE E.070, 2006, p. 298).
- b) “El módulo de fineza estará comprendido entre 1,6 y 2,5” (NTE E.070, 2006, p. 298).
- c) “El porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1 % en peso” (NTE E.070, 2006, p. 298).
- d) “No deberá emplearse arena de mar” (NTE E.070, 2006, p. 298).

1.7.9.4 Agua.

Será potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica. (NTE E.070, 2006, p. 298).

1.7.10 Clasificación del mortero para fines estructurales.

Se clasifican en: tipo P, empleado en la construcción de los muros portantes; y NP, utilizado en los muros no portantes (Ver Tabla 4)” (NTE E.070, 2006, p. 298).

1.7.11 Proporción de los componentes del mortero.

Se tendrán las proporciones volumétricas (en estado suelto) indicadas en la Tabla 4. (NTE E.070, 2006, p. 298).

Tabla 4. *Tipos de mortero.*

TABLA 4 TIPOS DE MORTERO				
TIPO	COMPONENTES			USOS
	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a ¼	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 a ½	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-----	Hasta 6	Muros No Portantes

Fuente: NTE E.070, 2006.

1.7.12 Resistencia a la compresión.

La resistencia a la compresión es, por sí sola, la principal propiedad de la unidad de la albañilería. Los valores altos de la resistencia a la compresión señalan buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio, son muestra de unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable. Además, el ensayo de compresión estándar, es función no sólo de la resistencia intrínseca de la masa, sino de la altura del testigo y de su forma. (Arango, 2002, p. 20).

1.7.12.1 Mecanismo de falla.

A partir de aproximadamente 70% de la carga última comienzan a aparecer grietas verticales en los ladrillos, hacia el centro del prisma. Además, la carga máxima ocurre cuando el avance y multiplicación de estas grietas verticales son sustantivos. Por ende, el esfuerzo y la deformación unitaria en rotura del prisma corresponden a valores intermedios de los que corresponden al ladrillo y al mortero que conforman el prisma. (Arango, 2002, p. 68),

Estos hechos llevan a deducir las grietas verticales de los ladrillos se relaciona con la deformación lateral del mortero, debido a que en el prisma y en el muro real de albañilería, el ladrillo y el mortero deben deformarse los mismo lateralmente (por la fricción entre ambos materiales), en efecto, la expansión lateral del mortero estará restringida por el ladrillo. (Arango, 2002, p. 69).

1.7.13 Prismas de albañilería.

La Norma E.070 exige, dependiendo de la magnitud de la obra la elaboración de pequeños prismas de albañilería llamados Pilas y Muretes, construidos bajo las

mismas condiciones con que se edificarán los muros reales. Estos prismas serán especímenes pequeños, fáciles de transportar, almacenar y manipular, además presentarán una esbeltez (altura / espesor) comprendida entre los valores de 2 a 5 (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 80).

1.7.14 Refrentado (capping).

En las áreas donde el prisma vaya a estar en contacto con los cabezales metálicos del equipo de ensayo, se aplicará un refrentado blando de yeso-cemento de unos 3 mm de grosor para corregir las irregularidades que presente la albañilería. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 81 y 82).

1.7.15 Esbeltez de la pila.

La esbeltez es la relación entre la altura y espesor de la pila. Este valor debe estar entre 2 y 5, aunque los valores más representativos del comportamiento de la albañilería están entre 4 y 5. La Norma E.070 toma como esbeltez estándar el valor de 5. Por otro lado, en pilas “pequeñas”, los valores de f'_m son mayores que los que arrojarían las pilas “esbeltas”, debido a la mayor restricción al desplazamiento lateral inducida por los cabezales del equipo de ensayo en las pilas de poca esbeltez. Por esta razón, la Tabla 10 de la Norma E.070 proporciona “factores de corrección por esbeltez” (Ver Tabla 5). Asimismo, es recomendable que las pilas consten de por lo menos 3 hiladas. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 84).

Tabla 5. Factores de corrección de f'_m por esbeltez.

TABLA 10						
FACTORES DE CORRECCIÓN DE f'_m POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

Fuente: NTE E.070, 2006.

1.7.16 Resistencia de prismas de albañilería.

La resistencia individual a compresión axial de una pila (f'_m) es el cociente de la relación de la carga de rotura entre el área bruta de la sección transversal, sin considerar que la unidad de albañilería califique como hueca o sólida, sea ladrillo o bloque. Este valor se corrige según su esbeltez especificado en la Tabla 10 de la Norma E.070, y si la edad de las pilas es distinta a la estándar (28 días), se corrige por el factor indicado en la Tabla 8. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 85).

Tabla 6. Incremento de f'_m y v'_m por edad.

TABLA 8 INCREMENTO DE f'_m Y v'_m POR EDAD			
Edad		14 días	21 días
Muretes	Ladrillos de arcilla	1,15	1,05
	Bloques de concreto	1,25	1,05
Pilas	Ladrillos de arcilla y Bloques de concreto	1,10	1,00

Fuente: NTE E.070, 2006.

a) La resistencia de la albañilería a compresión axial (f'_m) y a corte (v'_m) se determinará de manera empírica o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, según se indica en la Tabla 7. (NTE E.070, 2006, p. 301).

Tabla 5. Métodos para determinar la resistencia de prismas de albañilería.

TABLA 7 MÉTODOS PARA DETERMINAR f'_m Y v'_m									
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MÁS DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
(f'_m)	A	A	A	B	B	A	B	B	B
(v'_m)	A	A	A	B	A	A	B	B	A

Fuente: NTE E.070, 2006.

A: "Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero" (NTE E.070, 2006, p. 301).

B: "Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio según lo indicado en las NTP 399.605 y 399.621". (NTE E.070, 2006, p. 301).

- b) Los prismas serán almacenados a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días y podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días, pero no menor de 14 días; en este caso, el f'_m se obtendrá incrementándola por los factores mostrados en la Tabla 8. (NTE E.070, 2006, p. 301).
- c) La resistencia característica f'_m en pilas se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar. (NTE E.070, 2006, p. 301).
- d) En el caso de no realizarse ensayos de prismas, podrá emplearse los valores mostrados en la Tabla 9, correspondientes a pilas y muretes construidos con mortero 1:4 (cuando la unidad es de arcilla) y 1: ½ : 4 (cuando la materia prima es sílice-cal o concreto), para otras unidades u otro tipo de mortero se tendrá que realizar los ensayos respectivos. (NTE E.070, 2006, p. 301).

Tabla 8. Resistencias características de la albañilería Mpa (kg/cm²).

TABLA 9 (**)				
RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg / cm ²)				
Materia Prima	Denominación	Unidad	Pilas	Murete
		f'_b	f'_m	v'_m
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)

6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

Fuente: NTE E.070, 2006.

1.7.17 Formas de falla.

El tipo de falla de las pilas ante cargas axiales están influenciados por la interacción que se desarrollan entre el mortero y las caras de asiento de las unidades. Como estos dos materiales tienen diferente rigidez, entonces, al ser sometidos al mismo esfuerzo normal, y como están integrados, los ladrillos restringen las deformaciones transversales del mortero, introduciéndole esfuerzos de compresión en la dirección transversal, que se traducen en tracciones laterales sobre la unidad, que dan lugar a las grietas verticales. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 86).

La falla ideal de las pilas de albañilería es una grieta vertical en la cara de menor dimensión, que corta unidades y mortero, producida por tracción debida a la expansión lateral causada por la compresión aplicada. Para unidades artesanales, por lo general, la falla ocurre por aplastamiento local. Esta falla puede ocurrir cuando existen efectos distintos a los de compresión pura, particularmente cuando aparecen componentes de flexión, esta se da por imperfecciones en la construcción reflejada en la configuración geométrica del espécimen, por falta de paralelismo entre las caras de asiento extremas, o por falta de alineamiento entre el eje de carga y el longitudinal de la pila. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 86).

1.7.18 Propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería.

Conocer las propiedades de las unidades es necesario para tener una idea sobre la resistencia de la albañilería, sin embargo, no se puede afirmar que la mejor unidad proporcione necesariamente la mejor albañilería. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 55).

Las propiedades principales de las unidades de albañilería deben entenderse en su relación con el producto terminado, que es la albañilería. (Arango, 2002, p. 19)

Las propiedades de la unidad en relación con la *resistencia estructural* son:

- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la tracción por flexión.
- Variabilidad dimensional.
- Alabeo.
- Succión.
- Textura.

Las propiedades de la unidad en relación con la *durabilidad de la albañilería* son:

- Resistencia a la compresión.
- Absorción.
- Absorción máxima.
- Coeficiente de saturación.

La norma E.070 indica que por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se selecciona al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación dimensional y alabeo. Luego, cinco de esas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción.

1.7.18.1 Pruebas clasificatorias y no clasificatorias.

La Norma E.070 establece en su Tabla 1 las pruebas clasificatorias que son la Variación Dimensional, el Alabeo y la Resistencia a Compresión. Asimismo, establece también pruebas no Clasificatorias como son la Succión, la Absorción y Densidad. (NTE E.070, 2006, p. 297, 298 y 299).

1.8 Definición de términos básicos

Absorción: Fluido que es retenido en un determinado tiempo de exposición por cualquier material (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008).

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 (Norma E.070, 2006).

Construcciones de albañilería: Edificaciones cuya estructura está constituida predominantemente por muros portantes de albañilería (Norma E.070, 2006).

Contracción volumétrica: Disminución de las dimensiones de un material (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008).

Densidad: Relación entre el volumen y la masa de una materia (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008).

Ladrillo: Aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano (Norma E.070, 2006).

Mortero: Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería (Norma E.070, 2006).

Muro no portante: Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Son, por ejemplo, los parapetos y los cercos (Norma E.070, 2006).

Muro portante: Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical (Norma E.070, 2006).

Pilas de albañilería: Son prismas formados por más de dos unidades de albañilería, asentados mediante mortero una sobre de otra (Bonilla, 2006).

Resistencia a compresión: Ensayo en donde una prensa aplica una determinada fuerza a un espécimen, hasta llegar a su rotura (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008).

Unidad de albañilería: "Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular" (Norma E.070, 2006, p. 296).

1.9 Hipótesis

1.9.1 Hipótesis general.

La resistencia a la compresión axial entre unidades y pilas de albañilería elaboradas con arcilla de caolín de la ciudad de Huamachuco y unidades y pilas de la ciudad de Jaén determinará el comportamiento de los ladrillos artesanales de arcilla.

1.9.2 Hipótesis específicas.

- a) Es posible verificar los valores de f'_b y f'_m de las unidades y pilas elaboradas con arcilla de caolín de la ciudad de Huamachuco y de las unidades y pilas elaboradas con ladrillos de arcilla de la ciudad de Jaén.
- b) Los valores de f'_b y f'_m de las unidades y pilas elaboradas con arcilla de caolín de la ciudad de Huamachuco se pueden comparar con las unidades y pilas elaboradas con ladrillos de arcilla de la ciudad de Jaén.
- c) Entre los resultados de f'_b y f'_m de las unidades y pilas elaboradas con arcilla de caolín de la ciudad de Huamachuco con las unidades y pilas elaboradas con ladrillos de arcilla de la ciudad de Jaén, se puede obtener la variación de estos valores.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Operacionalización de las variables

Tabla 6. Operacionalización de las Variables

Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Resistencia a compresión axial	La resistencia a la compresión es, por sí sola, la principal propiedad de la unidad de albañilería. Los valores altos señalan buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio son muestra de unidades que producirán albañilería poco resistente y durable.	Se usará para aumentar las propiedades mecánicas en los ladrillos y mejora en el proceso de elaboración.	Peso de Pilas	Peso	kgf
			Esbeltez de Pilas	Largo	mm
				Altura	mm
			Área bruta del asiento de carga de pilas	Largo	mm
				Ancho	mm
			Resistencia a compresión axial de pilas	Carga máxima de rotura	kgf
Tipo de falla	Falla frágil	Grieta vertical que atraviesa al mortero y a todas las unidades			
	Falla explosiva	Falla por trituración			
Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Comportamiento de Ladrillos Artesanales de Arcilla	El comportamiento de un ladrillo se refiere a la reacción que presenta frente a diferentes sollicitaciones.	Se usará para poder verificar las condiciones físicas y mecánicas en las cuales se encuentra la unidad evaluada.	Pruebas Clasificadorias	Variación Dimensional	mm
				Alabeo	mm
				Resistencia a Compresión	f_b
			Pruebas No Clasificadorias	Succión	$g/200cm^2/min$
				Absorción	%
				Densidad	Kg/cm^3

Fuente: Elaboración propia, 2021.

2.2 Tipo de investigación

Investigación descriptiva y correlacional, debido a que se recopila información como rasgos, cualidades o atributos de la población objeto de estudio y mide el grado de relación de esta información según las variables de la población estudiada.

2.3 Unidad de estudio

La unidad de estudio corresponde a la unidad y pila propias de las áreas de estudio, tanto de la Ciudad de Huamachuco como de la Ciudad de Jaén.

Esta unidad y pila de la Ciudad de Huamachuco y de la Ciudad de Jaén serán comparadas entre sí y con la Norma E.070, a fin de determinar las diferencias entre ellas.

2.4 Población

Para el caso de las unidades, la población en ambas investigaciones está constituida por todas aquellas según el lote fabricado que, para ambos casos no supera los 50 millares de unidades. De acuerdo a la Norma E.070, esto permite seleccionar 10 unidades para los ensayos de variación dimensional y alabeo, asimismo, utilizar estas mismas para realizar los ensayos de compresión y absorción.

Para el caso de las pilas de albañilería, la población está constituida para la investigación de Huamachuco por todas las pilas de albañilería construidas con ladrillos de arcilla artesanal King Kong fabricado con arcilla común y arcilla de Caolín en porcentajes del 0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 %, mientras que para para la investigación de Jaén, fueron de ladrillos seleccionados de forma aleatoria de cada ladrillera en estudio, siendo esto de 45 unidades, según las características de igual similitud con la investigación correlacionada.

2.5 Muestra (muestreo o selección)

Según la Norma E.070 se determinó el muestreo de acuerdo al lote elaborado. Como este no superó los 50 millares. Para ambas investigaciones se utilizaron 10 unidades

para los ensayos de variación dimensional y alabeo, utilizándose estas mismas para determinar los ensayos de absorción y resistencia a la compresión de unidades. Para el ensayo de succión se utilizaron 05 unidades adicionales. Finalmente, para los ensayos de compresión de pilas, se utilizaron 06 muestras por cada % adicionado de arcilla de caolín en la investigación de Huamachuco y 05 muestras en la investigación correspondiente a la de Jaén.

2.6 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

2.6.1 Técnicas de recolección de datos.

La técnica empleada para la recolección de datos en esta investigación es la observación y utilización de tablas dinámicas (Ver Tablas Capítulo III) que permitan tener un mejor control de análisis y procesamiento de los datos analizados y realizar una correlación eficiente de ellos para los grupos de estudio investigados.

2.6.2 Instrumentos de recolección de datos.

Por ser medios no estructurados, los instrumentos empleados para la recolección de datos en esta investigación fueron la Guía de Observación validado por el M.Sc. Ing. Gonzalo Hugo Díaz García, con CIP N° 134596; y Software Ms Excel 2016 Nivel Usuario, los cuales nos permitirá recolectar información relevante y necesaria respecto a los ensayos que se realizaron a los elementos de estudio.

2.6.3 Procedimiento de recolección de datos.

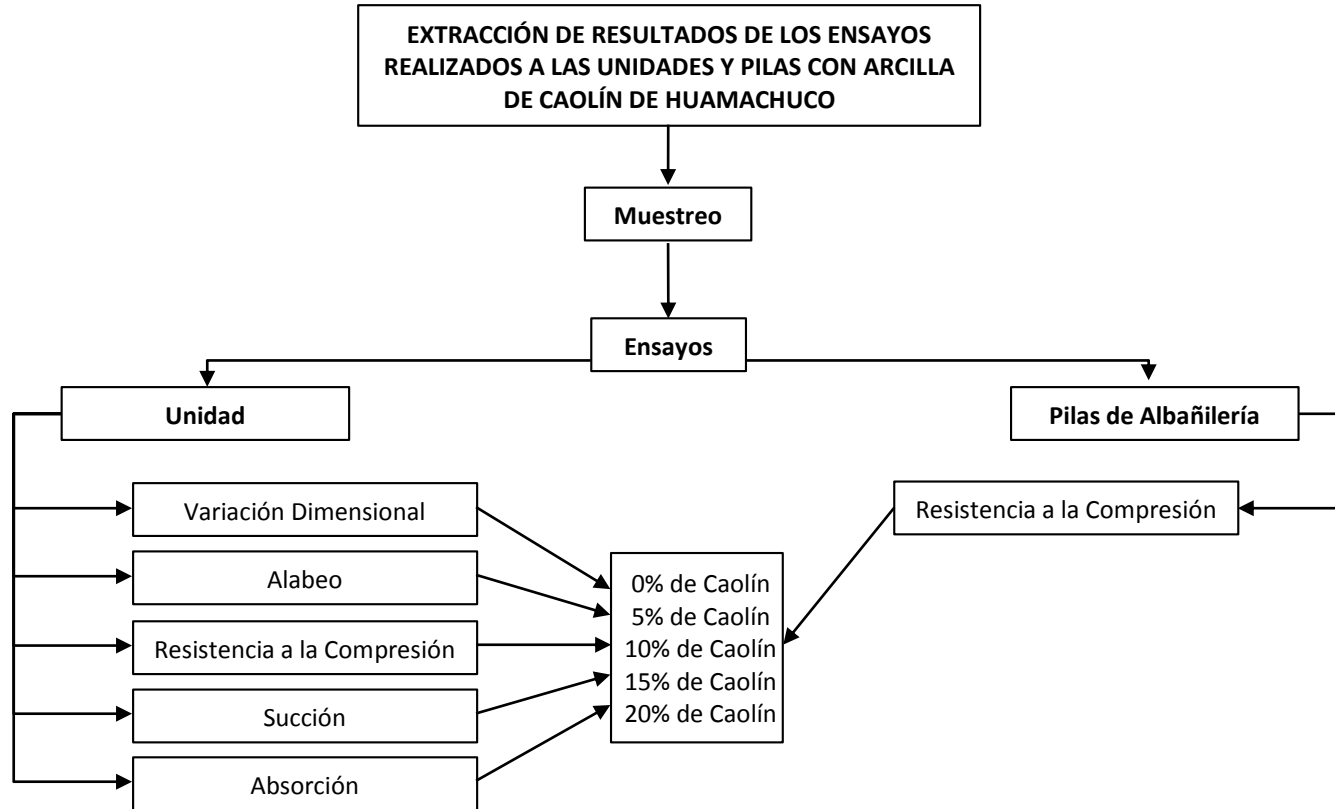


Figura 1. Cuadro sinóptico sobre el procedimiento de estudio para las unidades y pilas de Huamachuco.

Fuente: Elaboración Propia, 2021.

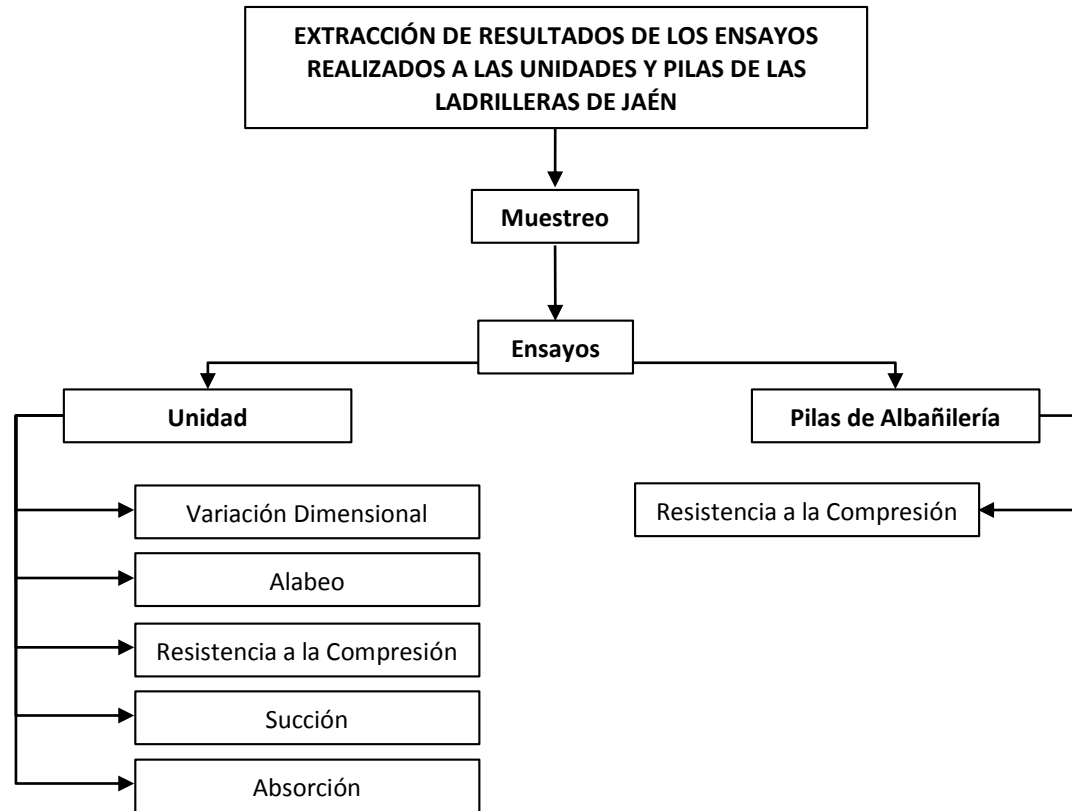


Figura 2. Cuadro sinóptico sobre el procedimiento de estudio para las unidades y pilas de Jaén.

Fuente: Elaboración Propia, 2021.

2.6.3.1 Muestreo.

- Se seleccionan unidades enteras que sean representativas del lote al cual pertenecen.
- Se debe considerar especímenes representativos del rango completo de colores, texturas y tamaños, libres de impurezas, limos u otros materiales no asociados con el proceso de fabricación.
- Se marca cada espécimen de manera que pueda ser identificado en cualquier momento. Las marcas no cubrirán más del cinco por ciento del área superficial de la cara del espécimen.

2.6.3.2 Variación dimensional de la unidad.

- Se mide el largo, ancho y alto de diez unidades enteras y secas, representativas de cada lote, con un vernier de acero graduado.
- Sus dimensiones son medidas a través de los dos extremos y en ambas caras desde el punto medio de los bordes que limitan las caras. Se registran estas cuatro medidas con una aproximación de 1 mm y se registra el promedio de cada dimensión con una aproximación de 0,5 mm.
- Se determina las dimensiones especificadas por el fabricante del ladrillo, al cual se le conoce como dimensión nominal.
- La variación dimensional se determina utilizando la Ecuación 1.

$$\%V = \frac{(D_N - D_P)}{D_N} \times 100$$

Ecuación 1. Variación dimensional de la unidad.

Fuente: (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 57).

Donde:

- V (%) : Variación dimensional, en porcentaje
D_N : Dimensión nominal, en cm.
D_P : Dimensión promedio de cada lado, en cm.

2.6.3.3 Alabeo de la unidad.

- Se usa como especímenes las diez unidades seleccionadas para el ensayo de variación dimensional.
- Se emplea una cuña de madera de medición de 60 mm de longitud por 12,5 mm de ancho y por 12,5 mm de espesor en un extremo, el que va reduciéndose hasta llegar a cero en el otro extremo. La cuña deberá estar graduada y numerada en divisiones de 1 mm.
- Para medir la concavidad, el borde recto de la regla se coloca sobre una diagonal de uno de los lados mayores del ladrillo. Se introduce la cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima. Luego, se realiza la lectura con la precisión de un milímetro y se registra el valor obtenido.
- Para medir la convexidad, el borde recto de la regla se coloca sobre una diagonal de uno de los lados mayores del ladrillo. Se introduce en cada vértice una cuña y se busca el punto de apoyo de la regla sobre la diagonal, en donde ambas cuñas deben registrar la misma medida.

2.6.3.4 Resistencia a compresión de la unidad.

- Se prepara una capa de base para cada espécimen, a través de un mortero de yeso, de un espesor máximo de cuatro milímetros.
- Se determina las dimensiones promedio de las unidades, es decir el valor promedio de su largo, ancho y alto, por lo menos con la lectura de tres

valores. Los valores de sus tres dimensiones, dará el valor más probable del área resistente, así como de las dimensiones que se van a deformar.

- Se ensayan los especímenes del ladrillo sobre su mayor dimensión y se centran debajo del apoyo esférico superior con un margen de dos milímetros. La resistencia a compresión del ladrillo (f_b) se determina utilizando la Ecuación 2.
- La resistencia característica a compresión del ladrillo (f'_b) se determina utilizando la Ecuación 3.

$$f_b = \frac{P_u}{A}$$

Ecuación 2. Resistencia a compresión de la unidad.

Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 121).

$$f'_b = f_b - S$$

Ecuación 3. Resistencia característica a compresión de la unidad.

Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

P_u	: Carga de rotura, en kg.
A	: Área de contacto, en cm^2
f_b	: Resistencia a compresión, en kg/cm^2
S	: Desviación Estándar, en kg/cm^2
f'_b	: Resistencia característica a compresión, en kg/cm^2

2.6.3.5 *Succión de la unidad.*

- Se pesa cada ladrillo con precisión de 0,1 g.
- Se seca a una temperatura comprendida entre 110 °C y 115 °C hasta peso constante.

- Se mide el área de la cara del ladrillo que estará en contacto con el agua, descontando el área de los taladros o perforaciones en la cara de asiento en caso tuvieran.
- En una bandeja nivelada, se añade agua hasta que quede cubierto a unos diez milímetros de la base de los ladrillos, manteniendo el nivel constante durante todo el ensayo.
- Cada unidad se coloca en posición de asiento sobre los apoyos, y se mantiene así durante un minuto. Se saca el ladrillo y se lo seca superficialmente con ayuda de un paño y se obtiene su peso en gramos.
- La succión de cada unidad se expresa en gramos por centímetro cuadrado y minuto, con precisión de 0.01 g/cm²/min, la cual viene dada por la Ecuación 4.

$$\text{Succión} = \frac{(W_h - W_s)}{A} \times 200$$

Ecuación 4. Succión de la unidad.

Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 122).

Donde:

W_h : Peso húmedo, en g.

W_s : Peso seco, en g.

A : Área bruta, en cm².

2.6.3.6 Absorción de la unidad.

- Se secan las muestras en el horno a una temperatura entre 110 °C y 115 °C, durante veinticuatro horas, luego se retiran los ladrillos del horno y se les deja enfriar a temperatura ambiente, para registrar el peso seco.

- Se colocan los ladrillos secos en un recipiente con agua, manteniéndose completamente sumergidos durante veinticuatro horas, asegurando que la temperatura del agua esté entre 15 °C y 30 °C.
- Se retiran los ladrillos del recipiente y se quita el agua superficial con un paño húmedo, para registrar el peso saturado.
- Los ladrillos deben ser pesados dentro de los cinco minutos a partir del momento que se extraen del recipiente.
- La absorción del ladrillo se determina utilizando la Ecuación 5.

$$\text{Absorción} = \frac{(W_h - W_s)}{W_s} \times 100$$

Ecuación 5. Absorción de la unidad.

Fuente: (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 60).

Donde:

W_h : Peso húmedo, en g.

W_s : Peso seco, en g.

2.6.3.7 Resistencia a compresión de pilas de albañilería.

- Se marca y codifica cada pila de albañilería.
- Se determina las dimensiones promedio de las pilas, es decir, el valor promedio del largo, ancho y alto, por lo menos con la lectura de tres valores para garantizar el valor más cercano a la realidad que tiene cada una de sus dimensiones.
- Los valores de sus tres dimensiones dan el valor más probable del área resistente, así como de la dimensión que se va a deformar.
- Se debe verificar el paralelismo de las caras que van a ser comprimidas.

- Se coloca las pilas de albañilería entre los platillos de la prensa hidráulica y se procede a someter a carga.
- Medir la carga y deformación longitudinal en la máquina de compresión.
- Se procede a anotar cada una de las deformaciones producidas por el incremento de carga, cada mil kilogramos.
- Finalmente, se retira la pila de albañilería y se procede a preparar la máquina para la siguiente prueba.
- Se extrae la probeta de la máquina y luego se registra la carga de rotura y la deformación máxima.
- El esfuerzo a la compresión de cada pila se determina utilizando las Ecuaciones 6 y 7.

$$f_m = \frac{P_{\max}}{A}$$

Ecuación 6. Resistencia a compresión de pilas de albañilería.

Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 121).

$$f'_m = f_m - S$$

Ecuación 7. Resistencia característica a compresión de pilas de albañilería.

Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

P_{\max} : Carga máxima, en kg.

