

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

“INFLUENCIA DE LAS PATOLOGÍAS MEDIOAMBIENTALES QUE AFECTAN A LOS MUROS DE ALBAÑILERÍA ELABORADOS CON LADRILLOS DE ARCILLA KING KONG ARTESANAL EN SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE LAS EDIFICACIONES UNIFAMILIARES EN EL SECTOR TAQUILA, BALNEARIO LAS DELICIAS, MOCHE, TRUJILLO 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Bach. Pool Christian Gutierrez Astudillos

Bach. Sandy Pamela Loli Bocanegra

Asesor:

M.Sc. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina

Trujillo - Perú

2019

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor M.Sc. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina, 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 de los estudiantes:

- Bach. Gutierrez Astudillos, Pool Christian
- Bach. Loli Bocanegra, Sandy Pamela

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: "INFLUENCIA DE LAS PATOLOGÍAS MEDIOAMBIENTALES QUE AFECTAN A LOS MUROS DE ALBAÑILERÍA ELABORADOS CON LADRILLOS DE ARCILLA KING KONG ARTESANAL EN SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE LAS EDIFICACIONES UNIFAMILIARES EN EL SECTOR TAQUILA, BALNEARIO LAS DELICIAS, MOCHE, TRUJILLO 2019" 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. Wiston Henry Azañedo Medina  
Asesor

## DEDICATORIA

*El presente Proyecto está dedicado:*

*A mi madre por brindarme su apoyo incondicional, por sus sabios y siempre acertados consejos, por el amor infinito que supo 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 quien le debo todo lo que soy.*

*A mi padre por ofrecerme su apoyo y esfuerzo sobrehumano de forma desinteresada y a pesar de sus limitaciones, mostrando un sacrificio pleno para que pudiese obtener mi propio bienestar siendo yo un profesional.*

*A mi hermana porque sin ella no hubiese sido posible el desarrollo de mi carrera universitaria, ya que gracias a su apoyo en los momentos que más lo necesité, me permitió poder seguir adelante a pesar de los obstáculos presentados en el camino.*

*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, el ingeniero Wiston Henry Azañedo Medina, por saber orientarme y guiarme con sus conocimientos y experiencias, así como el tiempo dedicado para la realización de esta investigación.*

*A mis buenos y verdaderos amigos porque siempre estuvieron en el momento indicado brindando su apoyo y fuerza para mi superación constante durante mi etapa universitaria, ofreciendo siempre su confianza plena hacia mí.*

*Bach. Pool Christian Gutierrez Astudillos*

*El presente Proyecto está dedicado:*

*A mi madre por ser mi mayor motivación y fortaleza en los momentos difíciles, por demostrarme siempre su amor y por haberme inculcado valores que a lo largo de mi vida me acompañan y hacen de mí una persona de bien.*

*A mi padre por ser un hombre admirable, por enseñarme con su vida que quien se esfuerza logra sus objetivos, por demostrarme todo el amor incondicional que un buen padre puede dar a su hija, por sus sabios consejos que llevo presente a donde vaya.*

*A mis hermanos que lo son todo para mí, siempre fueron y serán mi motivo de seguir adelante sin importar cuán difícil sea el camino.*

*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, el ingeniero Wiston Henry Azañedo Medina, por saber orientarme y guiarme con sus conocimientos y experiencias, así como el tiempo dedicado para la realización de esta investigación.*

*A mis buenos y verdaderos amigos porque siempre estuvieron en el momento indicado brindando su apoyo incondicional, por ser la fortaleza en momentos de dificultad dentro de la carrera universitaria y por ser partícipes de mis logros.*

*Bach. Sandy Pamela Loli Bocanegra*

## AGRADECIMIENTO

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

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

*Agradezco a mi padre que hoy ya no está conmigo, pero que, gracias a su trabajo sobre esforzado de forma silenciosa, caló en mí la gran responsabilidad de dar siempre lo mejor.*