A : Área bruta, en cm^2 .

S : Desviación estándar, en kg/cm^2 .

f_m : Resistencia a compresión, en kg/cm^2 .

f'_m : Resistencia característica a compresión, en kg/cm^2 .

2.7 Procedimiento de desarrollo de trabajo

2.7.1 Procedimiento para las muestras de Huamachuco.

Para las muestras con arcilla de caolín de la Ciudad de Huamachuco se procedieron a realizar los siguientes ensayos:

- Unidades de albañilería:
 - a. Variación Dimensional
 - b. Alabeo
 - c. Resistencia a la Compresión
 - d. Succión
 - e. Absorción.

- Pilas de albañilería:
 - f. Resistencia a la Compresión.

2.7.2 Procedimiento para las muestras de Jaén.

Para las muestras de la Ciudad de Jaén se procedieron a realizar los siguientes ensayos

- Unidades de albañilería:
 - a. Variación Dimensional
 - b. Alabeo
 - c. Resistencia a la Compresión
 - d. Succión
 - e. Absorción.

- Pilas de albañilería:
 - f. Resistencia a la Compresión.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Ensayos clasificatorios del ladrillo.

3.1.1 Variación dimensional.

Este ensayo permitió determinar la variación porcentual de las dimensiones de cada muestra, tanto para unidades con caolín de la Ciudad de Huamachuco como unidades artesanales de la Ciudad de Jaén, para poder desarrollar el análisis físico y estadístico de los resultados obtenidos de cada grupo. El proceso se basa en la NTP 399.613, la cual permite establecer una relación entre los resultados obtenidos y las especificaciones del fabricante.

Para las unidades de la Ciudad de Huamachuco se utilizaron diez unidades de ladrillo artesanal por cada porcentaje de reemplazo de arcilla de Caolín (0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 %) en la composición de la materia prima del ladrillo artesanal. Las unidades fueron elegidas aleatoriamente con la finalidad de obtener una muestra representativa, obteniéndose los resultados mostrados en las Tablas 10, 11, 12, 13 y 14.

Para las unidades de la Ciudad de Jaén se utilizaron diez unidades de ladrillo artesanal por cada Ladrillera (A, B, C y D). Las unidades fueron elegidas aleatoriamente con la finalidad de obtener una muestra representativa, obteniéndose los resultados mostrados en las Tablas 15, 16, 17 y 18.

Tabla 7. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras con 0 % de Arcilla de Caolín.

VARIACIÓN DIMENSIONAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 10 CON 0 % DE ARCILLA DE CAOLÍN									
ESPÉCIMEN	LARGO			ANCHO			ALTURA		
	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional
	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)
Promedio	22.13	22.40	1.20	13.09	13.20	0.87	8.21	8.30	1.07
Desviación Estándar	0.09			0.13			0.08		
Coefficiente de Variación (%)	0.43			1.01			0.96		

Fuente: Cerna J, 2018, p. 85

- En la Tabla 10, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 0 % de Arcilla de Caolín para los especímenes del 01 al 10 de la Ciudad de Huamachuco, presentan una variación dimensional de 1.20 %, 0.87 % y 1.07 % en su largo, ancho y alto respectivamente.

Tabla 8. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras con 5 % de Arcilla de Caolín.

VARIACIÓN DIMENSIONAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 10 CON 5 % DE ARCILLA DE CAOLÍN									
ESPÉCIMEN	LARGO			ANCHO			ALTURA		
	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional
	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)
Promedio	22.45	22.40	-0.23	13.22	13.20	-0.13	8.29	8.30	0.18
Desviación Estándar	0.18			0.07			0.10		
Coficiente de Variación (%)	0.79			0.55			1.24		

Fuente: Cerna J, 2018, p. 86

- En la Tabla 11, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 5 % de Arcilla de Caolín para los especímenes del 01 al 10 de la Ciudad de Huamachuco, presentan una variación dimensional de -0.23 %, -0.13 % y 0.18 % en su largo, ancho y alto respectivamente.

Tabla 9. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras con 10 % de Arcilla de Caolín.

VARIACIÓN DIMENSIONAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 10 CON 10 % DE ARCILLA DE CAOLÍN									
ESPÉCIMEN	LARGO			ANCHO			ALTURA		
	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional
	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)
Promedio	22.36	22.40	0.20	13.19	13.20	0.09	8.30	8.30	-0.04
Desviación Estándar	0.15			0.04			0.07		
Coefficiente de Variación (%)	0.66			0.31			0.83		

Fuente: Cerna J, 2018, p. 87

- En la Tabla 12, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 10 % de Arcilla de Caolín para los especímenes del 01 al 10 de la Ciudad de Huamachuco, presentan una variación dimensional de 0.20 %, 0.09 % y -0.04 % en su largo, ancho y alto respectivamente.

Tabla 10. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras con 15 % de Arcilla de Caolín.

VARIACIÓN DIMENSIONAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 10 CON 15 % DE ARCILLA DE CAOLÍN									
ESPÉCIMEN	LARGO			ANCHO			ALTURA		
	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional
	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)
Promedio	22.31	22.40	0.40	13.11	13.20	0.71	8.30	8.30	0.06
Desviación Estándar	0.11			0.07			0.09		
Coefficiente de Variación (%)	0.51			0.57			1.04		

Fuente: Cerna J, 2018, p. 88

- En la Tabla 13, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 15 % de Arcilla de Caolín para los especímenes del 01 al 10 de la Ciudad de Huamachuco, presentan una variación dimensional de 0.40 %, 0.71 % y 0.06 % en su largo, ancho y alto respectivamente.

Tabla 11. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras con 20 % de Arcilla de Caolín.

VARIACIÓN DIMENSIONAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 10 CON 20 % DE ARCILLA DE CAOLÍN									
ESPÉCIMEN	LARGO			ANCHO			ALTURA		
	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional
	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)
Promedio	22.53	22.40	-0.56	13.30	13.20	-0.77	8.27	8.30	0.33
Desviación Estándar	0.12			0.09			0.11		
Coefficiente de Variación (%)	0.55			0.70			1.35		

Fuente: Cerna J, 2018, p. 89

- En la Tabla 14, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 20 % de Arcilla de Caolín para los especímenes del 01 al 10 de la Ciudad de Huamachuco, presentan una variación dimensional de -0.56 %, -0.77 % y 0.33 % en su largo, ancho y alto respectivamente.

Tabla 12. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras de la Ladrillera A.

VARIACIÓN DIMENSIONAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 10 DE LA LADRILLERA A									
ESPÉCIMEN	LARGO			ANCHO			ALTURA		
	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional
	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)
Promedio	22.42	----	0.87	13.25	----	2.05	7.25	----	1.82
Desviación Estándar	2.53			1.48			1.20		
Coefficiente de Variación (%)	1.13			1.12			1.65		

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 63

- En la Tabla 15, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 10 de la Ladrillera A de la Ciudad de Jaén, presentan una variación dimensional de 0.87 %, 2.05 % y 1.82 % en su largo, ancho y alto respectivamente.

Tabla 13. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras de la Ladrillera B.

VARIACIÓN DIMENSIONAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 10 DE LA LADRILLERA B									
ESPÉCIMEN	LARGO			ANCHO			ALTURA		
	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional
	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)
Promedio	22.33	----	0.77	12.94	----	1.34	7.11	----	2.17
Desviación Estándar	1.60			1.24			2.22		
Coefficiente de Variación (%)	0.72			0.96			3.12		

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 64

- En la Tabla 16, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 10 de la Ladrillera B de la Ciudad de Jaén, presentan una variación dimensional de 0.77 %, 1.34 % y 2.17 % en su largo, ancho y alto respectivamente.

Tabla 14. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras de la Ladrillera C.

VARIACIÓN DIMENSIONAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 10 DE LA LADRILLERA C									
ESPÉCIMEN	LARGO			ANCHO			ALTURA		
	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional
	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)
Promedio	22.97	----	1.80	13.50	----	1.29	7.21	----	2.61
Desviación Estándar	6.04			1.17			1.10		
Coefficiente de Variación (%)	2.63			0.86			1.53		

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 65

- En la Tabla 17, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 10 de la Ladrillera C de la Ciudad de Jaén, presentan una variación dimensional de 1.80 %, 1.29 % y 2.61 % en su largo, ancho y alto respectivamente.

Tabla 15. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras de la Ladrillera D.

VARIACIÓN DIMENSIONAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 10 DE LA LADRILLERA D									
ESPÉCIMEN	LARGO			ANCHO			ALTURA		
	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional	Dimensión Promedio	Dimensión Nominal	Variación Dimensional
	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)	DP (cm)	DN (cm)	VD (%)
Promedio	22.88	----	1.00	13.55	----	1.29	7.17	----	2.37
Desviación Estándar	1.79			1.06			2.07		
Coefficiente de Variación (%)	0.78			0.78			2.89		

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 66

- En la Tabla 18, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 10 de la Ladrillera D de la Ciudad de Jaén, presentan una variación dimensional de 1.00 %, 1.29 % y 2.37 % en su largo, ancho y alto respectivamente.

3.1.2 Alabeo.

Este ensayo permitió determinar la mayor concavidad y convexidad del ladrillo, tanto para unidades con caolín de la Ciudad de Huamachuco como unidades artesanales de la Ciudad de Jaén, para poder desarrollar el análisis físico y estadístico de los resultados obtenidos de cada grupo. El proceso se basa en la NTP 399.613, la cual permite establecer una relación entre los resultados obtenidos y las especificaciones del fabricante.

Para las unidades de la Ciudad de Huamachuco se utilizaron diez unidades de ladrillo artesanal por cada porcentaje de reemplazo de arcilla de Caolín (0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 %) en la composición de la materia prima del ladrillo artesanal. Las unidades fueron elegidas aleatoriamente con la finalidad de obtener una muestra representativa, obteniéndose los resultados mostrados en la Tabla 19.

Para las unidades de la Ciudad de Jaén se utilizaron cinco unidades de ladrillo artesanal por cada Ladrillera (A, B, C y D). Las unidades fueron elegidas aleatoriamente con la finalidad de obtener una muestra representativa, obteniéndose los resultados mostrados en la Tabla 20.

Tabla 16. *Resultados del ensayo de alabeo para especímenes de Huamachuco.*

% CAOLÍN	ESPÉCIMEN	ALABEO PROMEDIO	
		CARA SUPERIOR (mm)	CARA INFERIOR (mm)
0 %	0 % - 1 A 0 % - 10	0.38	2.15
5 %	5 % - 1 A 5 % - 10	0.30	1.68
10 %	10 % - 1 A 10 % - 10	0.08	1.35
15 %	15 % - 1 A 15 % - 10	0.13	1.70
20 %	20 % - 1 A 20 % - 10	0.18	1.90

Fuente: Cerna J, 2018, p. 90.

- En la Tabla 19, se señala que el alabeo promedio de los especímenes con 0 % de Caolín es de 0.38 mm y 2.15 mm para la cara superior e inferior respectivamente.
- En la Tabla 19, se señala que el alabeo promedio de los especímenes con 5 % de Caolín es de 0.30 mm y 1.68 mm para la cara superior e inferior respectivamente.
- En la Tabla 19, se señala que el alabeo promedio de los especímenes con 10 % de Caolín es de 0.08 mm y 1.35 mm para la cara superior e inferior respectivamente.
- En la Tabla 19, se señala que el alabeo promedio de los especímenes con 15 % de Caolín es de 0.13 mm y 1.70 mm para la cara superior e inferior respectivamente.
- En la Tabla 19, se señala que el alabeo promedio de los especímenes con 20 % de Caolín es de 0.18 mm y 1.90 mm para la cara superior e inferior respectivamente.

Tabla 17. Resultados del ensayo de alabeo para especímenes de Jaén.

LADRILLERA	ESPÉCIMEN	ALABEO PROMEDIO	
		CARA SUPERIOR (mm)	CARA INFERIOR (mm)
A	UL - A1 A UL – A5	1.68	3.00
B	UL - B1 A UL – B5	1.62	1.66
C	UL - C1 A UL – C5	1.12	2.14
D	UL - D1 A UL – D5	1.36	2.08
PROMEDIO GLOBAL		1.45	2.22

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 67.

- En la Tabla 20, se señala que el alabeo promedio de los especímenes de la Ladrillera A es de 1.68 mm y 3.00 mm para la cara superior e inferior respectivamente.
- En la Tabla 20, se señala que el alabeo promedio de los especímenes de la Ladrillera B es de 1.62 mm y 1.66 mm para la cara superior e inferior respectivamente.
- En la Tabla 20, se señala que el alabeo promedio de los especímenes de la Ladrillera C es de 1.12 mm y 2.14 mm para la cara superior e inferior respectivamente.
- En la Tabla 20, se señala que el alabeo promedio de los especímenes de la Ladrillera D es de 1.36 mm y 2.08 mm para la cara superior e inferior respectivamente.
- En la Tabla 20, se señala que el alabeo promedio global de las Ladrilleras A, B, C y D es de 1.45 mm y 2.22 mm para la cara superior e inferior respectivamente.

3.1.3 Resistencia a la compresión.

Este ensayo permitió determinar la resistencia a compresión axial del ladrillo, tanto para unidades con caolín de la Ciudad de Huamachuco como unidades artesanales de la Ciudad de Jaén, para poder desarrollar el análisis físico y estadístico de los resultados obtenidos de cada grupo. El proceso se basa en la NTP 399.613, la cual permite establecer una relación entre los resultados obtenidos y las especificaciones del fabricante.

Para las unidades de la Ciudad de Huamachuco se utilizaron cinco unidades de ladrillo artesanal por cada porcentaje de reemplazo de arcilla de Caolín (0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 %) en la composición de la materia prima del ladrillo artesanal. Las unidades fueron elegidas aleatoriamente con la finalidad de obtener una muestra representativa, obteniéndose los resultados mostrados en las Tablas 21, 22, 23, 24 y 25.

Para las unidades de la Ciudad de Jaén se utilizaron ocho unidades de ladrillo artesanal por cada Ladrillera (A, B, C y D). Las unidades fueron elegidas aleatoriamente con la finalidad de obtener una muestra representativa, obteniéndose los resultados mostrados en las Tablas 26, 27, 28 y 29.

La resistencia característica a compresión axial (f'_b) fue calculada restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra, tal como se puede observar en los resultados siguientes:

Tabla 18. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 05 con 0 % de Arcilla de Caolín.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 CON 0 % DE CAOLÍN					
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN
	Largo Promedio	Ancho Promedio			
	LP (cm)	AP (cm)	A (cm ²)	F _{max} (kg)	f _b (kg/cm ²)
0 % - 6	22.14	13.43	297.34	15,370.00	51.69
0 % - 7	22.03	13.03	287.05	16,284.00	56.73
0 % - 8	22.04	12.95	285.42	15,606.00	54.68
0 % - 9	22.16	13.11	290.52	14,016.00	48.24
0 % - 10	22.22	13.14	291.97	16,246.00	55.64
Promedio (kg/cm²)					53.40
Desviación Estándar					3.44
Coefficiente de Variación (%)					6.44
Resistencia característica a compresión (f'_b)					49.96

Fuente: Cerna J, 2018, p. 91, 155.

- En la Tabla 21, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 0 % de Arcilla de Caolín para los especímenes del 01 al 05 de la Ciudad de Huamachuco, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 49.96 kg/cm².

Tabla 19. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 05 con 5 % de Arcilla de Caolín.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 CON 5 % DE CAOLÍN					
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN
	Largo Promedio	Ancho Promedio			
	LP (cm)	AP (cm)	A (cm ²)	F _{max} (kg)	f _b (kg/cm ²)
5 % - 6	22.58	13.24	298.96	15,770.00	52.75
5 % - 7	22.73	13.20	300.04	15,753.00	52.50
5 % - 8	22.29	13.27	295.79	16,353.00	55.29
5 % - 9	22.23	13.32	296.10	16,071.00	54.28
5 % - 10	22.36	13.16	294.26	16,746.00	56.91
Promedio (kg/cm²)					54.35
Desviación Estándar					1.83
Coefficiente de Variación (%)					3.37
Resistencia característica a compresión (f'_b)					52.52

Fuente: Cerna J, 2018, p. 92, 155.

- En la Tabla 22, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 5 % de Arcilla de Caolín para los especímenes del 01 al 05 de la Ciudad de Huamachuco, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 52.52 kg/cm².

Tabla 20. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 05 con 10 % de Arcilla de Caolín.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 CON 10 % DE CAOLÍN					
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN
	Largo Promedio	Ancho Promedio			
	LP (cm)	AP (cm)	A (cm²)	F_{max} (kg)	f_b (kg/cm²)
10 % - 6	22.27	13.27	295.52	20,187.00	68.31
10 % - 7	22.55	13.15	296.53	22,965.00	77.45
10 % - 8	22.41	13.21	296.04	20,442.00	69.05
10 % - 9	22.21	13.13	291.62	21,277.00	72.96
10 % - 10	22.25	13.16	292.81	22,938.00	78.34
Promedio (kg/cm²)					73.22
Desviación Estándar					4.63
Coefficiente de Variación (%)					6.32
Resistencia característica a compresión (f'_b)					68.59

Fuente: Cerna J, 2018, p. 93, 155.

- En la Tabla 23, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 10 % de Arcilla de Caolín para los especímenes del 01 al 05 de la Ciudad de Huamachuco, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 68.59 kg/cm².

Tabla 21. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 05 con 15 % de Arcilla de Caolín.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 CON 15 % DE CAOLÍN					
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN
	Largo Promedio	Ancho Promedio			
	LP (cm)	AP (cm)	A (cm ²)	F _{max} (kg)	f _b (kg/cm ²)
15 % - 6	22.20	13.10	290.82	17,434.00	59.95
15 % - 7	22.24	12.98	288.68	17,158.00	59.44
15 % - 8	22.22	13.22	293.75	16,844.00	57.34
15 % - 9	22.53	13.21	297.62	17,050.00	57.29
15 % - 10	22.33	13.18	294.31	18,704.00	63.55
Promedio (kg/cm²)					59.51
Desviación Estándar					2.56
Coefficiente de Variación (%)					4.30
Resistencia característica a compresión (f'_b)					56.95

Fuente: Cerna J, 2018, p. 93, 155.

- En la Tabla 24, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 15 % de Arcilla de Caolín para los especímenes del 01 al 05 de la Ciudad de Huamachuco, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 56.95 kg/cm².

Tabla 22. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 05 con 20 % de Arcilla de Caolín.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 CON 20 % DE CAOLÍN					
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN
	Largo Promedio	Ancho Promedio			
	LP (cm)	AP (cm)	A (cm ²)	F _{max} (kg)	f _b (kg/cm ²)
20 % - 6	22.56	13.24	298.69	13,850.00	46.37
20 % - 7	22.58	13.30	300.31	12,518.00	41.68
20 % - 8	22.31	13.44	299.85	12,726.00	42.44
20 % - 9	22.55	13.31	300.14	12,343.00	41.12
20 % - 10	22.46	13.23	297.15	12,500.00	42.07
Promedio (kg/cm²)					42.74
Desviación Estándar					2.09
Coefficiente de Variación (%)					4.89
Resistencia característica a compresión (f'_b)					40.65

Fuente: Cerna J, 2018, p. 94, 155.

- En la Tabla 25, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 20 % de Arcilla de Caolín para los especímenes del 01 al 05 de la Ciudad de Huamachuco, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 40.65 kg/cm².

Tabla 23. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 08 de la Ladrillera A.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 08 DE LA LADRILLERA A					
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN
	Largo Promedio	Ancho Promedio			
	LP (cm)	AP (cm)	A (cm ²)	F _{max} (kg)	f _b (kg/cm ²)
UL – A6	22.03	13.04	287.15	20,185.28	70.29
UL – A7	22.13	13.09	289.56	18,370.18	63.44
UL – A8	22.65	13.24	299.83	12,020.41	40.09
UL – A9	22.35	13.14	293.62	12,927.96	44.03
UL – A10	22.69	13.34	302.71	13,154.34	43.46
UL – A11	22.43	13.20	296.08	13,834.49	46.73
UL – A12	22.27	13.17	293.25	10,659.09	36.35
UL – A13	22.55	13.31	300.03	14,514.64	48.38
Promedio (kg/cm²)					49.10
Desviación Estándar					11.73
Coefficiente de Variación (%)					23.89
Resistencia característica a compresión (f'_b)					37.37

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 33.

- En la Tabla 26, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal de la Ladrillera A para los especímenes del 01 al 08 de la Ciudad de Jaén, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 37.37 kg/cm².

Tabla 24. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 08 de la Ladrillera B.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 08 DE LA LADRILLERA B					
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN
	Largo Promedio	Ancho Promedio			
	LP (cm)	AP (cm)	A (cm ²)	F _{max} (kg)	f _b (kg/cm ²)
UL – B6	22.39	13.11	293.56	22,906.90	78.03
UL – B7	22.46	12.86	288.92	20,639.05	71.43
UL – B8	22.46	12.85	288.64	19,277.73	66.79
UL – B9	22.60	13.19	298.04	24,947.35	83.71
UL – B10	22.26	12.83	285.52	18,597.58	65.14
UL – B11	22.45	12.93	290.28	16,148.22	55.63
UL – B12	22.52	13.04	293.48	19,051.35	64.91
UL – B13	22.39	12.90	288.72	17,009.88	58.92
Promedio (kg/cm²)					68.07
Desviación Estándar					9.36
Coefficiente de Variación (%)					13.75
Resistencia característica a compresión (f'_b)					58.70

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 33.

- En la Tabla 27, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal de la Ladrillera B para los especímenes del 01 al 08 de la Ciudad de Jaén, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 58.70 kg/cm².

Tabla 25. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 08 de la Ladrillera C.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 08 DE LA LADRILLERA C					
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN
	Largo Promedio	Ancho Promedio			
	LP (cm)	AP (cm)	A (cm ²)	F _{max} (kg)	f _b (kg/cm ²)
UL – C6	23.05	13.73	316.36	19,957.88	63.09
UL – C7	22.92	13.38	306.52	24,857.62	81.09
UL – C8	22.28	13.57	302.31	25,628.52	84.78
UL – C9	23.03	13.52	311.24	20,865.43	67.04
UL – C10	22.94	13.58	311.44	18,234.56	58.55
UL – C11	22.83	13.65	311.60	22,453.13	72.06
UL – C12	22.58	13.54	305.72	14,061.88	45.99
UL – C13	22.92	13.41	307.30	21,772.98	70.85
Promedio (kg/cm²)					67.93
Desviación Estándar					12.40
Coefficiente de Variación (%)					18.25
Resistencia característica a compresión (f'_b)					55.53

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 33, 34.

- En la Tabla 28, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal de la Ladrillera C para los especímenes del 01 al 08 de la Ciudad de Jaén, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 55.53 kg/cm².

Tabla 26. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 08 de la Ladrillera D.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 08 DE LA LADRILLERA D					
ESPECÍMEN	LARGO	ANCHO	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN
	Largo Promedio	Ancho Promedio			
	LP (cm)	AP (cm)	A (cm ²)	F _{max} (kg)	f _b (kg/cm ²)
UL – D6	22.96	13.73	315.16	22,226.75	70.52
UL – D7	23.16	13.38	309.80	21,545.58	69.55
UL – D8	22.79	13.57	309.23	22,816.15	73.78
UL – D9	22.74	13.52	307.35	26,535.05	86.34
UL – D10	22.73	13.58	308.49	24,040.82	77.93
UL – D11	22.87	13.46	307.84	16,783.51	54.52
UL – D12	22.83	13.52	308.55	28,350.14	91.88
UL – D13	22.77	13.60	309.64	14,379.02	46.44
Promedio (kg/cm²)					71.37
Desviación Estándar					15.13
Coefficiente de Variación (%)					21.20
Resistencia característica a compresión (f'_b)					56.24

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 34.

- En la Tabla 29, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal de la Ladrillera D para los especímenes del 01 al 08 de la Ciudad de Jaén, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 56.24 kg/cm².

3.2 Ensayos no clasificatorios del ladrillo.

3.2.1 Succión.

Este ensayo permitió determinar la succión del ladrillo, tanto para unidades con caolín de la Ciudad de Huamachuco como unidades artesanales de la Ciudad de Jaén, para poder desarrollar el análisis físico y estadístico de los resultados obtenidos de cada grupo. El proceso se basa en la NTP 399.613, la cual permite establecer una relación entre los resultados obtenidos y las especificaciones del fabricante. La NTE E.070 (2006) recomienda que la succión de los ladrillos de arcilla esté comprendida entre los 10 y 20 g/200cm²-min. Cuando excede este valor es necesario regar los ladrillos de arcilla antes de ser asentados.

Para las unidades de la Ciudad de Huamachuco se utilizaron cinco unidades de ladrillo artesanal por cada porcentaje de reemplazo de arcilla de Caolín (0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 %) en la composición de la materia prima del ladrillo artesanal. Las unidades fueron elegidas aleatoriamente con la finalidad de obtener una muestra representativa, obteniéndose los resultados mostrados en las Tablas 30, 31, 32, 33 y 34.

Para las unidades de la Ciudad de Jaén se utilizaron cinco unidades de ladrillo artesanal por cada Ladrillera (A, B, C y D). Las unidades fueron elegidas aleatoriamente con la finalidad de obtener una muestra representativa, obteniéndose los resultados mostrados en las Tablas 35, 36, 37 y 38.

Tabla 27. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 05 con 0 % de Arcilla de Caolín.

SUCCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 CON 0 % DE CAOLÍN						
ESPECÍMEN	LARGO	ANCHO	ÁREA BRUTA	PESO SECO	PESO HÚMEDO	SUCCIÓN
	Largo Promedio	Ancho Promedio				
	LP (cm)	AP (cm)	A (cm ²)	W _s (g)	W _h (g)	S (g/200 cm ² -min)
0 % - 1	21.98	12.93	284.20	3,886.50	4,064.50	125.26
0 % - 2	22.17	13.12	290.87	3,869.50	4,096.00	155.74
0 % - 3	22.15	13.15	291.27	3,838.00	4,027.50	130.12
0 % - 4	22.16	13.35	295.84	3,865.00	4,102.00	160.22
0 % - 5	22.04	13.04	287.40	3,855.50	4,036.00	125.61
Promedio (g/200 cm²-min)						139.39

Fuente: Cerna J, 2018, p. 95, 156.

- En la Tabla 30, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 0 % de Arcilla de Caolín para los especímenes del 01 al 05 de la Ciudad de Huamachuco, presentan una succión promedio de 139.39 g/200 cm²-min.

Tabla 28. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 05 con 5 % de Arcilla de Caolín.

SUCCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 CON 5 % DE CAOLÍN						
ESPECÍMEN	LARGO	ANCHO	ÁREA BRUTA	PESO SECO	PESO HÚMEDO	SUCCIÓN
	Largo Promedio	Ancho Promedio				
	LP (cm)	AP (cm)	A (cm ²)	W _s (g)	W _h (g)	S (g/200 cm ² -min)
5 % - 1	22.35	13.18	294.57	3,919.50	4,083.00	111.01
5 % - 2	22.33	13.24	295.65	3,917.00	4,071.00	104.18
5 % - 3	22.24	13.21	293.79	3,929.00	4,098.00	115.05
5 % - 4	22.52	13.36	300.87	3,956.50	4,152.50	130.29
5 % - 5	22.69	13.23	300.19	3,944.50	4,129.50	123.26
Promedio (g/200 cm²-min)						116.76

Fuente: Cerna J, 2018, p. 95, 156.

- En la Tabla 31, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 5 % de Arcilla de Caolín para los especímenes del 01 al 05 de la Ciudad de Huamachuco, presentan una succión promedio de 116.76 g/200 cm²-min.

Tabla 29. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 05 con 10 % de Arcilla de Caolín.

SUCCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 CON 10 % DE CAOLÍN						
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ÁREA BRUTA	PESO SECO	PESO HÚMEDO	SUCCIÓN
	Largo Promedio	Ancho Promedio				
	LP (cm)	AP (cm)				
10 % - 1	22.26	13.12	292.05	3,963.50	4,082.50	81.49
10 % - 2	22.41	13.16	294.92	3,960.00	4,076.00	78.67
10 % - 3	22.32	13.19	294.40	3,965.50	4,075.50	74.73
10 % - 4	22.58	13.12	296.25	3,945.00	4,085.00	94.51
10 % - 5	22.20	13.24	293.93	3,959.50	4,063.00	70.42
Promedio (g/200 cm²-min)						79.96

Fuente: Cerna J, 2018, p. 96, 156.

- En la Tabla 32, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 10 % de Arcilla de Caolín para los especímenes del 01 al 05 de la Ciudad de Huamachuco, presentan una succión promedio de 79.96 g/200 cm²-min.

Tabla 30. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 05 con 15 % de Arcilla de Caolín.

SUCCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 CON 15 % DE CAOLÍN						
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ÁREA BRUTA	PESO SECO	PESO HÚMEDO	SUCCIÓN
	Largo Promedio	Ancho Promedio				
	LP (cm)	AP (cm)	A (cm ²)	W _s (g)	W _h (g)	S (g/200 cm ² -min)
15 % - 1	22.46	13.20	296.47	3,979.50	4,119.50	94.44
15 % - 2	22.33	13.19	294.53	3,950.00	4,078.00	86.92
15 % - 3	22.24	12.94	287.79	3,977.00	4,086.00	75.75
15 % - 4	22.31	13.11	292.48	3,983.50	4,106.00	83.77
15 % - 5	22.21	13.17	292.51	3,943.50	4,083.00	95.38
Promedio (g/200 cm²-min)						87.25

Fuente: Cerna J, 2018, p. 96, 156.

- En la Tabla 33, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 15 % de Arcilla de Caolín para los especímenes del 01 al 05 de la Ciudad de Huamachuco, presentan una succión promedio de 87.25 g/200 cm²-min.

Tabla 31. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 05 con 20 % de Arcilla de Caolín.

SUCCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 CON 20 % DE CAOLÍN						
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ÁREA BRUTA	PESO SECO	PESO HÚMEDO	SUCCIÓN
	Largo Promedio	Ancho Promedio				
	LP (cm)	AP (cm)	A (cm ²)	W _s (g)	W _h (g)	S (g/200 cm ² -min)
20 % - 1	22.24	13.27	294.99	3,991.50	4,155.50	111.19
20 % - 2	22.60	13.30	300.45	4,006.50	4,146.00	92.86
20 % - 3	22.49	13.21	297.23	3,993.00	4,163.00	114.39
20 % - 4	22.59	13.33	301.26	3,980.50	4,132.50	101.24
20 % - 5	22.54	13.38	301.59	4,062.50	4,197.50	89.53
Promedio (g/200 cm²-min)						101.84

Fuente: Cerna J, 2018, p. 97, 156.

- En la Tabla 34, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 20 % de Arcilla de Caolín para los especímenes del 01 al 05 de la Ciudad de Huamachuco, presentan una succión promedio de 101.84 g/200 cm²-min.

Tabla 32. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera A.

SUCCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 DE LA LADRILLERA A						
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ÁREA BRUTA	PESO SECO	PESO HÚMEDO	SUCCIÓN
	Largo Promedio	Ancho Promedio				
	LP (cm)	AP (cm)	A (cm ²)	W _s (g)	W _h (g)	S (g/200 cm ² -min)
UL – A1	22.25	13.14	292.31	3,051.25	3,140.60	61.13
UL – A2	22.69	13.40	304.07	2,954.55	3,115.50	105.86
UL – A3	22.23	13.49	299.76	2,909.05	3,056.70	98.51
UL – A4	22.65	13.33	301.81	2,978.25	3,090.10	74.12
UL – A5	22.53	13.34	300.43	2,996.30	3,137.40	93.93
Promedio (g/200 cm²-min)						86.71

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 68.

- En la Tabla 35, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera A de la Ciudad de Jaén, presentan una succión promedio de 86.71 g/200 cm²-min.

Tabla 33. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera B.

SUCCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 DE LA LADRILLERA B						
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ÁREA BRUTA	PESO SECO	PESO HÚMEDO	SUCCIÓN
	Largo Promedio	Ancho Promedio				
	LP (cm)	AP (cm)	A (cm ²)	W _s (g)	W _h (g)	S (g/200 cm ² -min)
UL – B1	22.21	12.85	285.40	2,842.65	2,930.70	61.70
UL – B2	22.39	12.98	290.48	3,037.10	3,161.40	85.58
UL – B3	22.14	12.84	284.19	2,847.35	2,945.80	69.28
UL – B4	22.10	12.95	286.20	3,020.30	3,100.90	56.33
UL – B5	22.25	12.98	288.69	2,944.75	3,026.80	56.84
Promedio (g/200 cm²-min)						65.95

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 68.

- En la Tabla 36, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera B de la Ciudad de Jaén, presentan una succión promedio de 65.95 g/200 cm²-min.

Tabla 34. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera C.

SUCCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 DE LA LADRILLERA C						
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ÁREA BRUTA	PESO SECO	PESO HÚMEDO	SUCCIÓN
	Largo Promedio	Ancho Promedio				
	LP (cm)	AP (cm)	A (cm ²)	W _s (g)	W _h (g)	S (g/200 cm ² -min)
UL – C1	22.82	13.54	309.04	3,813.35	3,880.90	43.72
UL – C2	24.48	13.56	331.94	3,697.90	3,777.00	47.66
UL – C3	23.13	13.62	315.01	3,845.50	3,943.00	61.90
UL – C4	22.79	13.73	312.83	3,740.00	3,803.50	40.60
UL – C5	22.31	13.35	297.77	4,032.00	4,115.00	55.75
Promedio (g/200 cm²-min)						49.92

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 68.

- En la Tabla 37, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera C de la Ciudad de Jaén, presentan una succión promedio de 49.92 g/200 cm²-min.

Tabla 35. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera D.

SUCCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 DE LA LADRILLERA D						
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ÁREA BRUTA	PESO SECO	PESO HÚMEDO	SUCCIÓN
	Largo Promedio	Ancho Promedio				
	LP (cm)	AP (cm)	A (cm ²)	W _s (g)	W _h (g)	S (g/200 cm ² -min)
UL – D1	22.69	13.51	306.42	3,840.35	3,963.40	80.32
UL – D2	22.65	13.51	306.06	3,775.25	3,884.80	71.59
UL – D3	23.05	13.43	309.45	3,777.80	3,884.40	68.90
UL – D4	22.95	13.60	312.12	3,668.85	3,779.70	71.03
UL – D5	23.04	13.68	315.15	3,789.25	3,850.60	38.93
Promedio (g/200 cm²-min)						66.15

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 68.

- En la Tabla 38, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera D de la Ciudad de Jaén, presentan una succión promedio de 66.15 g/200 cm²-min.

3.2.2 Absorción.

Este ensayo permitió determinar la absorción del ladrillo tanto para unidades con caolín de la Ciudad de Huamachuco como unidades artesanales de la Ciudad de Jaén, para poder desarrollar el análisis físico y estadístico de los resultados obtenidos de cada grupo. El proceso se basa en la NTP 399.613, la cual permite establecer una relación entre los resultados obtenidos y las especificaciones del fabricante. La NTE E.070 (2006) señala que la absorción para ladrillos de arcilla no debe ser mayor que 22 %.

Para las unidades de la Ciudad de Huamachuco se utilizaron cinco unidades de ladrillo artesanal por cada porcentaje de reemplazo de arcilla de Caolín (0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 %) en la composición de la materia prima del ladrillo artesanal. Las unidades fueron elegidas aleatoriamente con la finalidad de obtener una muestra representativa, obteniéndose los resultados mostrados en las Tablas 39, 40, 41, 42 y 43.

Para las unidades de la Ciudad de Jaén se utilizaron cinco unidades de ladrillo artesanal por cada Ladrillera (A, B, C y D). Las unidades fueron elegidas aleatoriamente con la finalidad de obtener una muestra representativa, obteniéndose los resultados mostrados en las Tablas 44, 45, 46 y 47.

Tabla 36. Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 05 con 0 % de Arcilla de Caolín.

ABSORCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 CON 0 % DE CAOLÍN			
ESPECÍMEN	PESO SECO	PESO SATURADO	ABSORCIÓN
	W_s (g)	W_h (g)	A (%)
0 % - 1	3,886.50	4,546.50	16.98
0 % - 2	3,869.50	4,561.50	17.88
0 % - 3	3,838.00	4,526.50	17.94
0 % - 4	3,865.00	4,512.50	16.75
0 % - 5	3,855.00	4,496.50	16.63
Absorción Promedio (%)			17.24
Desviación Estándar			0.63
Coefficiente de Variación (%)			0.04

Fuente: Cerna J, 2018, p. 97.

- En la Tabla 39, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 0 % de Arcilla de Caolín para los especímenes del 01 al 05 de la Ciudad de Huamachuco, presentan una absorción promedio de 17.24 %.

Tabla 37. Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 05 con 5 % de Arcilla de Caolín.

ABSORCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 CON 5 % DE CAOLÍN			
ESPECÍMEN	PESO SECO	PESO SATURADO	ABSORCIÓN
	W_s (g)	W_h (g)	A (%)
5 % - 1	3,919.50	4,510.50	15.08
5 % - 2	3,917.00	4,539.50	15.89
5 % - 3	3,929.00	4,513.00	14.86
5 % - 4	3,956.50	4,504.50	13.85
5 % - 5	3,944.50	4,484.50	13.69
Absorción Promedio (%)			14.67
Desviación Estándar			0.91
Coefficiente de Variación (%)			0.06

Fuente: Cerna J, 2018, p. 98.

- En la Tabla 40, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 5 % de Arcilla de Caolín para los especímenes del 01 al 05 de la Ciudad de Huamachuco, presentan una absorción promedio de 14.67 %.

Tabla 38. *Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 05 con 10 % de Arcilla de Caolín.*

ABSORCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 CON 10 % DE CAOLÍN			
ESPÉCIMEN	PESO SECO	PESO SATURADO	ABSORCIÓN
	W_s (g)	W_h (g)	A (%)
10 % - 1	3,963.50	4,438.50	11.98
10 % - 2	3,960.00	4,441.50	12.16
10 % - 3	3,965.50	4,455.00	12.34
10 % - 4	3,945.00	4,424.50	12.15
10 % - 5	3,959.50	4,454.50	12.50
Absorción Promedio (%)			12.23
Desviación Estándar			0.20
Coefficiente de Variación (%)			0.02

Fuente: Cerna J, 2018, p. 98.

- En la Tabla 41, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 10 % de Arcilla de Caolín para los especímenes del 01 al 05 de la Ciudad de Huamachuco, presentan una absorción promedio de 12.23 %.

Tabla 39. *Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 05 con 15 % de Arcilla de Caolín.*

ABSORCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 CON 15 % DE CAOLÍN			
ESPÉCIMEN	PESO SECO	PESO SATURADO	ABSORCIÓN
	W_s (g)	W_h (g)	A (%)
15 % - 1	3,979.50	4,479.00	12.55
15 % - 2	3,950.00	4,439.00	12.38
15 % - 3	3,977.00	4,509.50	13.39
15 % - 4	3,983.50	4,511.00	13.24
15 % - 5	3,943.50	4,467.00	13.28
Absorción Promedio (%)			12.97
Desviación Estándar			0.47
Coefficiente de Variación (%)			0.04

Fuente: Cerna J, 2018, p. 99.

- En la Tabla 42, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 15 % de Arcilla de Caolín para los especímenes del 01 al 05 de la Ciudad de Huamachuco, presentan una absorción promedio de 12.97 %.

Tabla 40. *Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 05 con 20 % de Arcilla de Caolín.*

ABSORCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 CON 20 % DE CAOLÍN			
ESPECÍMEN	PESO SECO	PESO SATURADO	ABSORCIÓN
	W_s (g)	W_h (g)	A (%)
20 % - 1	3,991.50	4,550.00	13.99
20 % - 2	4,006.50	4,569.50	14.05
20 % - 3	3,993.00	4,572.00	14.50
20 % - 4	3,980.00	4,508.50	13.28
20 % - 5	4,062.50	4,627.00	13.90
Absorción Promedio (%)			13.94
Desviación Estándar			0.44
Coefficiente de Variación (%)			0.03

Fuente: Cerna J, 2018, p. 99.

- En la Tabla 43, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 20 % de Arcilla de Caolín para los especímenes del 01 al 05 de la Ciudad de Huamachuco, presentan una absorción promedio de 13.94 %.

Tabla 41. *Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera A.*

ABSORCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 DE LA LADRILLERA A			
ESPECÍMEN	PESO SECO	PESO SATURADO	ABSORCIÓN
	W_s (g)	W_h (g)	A (%)
UL – A1	3,051.25	3,640.40	19.31
UL – A2	2,954.55	3,607.10	22.09
UL – A3	2,909.05	3,544.10	21.83
UL – A4	2,978.25	3,605.70	21.07
UL – A5	2,996.30	3,618.70	20.77
Absorción Promedio (%)			21.01
Desviación Estándar			1.09
Coefficiente de Variación (%)			5.21

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 69.

- En la Tabla 44, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera A de la Ciudad de Jaén, presentan una absorción promedio de 21.01 %.

Tabla 42. *Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera B.*

ABSORCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 DE LA LADRILLERA B			
ESPECÍMEN	PESO SECO	PESO SATURADO	ABSORCIÓN
	W_s (g)	W_h (g)	A (%)
UL – B1	2,842.65	3,422.70	20.41
UL – B2	3,037.10	3,658.70	20.47
UL – B3	2,847.35	3,421.80	20.17
UL – B4	3,020.30	3,611.10	19.56
UL – B5	2,944.75	3,521.50	19.59
Absorción Promedio (%)			20.04
Desviación Estándar			0.44
Coefficiente de Variación (%)			2.19

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 69.

- En la Tabla 45, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera B de la Ciudad de Jaén, presentan una absorción promedio de 20.04 %.

Tabla 43. *Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera C.*

ABSORCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 DE LA LADRILLERA C			
ESPECÍMEN	PESO SECO	PESO SATURADO	ABSORCIÓN
	W_s (g)	W_h (g)	A (%)
UL – C1	3,813.35	4,344.00	13.92
UL – C2	3,697.90	4,202.00	13.63
UL – C3	3,845.50	4,371.00	13.67
UL – C4	3,740.00	4,229.00	13.07
UL – C5	4,032.00	4,523.00	12.18
Absorción Promedio (%)			13.29
Desviación Estándar			0.70
Coefficiente de Variación (%)			5.23

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 69.

- En la Tabla 46, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera C de la Ciudad de Jaén, presentan una absorción promedio de 13.29 %.

Tabla 44. *Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera D.*

ABSORCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 DE LA LADRILLERA D			
ESPECÍMEN	PESO SECO	PESO SATURADO	ABSORCIÓN
	W_s (g)	W_h (g)	A (%)
UL – D1	3,840.35	4,414.00	14.94
UL – D2	3,775.25	4,340.00	14.96
UL – D3	3,777.80	4,366.00	15.57
UL – D4	3,668.85	4,241.00	15.59
UL – D5	3,789.25	4,325.00	14.14
Absorción Promedio (%)			15.04
Desviación Estándar			0.60
Coefficiente de Variación (%)			3.96

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 69.

- En la Tabla 47, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera D de la Ciudad de Jaén, presentan una absorción promedio de 15.04 %.

3.3 Ensayos a las pilas de albañilería

3.3.1 Compresión axial en pilas de albañilería.

Este ensayo permitió determinar la resistencia a compresión axial de las pilas de albañilería, tanto para las elaboradas con ladrillos de arcilla de caolín en la Ciudad de Huamachuco como las elaboradas con ladrillos de las Ladrilleras en la Ciudad de Jaén, esto, para poder desarrollar el análisis físico y estadístico de los resultados obtenidos de cada grupo.

Las pilas de albañilería elaboradas tanto en la Ciudad de Huamachuco como de Jaén, tuvieron un tiempo de curado de veintiocho días de acuerdo con la NTE E.070 (2006), para luego ser ensayadas a compresión axial y calcular su esfuerzo máximo promedio. Además, la NTE E.070 (2006) indica que la resistencia característica mínima a compresión axial para pilas de albañilería es de 35 kg/cm² para ladrillos de arcilla artesanal King Kong.

Para las pilas de la Ciudad de Huamachuco se utilizaron seis prismas por cada porcentaje de reemplazo de arcilla de Caolín (0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 %) en la composición de la materia prima del ladrillo artesanal, obteniéndose los resultados mostrados en las Tablas 48, 49, 50, 51 y 52.

Para las pilas de la Ciudad de Jaén se utilizaron cinco prismas hechos con ladrillo artesanal de cada Ladrillera (A, B, C y D), obteniéndose los resultados mostrados en las Tablas 53, 54, 55 y 56.

La resistencia característica a compresión axial (f_m) fue calculada restando una desviación estándar al valor promedio de los esfuerzos máximos de las muestras ensayadas, tal como se puede observar en los resultados siguientes.

Tabla 45. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 06 con 0 % de Arcilla de Caolín.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 06 CON 0 % DE ARCILLA DE CAOLÍN											
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ALTURA	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA CORREGIDA		
	Largo Promedio	Ancho Promedio	Altura Promedio							LP (cm)	AP (cm)
P-0%-1	22.17	12.87	36.76	285.33	13,661.00	47.88	2.86	0.88	42.13		
P-0%-2	21.98	12.80	36.47	281.34	14,635.00	52.02	2.85	0.88	45.78		
P-0%-3	22.10	12.71	36.61	280.89	11,897.00	42.35	2.88	0.88	37.27		
P-0%-4	22.07	13.11	37.00	289.34	12,442.00	43.00	2.82	0.87	37.41		
P-0%-5	22.50	12.43	36.90	279.68	16,281.00	58.21	2.97	0.90	52.39		
P-0%-6	21.91	12.76	36.92	279.57	14,495.00	51.85	2.89	0.89	46.15		
Promedio (kg/cm²)									43.52		
Desviación Estándar									5.81		
Coefficiente de Variación (%)									13.35		
Resistencia característica a compresión (f'_m)									37.71		

Fuente: Cerna J, 2018, p. 105, 171.

- En la Tabla 48, se indica que los especímenes del 01 al 06 correspondientes a las pilas de albañilería con 0 % de Arcilla de Caolín de la Ciudad de Huamachuco, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 37.71 kg/cm².

Tabla 46. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 06 con 5 % de Arcilla de Caolín.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 06 CON 5 % DE ARCILLA DE CAOLÍN									
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ALTURA	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA CORREGIDA
	Largo Promedio	Ancho Promedio	Altura Promedio						
	LP (cm)	AP (cm)	HP (cm)	A (cm ²)	F _{max} (kg)	f' _m (kg/cm ²)	HP/AP	A (cm ²)	f' _m (kg/cm ²)
P – 5 % - 1	22.00	13.19	35.99	290.18	16,595.00	57.19	2.73	0.85	48.61
P – 5 % - 2	22.01	13.00	36.50	286.13	16,415.00	57.37	2.81	0.87	49.91
P – 5 % - 3	22.15	12.76	36.97	282.63	16,362.00	57.89	2.90	0.89	51.52
P – 5 % - 4	22.17	13.07	35.77	289.76	15,122.00	52.19	2.74	0.85	44.36
P – 5 % - 5	22.29	13.07	36.96	291.33	16,723.00	57.40	2.83	0.87	49.94
P – 5 % - 6	22.02	12.98	36.80	285.82	17,291.00	62.70	2.84	0.87	54.55
Promedio (kg/cm²)									49.82
Desviación Estándar									3.36
Coefficiente de Variación (%)									6.74
Resistencia característica a compresión (f'_m)									46.46

Fuente: Cerna J, 2018, p. 105, 171.

- En la Tabla 49, se indica que los especímenes del 01 al 06 correspondientes a las pilas de albañilería con 5 % de Arcilla de Caolín de la Ciudad de Huamachuco, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 46.46 kg/cm².

Tabla 47. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 06 con 10 % de Arcilla de Caolín.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 06 CON 10 % DE ARCILLA DE CAOLÍN									
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ALTURA	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA CORREGIDA
	Largo Promedio	Ancho Promedio	Altura Promedio						
	LP (cm)	AP (cm)	HP (cm)	A (cm ²)	F _{max} (kg)	f' _m (kg/cm ²)	HP/AP	A (cm ²)	f' _m (kg/cm ²)
P – 10 % - 1	22.05	12.36	36.07	272.54	24,451.00	89.72	2.92	0.89	79.85
P – 10 % - 2	21.54	12.98	36.02	279.59	21,605.00	77.27	2.78	0.86	66.45
P – 10 % - 3	22.00	12.87	35.99	283.14	24,353.00	86.01	2.80	0.87	74.83
P – 10 % - 4	22.29	12.67	36.39	282.41	21,808.00	77.22	2.87	0.88	67.95
P – 10 % - 5	21.81	12.29	36.76	268.04	20,040.00	74.76	2.99	0.91	68.03
P – 10 % - 6	21.78	13.17	36.91	286.84	22,860.00	79.70	2.80	0.87	69.34
Promedio (kg/cm²)									71.08
Desviación Estándar									5.19
Coefficiente de Variación (%)									7.30
Resistencia característica a compresión (f'_m)									65.89

Fuente: Cerna J, 2018, p. 106, 171.

- En la Tabla 50, se indica que los especímenes del 01 al 06 correspondientes a las pilas de albañilería con 10 % de Arcilla de Caolín de la Ciudad de Huamachuco, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 65.89 kg/cm².

Tabla 48. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 06 con 15 % de Arcilla de Caolín.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 06 CON 15 % DE ARCILLA DE CAOLÍN									
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ALTURA	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA CORREGIDA
	Largo Promedio	Ancho Promedio	Altura Promedio						
	LP (cm)	AP (cm)	HP (cm)	A (cm ²)	F _{max} (kg)	f' _m (kg/cm ²)	HP/AP	A (cm ²)	f' _m (kg/cm ²)
P – 15 % - 1	22.07	13.02	36.02	287.35	18,484.00	64.33	2.77	0.86	55.32
P – 15 % - 2	21.86	12.65	37.08	276.53	20,706.00	74.88	2.93	0.89	66.64
P – 15 % - 3	21.94	13.10	36.10	287.41	20,878.00	72.64	2.76	0.86	62.47
P – 15 % - 4	21.54	12.96	36.41	279.16	18,953.00	67.89	2.81	0.87	59.06
P – 15 % - 5	21.86	12.96	36.80	205.55	20,453.00	99.50	2.84	0.87	86.57
P – 15 % - 6	22.04	12.88	36.82	283.88	18,218.00	64.18	2.86	0.88	56.48
Promedio (kg/cm²)									64.42
Desviación Estándar									11.61
Coficiente de Variación (%)									18.02
Resistencia característica a compresión (f'_m)									52.81

Fuente: Cerna J, 2018, p. 106, 172.

- En la Tabla 51, se indica que los especímenes del 01 al 06 correspondientes a las pilas de albañilería con 15 % de Arcilla de Caolín de la Ciudad de Huamachuco, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 52.81 kg/cm².

Tabla 49. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 06 con 20 % de Arcilla de Caolín.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 06 CON 20 % DE ARCILLA DE CAOLÍN									
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ALTURA	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA CORREGIDA
	Largo Promedio	Ancho Promedio	Altura Promedio						
	LP (cm)	AP (cm)	HP (cm)	A (cm ²)	F _{max} (kg)	f' _m (kg/cm ²)	HP/AP	A (cm ²)	f' _m (kg/cm ²)
P – 20 % - 1	22.03	12.85	36.17	283.09	11,577.00	40.90	2.81	0.87	35.58
P – 20 % - 2	21.99	12.45	36.61	273.78	10,632.00	38.83	2.94	0.90	34.95
P – 20 % - 3	21.67	12.96	35.88	280.84	11,960.00	42.59	2.77	0.86	36.63
P – 20 % - 4	21.65	13.06	36.59	282.75	10,630.00	37.60	2.80	0.87	32.71
P – 20 % - 5	22.34	13.09	36.65	292.43	11,300.00	38.64	2.80	0.87	33.62
P – 20 % - 6	22.02	12.75	36.30	280.76	13,480.00	48.01	2.85	0.88	42.25
Promedio (kg/cm²)									35.96
Desviación Estándar									3.38
Coefficiente de Variación (%)									9.40
Resistencia característica a compresión (f'_m)									32.58

Fuente: Cerna J, 2018, p. 107, 172.

- En la Tabla 52, se indica que los especímenes del 01 al 06 correspondientes a las pilas de albañilería con 20 % de Arcilla de Caolín de la Ciudad de Huamachuco, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 32.58 kg/cm².

Tabla 50. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera A.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 DE LA LADRILLERA A									
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ALTURA	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA CORREGIDA
	Largo Promedio	Ancho Promedio	Altura Promedio						
	LP (cm)	AP (cm)	HP (cm)						
4HP - A1	22.60	13.51	33.19	305.38	11,340.26	37.13	2.46	0.79	29.34
4HP - A2	22.36	13.29	33.41	297.14	11,022.11	37.09	2.51	0.80	29.68
4HP - A3	22.29	13.14	33.50	292.80	9,525.17	32.53	2.55	0.81	26.35
4HP - A4	22.48	13.40	33.35	301.17	9,615.92	31.93	2.49	0.80	25.54
4HP - A5	22.48	13.32	33.38	299.48	7,348.07	24.54	2.50	0.80	19.63
Promedio (kg/cm²)									26.11
Desviación Estándar									4.05
Coefficiente de Variación (%)									15.50
Resistencia característica a compresión (f'_m)									22.06

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 90.

- En la Tabla 53, se indica que los especímenes del 01 al 05 correspondientes a las pilas de albañilería de la Ladrillera A de la Ciudad de Jaén, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 22.06 kg/cm².

Tabla 51. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera B.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 DE LA LADRILLERA B									
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ALTURA	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA CORREGIDA
	Largo Promedio	Ancho Promedio	Altura Promedio						
	LP (cm)	AP (cm)	HP (cm)						
4HP – B1	22.48	13.04	32.09	293.02	12,246.79	41.80	2.46	0.79	33.02
4HP – B2	22.08	12.90	32.28	284.77	9,525.17	33.45	2.50	0.80	26.76
4HP – B3	22.33	12.93	32.35	288.55	9,072.41	31.44	2.50	0.80	25.15
4HP – B4	22.35	13.00	32.43	290.55	8,618.64	29.66	2.49	0.80	23.73
4HP – B5	22.18	12.98	32.18	287.72	8,754.26	30.43	2.48	0.80	24.34
Promedio (kg/cm²)									26.60
Desviación Estándar									3.76
Coefficiente de Variación (%)									14.15
Resistencia característica a compresión (f'_m)									22.84

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 93.

- En la Tabla 54, se indica que los especímenes del 01 al 05 correspondientes a las pilas de albañilería de la Ladrillera B de la Ciudad de Jaén, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 22.84 kg/cm².

Tabla 52. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera C.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 DE LA LADRILLERA C									
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ALTURA	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA CORREGIDA
	Largo Promedio	Ancho Promedio	Altura Promedio						
	LP (cm)	AP (cm)	HP (cm)						
4HP – C1	22.56	13.49	33.03	304.31	9,298.79	30.56	2.45	0.79	24.14
4HP – C2	22.96	13.30	32.59	305.40	8,618.64	28.22	2.45	0.79	22.29
4HP – C3	22.88	13.48	32.71	308.24	12,246.79	39.73	2.43	0.79	31.39
4HP – C4	22.78	13.45	32.88	306.32	8,618.64	28.14	2.44	0.79	22.23
4HP – C5	22.93	13.34	32.78	305.76	12,474.19	40.80	2.46	0.79	32.23
Promedio (kg/cm²)									26.46
Desviación Estándar									4.96
Coficiente de Variación (%)									18.73
Resistencia característica a compresión (f'_m)									21.50

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 96.

- En la Tabla 55, se indica que los especímenes del 01 al 05 correspondientes a las pilas de albañilería de la Ladrillera C de la Ciudad de Jaén, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 21.50 kg/cm².

Tabla 53. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 05 de la Ladrillera D.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 05 DE LA LADRILLERA D									
ESPÉCIMEN	LARGO	ANCHO	ALTURA	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA CORREGIDA
	Largo Promedio	Ancho Promedio	Altura Promedio						
	LP (cm)	AP (cm)	HP (cm)	A (cm ²)	F _{max} (kg)	f' _m (kg/cm ²)	HP/AP	A (cm ²)	f' _m (kg/cm ²)
4HP – D1	23.08	13.51	32.28	311.80	9,843.32	31.57	2.39	0.78	24.62
4HP – D2	23.10	13.46	33.63	310.98	10,749.85	34.57	2.50	0.80	27.65
4HP – D3	23.01	13.49	33.51	310.38	7,801.85	25.14	2.48	0.80	20.11
4HP – D4	23.00	13.46	33.03	309.64	12,020.41	38.82	2.45	0.79	30.67
4HP – D5	23.08	13.45	33.35	310.36	12,700.56	40.92	2.48	0.80	32.74
Promedio (kg/cm²)									27.16
Desviación Estándar									5.00
Coefficiente de Variación (%)									18.39
Resistencia característica a compresión (f'_m)									22.16

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 99.

- En la Tabla 56, se indica que los especímenes del 01 al 05 correspondientes a las pilas de albañilería de la Ladrillera D de la Ciudad de Jaén, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 22.16 kg/cm².