*Agradezco a mi hermana, de quien conté con su apoyo desde siempre y por quien tengo la más grande admiración como ejemplo a seguir.*

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

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

*Bach. Pool Christian Gutierrez Astudillos*

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

*Agradezco a Dios por la vida y por permitirme alcanzar esta meta, por poner en mi camino a personas que durante este proceso me acompañaron y fueron base fundamental de este logro.*

*Agradezco a mi madre por su comprensión y apoyo en los momentos difíciles en mi etapa universitaria.*

*Agradezco a mi padre que hoy ya no está conmigo, pero con su ejemplo me enseñó a luchar por aquello que uno desea y que los logros solo se alcanzan a base de dedicación y esfuerzo.*

*Agradezco a los ingenieros docentes que fueron mis mentores y que motivaron a no desistir en la carrera, por incentivar a seguir creciendo profesionalmente.*

*Agradezco a los buenos y verdaderos amigos que mostraron su apoyo incondicional de principio a fin de la carrera, sobre todo en los momentos difíciles.*

*Bach. Sandy Pamela Loli Bocanegra*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS .....</b>	<b>2</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>11</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>13</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS.....</b>	<b>15</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>16</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>19</b>
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	19
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	26
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	26
1.3.1 Justificación teórica.....	26
1.3.2 Justificación práctica.....	27
1.3.3 Justificación metodológica.....	27
1.4 LIMITACIONES.....	27
1.5 OBJETIVOS .....	29
1.5.1 Objetivo general.....	29
1.5.2 Objetivos específicos.....	29
1.6 ANTECEDENTES .....	30
1.6.1 Antecedentes Internacionales.....	30
1.6.2 Antecedentes Nacionales.....	35
1.6.3 Antecedentes Locales.....	46
1.7 BASES TEÓRICAS.....	49
1.7.1 Aspectos Generales de la Albañilería.....	49
1.7.1.1 <i>Características básicas.</i> .....	49
1.7.2 Clasificación de la albañilería por su función estructural.....	54
1.7.2.1 <i>Muros Portantes.</i> .....	54
1.7.2.2 <i>Muros No Portantes.</i> .....	54
1.7.3 Clasificación de la albañilería por la distribución de refuerzo.....	54
1.7.3.1 <i>Albañilería no reforzada o albañilería simple.</i> .....	54
1.7.3.2 <i>Albañilería reforzada o albañilería estructural.</i> .....	55
1.7.4 Componentes de la Albañilería.....	56
1.7.4.1 <i>Unidades de Albañilería.</i> .....	56
1.7.4.2 <i>Materia prima de la unidad de albañilería de arcilla.</i> .....	60
1.7.4.3 <i>Procesos de fabricación artesanal de la unidad de albañilería de arcilla.</i> ...	61
1.7.5 Clasificación de la unidad de albañilería según su porcentaje de huecos.....	65
1.7.5.1 <i>Unidad de Albañilería Sólida (o Maciza).</i> .....	65
1.7.5.2 <i>Unidad de Albañilería Hueca.</i> .....	65
1.7.5.3 <i>Unidad de Albañilería Alveolar.</i> .....	65
1.7.5.4 <i>Unidad de Albañilería Tubular (o Pandereta).</i> .....	65
1.7.6 Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería.....	66
1.7.7 Pruebas de la unidad de albañilería.....	66

1.7.7.1	Muestreo.....	66
1.7.7.2	Resistencia a compresión.....	66
1.7.7.3	Variación dimensional.....	67
1.7.7.4	Alabeo.....	67
1.7.7.5	Absorción.....	67
1.7.8	Aceptación de la unidad de albañilería.....	67
1.7.9	Mortero.....	68
1.7.10	Componentes del mortero.....	69
1.7.10.1	Cemento.....	69
1.7.10.2	Cal hidratada normalizada.....	69
1.7.10.3	Agregado fino.....	70
1.7.10.4	Agua.....	70
1.7.11	Clasificación del mortero para fines estructurales.....	71
1.7.12	Proporción de los componentes del mortero.....	71
1.7.13	Naturaleza de la albañilería y criterios de falla.....	72
1.7.14	Resistencia a la compresión.....	72
1.7.14.1	Mecanismo de falla.....	73
1.7.14.2	Relación entre los prismas y muros reales.....	76
1.7.15	Prismas de albañilería.....	76
1.7.16	Refrentado (capping).....	76
1.7.17	Prismas de estructuras existentes.....	77
1.7.18	Esbeltez de la pila.....	77
1.7.19	Técnica de ensayo.....	78
1.7.20	Resistencia de prismas de albañilería.....	79
1.7.21	Formas de falla.....	82
1.7.22	Propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería.....	83
1.7.22.1	Pruebas clasificatorias.....	85
1.7.22.2	Pruebas no clasificatorias.....	90
1.7.23	Patología.....	95
1.7.23.1	Patología del concreto.....	95
1.7.23.2	Patología en muros.....	96
1.7.23.3	Patología en edificaciones.....	96
1.7.23.4	Lesiones.....	98
1.7.23.5	Tipos de patologías.....	98
1.7.23.6	Causas de las patologías.....	98
1.7.23.7	Intervención.....	99
1.7.23.8	Clases de patologías.....	99
1.7.24	Inspección y evaluación de la patología.....	108
1.7.24.1	Inspección.....	108
1.7.24.2	Evaluación.....	108
1.7.25	Grado de afectación.....	108
1.7.26	Nivel de severidad.....	109
1.8	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	109
1.9	HIPÓTESIS.....	112
1.9.1	Hipótesis general.....	112
1.9.2	Hipótesis específicas.....	112
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....</b>		<b>114</b>
2.1	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	114
2.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	115



2.3	UNIDAD DE ESTUDIO .....	115
2.4	POBLACIÓN .....	115
2.5	MUESTRA (MUESTREO O SELECCIÓN) .....	116
2.6	TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	117
2.6.1	Técnicas de recolección de datos. ....	117
2.6.2	Instrumentos de recolección de datos.....	117
2.6.3	Procedimiento de recolección de datos. ....	118
2.6.3.1	<i>Muestreo</i> .....	120
2.6.3.2	<i>Variación dimensional de la unidad</i> . ....	120
2.6.3.3	<i>Alabeo de la unidad</i> .....	121
2.6.3.4	<i>Resistencia a compresión de la unidad</i> . ....	121
2.6.3.5	<i>Succión de la unidad</i> . ....	122
2.6.3.6	<i>Absorción de la unidad</i> . ....	124
2.6.3.7	<i>Granulometría del agregado fino</i> . ....	124
2.6.3.8	<i>Contenido de humedad natural del agregado fino</i> .....	126
2.6.3.9	<i>Peso específico y absorción del agregado fino</i> .....	127
2.6.3.10	<i>Peso unitario volumétrico del agregado fino</i> .....	129
2.6.3.11	<i>Resistencia a compresión de pilas de albañilería</i> . ....	130
2.7	PROCEDIMIENTO DE DESARROLLO EN CAMPO.....	132
2.8	PROCEDIMIENTO DE DESARROLLO EN LABORATORIO .....	135
2.8.1	Procedimiento para muestras extraídas in situ. ....	135
2.8.1.1	<i>Ensayos para unidades de albañilería extraídas in situ</i> . ....	136
2.8.1.2	<i>Ensayos para pilas de albañilería extraídas in situ</i> . ....	138
2.8.2	Procedimiento para unidades adquiridas en la ladrillera.....	138
2.8.2.1	<i>Ensayos para unidades de albañilería adquiridas en la ladrillera</i> . ....	139
2.8.2.2	<i>Ensayos para pilas de albañilería elaboradas en el laboratorio</i> .....	141
2.8.3	Procedimiento para el agregado fino adquirido en la cantera. ....	142
2.8.3.1	<i>Ensayos para el agregado fino</i> .....	142
2.8.3.2	<i>Elaboración del mortero</i> . ....	144
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>		<b>145</b>
3.1	ENSAYOS CLASIFICATORIOS DEL LADRILLO. ....	145
3.1.1	Variación dimensional.....	145
3.1.2	Alabeo. ....	152
3.1.3	Resistencia a la compresión. ....	154
3.2	ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS DEL LADRILLO. ....	162
3.2.1	Succión. ....	162
3.2.2	Absorción. ....	169
3.3	ENSAYOS DEL AGREGADO FINO.....	173
3.3.1	Granulometría del agregado fino.....	173
3.3.2	Contenido de humedad natural del agregado fino.....	179
3.3.3	Peso específico y absorción del agregado fino.....	179
3.3.4	Peso unitario volumétrico del agregado fino.....	181
3.4	ENSAYOS A LAS PILAS DE ALBAÑILERÍA .....	182
3.4.1	Compresión axial en pilas de albañilería.....	182
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>		<b>189</b>
4.1	DISCUSIÓN .....	189
4.1.1	Ensayos clasificatorios del ladrillo.....	189
4.1.1.1	<i>Variación dimensional</i> . ....	189