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

4.1.1 Ensayos clasificatorios del ladrillo.

4.1.1.1 Variación dimensional.

A. De la Ciudad de Huamachuco.

En la Tabla 10, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 0 % de Arcilla de Caolín, presentan un coeficiente de variación de 0.43 %, 1.01 % y 0.96 % en su largo, ancho y alto respectivamente, por lo que se acepta el lote, ya que está por debajo del 40 % exigido por la NTE E.070 (2006); además, estas unidades tienen una variación dimensional promedio de 1.20 % en el largo, 0.87 % de ancho y 1.07 % de alto, clasificando como ladrillos Tipo V, de acuerdo con lo estipulado en la NTE E.070 (2006).

En la Tabla 11, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 5 % de Arcilla de Caolín, presentan un coeficiente de variación de 0.79 %, 0.55 % y 1.24 % en su largo, ancho y alto respectivamente, por lo que se acepta el lote, ya que está por debajo del 40 % exigido por la NTE E.070 (2006); además, estas unidades tienen una variación dimensional promedio de -0.23 % en el largo, -0.13 % de ancho y 0.18 % de alto, clasificando como ladrillos Tipo V, de acuerdo con lo estipulado en la NTE E.070 (2006).

En la Tabla 12, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 10 % de Arcilla de Caolín, presentan un coeficiente de variación de 0.66 %, 0.31 % y 0.83 % en su largo, ancho y alto respectivamente, por lo que se

acepta el lote, ya que está por debajo del 40 % exigido por la NTE E.070 (2006); además, estas unidades tienen una variación dimensional promedio de 0.20 % en el largo, 0.09 % de ancho y -0.04 % de alto, clasificando como ladrillos Tipo V, de acuerdo con lo estipulado en la NTE E.070 (2006).

En la Tabla 13, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 15 % de Arcilla de Caolín, presentan un coeficiente de variación de 0.51 %, 0.57 % y 1.04 % en su largo, ancho y alto respectivamente, por lo que se acepta el lote, ya que está por debajo del 40 % exigido por la NTE E.070 (2006); además, estas unidades tienen una variación dimensional promedio de 0.40 % en el largo, 0.71 % de ancho y 0.06 % de alto, clasificando como ladrillos Tipo V, de acuerdo con lo estipulado en la NTE E.070 (2006).

En la Tabla 14, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 20 % de Arcilla de Caolín, presentan un coeficiente de variación de 0.55 %, 0.70 % y 1.35 % en su largo, ancho y alto respectivamente, por lo que se acepta el lote, ya que está por debajo del 40 % exigido por la NTE E.070 (2006); además, estas unidades tienen una variación dimensional promedio de -0.56 % en el largo, -0.77 % de ancho y 0.33 % de alto, clasificando como ladrillos Tipo V, de acuerdo con lo estipulado en la NTE E.070 (2006).

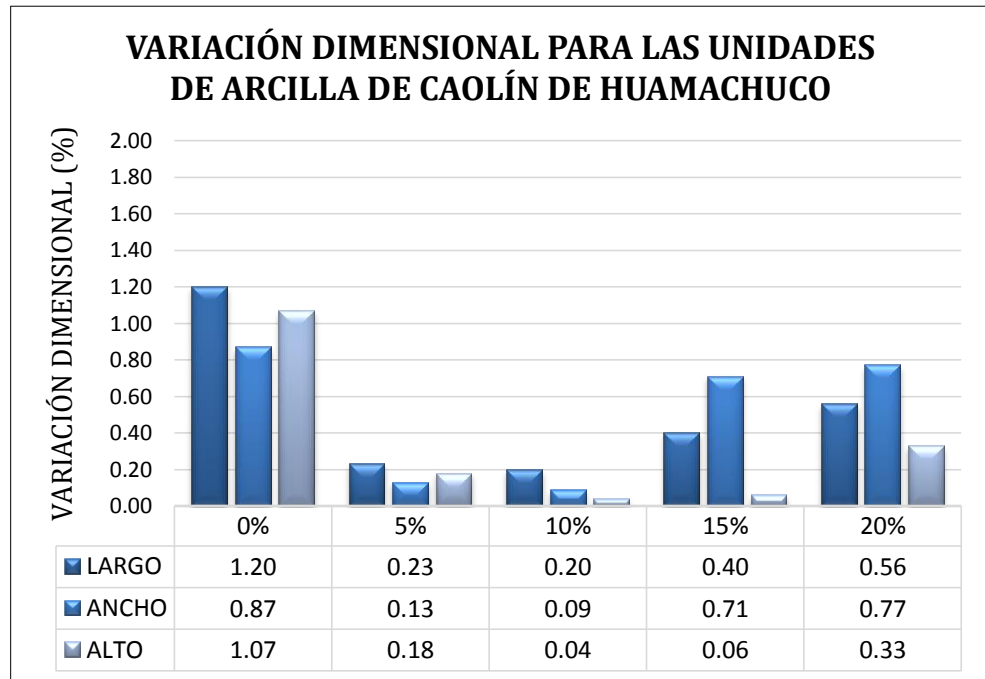


Gráfico 1. Variación dimensional de unidades de Arcilla de Caolín.

Fuente: Cerna J, 2018, p. 114.

Del Gráfico 1, se observa que las unidades con 10 % de Arcilla de Caolín son las que presentan un menor porcentaje en su variación dimensional en el largo, ancho y alto. Además, se infiere según el gráfico en que, a un menor y mayor porcentaje de Arcilla de Caolín, las variaciones dimensionales de las unidades ensayadas aumentarían en sus tres dimensiones.

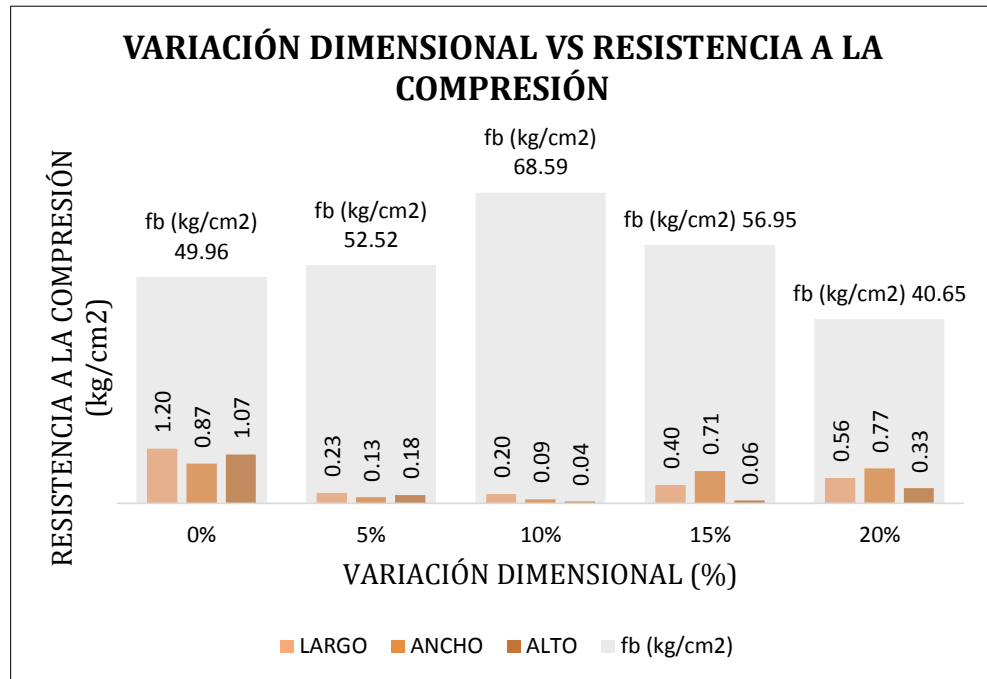


Gráfico 2. Variación dimensional vs Resistencia a la Compresión (Huamachuco).

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Del Gráfico 2, se observa que el porcentaje de variación dimensional en el largo, ancho y alto es menor en las unidades de albañilería con mayor resistencia a la compresión, en efecto, estas unidades con el 10 % de Arcilla de Caolín presentaron un valor de 68.59 kg/cm² de su f_b promedio. Además, se infiere según el gráfico en que, a un menor y mayor porcentaje de Arcilla de Caolín, la resistencia a compresión de las unidades ensayadas, disminuyeron su resistencia. De esto, se deduce en que los resultados obtenidos para variación dimensional y resistencia a la compresión en cada una de las proporciones de porcentaje de Arcilla de Caolín, cumplen una relación inversamente proporcional, es decir que las unidades de albañilería con menor variación dimensional, tienen una mayor resistencia a la compresión de las mismas.

B. De la Ciudad de Jaén.

En la Tabla 15, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal de la Ladrillera A, presentan un coeficiente de variación de 1.13 %, 1.12 % y 1.65 % en su largo, ancho y alto respectivamente, por lo que se acepta el lote, ya que está por debajo del 40 % exigido por la NTE E.070 (2006); además, estas unidades tienen una variación dimensional promedio de 0.87 % en el largo, 2.05 % de ancho y 1.82 % de alto, clasificando como ladrillos Tipo V, de acuerdo con lo estipulado en la NTE E.070 (2006).

En la Tabla 16, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal de la Ladrillera B, presentan un coeficiente de variación de 0.72 %, 0.96 % y 3.12 % en su largo, ancho y alto respectivamente, por lo que se acepta el lote, ya que está por debajo del 40 % exigido por la NTE E.070 (2006); además, estas unidades tienen una variación dimensional promedio de 0.77 % en el largo, 1.34 % de ancho y 2.17 % de alto, clasificando como ladrillos Tipo V, de acuerdo con lo estipulado en la NTE E.070 (2006).

En la Tabla 17, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal de la Ladrillera C, presentan un coeficiente de variación de 2.63 %, 0.86 % y 1.53 % en su largo, ancho y alto respectivamente, por lo que se acepta el lote, ya que está por debajo del 40 % exigido por la NTE E.070 (2006); además, estas unidades tienen una variación dimensional promedio de 1.80 % en el largo, 1.29 % de ancho y 2.61 % de alto, clasificando como ladrillos Tipo V, de acuerdo con lo estipulado en la NTE E.070 (2006).

En la Tabla 18, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal de la Ladrillera D, presentan un coeficiente de variación de 0.78 %, 0.78 % y 2.89 % en su largo, ancho y alto respectivamente, por lo que se acepta el lote, ya que está por debajo del 40 % exigido por la NTE E.070 (2006); además, estas unidades tienen una variación dimensional promedio de 1.00 % en el largo, 1.29 % de ancho y 2.37 % de alto, clasificando como ladrillos Tipo V, de acuerdo con lo estipulado en la NTE E.070 (2006).

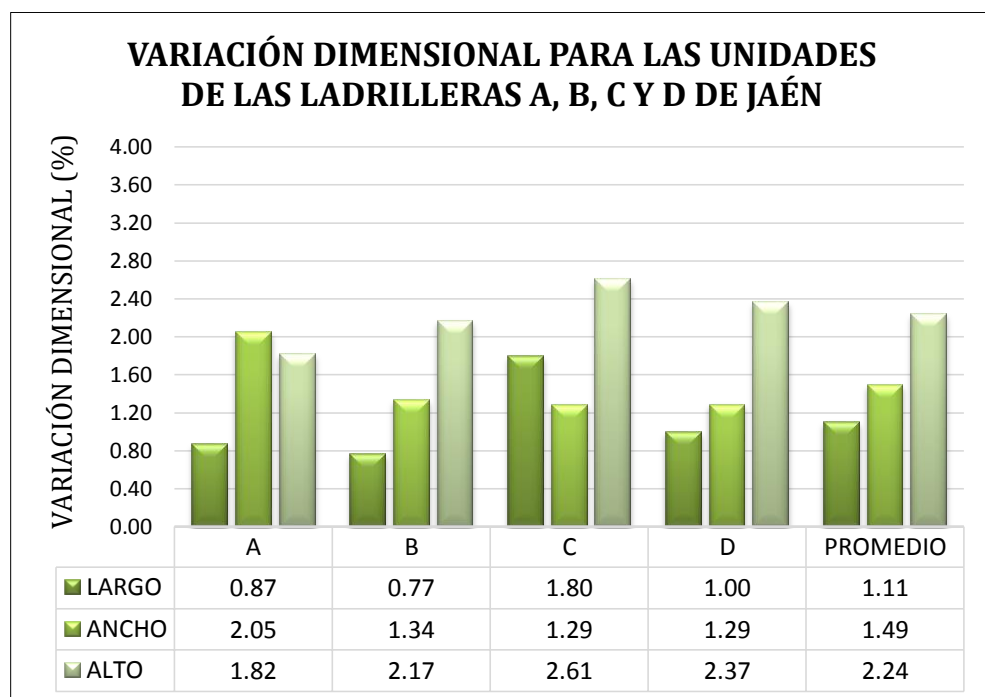


Gráfico 3. Variación dimensional de unidades de las Ladrilleras A, B, C y D.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Del Gráfico 3, se observa que las variaciones dimensionales mayores lo tienen las Ladrilleras C y D, mientras que las de menor variación dimensional corresponden a las Ladrilleras A y B. Además, se infiere que el porcentaje de variación dimensional en el largo, ancho y alto para las cuatro Ladrilleras es óptimo pues clasifican como Ladrillos Tipo V.

A fin de obtener un valor que manifieste la representatividad de la variación dimensional, se considera promediar cada una de estas tres dimensiones de las cuatro Ladrilleras analizadas, tal como se aprecia en el Gráfico 3. Así tenemos, para el largo, ancho y alto se obtuvo un valor promedio de 1.11 %, 1.49 % y 2.24 %, respectivamente.

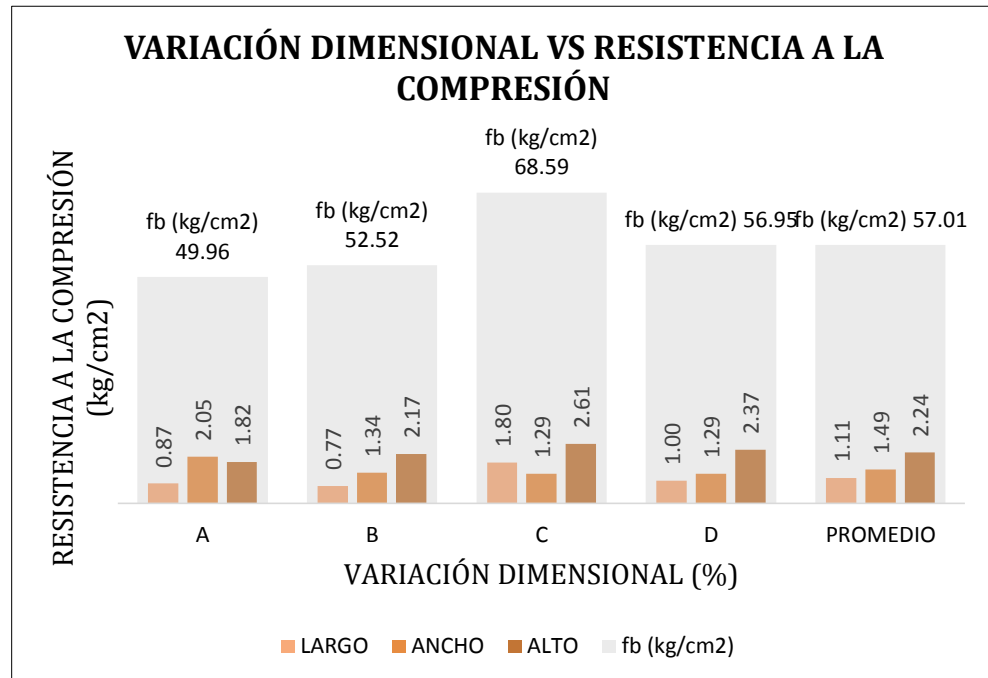


Gráfico 4. Variación dimensional vs Resistencia a la Compresión (Jaén).

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Del Gráfico 4, se observa que el porcentaje de variación dimensional en el largo, ancho y alto es menor en las unidades de albañilería que obtuvieron una menor resistencia a la compresión, es decir, en las Ladrilleras A y B; y es mayor en las unidades de albañilería que obtuvieron una mayor resistencia a la compresión, es decir, en las Ladrilleras C y D. Además, el promedio de estas variaciones dimensionales se correlaciona directamente con el valor del f_b promedio de las cuatro Ladrilleras, siendo este de 57.01 kg/cm². De esto, se deduce que los resultados obtenidos para variación dimensional y

resistencia a la compresión, cumplen una relación directamente proporcional, es decir que las unidades con menor variación dimensional en sus unidades de albañilería, tienen una menor resistencia a la compresión de las mismas.

C. Comparación Variación Dimensional de Huamachuco y Jaén.

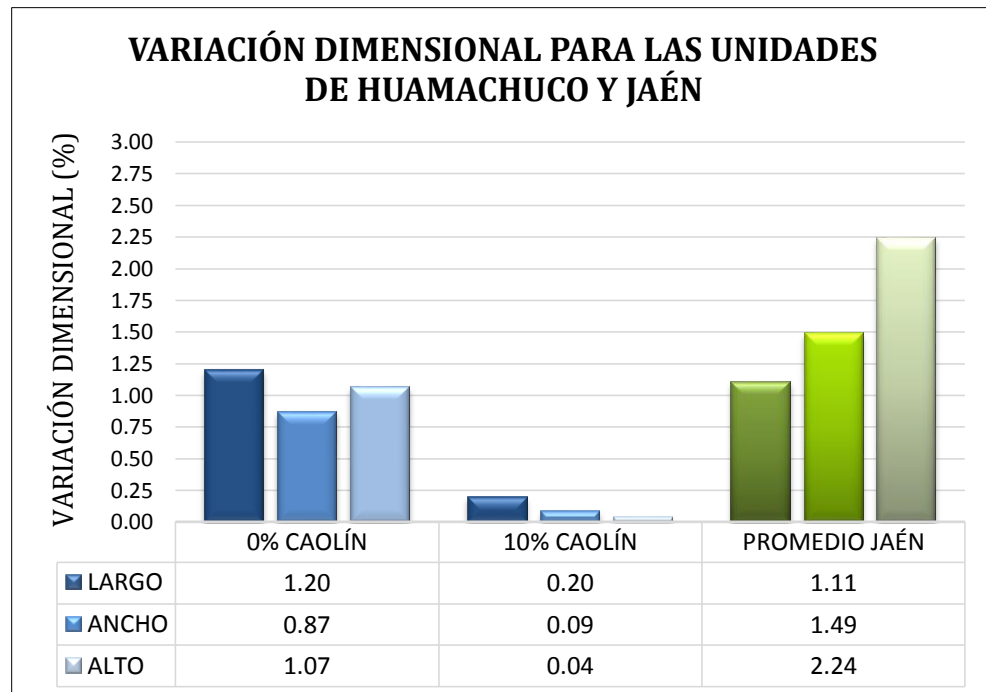


Gráfico 5. Variación dimensional de unidades: Huamachuco vs Jaén.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Del Gráfico 5, se observa que la variación dimensional promedio de las Ladrilleras de la Ciudad de Jaén son mayores a las que presentan 0 % de Arcilla de Caolín de la Ciudad de Huamachuco. Se hace esta comparación para verificar que las unidades sin Caolín tienen un mejor comportamiento en su proceso de elaboración. Además, se puede apreciar cómo es que con la proporción correcta (10 %) de Arcilla de Caolín, se puede lograr una disminución muy relevante en la variación dimensional, respecto al de las Ladrilleras de la Ciudad de Jaén.

4.1.1.2 Alabeo.

A. De la Ciudad de Huamachuco.

En la Tabla 19, las unidades con 0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 %, presentan alabeos promedios de 0.38 mm y 2.15 mm, 0.30 mm y 1.68 mm, 0.08 mm y 1.35 mm, 0.13 mm y 1.70 mm, y de 0.18 mm y 1.90 mm en su cara superior e inferior, respectivamente; por lo tanto, estas unidades clasifican como ladrillos Tipo V, pues tienen un valor de alabeo promedio comprendido entre 0 mm y 3 mm, de acuerdo con lo estipulado en la Tabla 1 de la NTE E.070 (2006).

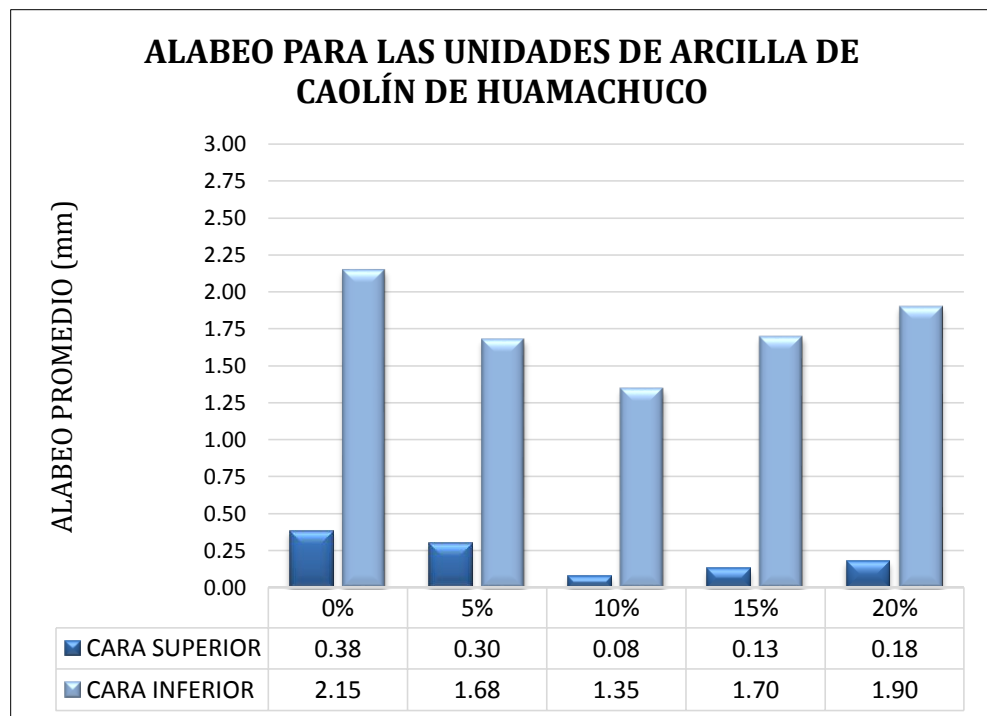


Gráfico 6. Alabeo de unidades de Arcilla de Caolín.

Fuente: Cerna J, 2018, p. 115.

En el Gráfico 6, se observa que las caras inferiores de los ladrillos presentan un mayor alabeo, a comparación de la cara superior de estos. Además, se puede observar también que las unidades de albañilería con 10 % de Arcilla

de Caolín presentan el menor alabeo con respecto a las unidades de albañilería con 0 %, 5 %, 15 % y 20 % de Arcilla de Caolín. De esto, se infiere en que las unidades de albañilería presentan un mayor alabeo cuando la proporción de Arcilla de Caolín es menor y mayor al 10 %.

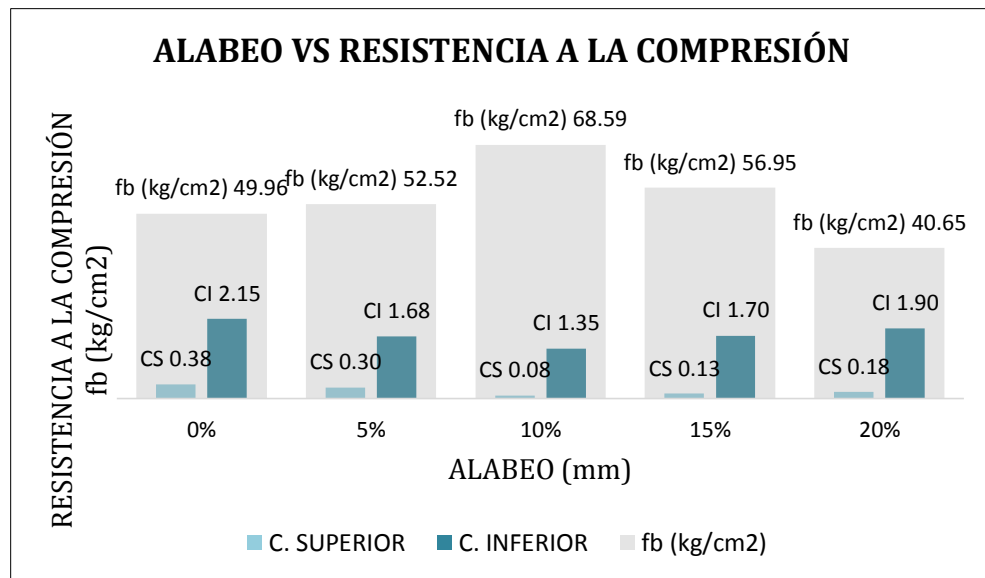


Gráfico 7. Alabeo vs Resistencia a la Compresión (Huamachuco).

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Del Gráfico 7, se observa que el valor del alabeo para la cara superior e inferior es menor en las unidades de albañilería con mayor resistencia a la compresión, en efecto, estas unidades con el 10 % de Arcilla de Caolín presentaron un valor de 68.59 kg/cm² de su f_b promedio. Además, se infiere según el gráfico en que, a un menor y mayor porcentaje de Arcilla de Caolín, la resistencia a compresión de las unidades ensayadas, disminuyeron su resistencia. De esto, se deduce en que los resultados obtenidos para alabeo y resistencia a la compresión en cada una de las proporciones de porcentaje de Arcilla de Caolín, cumplen una relación inversamente proporcional, es decir, que las unidades de albañilería con menor alabeo, tienen una mayor resistencia a la compresión de las mismas.

B. De la Ciudad de Jaén.

En la Tabla 20, las unidades de las Ladrilleras A, B, C y D, presentan alabeos promedios de 1.68 mm y 3.00 mm, 1.62 mm y 1.66 mm, 1.12 mm y 2.14 mm, y de 1.36 mm y 2.08 mm en su cara superior e inferior, respectivamente; por lo tanto, clasifican como ladrillos Tipo V pues tienen un valor promedio de 1.45 mm y 2.22 mm, los cuales están comprendidos entre 0 mm y 3 mm, de acuerdo con lo estipulado en la Tabla 1 de la NTE E.070 (2006).

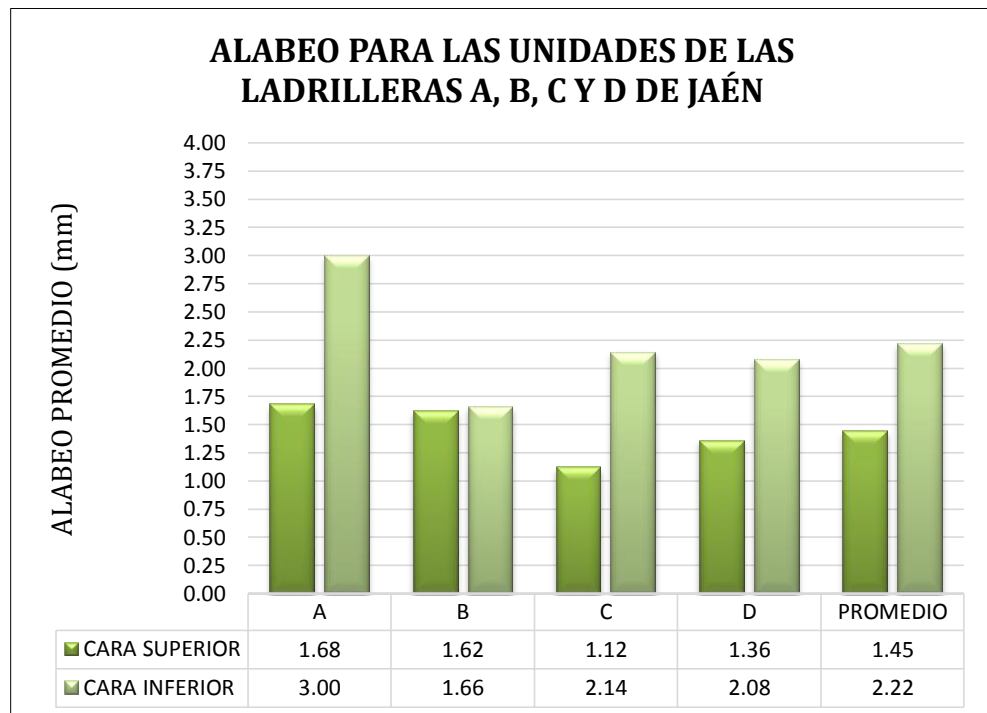


Gráfico 8. Alabeo de unidades de las Ladrilleras A, B, C y D.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En el Gráfico 8, se observa que las caras inferiores de los ladrillos presentan un mayor alabeo, a comparación de la cara superior de estos. Además, se infiere que las unidades de albañilería correspondientes a la Ladrillera B presentan un alabeo homogéneo, tanto en su cara superior como inferior. Asimismo, el mayor alabeo en la cara superior lo tuvo la Ladrillera A,

mientras que el menor alabeo en la cara inferior lo tuvo la Ladrillera C. Con la finalidad de obtener un valor que manifieste la representatividad del alabeo de las cuatro Ladrilleras, se consideró promediar cada uno de los resultados obtenidos en su cara superior e inferior. Así tenemos, para la cara superior un valor promedio de 1.45 mm y para la cara inferior un valor promedio de 2.22 mm.