4.1.1.2	<i>Alabeo</i> .....	194
4.1.1.3	<i>Resistencia a la compresión</i> .....	197
4.1.2	Ensayos no clasificatorios del ladrillo.....	201
4.1.2.1	<i>Succión</i> .....	201
4.1.2.2	<i>Absorción</i> .....	205
4.1.3	Ensayos del agregado fino.....	208
4.1.3.1	<i>Granulometría del agregado fino</i> .....	208
4.1.3.2	<i>Contenido de humedad natural del agregado fino</i> .....	209
4.1.3.3	<i>Peso específico y absorción del agregado fino</i> .....	209
4.1.3.4	<i>Peso unitario volumétrico del agregado fino</i> .....	210
4.1.4	Ensayos a las pilas de albañilería.....	210
4.1.4.1	<i>De las viviendas</i> .....	210
4.1.4.2	<i>De la ladrillera</i> .....	212
4.1.5	Cuadro de resumen de los resultados.....	214
4.1.5.1	<i>De los ensayos a las unidades de albañilería</i> .....	214
4.1.5.2	<i>De los ensayos a compresión a las unidades y pilas de albañilería</i> .....	220
4.2	CONCLUSIONES.....	224
4.3	RECOMENDACIONES.....	226
	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>228</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>235</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficientes de variación representativos de materiales de ingeniería. ....	53
Tabla 2. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales. ....	58
Tabla 3. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales. ....	66
Tabla 4. Granulometría de la arena gruesa. ....	70
Tabla 5. Tipos de mortero. ....	71
Tabla 6. Métodos para determinar la resistencia de prismas de albañilería. ....	79
Tabla 7. Incremento de $f'_m$ y $v'_m$ por edad. ....	81
Tabla 8. Resistencias características de la albañilería Mpa ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ). ....	81
Tabla 9. Factores de corrección de $f'_m$ por esbeltez. ....	82
Tabla 10. Clasificación del nivel de severidad de la Humedad. ....	101
Tabla 11. Clasificación del nivel de severidad de la eflorescencia y criptoflorescencia. ....	107
Tabla 12. Operacionalización de las Variables. ....	114
Tabla 13. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras extraídas de la Vivienda N° 01. ....	146
Tabla 14. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras extraídas de la Vivienda N° 02. ....	147
Tabla 15. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras extraídas de la Vivienda N° 03. ....	148
Tabla 16. Resultados del ensayo de variación dimensional para especímenes del 01 al 09 adquiridos en la ladrillera. ....	149
Tabla 17. Resultados del ensayo de variación dimensional para especímenes del 10 al 18 adquiridos en la ladrillera. ....	150
Tabla 18. Resultados del ensayo de variación dimensional para especímenes del 19 al 27 adquiridos en la ladrillera. ....	151
Tabla 19. Resultados del ensayo de alabeo para especímenes extraídos de la Vivienda N° 01, 02 y 03. ....	153
Tabla 20. Resultados del ensayo de alabeo para especímenes adquiridos en la ladrillera. ....	153
Tabla 21. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 09 de la Vivienda N° 01. ....	156
Tabla 22. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 09 de la Vivienda N° 02. ....	157
Tabla 23. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 09 de la Vivienda N° 03. ....	158
Tabla 24. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 09 adquiridos en la ladrillera. ....	159
Tabla 25. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 10 al 18 adquiridos en la ladrillera. ....	160
Tabla 26. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 19 al 27 adquiridos en la ladrillera. ....	161
Tabla 27. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 09 de la Vivienda N° 01. ....	163
Tabla 28. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 09 de la Vivienda N° 02. ....	164
Tabla 29. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 09 de la Vivienda N° 03. ....	165
Tabla 30. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 09 adquiridos en la ladrillera. ....	166