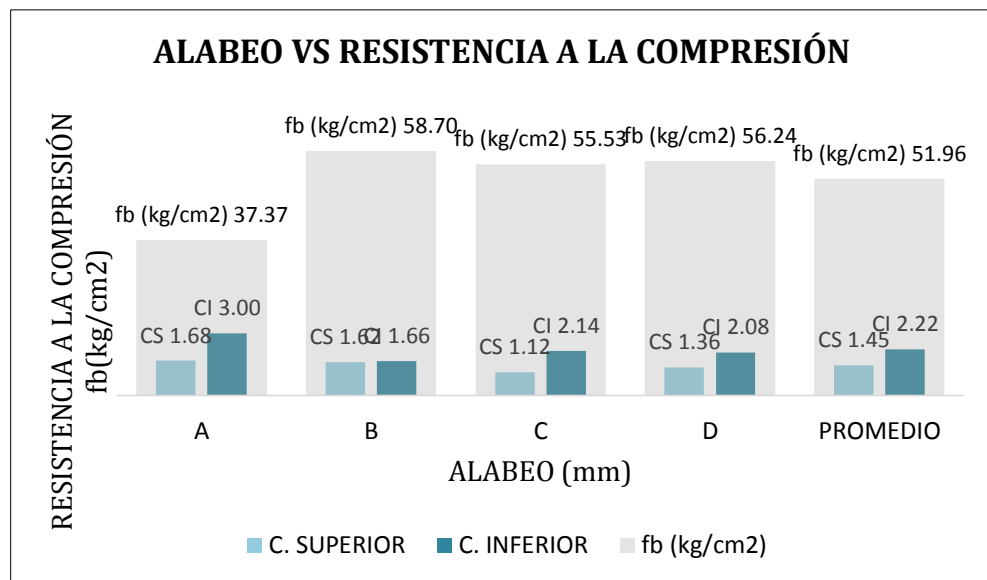


Gráfico 9. Alabeo vs Resistencia a la Compresión (Jaén).

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Del Gráfico 9, se observa que el valor del alabeo para la cara superior e inferior es mayor en las unidades de albañilería con menor resistencia a la compresión, en efecto, estas unidades pertenecientes a la Ladrillera A presentaron un valor de 37.37 kg/cm² de su f_b promedio. Además, se infiere según el gráfico en que, a una igualdad en el alabeo de la cara superior e inferior, le corresponde una mayor resistencia a la compresión, tal como se aprecia en la Ladrillera B. También se puede destacar que las resistencias a la compresión y alabeo de las unidades de las Ladrilleras C y D son similares. De esto, se deduce en que los resultados obtenidos para alabeo y resistencia a

la compresión en cada una de las Ladrilleras, cumplen una relación inversamente proporcional, es decir, que las unidades de albañilería con menor alabeo, tienen una mayor resistencia a la compresión de las mismas.

C. Comparación Alabeo de Huamachuco y Jaén.

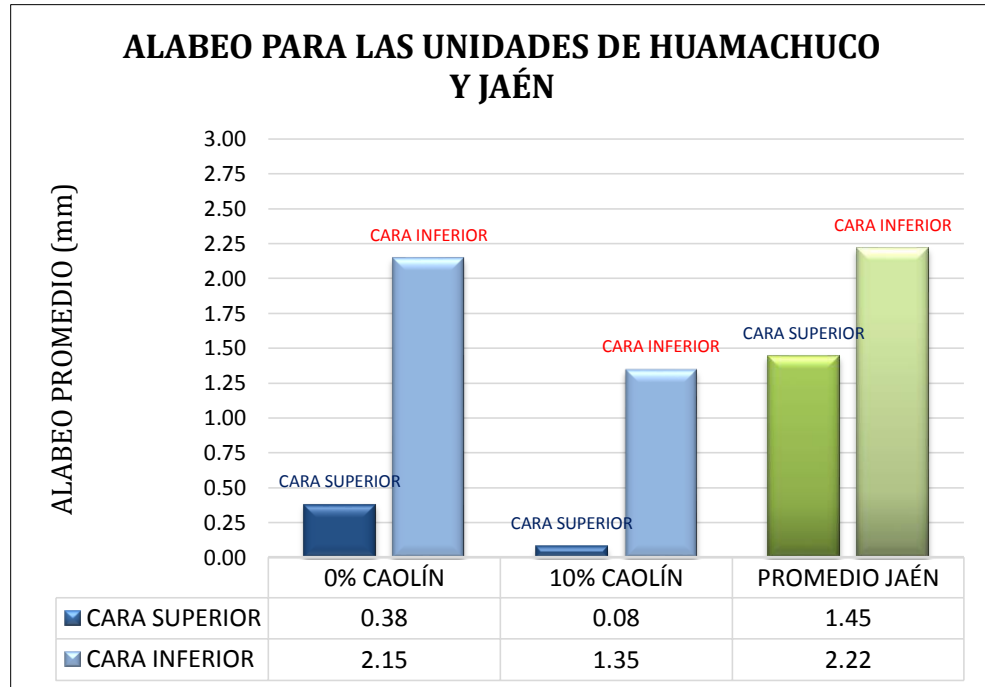


Gráfico 10. Alabeo de unidades: Huamachuco vs Jaén.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Del Gráfico 10, se observa que el alabeo promedio de las Ladrilleras de la Ciudad de Jaén es ligeramente mayor en la cara inferior de las que presentan las unidades con 0 % de Arcilla de Caolín de la Ciudad de Huamachuco. Se hace esta comparación para verificar que las unidades sin Caolín tienen un mejor comportamiento en su proceso de elaboración. Además, se puede apreciar cómo es que con la proporción correcta (10 %) de Arcilla de Caolín, se puede lograr una disminución muy relevante en el alabeo, respecto al de las Ladrilleras de la Ciudad de Jaén.

4.1.1.3 Resistencia a la compresión.

A. De la Ciudad de Huamachuco.

En la Tabla 21, se observa que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 0 % de Arcilla de Caolín, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 49.96 kg/cm^2 , clasificándose como no apto para fines estructurales, de acuerdo a la Tabla 1 de la NTE E.070 (2006).

En la Tabla 22, se observa que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 5 % de Arcilla de Caolín, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 52.52 kg/cm^2 , clasificándose como Ladrillo Tipo I para fines estructurales, de acuerdo a la Tabla 1 de la NTE E.070 (2006).

En la Tabla 23, se observa que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 10 % de Arcilla de Caolín, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 68.59 kg/cm^2 , clasificándose como Ladrillo Tipo I para fines estructurales, de acuerdo a la Tabla 1 de la NTE E.070 (2006).

En la Tabla 24, se observa que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 15 % de Arcilla de Caolín, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 56.95 kg/cm^2 , clasificándose como Ladrillo Tipo I para fines estructurales, de acuerdo a la Tabla 1 de la NTE E.070 (2006).

En la Tabla 25, se observa que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 20 % de Arcilla de Caolín, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 40.65 kg/cm^2 , clasificándose como no apto para fines estructurales, de acuerdo a la Tabla 1 de la NTE E.070 (2006).

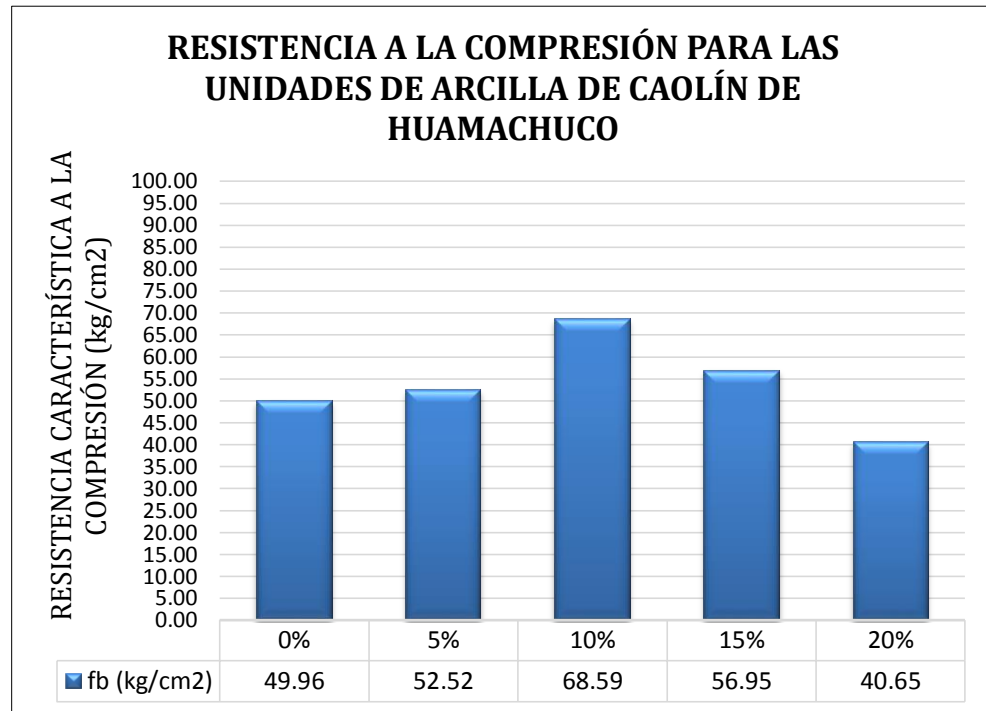


Gráfico 11. Resistencia a la Compresión de unidades de Arcilla de Caolín.

Fuente: Cerna J, 2018, p. 116.

En el Gráfico 11, se observa cómo es que a medida que se va aumentando de 0 % a 10 % la Arcilla de Caolín, la resistencia a la compresión también se va incrementando de 49.96 kg/cm² hasta 68.59 kg/cm². Y que cuando se sigue aumentando la proporción de Arcilla de Caolín en un 15 % y 20 %, la resistencia a la compresión empieza a disminuir. De esto, se deduce que, las unidades de albañilería con 10 % de Arcilla de Caolín presentaron un mejor comportamiento frente a las demás unidades con diferentes porcentajes. Además, se puede observar del gráfico también que las unidades analizadas con 5 %, 10 % y 15 % cumplen con la resistencia mínima (50 kg/cm²) requerida por la NTE E.070 (2006), para que puedan tener la clasificación como ladrillos Tipo I.

B. De la Ciudad de Jaén.

En la Tabla 26, se observa que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes a la Ladrillera A, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 37.37 kg/cm^2 , clasificándose como no apto para fines estructurales, de acuerdo a la Tabla 1 de la NTE E.070 (2006).

En la Tabla 27, se observa que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes a la Ladrillera B, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 58.70 kg/cm^2 , clasificándose Ladrillo Tipo I para fines estructurales, de acuerdo a la Tabla 1 de la NTE E.070 (2006).

En la Tabla 28, se observa que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes a la Ladrillera C, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 55.53 kg/cm^2 , clasificándose Ladrillo Tipo I para fines estructurales, de acuerdo a la Tabla 1 de la NTE E.070 (2006).

En la Tabla 29, se observa que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes a la Ladrillera D, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 56.24 kg/cm^2 , clasificándose Ladrillo Tipo I para fines estructurales, de acuerdo a la Tabla 1 de la NTE E.070 (2006).



Gráfico 12. Resistencia a la Compresión de unidades de las Ladrilleras A, B, C y D.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En el Gráfico 12, se observa que los ladrillos correspondientes a las Ladrilleras B, C y D presentaron una resistencia a compresión similar y por encima de los 50 kg/cm² requerida por la NTE E.070 (2006), mientras que, la Ladrillera A fue la que tuvo un comportamiento de baja resistencia a la compresión en sus unidades, pues solo alcanzó un valor de 37.37 kg/cm², esto probablemente por realizar procedimientos de elaboración inadecuados. Sin embargo, y con la finalidad de obtener un valor que manifieste la representatividad de la resistencia a la compresión de las cuatro Ladrilleras, se consideró promediar los resultados obtenidos en ellos. De esta forma, se obtuvo un valor promedio de la resistencia a la compresión de 51.96 kg/cm², el cual está por encima de los 50 kg/cm² que solicita como mínimo la Norma E.070 (2006) para este tipo de ladrillos y su clasificación como Tipo I.

C. Comparación de Resistencia a la Compresión de Huamachuco y Jaén.

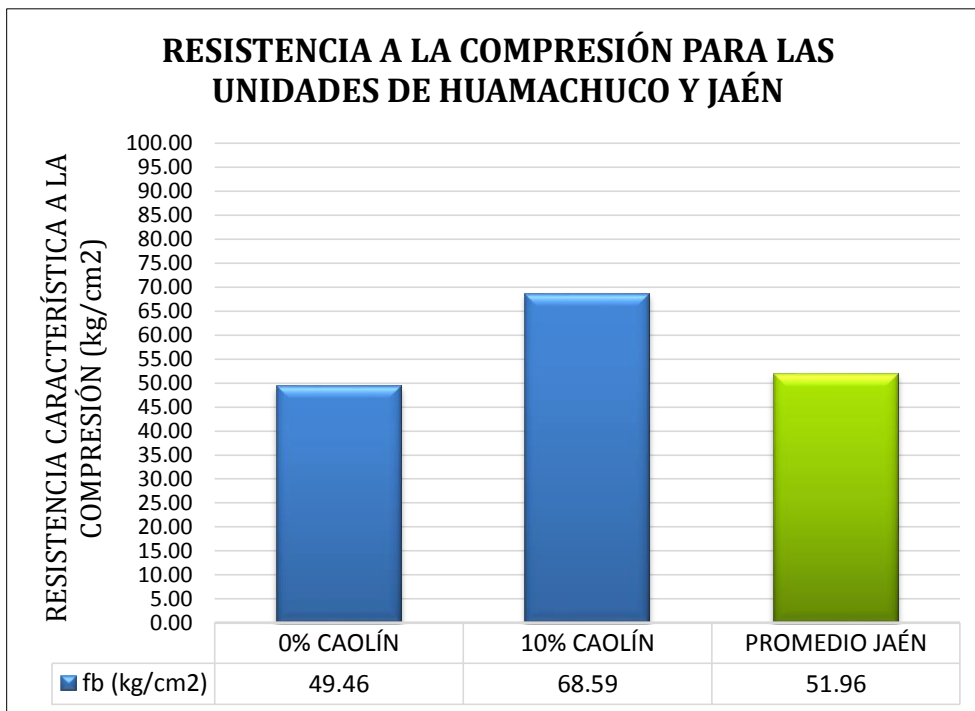


Gráfico 13. Resistencia a la Compresión de unidades: Huamachuco vs Jaén.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Del Gráfico 13, se observa que la resistencia a la compresión promedio de las Ladrilleras de la Ciudad de Jaén es ligeramente mayor a las que presentan las unidades con 0 % de Arcilla de Caolín, pero, sin embargo, es mucho menor a las que tienen 10 % de Arcilla de Caolín. Se hace esta comparación para verificar que las unidades sin Caolín tienen un mejor comportamiento en su proceso de elaboración. Además, se puede apreciar cómo es que con la proporción correcta (10 %) de Arcilla de Caolín, se puede lograr un aumento muy relevante en la resistencia a la compresión respecto al de las Ladrilleras de la Ciudad de Jaén.

4.1.2 Ensayos no clasificatorios del ladrillo.

4.1.2.1 *Succión.*

A. De la Ciudad de Huamachuco.

En la Tabla 30, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 0 % de Arcilla de Caolín, presentan una succión promedio de 139.39 g/200cm²-min, sobrepasando los 20 g/200cm²-min recomendado por la NTE E.070 (2006), por lo que estas unidades deben de ser regadas antes de su asentado.

En la Tabla 31, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 5 % de Arcilla de Caolín, presentan una succión promedio de 116.76 g/200cm²-min, sobrepasando los 20 g/200cm²-min recomendado por la NTE E.070 (2006), por lo que estas unidades deben de ser regadas antes de su asentado.

En la Tabla 32, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 10 % de Arcilla de Caolín, presentan una succión promedio de 79.96 g/200cm²-min, sobrepasando los 20 g/200cm²-min recomendado por la NTE E.070 (2006), por lo que estas unidades deben de ser regadas antes de su asentado.

En la Tabla 33, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 15 % de Arcilla de Caolín, presentan una succión promedio de 87.25 g/200cm²-min, sobrepasando los 20 g/200cm²-min recomendado por la NTE

E.070 (2006), por lo que estas unidades deben de ser regadas antes de su asentado.

En la Tabla 34, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 20 % de Arcilla de Caolín, presentan una succión promedio de 101.84 g/200cm²-min, sobrepasando los 20 g/200cm²-min recomendado por la NTE E.070 (2006), por lo que estas unidades deben de ser regadas antes de su asentado.

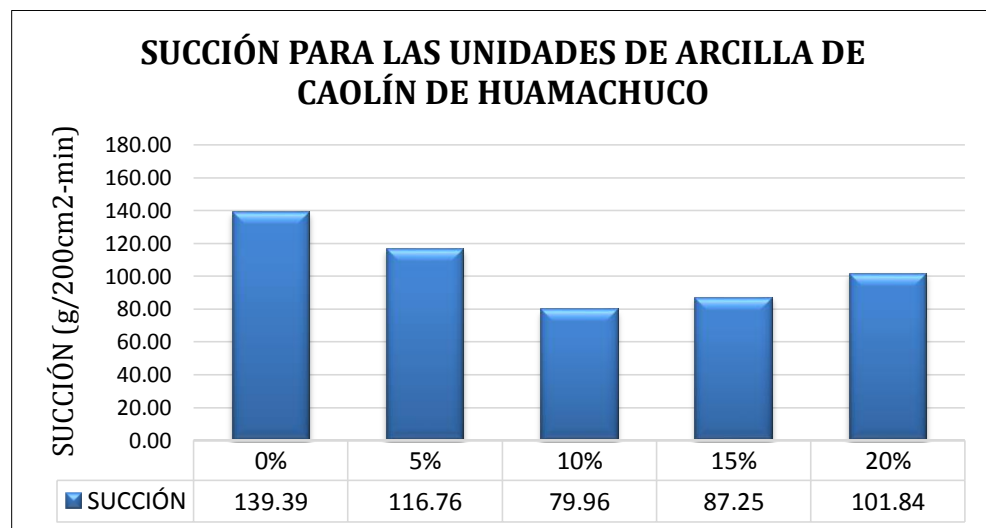


Gráfico 14. Succión de unidades de Arcilla de Caolín.

Fuente: Cerna J, 2018, p. 118.

Del Gráfico 14, se observa que las unidades con 10 % de Arcilla de Caolín son las que presentan un menor valor en el ensayo de succión, sin embargo, este resultado está por encima de lo que establece la Norma E.070 (2006). Además, se infiere según el gráfico en que, a un menor y mayor porcentaje de Arcilla de Caolín, el comportamiento de las unidades de albañilería sometidas al ensayo de succión se incrementaría considerablemente.

B. De la Ciudad de Jaén.

En la Tabla 35, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes a la Ladrillera A, presentan una succión promedio de 86.71 g/200cm²-min, sobrepasando los 20 g/200cm²-min recomendado por la NTE E.070 (2006), por lo que estas unidades deben de ser regadas antes de su asentado.

En la Tabla 36, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes a la Ladrillera B, presentan una succión promedio de 65.95 g/200cm²-min, sobrepasando los 20 g/200cm²-min recomendado por la NTE E.070 (2006), por lo que estas unidades deben de ser regadas antes de su asentado.

En la Tabla 37, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes a la Ladrillera C, presentan una succión promedio de 49.92 g/200cm²-min, sobrepasando los 20 g/200cm²-min recomendado por la NTE E.070 (2006), por lo que estas unidades deben de ser regadas antes de su asentado.

En la Tabla 38, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes a la Ladrillera D, presentan una succión promedio de 66.15 g/200cm²-min, sobrepasando los 20 g/200cm²-min recomendado por la NTE E.070 (2006), por lo que estas unidades deben de ser regadas antes de su asentado.

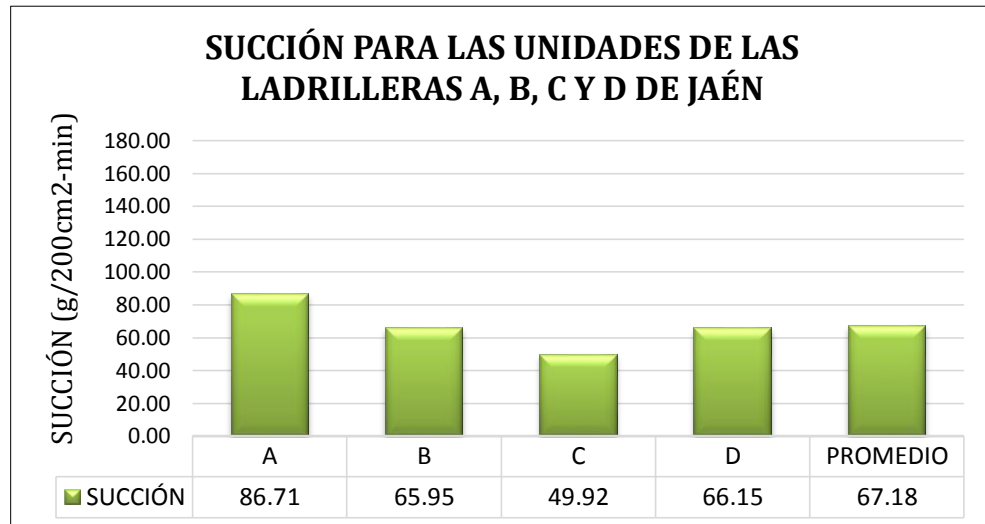


Gráfico 15. Succión de unidades de las Ladrilleras A, B, C y D.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En el Gráfico 15, se observa que las unidades de albañilería correspondientes a las Ladrilleras B y D presentaron una succión similar, mientras que la que alcanzó un valor elevado en succión fue la Ladrillera A. Se aprecia en el gráfico que las unidades de albañilería de la Ladrillera C tuvieron un mejor comportamiento respecto a la succión, pues presentaron un valor de 49.92 g/200cm²-min, siendo el promedio más bajo de todo el grupo y el que más se acerca a los 20 g/200cm²-min establecido por la Norma E.070 (2006). Sin embargo, y con la finalidad de obtener un valor que manifieste la representatividad de la succión de las cuatro Ladrilleras, se consideró promediar los resultados obtenidos en ellos. De esta forma, se obtuvo un valor promedio de succión equivalente a 67.18 g/200cm²-min, el cual está por encima de los 20 g/200cm²-min que estipula la Norma E.070 (2006) para este tipo de ladrillos. Este valor promedio es un indicador de que las unidades de albañilería de las Ladrilleras no fueron lo suficientemente cocidas debido al grado de porosidad que presentan, y pueden presentar ciertos inconvenientes al momento de su asentado por una incorrecta adherencia al mortero.

C. Comparación de Succión de Huamachuco y Jaén.

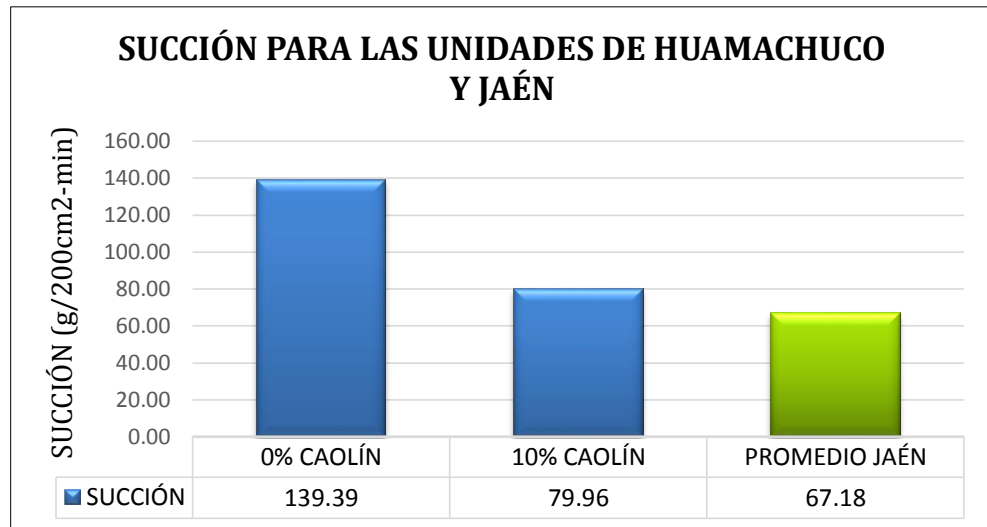


Gráfico 16. Succión de unidades: Huamachuco vs Jaén.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Del Gráfico 16, se observa que la succión promedio de las Ladrilleras de la Ciudad de Jaén es mucho menor a las que presentan las unidades con 0 % de Arcilla de Caolín, pero, sin embargo, es casi similar a las que tienen 10 % de Arcilla de Caolín. Se hace esta comparación para verificar que las unidades de albañilería de las Ladrilleras presentan un mejor comportamiento respecto a las de Huamachuco en el ensayo de succión. Además, se puede apreciar cómo es que con la proporción correcta (10 %) de Arcilla de Caolín, se puede lograr un valor muy similar respecto al de las Ladrilleras de la Ciudad de Jaén.

4.1.2.2 Absorción.

A. De la Ciudad de Huamachuco.

En la Tabla 39, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 0 % de Arcilla de Caolín, presentan una absorción promedio de 17.24 %, la cual está por debajo del 22 % exigido por la NTE E.070 (2006), por lo cual se aceptan las unidades.

En la Tabla 40, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 5 % de Arcilla de Caolín, presentan una absorción promedio de 14.67 %, la cual está por debajo del 22 % exigido por la NTE E.070 (2006), por lo cual se aceptan las unidades.

En la Tabla 41, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 10 % de Arcilla de Caolín, presentan una absorción promedio de 12.23 %, la cual está por debajo del 22 % exigido por la NTE E.070 (2006), por lo cual se aceptan las unidades.

En la Tabla 42, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 15 % de Arcilla de Caolín, presentan una absorción promedio de 12.97 %, la cual está por debajo del 22 % exigido por la NTE E.070 (2006), por lo cual se aceptan las unidades.

En la Tabla 43, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal con 20 % de Arcilla de Caolín, presentan una absorción promedio de 13.94 %, la cual está por debajo del 22 % exigido por la NTE E.070 (2006), por lo cual se aceptan las unidades.

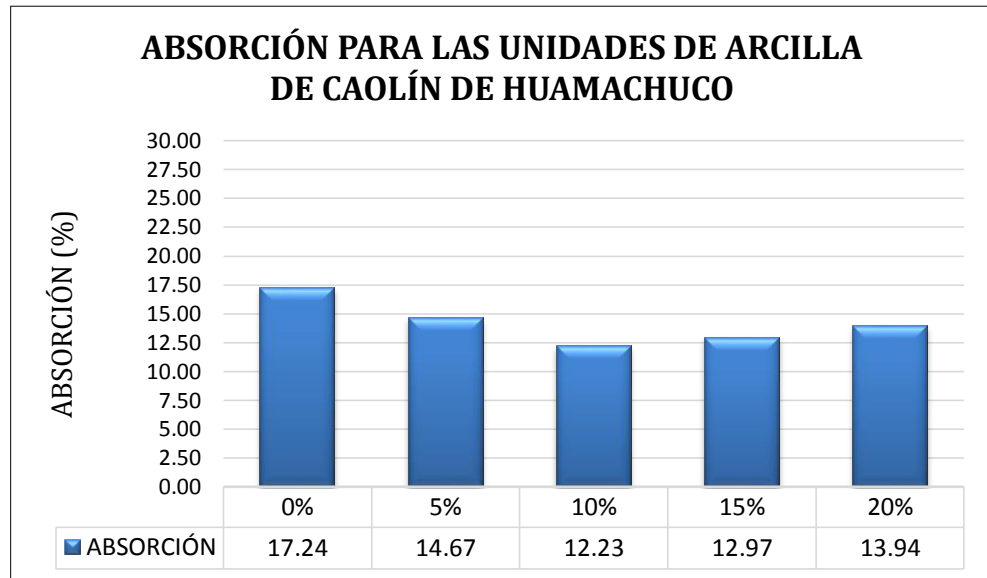


Gráfico 17. Absorción de unidades de Arcilla de Caolín.

Fuente: Cerna J, 2018, p. 119.

Del Gráfico 17, se observa que las unidades con 10 % de Arcilla de Caolín son las que presentan un menor valor en el ensayo de absorción, siendo el que mejor comportamiento tiene en relación con las demás proporciones de Arcilla de Caolín, así como respecto a lo establecido por la Norma E.070 (2006). Además, se infiere según el gráfico en que, a un menor y mayor porcentaje de Arcilla de Caolín, el comportamiento de las unidades de albañilería sometidas al ensayo de absorción se incrementaría ligeramente. Por otro lado, se aprecia que todas las unidades de albañilería con diferentes proporciones de Arcilla de Caolín están por debajo de los 22 % que establece la Norma E.070 (2006) para este tipo de ladrillos, esto nos da un indicativo de que sus procesos de elaboración de mezcla, secado y cocción fueron adecuados.

B. De la Ciudad de Jaén.

En la Tabla 44, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes a la Ladrillera A, presentan una absorción promedio de 21.01 %, la cual está por debajo del 22 % exigido por la NTE E.070 (2006), por lo cual se aceptan las unidades.

En la Tabla 45, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes a la Ladrillera B, presentan una absorción promedio de 20.04 %, la cual está por debajo del 22 % exigido por la NTE E.070 (2006), por lo cual se aceptan las unidades.

En la Tabla 46, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes a la Ladrillera C, presentan una absorción promedio de 13.29 %, la cual está por debajo del 22 % exigido por la NTE E.070 (2006), por lo cual se aceptan las unidades.

En la Tabla 47, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes a la Ladrillera D, presentan una absorción promedio de 15.04 %, la cual está por debajo del 22 % exigido por la NTE E.070 (2006), por lo cual se aceptan las unidades.

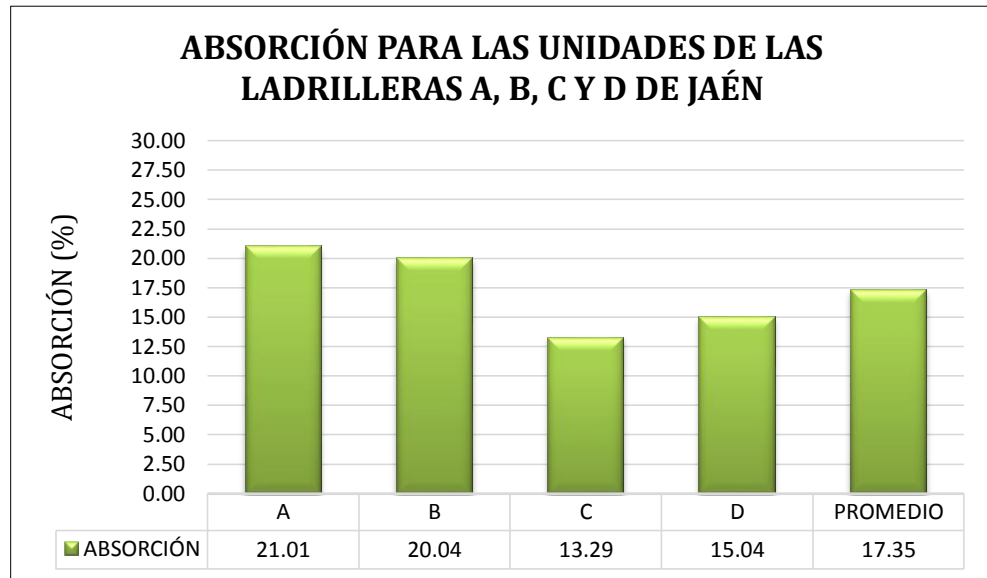


Gráfico 18. Absorción de unidades de las Ladrilleras A, B, C y D.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

En el Gráfico 18, se observa que las unidades de albañilería correspondientes a las Ladrilleras A y B presentaron una absorción similar, mientras que la que alcanzó un valor medio en absorción fue la Ladrillera D. Se aprecia en el gráfico que las unidades de albañilería de la Ladrillera C tuvieron un mejor comportamiento respecto a la absorción, pues presentaron un valor de 13.29 %, siendo el promedio más bajo de todo el grupo y el que más se aleja del valor de 22 % establecido por la Norma E.070 (2006). Sin embargo, y con la finalidad de obtener un valor que manifieste la representatividad de la absorción de las cuatro Ladrilleras, se consideró promediar los resultados obtenidos en ellos. De esta forma, se obtuvo un valor promedio de absorción equivalente a 17.35 %, el cual está por debajo del 22 % que estipula la Norma E.070 (2006) para este tipo de ladrillos. Este valor promedio es un indicador de que las unidades de albañilería de las Ladrilleras tuvieron un proceso de elaboración casi adecuado en su mezcla, secado y cocción.

C. Comparación de Absorción de Huamachuco y Jaén.

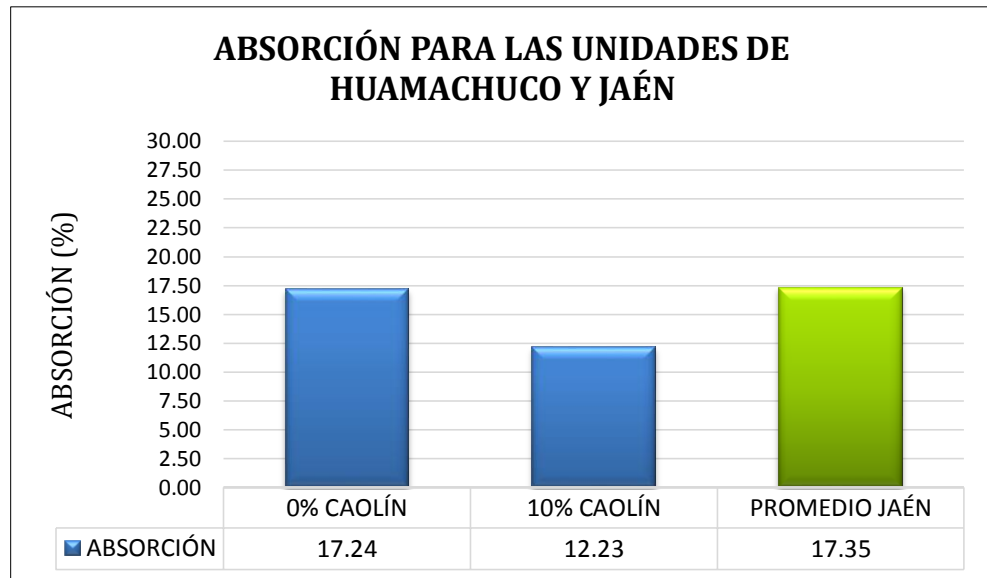


Gráfico 19. Absorción de unidades: Huamachuco vs Jaén.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Del Gráfico 19, se observa que la absorción promedio de las Ladrilleras de la Ciudad de Jaén es casi igual a las que presentan las unidades con 0 % de Arcilla de Caolín, pero, sin embargo, es mucho mayor a las que tienen 10 % de Arcilla de Caolín. Se hace esta comparación para verificar que las unidades de albañilería de las Ladrilleras presentan un similar comportamiento respecto a las de Huamachuco con 0 % de Arcilla de Caolín en el ensayo de absorción, lo cual da un indicador de que se tuvieron procedimientos de elaboración muy similares. Además, se puede apreciar cómo es que con la proporción correcta (10 %) de Arcilla de Caolín, se puede lograr disminuir el porcentaje de absorción respecto al de las Ladrilleras de la Ciudad de Jaén.

4.1.3 Ensayos a las pilas de albañilería.

4.1.3.1 De la Ciudad de Huamachuco.

De la Tabla 48, se observa que la resistencia característica promedio a compresión axial de las pilas de albañilería ($f'm$) correspondientes a unidades con 0 % de Arcilla de Caolín es de 37.71 kg/cm², el cual está por encima de los 35 kg/cm² establecido en la Tabla 9 de la NTE E.070 (2006) para ladrillos de arcilla King Kong artesanal.

De la Tabla 49, se observa que la resistencia característica promedio a compresión axial de las pilas de albañilería ($f'm$) correspondientes a unidades con 5 % de Arcilla de Caolín es de 46.46 kg/cm², el cual está por encima de los 35 kg/cm² establecido en la Tabla 9 de la NTE E.070 (2006) para ladrillos de arcilla King Kong artesanal.

De la Tabla 50, se observa que la resistencia característica promedio a compresión axial de las pilas de albañilería ($f'm$) correspondientes a unidades con 10 % de Arcilla de Caolín es de 65.89 kg/cm², el cual está por encima de los 35 kg/cm² establecido en la Tabla 9 de la NTE E.070 (2006) para ladrillos de arcilla King Kong artesanal.

De la Tabla 51, se observa que la resistencia característica promedio a compresión axial de las pilas de albañilería ($f'm$) correspondientes a unidades con 15 % de Arcilla de Caolín es de 52.81 kg/cm², el cual está por encima de los 35 kg/cm² establecido en la Tabla 9 de la NTE E.070 (2006) para ladrillos de arcilla King Kong artesanal.

De la Tabla 52, se observa que la resistencia característica promedio a compresión axial de las pilas de albañilería ($f'm$) correspondientes a unidades con 20 % de Arcilla de Caolín es de 32.58 kg/cm^2 , el cual está por debajo de los 35 kg/cm^2 establecido en la Tabla 9 de la NTE E.070 (2006) para ladrillos de arcilla King Kong artesanal.

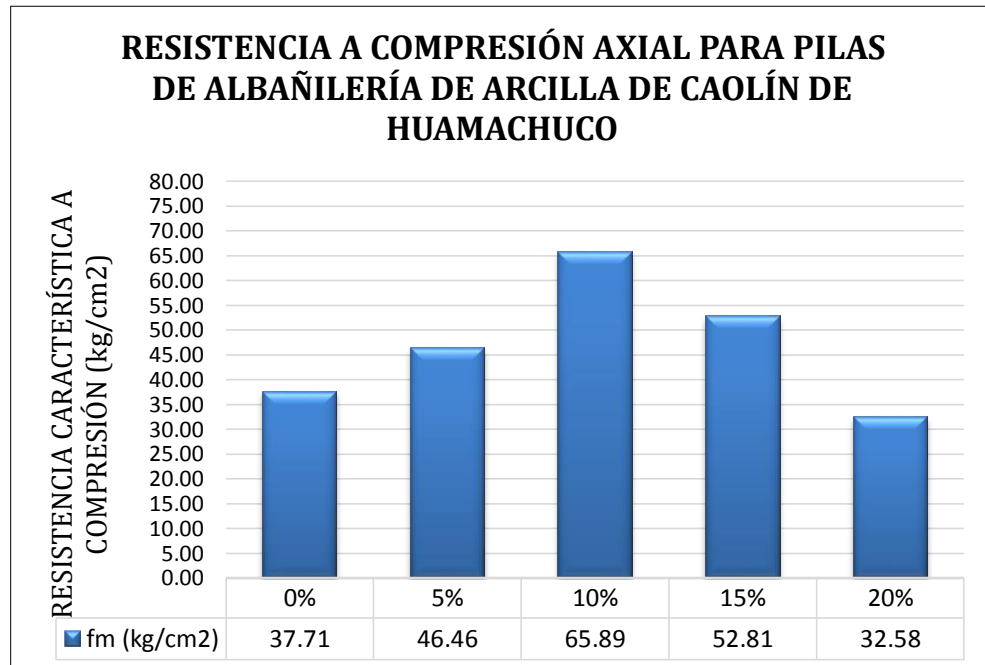


Gráfico 20. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería de Arcilla de Caolín.

Fuente: Cerna J, 2018, p. 122.

En el Gráfico 20, se observa cómo es que a medida que se va aumentando de 0 % a 10 % la Arcilla de Caolín, la resistencia a la compresión de las pilas de albañilería también se va incrementando de 37.71 kg/cm^2 hasta 65.89 kg/cm^2 . Y que cuando se sigue aumentando la proporción de Arcilla de Caolín en un 15 % y 20 %, la resistencia a la compresión empieza a disminuir. De esto, se deduce que, las pilas de albañilería con 10 % de Arcilla de Caolín presentaron un mejor comportamiento frente a las demás pilas con diferentes porcentajes. Además, se puede observar del gráfico también que, de todas las pilas

analizadas, no cumple con la resistencia mínima (35 kg/cm^2) requerida por la NTE E.070 (2006), la que tiene 20 % de Arcilla de Caolín.

4.1.3.2 *De la Ciudad de Jaén.*

De la Tabla 53, se observa que la resistencia característica promedio a compresión axial de las pilas de albañilería ($f'm$) correspondientes a la Ladrillera A es de 22.06 kg/cm^2 , el cual está por debajo de los 35 kg/cm^2 establecido en la Tabla 9 de la NTE E.070 (2006) para ladrillos de arcilla King Kong artesanal.

De la Tabla 54, se observa que la resistencia característica promedio a compresión axial de las pilas de albañilería ($f'm$) correspondientes a la Ladrillera B es de 22.84 kg/cm^2 , el cual está por debajo de los 35 kg/cm^2 establecido en la Tabla 9 de la NTE E.070 (2006) para ladrillos de arcilla King Kong artesanal.

De la Tabla 55, se observa que la resistencia característica promedio a compresión axial de las pilas de albañilería ($f'm$) correspondientes a la Ladrillera C es de 21.50 kg/cm^2 , el cual está por debajo de los 35 kg/cm^2 establecido en la Tabla 9 de la NTE E.070 (2006) para ladrillos de arcilla King Kong artesanal.

De la Tabla 56, se observa que la resistencia característica promedio a compresión axial de las pilas de albañilería ($f'm$) correspondientes a la Ladrillera D es de 22.16 kg/cm^2 , el cual está por debajo de los 35 kg/cm^2 establecido en la Tabla 9 de la NTE E.070 (2006) para ladrillos de arcilla King Kong artesanal.

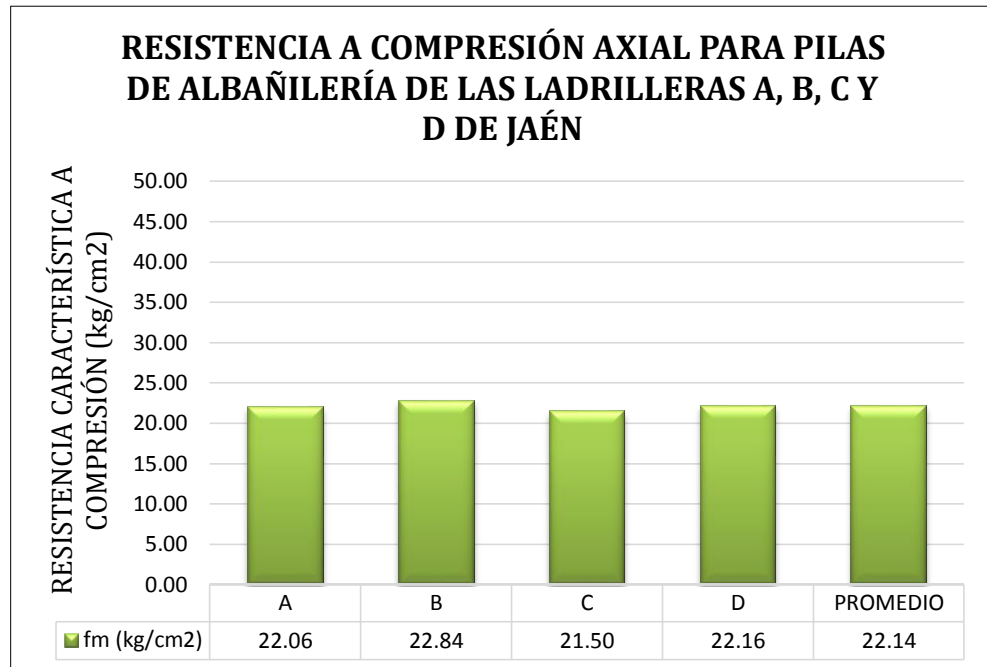


Gráfico 21. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería de las Ladrilleras A, B, C y D.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

En el Gráfico 21, se observa que las Ladrilleras A, B, C y D presentaron una resistencia a la compresión de pilas de albañilería muy similares entre sí, sin embargo, estos resultados no llegaron al valor mínimo de 35 kg/cm² requerida por la NTE E.070 (2006) para este tipo de material. Por consiguiente, y con la finalidad de obtener un valor que manifieste la representatividad de la resistencia a la compresión de pilas de albañilería de las cuatro Ladrilleras, se consideró promediar los resultados obtenidos en ellos. De esta forma, se obtuvo un valor promedio de la resistencia característica a la compresión para pilas de albañilería de 22.14 kg/cm², el cual está muy por debajo de los 35 kg/cm² que solicita como mínimo la Norma E.070 (2006) para este tipo de ladrillos.

4.1.3.3 Comparación de f_m de Pilas de Albañilería de Huamachuco y Jaén.

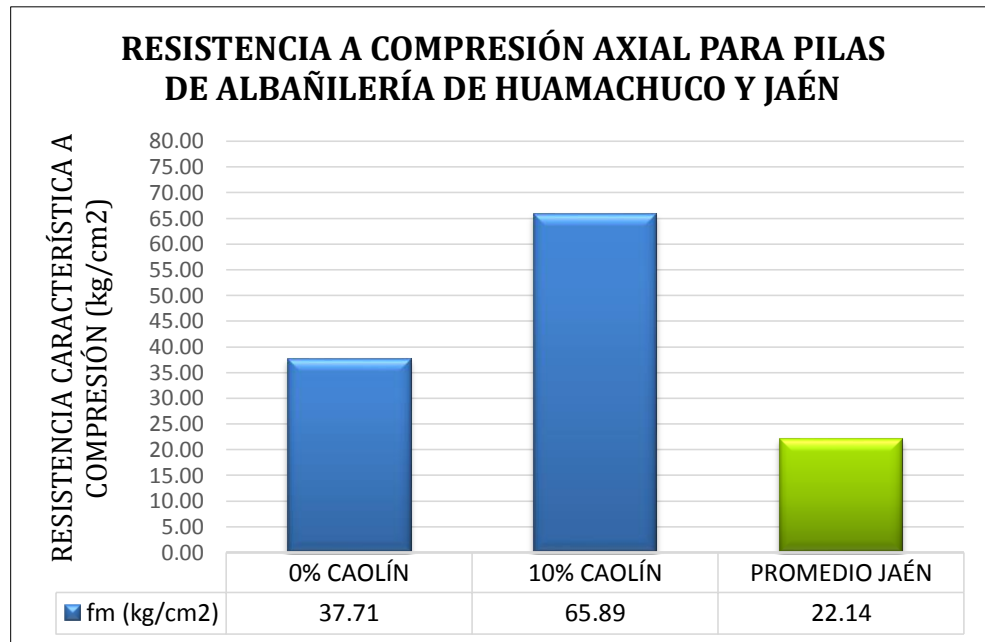


Gráfico 22. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería: Huamachuco vs Jaén.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Del Gráfico 22, se observa que la resistencia a la compresión axial promedio de pilas de albañilería de las Ladrilleras de la Ciudad de Jaén llega a ser muy inferior a las que presentan las pilas con 0 % de Arcilla de Caolín. También, se puede apreciar que tanto las pilas con 10 % de Arcilla de Caolín y las que no tienen caolín, superan la resistencia mínima establecida por la Norma E.070 (2006), en tanto que las pilas de las Ladrilleras de Jaén no llegan a superar este valor. Se hace esta comparación para verificar que la resistencia a la compresión axial de pilas de albañilería con la proporción correcta (10%) de Arcilla de Caolín, pueden lograr un incremento de hasta un 300 % respecto al de las pilas de las Ladrilleras de la Ciudad de Jaén.

4.1.4 Cuadro de resumen de los resultados.

4.1.4.1 De los ensayos a las unidades de albañilería.

Con la finalidad de lograr comprender acertadamente los ensayos clasificatorios y no clasificatorios realizados a las unidades de albañilería, tanto a las elaboradas con Arcilla de Caolín de la Ciudad de Huamachuco como al de las Ladrilleras de la Ciudad de Jaén, se dispone a presentar a continuación un cuadro de resumen comparativo entre la clasificación que estipula la Tabla 1 de la Norma E.070 (2006) y los resultados de dichos ensayos.

Asimismo, también se compararán los resultados de los ensayos de las unidades de albañilería con 0 % y 10 % de Arcilla de Caolín de la Ciudad de Huamachuco con el promedio de las cuatro Ladrilleras de la Ciudad de Jaén.

Cabe resaltar que se compararán para el caso de los ensayos clasificatorios del ladrillo, los resultados correspondientes a: variación dimensional, alabeo y resistencia a la compresión, y para el caso de los ensayos no clasificatorios, los resultados correspondientes a: succión y absorción.

Tabla 54. Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos clasificatorios del ladrillo para unidades con Arcilla de Caolín de Huamachuco y su comparación con la Norma E.070 (2006).

ENSAYOS	NORMA E.070 (2006)			UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON CAOLÍN DE LA CIUDAD DE HUAMACHUCO																				
				0 % CAOLÍN				5 % CAOLÍN				10 % CAOLÍN				15 % CAOLÍN				20 % CAOLÍN				
	CLASE	H	A	L	H	A	L	CLASIF.	H	A	L	CLASIF.	H	A	L	CLASIF.	H	A	L	CLASIF.	H	A	L	CLASIF.
VARIACIÓN DIMENSIONAL	TIPO I	± 8	± 6	± 4																				
	TIPO II	± 7	± 6	± 4																				
	TIPO III	± 5	± 4	± 3	1.07	0.87	1.20	V	0.18	0.13	0.23	V	0.04	0.09	0.20	V	0.06	0.71	0.40	V	0.33	0.77	0.56	V
	TIPO IV	± 4	± 3	± 2																				
	TIPO V	± 3	± 2	± 1																				
ALABEO	CLASE	ALABEO MAX. (mm)		ALABEO MAX. (mm)	CLASIF.	ALABEO MAX. (mm)		CLASIF.	ALABEO MAX. (mm)		CLASIF.	ALABEO MAX. (mm)		CLASIF.	ALABEO MAX. (mm)		CLASIF.							
	TIPO I	10																						
	TIPO II	8																						
	TIPO III	6		2.15	V	1.68		V	1.35		V	1.70		V	1.90		V							
	TIPO IV	4																						
TIPO V	2																							
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN	CLASE	f _b mínimo (kg/cm ²)		f _b (kg/cm ²)	CLASIF.	f _b (kg/cm ²)		CLASIF.	f _b (kg/cm ²)		CLASIF.	f _b (kg/cm ²)		CLASIF.	f _b (kg/cm ²)		CLASIF.							
	TIPO I	50																						
	TIPO II	70																						
	TIPO III	95		49.96	I	52.52		I	68.59		I	56.95		I	40.65		NC							
	TIPO IV	130																						
TIPO V	180																							
CLASIFICACIÓN DE LA UNIDAD ENSAYADA				TIPO	I	TIPO	I	TIPO	I	TIPO	I	TIPO	I	TIPO	I	TIPO	NC							

Fuente: Elaboración propia, 2021.

- En la Tabla 57, se observa que las unidades de albañilería con 0 %, 5 %, 10 % y 15 % de Arcilla de Caolín obtienen una clasificación de Tipo I, esto es porque se debe clasificar a la unidad con su resultado más desfavorable tal como lo sustenta San Bartolomé (2005), quien indica que, para poder clasificar una unidad de albañilería con fines estructurales, se deberá emplear los resultados más desfavorables de los ensayos indicados en la Tabla 1 de la Norma E.070 (2006).
- En la Tabla 57, se observa que las unidades de albañilería con 20 % de Arcilla de Caolín No Clasifica (NC) como unidad para fines estructurales, esto es porque el resultado del ensayo a compresión de la unidad arrojó un valor de 40.65 kg/cm^2 , no llegando a alcanzar el mínimo según lo indicado en la Tabla 1 de la Norma E.070 (2006).

Tabla 55. Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos clasificatorios del ladrillo para unidades de las Ladrilleras de Jaén y su comparación con la Norma E.070 (2006).

ENSAYOS	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE LAS LADRILLERAS DE LA CIUDAD DE JAÉN																							
	NORMA E.070 (2006)				LADRILLERA A				LADRILLERA B				LADRILLERA C				LADRILLERA D				PROMEDIO			
	CLASE	H	A	L	H	A	L	CLASIF.	H	A	L	CLASIF.	H	A	L	CLASIF.	H	A	L	CLASIF.	H	A	L	CLASIF.
VARIACIÓN DIMENSIONAL	TIPO I	± 8	± 6	± 4																				
	TIPO II	± 7	± 6	± 4																				
	TIPO III	± 5	± 4	± 3	1.82	2.05	0.87	V	2.17	1.34	0.77	V	2.61	1.29	1.80	V	2.37	1.29	1.00	V	2.24	1.49	1.11	V
	TIPO IV	± 4	± 3	± 2																				
	TIPO V	± 3	± 2	± 1																				
ALABEO	CLASE	ALABEO MAX. (mm)		CLASIF.	ALABEO MAX. (mm)		CLASIF.	ALABEO MAX. (mm)		CLASIF.	ALABEO MAX. (mm)		CLASIF.	ALABEO MAX. (mm)		CLASIF.								
	TIPO I	10																						
	TIPO II	8																						
	TIPO III	6		3.00	IV	1.66		V	2.14		V	2.08		V	2.22		V							
	TIPO IV	4																						
TIPO V	2																							
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN	CLASE	f _b mínimo (kg/cm ²)		f _b (kg/cm ²)	CLASIF.	f _b (kg/cm ²)		CLASIF.	f _b (kg/cm ²)		CLASIF.	f _b (kg/cm ²)		CLASIF.	f _b (kg/cm ²)		CLASIF.							
	TIPO I	50																						
	TIPO II	70																						
	TIPO III	95		37.37	NC	58.70		I	55.53		I	56.24		I	51.96		I							
	TIPO IV	130																						
TIPO V	180																							
CLASIFICACIÓN DE LA UNIDAD ENSAYADA				TIPO	NC	TIPO	I	TIPO	I	TIPO	I	TIPO	I	TIPO	I									

Fuente: Elaboración propia, 2021.

- En la Tabla 58, se observa que las unidades de albañilería de las Ladrilleras B, C y D obtienen una clasificación de Tipo I, esto es porque se debe clasificar a la unidad con su resultado más desfavorable tal como lo sustenta San Bartolomé (2005), quien indica que, para poder clasificar una unidad de albañilería con fines estructurales, se deberá emplear los resultados más desfavorables de los ensayos indicados en la Tabla 1 de la Norma E.070 (2006).
- En la Tabla 58, se observa que las unidades de albañilería de la Ladrillera A, No Clasifica (NC) como unidad para fines estructurales, esto es porque el resultado del ensayo a compresión de la unidad arrojó un valor de 37.37 kg/cm^2 , no llegando a alcanzar el mínimo según lo indicado en la Tabla 1 de la Norma E.070 (2006).
- En la Tabla 58, se observa que el promedio de las unidades de albañilería de las cuatro Ladrilleras obtiene una clasificación de Tipo I, esto es porque se debe clasificar a la unidad con su resultado más desfavorable tal como lo sustenta San Bartolomé (2005), quien indica que, para poder clasificar una unidad de albañilería con fines estructurales, se deberá emplear los resultados más desfavorables de los ensayos indicados en la Tabla 1 de la Norma E.070 (2006).

Tabla 56. Resumen de los ensayos clasificatorios del ladrillo para unidades con 0 % y 10 % de Arcilla de Caolín de Huamachuco y su comparación con las Ladrilleras de Jaén y la Norma E.070 (2006).

ENSAYOS	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON CAOLÍN DE LA CIUDAD DE HUAMACHUCO Y PROMEDIO DE LADRILLERAS DE LA CIUDAD DE JAÉN																
	NORMA E.070 (2006)				0 % CAOLÍN				10 % CAOLÍN				PROMEDIO JAÉN				
	CLASE	H	A	L	H	A	L	CLASIF.	H	A	L	CLASIF.	H	A	L	CLASIF.	
VARIACIÓN DIMENSIONAL	TIPO I	± 8	± 6	± 4													
	TIPO II	± 7	± 6	± 4													
	TIPO III	± 5	± 4	± 3	1.07	0.87	1.20	V	0.04	0.09	0.20	V	2.24	1.49	1.11	V	
	TIPO IV	± 4	± 3	± 2													
	TIPO V	± 3	± 2	± 1													
		CLASE	ALABEO MAX. (mm)		ALABEO MAX. (mm)		CLASIF.		ALABEO MAX. (mm)		CLASIF.		ALABEO MAX. (mm)		CLASIF.		
ALABEO	TIPO I	10															
	TIPO II	8															
	TIPO III	6		2.15		V		1.35		V		2.22		V			
	TIPO IV	4															
	TIPO V	2															
		CLASE	f _b mínimo (kg/cm ²)		f _b (kg/cm ²)		CLASIF.		f _b (kg/cm ²)		CLASIF.		f _b (kg/cm ²)		CLASIF.		
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN	TIPO I	50															
	TIPO II	70															
	TIPO III	95		49.96		I		68.59		I		51.96		I			
	TIPO IV	130															
	TIPO V	180															
	CLASIFICACIÓN DE LA UNIDAD ENSAYADA				TIPO		I		TIPO		I		TIPO		I		

Fuente: Elaboración propia, 2021.