Tabla 31. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 10 al 18 adquiridos en la ladrillera.....	167
Tabla 32. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 19 al 27 adquiridos en la ladrillera.....	168
Tabla 33. Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 09 de la Vivienda N° 01.....	170
Tabla 34. Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 09 de la Vivienda N° 02.....	170
Tabla 35. Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 09 de la Vivienda N° 03.....	171
Tabla 36. Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 09 adquiridos en la ladrillera.....	171
Tabla 37. Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 10 al 18 adquiridos en la ladrillera.....	172
Tabla 38. Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 19 al 27 adquiridos en la ladrillera.....	172
Tabla 39. Análisis granulométrico del agregado fino para la muestra de 500 g. ....	173
Tabla 40. Análisis granulométrico del agregado fino para la muestra de 1000 g. ....	175
Tabla 41. Análisis granulométrico del agregado fino para la muestra de 2000 g. ....	177
Tabla 42. Resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado fino.....	179
Tabla 43. Resultados del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.....	180
Tabla 44. Resultados del ensayo de peso unitario volumétrico del agregado fino.....	181
Tabla 45. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 03 de la Vivienda N° 01.....	183
Tabla 46. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 03 de la Vivienda N° 02.....	184
Tabla 47. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 03 de la Vivienda N° 03.....	185
Tabla 48. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 03 elaborados con unidades adquiridas en la ladrillera. ....	186
Tabla 49. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 04 al 06 elaborados con unidades adquiridas en la ladrillera. ....	187
Tabla 50. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 07 al 09 elaborados con unidades adquiridas en la ladrillera. ....	188
Tabla 51. Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos clasificatorios del ladrillo para unidades adquiridas y extraídas y su comparación con la Norma E.070 (2006). ....	215
Tabla 52. Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos no clasificatorios del ladrillo para unidades adquiridas y extraídas y su comparación con la Norma E.070 (2006). ....	217
Tabla 53. Resumen de la relación entre los resultados de $f'_b$ y $f'_m$ con la influencia patológica sobre la Vivienda N° 01, 02 y 03. ....	221
Tabla 54. Matriz de consistencia de la investigación.....	235