- En la Tabla 59, se observa que el promedio de las unidades de albañilería de las Ladrilleras A, B, C y D de la Ciudad de Huamachuco obtienen una clasificación final de Tipo I, siendo la misma clasificación para las unidades con 0 % y 10 % de Arcilla de Caolín de la Ciudad de Huamachuco, en los cuales también se obtuvo una clasificación de Tipo I. De esto se infiere en que las unidades con 0% de Arcilla de Caolín y el promedio de las Ladrilleras, presentan un comportamiento muy similar respecto a los ensayos clasificatorios de Variación Dimensional, Alabeo y Resistencia a Compresión de la Unidad.

- En la Tabla 59, se observa también que las unidades de albañilería con 10 % de Arcilla de Caolín, están cerca de clasificar como Tipo II, pues el valor de su f_b mínimo es de 68.59 kg/cm^2 y está muy cerca a los 70 kg/cm^2 como mínimo que estipula la Norma E.070 (2006) en su Tabla 1 para clasificar a una unidad como Tipo II.

Tabla 57. Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos no clasificatorios del ladrillo para unidades con Arcilla de Caolín de Huamachuco y su comparación con la Norma E.070 (2006).

ENSAYOS	NORMA E.070 (2006)	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON CAOLÍN DE LA CIUDAD DE HUAMACHUCO									
		0 % CAOLÍN			5 % CAOLÍN		10 % CAOLÍN		15 % CAOLÍN		20 % CAOLÍN
SUCCIÓN	S (g/200cm ² -min)	S (g/200cm ² -min)	ESTADO	S (g/200cm ² -min)	ESTADO	S (g/200cm ² -min)	ESTADO	S (g/200cm ² -min)	ESTADO	S (g/200cm ² -min)	ESTADO
	10 - 20	139.39	NC	116.76	NC	79.96	NC	87.25	NC	101.84	NC
ABSORCIÓN	A (%)	A (%)	ESTADO	A (%)	ESTADO	A (%)	ESTADO	A (%)	ESTADO	A (%)	ESTADO
	< 22	17.24	C	14.67	C	12.23	C	12.97	C	13.94	C

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla 58. Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos no clasificatorios del ladrillo para unidades de las Ladrilleras de Jaén y su comparación con la Norma E.070 (2006).

ENSAYOS	NORMA E.070 (2006)	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE LAS LADRILLERAS DE LA CIUDAD DE JAÉN									
		LADRILLERA A			LADRILLERA B		LADRILLERA C		LADRILLERA D		PROMEDIO
SUCCIÓN	S (g/200cm ² -min)	S (g/200cm ² -min)	ESTADO	S (g/200cm ² -min)	ESTADO	S (g/200cm ² -min)	ESTADO	S (g/200cm ² -min)	ESTADO	S (g/200cm ² -min)	ESTADO
	10 - 20	86.71	NC	65.95	NC	49.92	NC	66.15	NC	67.18	NC
ABSORCIÓN	A (%)	A (%)	ESTADO	A (%)	ESTADO	A (%)	ESTADO	A (%)	ESTADO	A (%)	ESTADO
	< 22	21.01	C	20.04	C	13.29	C	15.04	C	17.35	C

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Del ensayo de succión.

- En la Tabla 60, se observa que las unidades de albañilería con 0 %, 5 %, 15 % y 20 % de Arcilla de Caolín presentan una succión bastante elevada y No Clasifican (NC) según lo estipula la Norma E.070 (2006), esto nos indica que estas unidades deberán ser regadas antes de su asentado. Además, las unidades con 10 % de Arcilla de Caolín son las que presentaron un valor más bajo en el ensayo de succión, pero, sin embargo, No Clasifica (NC) según la Norma de Albañilería E.070, por lo que también deberán ser regadas durante 30 minutos, entre 10 y 15 horas antes de su asentado.

- En la Tabla 61, se observa que las unidades de albañilería de las Ladrilleras A, B, C y D presentan una succión no muy elevada, sin embargo, No Clasifican (NC) según lo estipula la Norma E.070 (2006), por lo que estas unidades deberán ser regadas antes de su asentado. Además, se aprecia en la tabla que el valor de succión promedio de las cuatro Ladrilleras, se encuentra por encima del rango de succión que demanda Norma de Albañilería E.070, por lo que también deberán ser regadas durante 30 minutos, entre 10 y 15 horas antes de su asentado.

Del ensayo de absorción.

- En la Tabla 60, se observa que las unidades de albañilería con 0 %, 5 %, 15 % y 20 % de Arcilla de Caolín presentan una absorción apropiada, y por lo tanto Clasifican (C) según lo estipula la Norma E.070 (2006). Además, las unidades con 10 % de Arcilla de Caolín son las que

presentaron un mejor comportamiento frente al ensayo de absorción, logrando destacarse y clasificar también según la Norma de Albañilería E.070, la cual estipula que las unidades de albañilería del tipo artesanal deberán presentar un grado de absorción no mayor del 22 %.

- En la Tabla 61, se observa que las unidades de albañilería de las Ladrilleras A y B presentan una absorción bastante cercana al máximo permitido por la Norma E.070 (2006). Por otro lado, se aprecia también que las unidades de albañilería de las Ladrilleras C y D fueron las que tuvieron un mejor comportamiento en el ensayo de absorción. Además, la media de absorción de las cuatro Ladrilleras, es un valor bastante aceptable, el cual permite la aceptación de las unidades pues se encuentra por debajo del 22 % máximo permitido por la Norma E.070 “Albañilería” (2006).

Tabla 59. Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos no clasificatorios del ladrillo para unidades con 0 % y 10 % de Arcilla de Caolín de Huamachuco y su comparación con el Promedio de las Ladrilleras de Jaén.

ENSAYOS	NORMA E.070 (2006)	COMPARACIÓN DE SUCCIÓN Y ABSORCIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON CAOLÍN DE LA CIUDAD DE HUAMACHUCO Y PROMEDIO DE LADRILLERAS DE LA CIUDAD DE JAÉN									
		0 % CAOLÍN			10 % CAOLÍN		PROMEDIO vs 0 % CAOLÍN		PROMEDIO vs 10 % CAOLÍN		
SUCCIÓN	S (g/200cm ² -min)	S (g/200cm ² -min)	ESTADO	S (g/200cm ² -min)	ESTADO	S (g/200cm ² -min)	ESTADO	PROM vs 0 %	S (g/200cm ² -min)	ESTADO	PROM vs 10 %
	10 - 20	139.39	NC	79.96	NC	67.18	NC	-51.80 %	67.18	NC	-15.98 %
ABSORCIÓN	A (%)	A (%)	ESTADO	A (%)	ESTADO	A (%)	ESTADO	PROM vs 0 %	A (%)	ESTADO	PROM vs 10 %
	< 22	17.24	C	12.23	C	17.35	C	+0.64 %	17.35	C	+41.86 %

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Del ensayo de succión.

- En la Tabla 62, se observa que el promedio de las unidades de albañilería de las Ladrilleras, presenta un 51.80 % menos de las que muestras con 0 % de Arcilla de Caolín, y un 15.98 % menos de las muestras con 10 % de Arcilla de Caolín. De este análisis se puede decir que las unidades de las Ladrilleras de la Ciudad de Jaén presentan un mejor comportamiento en relación al ensayo de succión, sin embargo, esto no es determinante pues corresponde a un ensayo no clasificatorio de la albañilería.

Del ensayo de absorción.

- En la Tabla 62, se observa que el promedio de las unidades de albañilería de las Ladrilleras de la Ciudad de Jaén, supera en un 0.64 % a las muestras que tienen 0 % de Arcilla de Caolín, asimismo, se observa que el incremento en el grado de absorción respecto al de las unidades con 10 % de Arcilla de Caolín es de 41.85 %. De este análisis se puede decir que las unidades de albañilería de la Ciudad de Huamachuco tienen un mejor comportamiento en relación al ensayo de absorción, sin embargo, tanto las unidades de Jaén como de Huamachuco clasifican dentro de este tipo de ensayo a pesar de las diferencias entre ellos.

4.1.4.2 De los ensayos a las pilas de albañilería.

Con la finalidad de lograr comprender adecuadamente los ensayos a compresión realizados a las unidades y pilas de albañilería y el comportamiento de estas muestras, se presenta a continuación un cuadro de resumen comparativo entre el valor que estipula la Tabla 9 de la Norma E.070 (2006) para las unidades de arcilla King Kong artesanal y los resultados de los ensayos realizados tanto a las unidades y pilas de albañilería correspondientes a las muestras de la Ciudad de Huamachuco y a las muestras de la Ciudad de Jaén.

Asimismo, también se compararán los resultados de los ensayos de las muestras con 0 % y 10 % de Arcilla de Caolín de la Ciudad de Huamachuco con el promedio de las cuatro Ladrilleras de la Ciudad de Jaén.

Cabe resaltar que se compararán los resultados de: compresión para las unidades de albañilería y de compresión axial para las pilas de albañilería.

Tabla 60. Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de Resistencia a la Compresión Axial de muestras con Arcilla de Caolín de Huamachuco y su comparación con la Norma E.070 (2006).

UNIDADES Y PILAS DE ALBAÑILERÍA CON CAOLÍN DE LA CIUDAD DE HUAMACHUCO											
NORMA E.070 (2006)	0 % CAOLÍN			5 % CAOLÍN		10 % CAOLÍN		15 % CAOLÍN		20 % CAOLÍN	
f' _b mínimo (kg/cm ²)	f' _b (kg/cm ²)	0% vs E.070	f' _b (kg/cm ²)	5% vs E.070	f' _b (kg/cm ²)	10% vs E.070	f' _b (kg/cm ²)	15% vs E.070	f' _b (kg/cm ²)	20% vs E.070	
55.00	49.96	-9.16%	52.52	-4.51%	68.59	+24.71%	56.95	+3.55%	40.65	-26.09%	
f' _m mínimo (kg/cm ²)	f' _m (kg/cm ²)	0% vs E.070	f' _m (kg/cm ²)	5% vs E.070	f' _m (kg/cm ²)	10% vs E.070	f' _m (kg/cm ²)	15% vs E.070	f' _m (kg/cm ²)	20% vs E.070	
35.00	37.71	+7.74%	46.46	+32.74%	65.89	+88.26%	52.81	+50.89%	32.58	-6.91%	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Tabla 61. Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de Resistencia a la Compresión Axial de muestras de las Ladrilleras de Jaén y su comparación con la Norma E.070 (2006).

UNIDADES Y PILAS DE ALBAÑILERÍA DE LAS LADRILLERAS DE LA CIUDAD DE JAÉN											
NORMA E.070 (2006)	LADRILLERA A			LADRILLERA B		LADRILLERA C		LADRILLERA D		PROMEDIO	
f' _b mínimo (kg/cm ²)	f' _b (kg/cm ²)	A vs E.070	f' _b (kg/cm ²)	B vs E.070	f' _b (kg/cm ²)	C vs E.070	f' _b (kg/cm ²)	D vs E.070	f' _b (kg/cm ²)	P vs E.070	
55.00	37.37	-32.05%	58.70	+6.73%	55.53	+0.96%	56.24	+2.25%	51.96	-5.53%	
f' _m mínimo (kg/cm ²)	f' _m (kg/cm ²)	A vs E.070	f' _m (kg/cm ²)	B vs E.070	f' _m (kg/cm ²)	C vs E.070	f' _m (kg/cm ²)	D vs E.070	f' _m (kg/cm ²)	P vs E.070	
35.00	22.06	-36.97%	22.84	-34.74%	21.50	-38.57%	22.16	-36.69%	22.14	-36.74%	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Del ensayo a Compresión Axial de las unidades.

- En la Tabla 63, se observa que las unidades de albañilería con 0 %, 5 % y 20 % de Arcilla de Caolín presentan una disminución de 9.16 %, 4.51 % y 26.09 %, respectivamente, según el valor de la Tabla 9 de la Norma E.070 (2006), esto nos indica que estas unidades (5 % y 20 %) tuvieron un comportamiento negativo ante la adición de una mínima y máxima cantidad de Arcilla de Caolín. Por otro lado, las unidades con 10 % de Arcilla de Caolín son las que presentaron un mejor comportamiento en este tipo de ensayos, pues obtuvieron un incremento de 24.71 % respecto al valor establecido según la Norma de Albañilería E.070.

- En la Tabla 64, se observa que las unidades de albañilería de la Ladrillera A presentaron una disminución de 32.05 %, según el valor de la Tabla 9 de la Norma E.070 (2006), lo cual nos indica que estas unidades tuvieron un comportamiento negativo para este tipo de ensayo. Por otro lado, las unidades de las Ladrilleras B, C y D son las que presentaron un mejor comportamiento en este tipo de ensayos, pues obtuvieron un incremento de 6.73 %, 0.96 % y 2.25 %, respectivamente en relación con el valor establecido por la Norma de Albañilería E.070. De modo general, el promedio de estas cuatro Ladrilleras tuvo un comportamiento negativo frente a cargas axiales en sus unidades, pues presentaron un 5.53 % menos de lo estipulado en la Tabla 9 de la Norma E.070 (2006) para este tipo de unidades.

Del ensayo a Compresión Axial de las pilas.

- En la Tabla 63, se observa que las pilas de albañilería con 20 % de Arcilla de Caolín presentaron una disminución de 6.91 % según el valor de la Tabla 9 de la Norma E.070 (2006), esto nos indica que estas pilas tuvieron un comportamiento negativo ante la adición de una máxima cantidad de Arcilla de Caolín. Por otro lado, las pilas con 0 %, 5 %, 10 % y 15 % de Arcilla de Caolín son las que presentaron un mejor comportamiento en este tipo de ensayos, pues obtuvieron un incremento de 7.74 %, 32.74 %, 88.26 % y 50.89 %, respectivamente, respecto al valor establecido según la Norma de Albañilería E.070. De estos 4, la proporción con 10 % de Arcilla de Caolín fue la que presentó un comportamiento muy óptimo llegando casi al doble de resistencia que demanda la Norma E.070 para este tipo de muestras.

- En la Tabla 64, se observa que las pilas de albañilería de las Ladrilleras A, B, C y D y el promedio de estas presentaron una disminución de 36.97 %, 34.74 %, 38.57 %, 36.69% y 36.74 %, respectivamente, según el valor de la Tabla 9 de la Norma E.070 (2006) para este tipo de muestras, lo cual nos indica que estas pilas tuvieron un comportamiento bastante negativo para este tipo de ensayo.

Tabla 62. Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de Resistencia a la Compresión Axial de muestras con Arcilla de Caolín de Huamachuco y su comparación con el promedio de las Ladrilleras de Jaén.

COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE UNIDADES Y PILAS DE ALBAÑILERÍA CON CAOLÍN DE LA CIUDAD DE HUAMACHUCO Y PROMEDIO DE LADRILLERAS DE LA CIUDAD DE JAÉN											
NORMA E.070 (2006)	0 % CAOLÍN			10 % CAOLÍN		PROMEDIO VS 0 % CAOLÍN		PROMEDIO VS 10 % CAOLÍN		10 % CAOLÍN VS PROMEDIO	
f' _b mínimo (kg/cm ²)	f' _b (kg/cm ²)	0% vs E.070	f' _b (kg/cm ²)	10% vs E.070	f' _b (kg/cm ²)	P vs 0%	f' _b (kg/cm ²)	P vs 10%	f' _b (kg/cm ²)	10% vs P	
55.00	49.96	-9.16%	68.59	+24.71%	51.96	+4.00%	51.96	-24.25%	68.59	+32.00%	
f' _m mínimo (kg/cm ²)	f' _m (kg/cm ²)	0% vs E.070	f' _m (kg/cm ²)	10% vs E.070	f' _m (kg/cm ²)	P vs 0%	f' _m (kg/cm ²)	P vs 10%	f' _m (kg/cm ²)	10% vs P	
35.00	37.71	+7.74%	65.89	+88.26%	22.14	-41.29%	22.14	-66.40%	65.89	+197.61%	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Del ensayo a Compresión Axial de las unidades.

- En la Tabla 65, se observa que las unidades de albañilería del promedio de las cuatro Ladrilleras presentaron un incremento del 4 % respecto a las unidades con 0 % de Arcilla de Caolín, y una disminución del 24.25 % respecto a las unidades con 10 % de Arcilla de Caolín, esto nos indica que las unidades con 10 % de Arcilla de Caolín tuvieron un comportamiento muy favorable ante la adición de la proporción adecuada de este aditivo, pues incrementó su resistencia en un 32 % respecto al promedio de las cuatro Ladrilleras.

Del ensayo a Compresión Axial de las pilas.

- En la Tabla 65, se observa que las pilas de albañilería del promedio de las cuatro Ladrilleras presentaron una disminución del 41.29 % respecto a las pilas con 0 % de Arcilla de Caolín, y una disminución del 66.40 % respecto a las pilas con 10 % de Arcilla de Caolín, esto nos indica que las pilas con 10 % de Arcilla de Caolín tuvieron un comportamiento muy favorable ante la adición de la proporción adecuada de este aditivo, pues incrementó su resistencia en un 197.61 % respecto al promedio de las cuatro Ladrilleras.

4.2 Conclusiones

- a) Se verificaron los valores f'_b y f'_m de las unidades y pilas elaboradas con arcilla de caolín de la ciudad de Huamachuco y de las unidades y pilas elaboradas con ladrillos de arcilla de la ciudad de Jaén, estos resultados son para el caso de f'_b con 0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 % de Arcilla de Caolín de: 49.96 kg/cm², 52.52 kg/cm², 68.59 kg/cm², 56.95 kg/cm² y 40.65 kg/cm², respectivamente, y para el caso de f'_b promedio de las Ladrilleras de 51.96 kg/cm²; mientras que para el caso de f'_m con 0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 % de Arcilla de Caolín de: 37.71 kg/cm², 46.46 kg/cm², 65.89 kg/cm², 52.81 kg/cm² y 32.58 kg/cm², respectivamente, y para el caso de f'_m promedio de las Ladrilleras de 22.14 kg/cm² (p. 135, 137, 150 y 152).
- b) Se compararon los valores f'_b y f'_m de las unidades y pilas elaboradas con Arcilla de Caolín de la ciudad de Huamachuco y de las unidades y pilas elaboradas con ladrillos de arcilla de la ciudad de Jaén, llegando a la conclusión que el promedio de las Ladrilleras de Jaén respecto al valor de f'_b es muy similar a las que presentan las unidades con 0 % de Arcilla de Caolín, sin embargo, las unidades con 10 % de Arcilla de Caolín tienen un mejor comportamiento frente al promedio de las cuatro Ladrilleras, pues superan de forma considerable el valor del f'_b promedio de estas Ladrilleras. Por otro lado, el promedio de las Ladrilleras de Jaén respecto al valor de f'_m están muy por debajo de las que presentan las unidades con 0 % y 10 % de Arcilla de Caolín, sobre todo la proporción del 10 % de Arcilla de Caolín, el cual incrementó su resistencia de forma abrumadora respecto al de las Ladrilleras. (p. 170).
- c) Se obtuvo la variación de los valores de f'_b y f'_m de las unidades y pilas elaboradas con Arcilla de Caolín de la ciudad de Huamachuco y de las unidades y pilas elaboradas con ladrillos de arcilla de la ciudad de Jaén, llegando a la conclusión que el promedio

de las Ladrilleras de Jaén respecto al valor de f'_b superó en un 4 % a las que presentan las unidades con 0 % de Arcilla de Caolín, sin embargo, las unidades con 10 % de Arcilla de Caolín tienen un mejor comportamiento frente al promedio de las cuatro Ladrilleras, pues superaron en un 32 % el valor del f'_b promedio de estas Ladrilleras. Por otro lado, el promedio de las Ladrilleras de Jaén respecto al valor de f'_m están muy por debajo de las que presentan las pilas con 0 % y 10 % de Arcilla de Caolín, obteniendo variaciones de 41.29 % y 66.40 %, respectivamente, sobre todo la proporción del 10 % de Arcilla de Caolín, el cual presenta una resistencia del 197.61 % más de las que presentan el promedio de las cuatro Ladrilleras. (p. 170).

4.3 Recomendaciones

- a) Se recomienda verificar que las muestras a analizar manifiesten cierta homogeneidad en sus propiedades físicas y mecánicas, así como una similitud en los procesos de elaboración, tanto en las muestras con las proporciones de Arcilla de Caolín de la Ciudad de Huamachuco, así como de las muestras de las Ladrilleras de la Ciudad de Jaén, con la finalidad de obtener resultados más precisos entre los grupos de estudio.
- b) Es recomendable tener los conocimientos referentes a la albañilería como lo son sus propiedades físicas y mecánicas, con la finalidad de realizar las comparaciones apropiadamente. Asimismo, fomentar la investigación entre los artesanos ladrilleros y despertar su interés en el uso de otros aditivos y sus respectivas proporciones para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de sus ladrillos y de esta manera, obtener un comportamiento homogéneo entre sí.
- c) Se recomienda utilizar ladrillos homogéneos en sus propiedades físicas y mecánicas, con el objetivo de lograr uniformidad y relación entre los ensayos de resistencia a la compresión axial de unidades y pilas, porque como sabemos, el comportamiento real de un ladrillo se da en conjunto, es decir, como albañilería, y de nada serviría que presente una buena resistencia como unidad, si finalmente como albañilería los resultados están muy por debajo de lo estipulado según la Norma E.070 (2006).

REFERENCIAS

- Aceros Arequipa. (2010). Manual del Maestro Constructor. Lima: CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.
- Arango, J. (2002). Análisis, Diseño y Construcción en Albañilería. Lima: Capítulo Peruano ACI.
- Arquínigo, W. N. (2011). Propuesta para mejorar la calidad estructural de los ladrillos artesanales de arcilla cocida de Huánuco. (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Bonilla, D. E. (2006). Factores de corrección de la resistencia en compresión de prismas de albañilería por efectos de esbeltez. (Tesis de Licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Cantú, A. D., de Mendoza, M. L., Gallina, M. & Tempestti, J. M. (2007). Determinación de los estándares mínimos de calidad a cumplir por los ladrillos cerámicos macizos de fabricación artesanal. Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería 2007. Recuperado de <http://cetarq.com/wp-content/uploads/2016/05/ladrillones.pdf>
- Colacce, C., Leao, C., & Pastorino, D. (2005). MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL. Instituto de Estructuras y Transporte.
- Gallegos, H. & Casabonne, C. (2005). Albañilería estructural. (3.a ed.). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- García, C. A. (2013). Evaluación de la calidad de ladrillos artesanales King Kong según prácticas de fabricación en el sector Fila Alta de la ciudad de Jaén. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2014). Anuario de edificaciones. [En línea] Recuperado de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Encuesta_Edificaciones/2014/Edificaciones2014_Presen.pdf

- Lulichac, F. C. (2015). Determinación de las Propiedades Físico – Mecánicas de las Unidades de Albañilería en la Provincia de Cajamarca. (Tesis de Licenciatura). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Cerna, J. (2018). “Influencia de la Arcilla de Caolín en la Resistencia a Compresión Axial de Pilas de Albañilería Fabricadas Con Ladrillo De Arcilla Artesanal King Kong, (Tesis de Licenciatura). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- Muñoz, Y. (2014). “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” (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Mego, A. (2013). Evaluación de las propiedades físico – mecánicas de los ladrillos King Kong producidos en el sector de Fila Alta, Jaén, Cajamarca. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Ministerio de la Producción (2010). Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales. Perú: Despacho Viceministerial de MYPE e Industria.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008). Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- Molocho, J. A. (2019). Propiedades Físico – Mecánicas de Unidades de Albañilería de tres Ladrilleras Artesanales en función de la Norma E.070, Distrito de Bambamarca – Cajamarca. (Tesis de Licenciatura). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Norma Técnica de Edificación E.070 (2006). Albañilería. Perú: MACRO.
- Programa Regional de Aire Limpio (2009). Detrás de los ladrillos: Una gestión integral para el sector informal. Lima, Perú.
- Rebaza, P. F. (2018) Propiedades Físico – Mecánicas del ladrillo artesanal y maquinado producido en la Ciudad de Trujillo. (Tesis de Licenciatura). Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú.

- Ruíz, D. M. (2015) Influencia de la adición de Vidrio triturado en la Resistencia a la Compresión Axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca. (Tesis de Licenciatura). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Sáenz, M. C. (2016). Influencia del espesor de la junta de mortero en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería. (Tesis de Licenciatura). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- San Bartolomé, A. (1994). Construcciones de Albañilería - Comportamiento Sísmico y Estructural. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- San Bartolomé, A. (2005). Comentarios a la Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería, Perú.
- San Bartolomé, Á., Quiun, D., & Silva, W. (2011). Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería. Lima: PUCP.
- Tapia, C. (2015) Evaluación de las características Físicas - Mecánicas de la Albañilería producida artesanalmente en los Centros Poblados de Manzanamayo y San José del Distrito de Baños del Inca - Cajamarca. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Urbina, C. J. (2015). Influencia de la temperatura de cocción sobre la contracción, absorción y resistencia a la compresión en ladrillos de arcilla cocidos. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.

ANEXOS

Anexo N° 01: Matriz de consistencia de la investigación.

Tabla 63. *Matriz de consistencia de la investigación.*

Problema General	Objetivos	Marco teórico	Hipótesis	Variables	Metodología
¿Cuál es el comportamiento de los ladrillos artesanales de arcilla en su resistencia a la compresión axial entre unidades y pilas de albañilería elaboradas con arcilla de caolín de la ciudad de Huamachuco y unidades y pilas de la ciudad de Jaén?	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar el comportamiento de los ladrillos artesanales de arcilla en su resistencia a la compresión axial entre unidades y pilas de albañilería elaboradas con arcilla de caolín de la ciudad de Huamachuco y unidades y pilas de la ciudad de Jaén.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>a) Verificar los valores de f'b y f'm de las unidades y pilas elaboradas con arcilla de caolín de la ciudad de Huamachuco y de las unidades y pilas elaboradas con ladrillos de arcilla de la ciudad de Jaén.</p> <p>b) Comparar los valores de f'b y f'm de las unidades y pilas elaboradas con arcilla de caolín de la ciudad de Huamachuco con las unidades y pilas elaboradas con ladrillos de arcilla de la ciudad de Jaén.</p> <p>c) Obtener la variación de los valores de f'b y f'm de las unidades y pilas elaboradas con arcilla de caolín de la ciudad de Huamachuco con las unidades y pilas elaboradas con ladrillos de arcilla de la ciudad de Jaén.</p>	<p>Antecedentes Nacionales:</p> <p>A. (Lulichac F, 2015) en su tesis titulada “Determinación de las Propiedades Físico – Mecánicas de las Unidades de Albañilería en la Provincia de Cajamarca”.</p> <p>B. (Molocho J, 2019) en su tesis titulada “Propiedades Físico – Mecánicas de Unidades de Albañilería de tres Ladrilleras Artesanales en función de la Norma E.070, Distrito de Bambamarca - Cajamarca”.</p> <p>C. (Tapia C, 2015) en su tesis titulada “Evaluación de las características Físicas - Mecánicas de la Albañilería producida artesanalmente en los Centros Poblados de Manzanamayo y San José del Distrito de Baños del Inca - Cajamarca”.</p> <p>D. (Ruíz D, 2015) en su tesis titulada “Influencia de la adición de Vidrio triturado en la Resistencia a la Compresión Axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca, 2015”.</p> <p>E. (Mego A, 2013) en su tesis titulada “Evaluación de las propiedades físico – mecánicas de los ladrillos King Kong producidos en el sector de Fila Alta, Jaén, Cajamarca”.</p> <p>Antecedentes Locales:</p> <p>A. (Rebaza P, 2018) en su tesis titulada “Propiedades Físico – Mecánicas del ladrillo artesanal y maquinado producido en la Ciudad de Trujillo, 2018”.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>La resistencia a la compresión axial entre unidades y pilas de albañilería elaboradas con arcilla de caolín de la ciudad de Huamachuco y unidades y pilas de la ciudad de Jaén determinará el comportamiento de los ladrillos artesanales de arcilla.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>a) Es posible verificar los valores de f'b y f'm de las unidades y pilas elaboradas con arcilla de caolín de la ciudad de Huamachuco y de las unidades y pilas elaboradas con ladrillos de arcilla de la ciudad de Jaén.</p> <p>b) Los valores de f'b y f'm de las unidades y pilas elaboradas con arcilla de caolín de la ciudad de Huamachuco se pueden comparar con las unidades y pilas elaboradas con ladrillos de arcilla de la ciudad de Jaén.</p> <p>c) Entre los resultados de f'b y f'm de las unidades y pilas elaboradas con arcilla de caolín de la ciudad de Huamachuco con las unidades y pilas elaboradas con ladrillos de arcilla de la ciudad de Jaén, se puede obtener la variación de estos valores.</p>	<p>Variable independiente:</p> <p>Comportamiento de ladrillos artesanales de arcilla: El comportamiento de un ladrillo se refiere a la reacción que presenta frente a diferentes sollicitaciones.</p> <p>Variable dependiente:</p> <p>Resistencia a compresión axial: Los valores altos señalan buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio son muestra de unidades que producirán albañilería poco resistente y durable.</p>	<p>Diseño de investigación:</p> <p>Investigación descriptiva y correlacional.</p> <p>Unidad de estudio:</p> <p>La unidad de estudio corresponde a la unidad y pila propias de las áreas de estudio, tanto de la Ciudad de Huamachuco como de la Ciudad de Jaén. Esta unidad y pila de la Ciudad de Huamachuco y de la Ciudad de Jaén serán comparadas entre sí y con la Norma E.070, a fin de determinar las diferencias entre ellas.</p> <p>Población:</p> <p>La población está constituida por todas las unidades y pilas de albañilería, que fueron elaboradas en ambas ciudades, las cuales serán sometidas a ensayos de: variación dimensional, alabeo, succión, absorción y resistencia a la compresión axial para el caso de las unidades de albañilería; y resistencia a la compresión axial para el caso de las pilas de albañilería.</p> <p>Muestra:</p> <p>Debido al tipo de investigación, el muestreo corresponde a las que se tomaron en cada una de las investigaciones correlacionadas.</p>

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Anexo N° 02: Recopilación de datos para los ensayos a las muestras de Huamachuco.

Espécimen	Largo (cm)			Ancho (cm)			Alto (cm)		
	Dimensión nominal (cm)	Dimensión promedio (cm)	Variación dimensional (%)	Dimensión nominal (cm)	Dimensión promedio (cm)	Variación dimensional (%)	Dimensión nominal (cm)	Dimensión promedio (cm)	Variación dimensional (%)
0 % - 1	22,40	21,96	1,96	13,20	12,97	1,72	8,30	8,25	0,63
0 % - 2	22,40	22,21	0,85	13,20	13,11	0,70	8,30	8,26	0,54
0 % - 3	22,40	22,22	0,80	13,20	13,06	1,06	8,30	8,23	0,84
0 % - 4	22,40	22,17	1,03	13,20	13,31	-0,83	8,30	8,09	2,50
0 % - 5	22,40	22,11	1,32	13,20	13,01	1,44	8,30	8,19	1,30
0 % - 6	22,40	22,19	0,94	13,20	13,33	-1,00	8,30	8,07	2,77
0 % - 7	22,40	22,06	1,51	13,20	12,99	1,59	8,30	8,27	0,33
0 % - 8	22,40	22,00	1,79	13,20	12,97	1,76	8,30	8,25	0,66
0 % - 9	22,40	22,20	0,90	13,20	13,07	1,02	8,30	8,32	-0,24
0 % - 10	22,40	22,21	0,87	13,20	13,04	1,25	8,30	8,19	1,39
Promedio		22,13	1,20		13,09	0,87		8,21	1,07
Desviación estándar		0,09			0,13			0,08	
Coefficiente de variación (%)		0,43			1,01			0,96	

Figura 3. Resultados del ensayo de variación dimensional de unidades con 0 % de Arcilla de Caolín.

Fuente: Cerna J, 2018, p. 85.

Especímen	Largo				Promedio (cm)
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	
0% - 1	22,00	21,90	22,05	21,89	21,96
0% - 2	22,17	22,24	22,20	22,23	22,21
0% - 3	22,17	22,22	22,29	22,20	22,22
0% - 4	22,16	22,19	22,18	22,15	22,17
0% - 5	22,04	22,19	22,04	22,15	22,11
0% - 6	22,14	22,22	22,19	22,21	22,19
0% - 7	22,01	22,14	22,00	22,10	22,06
0% - 8	22,03	21,95	22,09	21,93	22,00
0% - 9	22,17	22,21	22,23	22,18	22,20
0% - 10	22,20	22,22	22,21	22,19	22,21
Promedio (cm)					22,13
Desviación estándar					0,09
Coefficiente de variación (%)					0,43

Figura 4. Variación dimensional del largo de los ladrillos con 0 % de Arcilla de Caolín.

Fuente: Cerna J, 2018, p. 144.

Especímen	Cara superior		Cara inferior		Alabeo	
	A (mm)	B (mm)	A (mm)	B (mm)	Cara superior	Cara inferior
10% - 1	CV 0,00	CV 0,00	CV 1,50	CV 1,50	0,00	1,50
10% - 2	CC 0,50	CC 0,00	CV 1,50	CV 1,50	0,25	1,50
10% - 3	CC 0,50	CV 0,00	CC 1,00	CC 1,00	0,25	1,00
10% - 4	CV 0,00	CV 0,00	CV 2,50	CV 1,50	0,00	2,00
10% - 5	CV 0,00	CC 0,50	CV 1,50	CV 2,00	0,25	1,75
10% - 6	CC 0,00	CC 0,00	CV 0,50	CC 1,50	0,00	1,00
10% - 7	CC 0,10	CV 0,00	CV 1,50	CV 2,00	0,05	1,75
10% - 8	CC 0,00	CC 0,00	CV 1,00	CC 1,00	0,00	1,00
10% - 9	CV 0,00	CV 0,00	CV 0,50	CV 0,50	0,00	0,50
10% - 10	CV 0,00	CV 0,00	CV 2,00	CV 1,00	0,00	1,50
Promedio (mm)					0,08	1,35
Desviación estándar					0,12	0,46

Figura 5. Alabeo de los ladrillos con 10 % de Arcilla de Caolín.

Fuente: Cerna J, 2018, p. 153.

Espécimen	Largo (cm)			Largo promedio (cm)	Ancho (cm)			Ancho promedio (cm)	Área bruta (cm ²)
0 % - 6	22,13	22,14	22,14	22,14	13,43	13,42	13,45	13,43	297,34
0 % - 7	22,07	22,01	22,00	22,03	13,05	13,02	13,01	13,03	287,05
0 % - 8	22,04	22,03	22,05	22,04	12,94	12,96	12,96	12,95	285,42
0 % - 9	22,16	22,17	22,14	22,16	13,11	13,11	13,12	13,11	290,52
0 % - 10	22,21	22,20	22,24	22,22	13,13	13,15	13,14	13,14	291,97
5 % - 6	22,56	22,59	22,60	22,58	13,25	13,25	13,23	13,24	298,96
5 % - 7	22,74	22,74	22,71	22,73	13,19	13,22	13,20	13,20	300,04
5 % - 8	22,31	22,29	22,28	22,29	13,27	13,27	13,28	13,27	295,79
5 % - 9	22,24	22,25	22,21	22,23	13,31	13,34	13,30	13,32	296,10
5 % - 10	22,36	22,38	22,35	22,36	13,17	13,16	13,14	13,16	294,26
10 % - 6	22,26	22,30	22,24	22,27	13,23	13,28	13,29	13,27	295,52
10 % - 7	22,58	22,56	22,51	22,55	13,13	13,17	13,16	13,15	296,53
10 % - 8	22,43	22,42	22,37	22,41	13,19	13,24	13,21	13,21	296,04
10 % - 9	22,22	22,21	22,19	22,21	13,10	13,16	13,14	13,13	291,62
10 % - 10	22,24	22,27	22,23	22,25	13,16	13,16	13,15	13,16	292,81
15 % - 6	22,20	22,21	22,19	22,20	13,11	13,10	13,10	13,10	290,82
15 % - 7	22,24	22,24	22,23	22,24	12,99	12,97	12,98	12,98	288,68
15 % - 8	22,24	22,21	22,22	22,22	13,25	13,21	13,19	13,22	293,75
15 % - 9	22,56	22,52	22,52	22,53	13,22	13,22	13,20	13,21	297,62
15 % - 10	22,31	22,32	22,35	22,33	13,17	13,17	13,19	13,18	294,31
20 % - 6	22,53	22,60	22,54	22,56	13,24	13,28	13,20	13,24	298,69
20 % - 7	22,59	22,61	22,54	22,58	13,30	13,32	13,29	13,30	300,31
20 % - 8	22,28	22,33	22,32	22,31	13,42	13,45	13,45	13,44	299,85
20 % - 9	22,56	22,57	22,51	22,55	13,29	13,34	13,31	13,31	300,14
20 % - 10	22,45	22,51	22,43	22,46	13,20	13,24	13,24	13,23	297,15

Figura 6. Dimensiones de los ladrillos para el ensayo de resistencia a compresión simple.

Fuente: Cerna J, 2018, p. 155.

Espécimen	Largo (cm)			Largo promedio (cm)	Ancho (cm)			Ancho promedio (cm)	Área bruta (cm ²)
0% - 1	21,94	22,00	21,99	21,98	12,94	12,95	12,91	12,93	284,20
0% - 2	22,18	22,17	22,17	22,17	13,13	13,12	13,11	13,12	290,87
0% - 3	22,13	22,17	22,14	22,15	13,15	13,13	13,16	13,15	291,27
0% - 4	22,15	22,16	22,18	22,16	13,34	13,38	13,32	13,35	295,84
0% - 5	22,04	22,04	22,05	22,04	13,01	13,09	13,02	13,04	287,40
5% - 1	22,37	22,35	22,34	22,35	13,14	13,20	13,19	13,18	294,57
5% - 2	22,31	22,35	22,33	22,33	13,24	13,25	13,23	13,24	295,65
5% - 3	22,24	22,25	22,23	22,24	13,23	13,20	13,21	13,21	293,79
5% - 4	22,50	22,53	22,54	22,52	13,37	13,38	13,32	13,36	300,87
5% - 5	22,69	22,69	22,70	22,69	13,23	13,24	13,21	13,23	300,19
10% - 1	22,26	22,24	22,27	22,26	13,11	13,12	13,14	13,12	292,05
10% - 2	22,43	22,40	22,40	22,41	13,17	13,19	13,12	13,16	294,92
10% - 3	22,34	22,31	22,30	22,32	13,19	13,21	13,16	13,19	294,40
10% - 4	22,58	22,59	22,57	22,58	13,11	13,16	13,10	13,12	296,25
10% - 5	22,20	22,20	22,21	22,20	13,24	13,27	13,22	13,24	293,93
15% - 1	22,47	22,48	22,44	22,46	13,22	13,20	13,19	13,20	296,47
15% - 2	22,32	22,35	22,31	22,33	13,20	13,21	13,17	13,19	294,53
15% - 3	22,20	22,27	22,26	22,24	12,93	12,92	12,98	12,94	287,79
15% - 4	22,30	22,31	22,33	22,31	13,11	13,12	13,09	13,11	292,48
15% - 5	22,21	22,23	22,19	22,21	13,19	13,19	13,14	13,17	292,51
20% - 1	22,23	22,22	22,24	22,23	13,3	13,30	13,2	13,27	294,99
20% - 2	22,57	22,59	22,60	22,59	13,3	13,32	13,3	13,30	300,45
20% - 3	22,50	22,51	22,49	22,50	13,2	13,21	13,2	13,21	297,23
20% - 4	22,60	22,60	22,59	22,60	13,3	13,35	13,3	13,33	301,26
20% - 5	22,51	22,58	22,54	22,54	13,4	13,42	13,3	13,38	301,59

Figura 7. Dimensiones de los ladrillos para el ensayo de succión.

Fuente: Cerna J, 2018, p. 156.

Espécimen	Largo (cm)			Largo promedio (cm)	Ancho (cm)			Ancho promedio (cm)	Alto (cm)			Alto promedio (cm)	Esbeltez	Área bruta (cm ²)
P - 0 % - 1	22,15	22,21	22,16	22,17	12,89	12,89	12,84	12,87	36,75	36,79	36,74	36,76	2,86	285,33
P - 0 % - 2	21,95	21,98	22,00	21,98	12,78	12,81	12,80	12,80	36,46	36,48	36,47	36,47	2,85	281,34
P - 0 % - 3	22,10	22,11	22,08	22,10	12,70	12,68	12,75	12,71	36,62	36,60	36,60	36,61	2,88	280,89
P - 0 % - 4	22,04	22,10	22,06	22,07	13,08	13,15	13,09	13,11	37,00	37,01	36,98	37,00	2,82	289,34
P - 0 % - 5	22,48	22,51	22,52	22,50	12,41	12,47	12,42	12,43	36,90	36,91	36,88	36,90	2,97	279,68
P - 0 % - 6	21,87	21,98	21,87	21,91	12,73	12,78	12,76	12,76	36,92	36,91	36,94	36,92	2,89	279,57
P - 5 % - 1	22,01	22,03	21,95	22,00	13,18	13,21	13,17	13,19	35,98	36,01	35,99	35,99	2,73	290,18
P - 5 % - 2	22,00	22,04	21,99	22,01	12,97	13,02	13,01	13,00	36,48	36,51	36,51	36,50	2,81	286,13
P - 5 % - 3	22,14	22,19	22,11	22,15	12,74	12,79	12,75	12,76	36,98	37,00	36,94	36,97	2,90	282,63
P - 5 % - 4	22,15	22,20	22,16	22,17	13,06	13,10	13,04	13,07	35,74	35,81	35,76	35,77	2,74	289,76
P - 5 % - 5	22,28	22,31	22,27	22,29	13,09	13,08	13,04	13,07	36,95	36,99	36,94	36,96	2,83	291,33
P - 5 % - 6	22,00	22,04	22,01	22,02	12,96	13,02	12,97	12,98	36,80	36,81	36,78	36,80	2,84	285,82
P - 10 % - 1	22,05	22,03	22,06	22,05	12,36	12,35	12,38	12,36	36,06	36,05	36,09	36,07	2,92	272,54
P - 10 % - 2	21,54	21,57	21,52	21,54	12,96	12,98	13,01	12,98	36,05	36,00	36,02	36,02	2,78	279,59
P - 10 % - 3	22,02	22,03	21,96	22,00	12,86	12,89	12,87	12,87	36,01	36,00	35,97	35,99	2,80	283,14
P - 10 % - 4	22,92	21,99	21,95	22,29	12,68	12,68	12,66	12,67	36,39	36,40	36,38	36,39	2,87	282,41
P - 10 % - 5	21,83	21,79	21,80	21,81	12,29	12,27	12,30	12,29	36,75	36,79	36,74	36,76	2,99	268,04
P - 10 % - 6	21,75	21,81	21,77	21,78	13,18	13,19	13,14	13,17	36,94	36,89	36,91	36,91	2,80	286,84
P - 15 % - 1	22,08	22,03	22,09	22,07	13,06	12,98	13,03	13,02	36,02	36,00	36,05	36,02	2,77	287,35

Figura 8. Dimensiones de pilas de albañilería.

Fuente: Cerna J, 2018, p. 171.

Anexo N° 03: Recopilación de datos para los ensayos a las muestras de Jaén.

Ladrillera A	Longitud (mm)						Ancho (mm)						Altura (mm)						
	Espécimen	L1	L2	L3	L4	Lo	V (%)	A1	A2	A3	A4	Ao	V (%)	H1	H2	H3	H4	Ho	V (%)
UL-A1	222,00	223,00	223,50	221,50	222,50	222,50	0,41	131,00	130,00	133,50	131,00	131,38	1,14	72,00	72,50	74,00	71,50	72,50	1,49
UL-A2	227,50	226,00	228,50	225,50	226,88	226,88	0,61	131,00	132,60	136,50	136,00	134,03	1,98	73,00	72,00	70,50	74,00	72,38	2,06
UL-A3	224,00	221,50	222,50	221,00	222,25	222,25	0,60	130,50	130,50	140,50	138,00	134,88	3,82	76,00	76,50	73,00	73,50	74,75	2,35
UL-A4	225,00	224,00	229,00	228,00	226,50	226,50	1,05	132,00	130,00	137,00	134,00	133,25	2,24	70,50	71,00	69,50	70,00	70,25	0,92
UL-A5	223,50	226,50	227,00	224,00	225,25	225,25	0,78	132,50	131,00	135,50	134,50	133,38	1,51	73,00	74,50	72,50	75,00	73,75	1,61
UL-A6	217,50	215,00	223,50	225,00	220,25	220,25	2,17	127,50	128,00	133,00	133,00	130,38	2,33	74,00	73,00	72,00	71,50	72,63	1,53
UL-A7	220,00	220,50	223,00	221,50	221,25	221,25	0,60	128,00	130,00	131,50	134,00	130,88	1,93	72,50	73,50	70,00	72,00	72,00	2,04
UL-A8	227,00	224,50	229,00	225,50	226,50	226,50	0,86	132,00	129,50	136,00	132,00	132,38	2,03	73,00	73,00	75,00	68,00	72,25	4,13
UL-A9	221,00	224,50	223,50	225,00	223,50	223,50	0,80	130,00	128,50	134,00	133,00	131,38	1,95	70,50	72,00	73,00	71,50	71,75	1,45
UL-A10	227,00	229,00	227,00	224,50	226,88	226,88	0,81	131,20	132,00	135,00	135,50	133,43	1,61	72,50	73,00	73,50	73,50	73,13	0,65
Promedio	L:		224,18				A:		132,53				H:		72,54				
Desviación estándar			2,53						1,48						1,20				
Coefficiente de Variación			1,13						1,12						1,65				

Figura 9. Variación dimensional del ladrillo de arcilla de la Ladrillera A.

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 63.

Ladrillera D	Longitud (mm)						Ancho (mm)						Altura (mm)					
	Espécimen	L1	L2	L3	L4	Lo	V (%)	A1	A2	A3	A4	Ao	V (%)	H1	H2	H3	H4	Ho
UL-D1	225,00	227,40	228,00	227,00	226,85	0,57	135,80	133,00	135,50	136,00	135,08	1,04	71,00	73,40	71,50	74,00	72,48	2,00
UL-D2	229,00	225,50	224,00	227,50	226,50	0,97	135,50	133,50	135,50	136,00	135,13	0,82	70,00	70,00	71,50	72,00	70,88	1,45
UL-D3	230,50	231,50	232,00	228,00	230,50	0,77	135,00	133,00	135,00	134,00	134,25	0,71	71,30	72,00	73,00	68,50	71,20	2,71
UL-D4	230,00	226,50	231,50	230,00	229,50	0,92	141,00	135,00	135,00	133,00	136,00	2,55	74,50	72,00	70,50	72,50	72,38	2,28
UL-D5	231,00	228,00	231,00	231,50	230,38	0,69	135,70	135,00	140,00	136,50	136,80	1,62	76,00	73,00	73,00	73,50	73,88	1,94
UL-D6	226,50	227,50	233,50	231,00	229,63	1,40	136,00	134,00	139,00	140,00	137,25	2,01	69,00	63,50	66,50	69,00	67,00	3,90
UL-D7	230,50	231,00	235,00	230,00	231,63	0,99	133,00	132,00	135,00	135,00	133,75	1,12	72,50	66,40	72,00	71,00	70,48	3,96
UL-D8	228,00	228,00	229,50	226,00	227,88	0,63	134,80	136,00	136,00	136,00	135,70	0,44	73,50	72,00	71,00	74,50	72,75	2,14
UL-D9	231,00	230,50	227,00	221,00	227,38	2,03	133,00	135,50	134,50	137,70	135,18	1,46	71,50	72,80	69,50	74,00	71,95	2,68
UL-D10	225,00	226,00	228,00	230,00	227,25	0,98	137,00	134,00	135,00	137,00	135,75	1,10	74,00	74,50	74,00	75,00	74,38	0,64
Promedio	L:		228,75				A:		135,49				H:		71,74			
Desviación estándar			1,79						1,06						2,07			
Coefficiente de Variación			0,78						0,78						2,89			

Figura 10. Variación dimensional del ladrillo de arcilla de la Ladrillera D.

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 66.

Ladrillera	Especímenes	Cara Superior A		Cara Inferior B	
		Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Ladrillera A	UL-A1	1,00	0,00	4,00	3,50
	UL-A2	2,30	2,00	6,00	3,50
	UL-A3	6,00	1,00	4,00	0,00
	UL-A4	2,50	0,00	2,50	0,00
	UL-A5	2,00	0,00	3,00	3,50
	Promedio	2,76	0,60	3,90	2,10
Ladrillera B	UL-B1	3,00	0,00	0,00	4,00
	UL-B2	1,70	0,00	1,70	1,70
	UL-B3	3,50	0,00	1,60	3,00
	UL-B4	2,90	1,60	1,60	0,00
	UL-B5	3,50	0,00	0,00	3,00
	Promedio	2,92	0,32	0,98	2,34
Ladrillera C	UL-C1	1,60	0,00	1,00	2,30
	UL-C2	2,00	1,00	3,00	1,70
	UL-C3	0,50	1,50	2,00	2,30
	UL-C4	1,10	0,00	3,20	2,50
	UL-C5	1,50	2,00	2,60	0,80
	Promedio	1,34	0,90	2,36	1,92
Ladrillera D	UL-D1	1,00	0,50	1,50	0,80
	UL-D2	0,00	2,30	1,20	0,70
	UL-D3	0,00	2,80	0,00	4,30
	UL-D4	2,20	2,00	4,00	5,00
	UL-D5	1,30	1,50	1,80	1,50
	Promedio	0,90	1,82	1,70	2,46

Figura 11. Alabeo en ladrillos artesanales de arcilla.

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 67.

Ladrillera	Espécimen	Psec	Psuc	Dimensión de la unidad		Área	S (gr/200 cm ² /mi n)
				A	L		
		gr	gr	mm	mm	cm ²	
Ladrillera A	UL-A1	3'051,25	3'140,60	131,38	222,50	292,31	61,13
	UL-A2	2'954,55	3'115,50	134,03	226,88	304,07	105,86
	UL-A3	2'909,05	3'056,70	134,88	222,25	299,76	98,51
	UL-A4	2'978,25	3'090,10	133,25	226,50	301,81	74,12
	UL-A5	2'996,30	3'137,40	133,38	225,25	300,43	93,93
	S promedio						86,71
Ladrillera	Espécimen	Psec	Psuc	A	L	Área	S (gr/200 cm ² /mi n)
Ladrillera B	UL-B1	2'842,65	2'930,70	128,50	222,10	285,40	61,70
	UL-B2	3'037,10	3'161,40	129,75	223,88	290,48	85,58
	UL-B3	2'847,35	2'945,80	128,38	221,38	284,19	69,28
	UL-B4	3'020,30	3'100,90	129,50	221,00	286,20	56,33
	UL-B5	2'944,75	3'026,80	129,75	222,50	288,69	56,84
	S promedio						65,95
Ladrillera	Espécimen	Psec	Psuc	A	L	Área	S (gr/200 cm ² /mi n)
Ladrillera C	UL-C1	3'813,35	3'880,90	135,43	228,20	309,04	43,72
	UL-C2	3'697,90	3'777,00	135,63	244,75	331,94	47,66
	UL-C3	3'845,50	3'943,00	136,18	231,33	315,01	61,90
	UL-C4	3'740,00	3'803,50	137,25	227,93	312,83	40,60
	UL-C5	4'032,00	4'115,00	133,50	223,05	297,77	55,75
	S promedio						49,92
Ladrillera	Espécimen	Psec	Psuc	A	L	Área	S (gr/200 cm ² /mi n)
Ladrillera D	UL-D1	3'840,35	3'963,40	135,08	226,85	306,42	80,32
	UL-D2	3'775,25	3'884,80	135,13	226,50	306,06	71,59
	UL-D3	3'777,80	3'884,40	134,25	230,50	309,45	68,90
	UL-D4	3'668,85	3'779,70	136,00	229,50	312,12	71,03
	UL-D5	3'789,25	3'850,60	136,80	230,38	315,15	38,93
	S promedio						66,15

Figura 12. Succión en ladrillos artesanales de arcilla.

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 68.

Ladrillera	Espécimen	Peso seco 1 (mg)	Peso seco 2 (mg)	Prom de peso	Peso Saturado (mg)	A %
Ladrillera A	UL-A1	3'051,30	3'051,20	3'051,25	3'640,40	19,31%
	UL-A2	2'954,80	2'954,30	2'954,55	3'607,10	22,09%
	UL-A3	2'909,10	2'909,00	2'909,05	3'544,10	21,83%
	UL-A4	2'978,30	2'978,20	2'978,25	3'605,70	21,07%
	UL-A5	2'996,30	2'996,30	2'996,30	3'618,70	20,77%
A Promedio						21,01%
Desviación Estándar						1,09%
Coeficiente de variación						5,21%
Ladrillera	Espécimen	Peso seco 1 (mg)	Peso seco 2 (mg)	Prom de peso	Peso Saturado	A %
Ladrillera B	UL-B1	2'842,60	2'842,70	2'842,65	3'422,70	20,41%
	UL-B2	3'037,10	3'037,10	3'037,10	3'658,70	20,47%
	UL-B3	2'847,40	2'847,30	2'847,35	3'421,80	20,17%
	UL-B4	3'020,30	3'020,30	3'020,30	3'611,10	19,56%
	UL-B5	2'944,70	2'944,80	2'944,75	3'521,50	19,59%
A Promedio						20,04%
Desviación Estándar						0,44%
Coeficiente de variación						2,19%
Ladrillera	Espécimen	Peso seco 1 (mg)	Peso seco 2 (mg)	Prom de peso	Peso Saturado	A %
Ladrillera C	UL-C1	3'813,40	3'813,30	3'813,35	4'344,00	13,92%
	UL-C2	3'697,90	3'697,90	3'697,90	4'202,00	13,63%
	UL-C3	3'845,50	3'845,50	3'845,50	4'371,00	13,67%
	UL-C4	3'740,00	3'740,00	3'740,00	4'229,00	13,07%
	UL-C5	4'032,00	4'032,00	4'032,00	4'523,00	12,18%
A Promedio						13,29%
Desviación Estándar						0,70%
Coeficiente de variación						5,23%
Ladrillera	Espécimen	Peso seco 1 (mg)	Peso seco 2 (mg)	Prom de peso	Peso Saturado	A %
Ladrillera D	UL-D1	3'840,40	3'840,30	3'840,35	4'414,00	14,94%
	UL-D2	3'775,20	3'775,30	3'775,25	4'340,00	14,96%
	UL-D3	3'777,80	3'777,80	3'777,80	4'366,00	15,57%
	UL-D4	3'668,80	3'668,90	3'668,85	4'241,00	15,59%
	UL-D5	3'789,30	3'789,20	3'789,25	4'325,00	14,14%
A Promedio						15,04%
Desviación Estándar						0,60%
Coeficiente de variación						3,96%

Figura 13. Absorción en ladrillos artesanales de arcilla.

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 69.

Ladrillera A	Largo (mm)	Ancho (mm)	Carga Max	Área Bruta	f b
Espécimen	L	A	kN	cm ²	kg/cm ²
UL-A6	220,25	130,38	197,95	287,15	70,29
UL-A7	221,25	130,88	180,15	289,56	63,44
UL-A8	226,50	132,38	117,88	299,83	40,09
UL-A9	223,50	131,38	126,78	293,62	44,03
UL-A10	226,88	133,43	129,00	302,71	43,46
UL-A11	224,30	132,00	135,67	296,08	46,73
UL-A12	222,70	131,68	104,53	293,25	36,35
UL-A13	225,50	133,05	142,34	300,03	48,38
f b promedio					49,10
Desviación estándar σ					11,73
f b promedio - σ					37,37

Ladrillera B	Largo (mm)	Ancho (mm)	Carga Max	Área Bruta	fb
UL-B6	223,88	131,13	224,64	293,56	78,03
UL-B7	224,63	128,63	202,40	288,92	71,43
UL-B8	224,63	128,50	189,05	288,64	66,79
UL-B9	226,00	131,88	244,65	298,04	83,71
UL-B10	222,63	128,25	182,38	285,52	65,14
UL-B11	224,50	129,30	158,36	290,28	55,63
UL-B12	225,15	130,35	186,83	293,48	64,91
UL-B13	223,90	128,95	166,81	288,72	58,92
f b promedio					68,07
Desviación estándar σ					9,36
f b promedio - σ					58,70

Figura 14. Resistencia a compresión de la unidad de las Ladrilleras A y B.

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 33.

	331,88	226,00	135,13	305,38	2,46	111,21	37,13
	334,13	223,63	132,88	297,14	2,51	108,09	37,09
4 Hiladas	335,00	222,88	131,38	292,80	2,55	93,41	32,53
	333,50	224,75	134,00	301,17	2,49	94,30	31,93
	333,75	224,75	133,25	299,48	2,50	72,06	24,54
Promedio	333,65	224,40	133,33	299,19	2,50		32,65
Desviación Estándar							5,15
fm =							27,49

Figura 15. Resistencia a compresión axial para 4 hiladas en la Ladrillera A.

Fuente: Muñoz Y, 2014, p. 90.