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mampostería Simple. ....	50
Figura 2. Vector momento paralelo y perpendicular a la junta. ....	51
Figura 3. Compresión perpendicular a la junta.....	51
Figura 4. Ladrillo King Kong 18 huecos.....	60
Figura 5. Curvas normalizadas esfuerzo de compresión (f 'b) vs Deformación unitaria de unidades ensayadas en compresión. ....	73
Figura 6. Aspectos de prismas ensayados a rotura por compresión. ....	74
Figura 7. Gráfico normalizado Compresión vs Deformación Unitaria para prismas ensayados en compresión. a) Para ladrillos de arcilla. b) Para ladrillos de concreto. ....	75
Figura 8. Esfuerzos en el ladrillo y en el mortero por efecto de la carga unitaria axial (Sy). ....	75
Figura 9. Esfuerzos idealizados en el ensayo de prismas de albañilería. ....	75
Figura 10. Esbeltez de una pila.....	78
Figura 11. Prueba de variación dimensional. ....	86
Figura 12. Promedio de la altura de la unidad.....	86
Figura 13. Cuña metálica milimetrada. ....	87
Figura 14. Medición de alabeo (concavidad y convexidad) en la unidad de albañilería.....	88
Figura 15. Disposición para el ensayo de succión.....	92
Figura 16. Clasificación general de patologías en las edificaciones. ....	97
Figura 17. Muro de albañilería con presencia de criptofluorescencia. ....	106
Figura 18. Plano – Sector Taquila - Balneario de Las Delicias – Trujillo. ....	116
Figura 19. Cuadro sinóptico sobre el procedimiento de estudio para las unidades y pilas de albañilería extraídas.....	118
Figura 20. Cuadro sinóptico sobre el procedimiento de estudio para las unidades y pilas de albañilería patrones.....	119
Figura 21. Extracción de muestras de la Vivienda N° 02.....	237
Figura 22. Pila de albañilería extraída. ....	237
Figura 23. Propietario de la Vivienda N° 01, Sr. Marco Cedrón. ....	238
Figura 24. Corte de las unidades de albañilería con una amoladora. ....	238
Figura 25. Unidades de albañilería extraídas. ....	239
Figura 26. Corte de pilas en la Vivienda N° 03.....	239
Figura 27. Corte de pilas en la Vivienda N° 03 y perfilado de las unidades extraídas. ....	240
Figura 28. Extracción de unidades de albañilería en la Vivienda N° 03.....	240
Figura 29. Hornos de cocción de “Ladrillos Pocho”. ....	241
Figura 30. Ferretería “Ulloa & Vásquez S.R.L”.....	241
Figura 31. Refrentado o capping de las unidades de albañilería. ....	242
Figura 32. Pilas de albañilería refrentadas con yeso. ....	242
Figura 33. Ensayo de variación dimensional.....	243
Figura 34. Ensayo de alabeo.....	243
Figura 35. Ensayo de succión.....	244
Figura 36. Ensayo de succión – registro del peso de la unidad.....	244
Figura 37. Ensayo de absorción – muestras 06 y 07 de la ladrillera. ....	245
Figura 38. Ensayo de absorción, registro del peso de la unidad.....	245
Figura 39. Rotulando unidades para el ensayo de compresión.....	246
Figura 40. Ensayo de compresión para unidades de albañilería.....	246
Figura 41. Unidad sometida a resistencia a la compresión. ....	247
Figura 42. Plomada y nivel de una pila de albañilería.....	247

Figura 43. Pilas de albañilería elaboradas en proceso de curado por 28 días.....	248
Figura 44. Pila de albañilería fallando ante carga axial.....	248
Figura 45. Ensayo de compresión de pilas de albañilería.....	249
Figura 46. Tomando muestra para el ensayo de granulometría.....	249
Figura 47. Ensayo de granulometría.....	250
Figura 48. Ensayo de peso específico y absorción del AF.....	250
Figura 49. Secando la muestra de agregado fino.....	251
Figura 50. Elaboración de mortero.....	251
Figura 51. Certificado de ensayos.....	252

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curva granulométrica del agregado fino para la muestra de 500 g.....	174
Gráfico 2. Curva granulométrica del agregado fino para la muestra de 1000 g.....	176
Gráfico 3. Curva granulométrica del agregado fino para la muestra de 2000 g.....	178
Gráfico 4. Variación dimensional para las unidades de albañilería de las viviendas.....	190
Gráfico 5. Variación dimensional vs Resistencia a la Compresión.....	191
Gráfico 6. Variación dimensional para las unidades de albañilería de la ladrillera. ....	193
Gráfico 7. Alabeo para las unidades de las viviendas. ....	194
Gráfico 8. Alabeo para las unidades de las viviendas. ....	195
Gráfico 9. Alabeo para las unidades de la ladrillera.....	196
Gráfico 10. Resistencia a la compresión para las unidades de las viviendas. ....	198
Gráfico 11. Resistencia a la compresión para las unidades de la ladrillera.....	200
Gráfico 12. Succión para las unidades de las viviendas.....	202
Gráfico 13. Succión para las unidades de la ladrillera. ....	204
Gráfico 14. Absorción para las unidades de las viviendas. ....	205
Gráfico 15. Absorción para las unidades de las viviendas. ....	207
Gráfico 16. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería de las viviendas.....	211
Gráfico 17. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería de la ladrillera. ....	213



## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Variación dimensional de la unidad. ....	86
Ecuación 2. Resistencia a compresión de la unidad. ....	89
Ecuación 3. Resistencia característica a compresión de la unidad. ....	89
Ecuación 4. Succión de la unidad. ....	91
Ecuación 5. Pruebas No Clasificadoras. ....	93
Ecuación 6. Tracción indirecta. ....	94
Ecuación 7. Tracción por flexión. ....	95
Ecuación 8. Variación dimensional de la unidad. ....	120
Ecuación 9. Resistencia a compresión de la unidad. ....	122
Ecuación 10. Resistencia característica a compresión de la unidad. ....	122
Ecuación 11. Succión de la unidad. ....	123
Ecuación 12. Absorción de la unidad. ....	124
Ecuación 13. Módulo de finura del agregado fino. ....	125
Ecuación 14. Coeficiente de uniformidad del agregado fino. ....	126
Ecuación 15. Contenido de humedad natural del agregado fino. ....	126
Ecuación 16. Peso específico de masa. ....	128
Ecuación 17. Peso específico de masa con superficie seca. ....	128
Ecuación 18. Peso específico aparente. ....	128
Ecuación 19. Absorción. ....	129
Ecuación 20. Factor de calibración del recipiente. ....	130
Ecuación 21. Peso unitario suelto seco del agregado fino. ....	130
Ecuación 22. Resistencia a compresión de pilas de albañilería. ....	131
Ecuación 23. Resistencia característica a compresión de pilas de albañilería. ....	131



## RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo dar a conocer cómo es que los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal de las edificaciones unifamiliares ubicados en el Sector Taquila, Balneario Las Delicias, Moche, Trujillo, son afectados agresivamente por las Patologías Medioambientales.

Estos agentes externos propios de la zona, como la criptoflorescencia, la eflorescencia y la humedad generan en los muros de albañilería una disminución gradual en su resistencia a cargas axiales con el paso del tiempo.

A fin de determinar el grado de deterioro en el cual se encuentran estos muros, se realizaron ensayos en laboratorio de las unidades y pilas de albañilería que se extrajeron de la zona de estudio para poder obtener la resistencia de estos elementos.

Verificamos los resultados obtenidos con modelos patrones elaborados con unidades de albañilería que se expenden en las principales ferreterías aledañas a la zona de estudio, y realizamos un análisis comparativo entre estos modelos patrones y las unidades y pilas de albañilería que se extrajeron del sector.

Corroboramos estos dos resultados con lo indicado en la tabla N° 09 de la Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería (2006), obteniéndose una disminución de hasta un 80 % en su capacidad de resistencia a cargas axiales tanto en unidades como en pilas de albañilería de los muros afectados.

Así mismo, se pudo verificar que los muros tenían la patología de la humedad, eflorescencia y criptoflorescencia, siendo esta última la más agresiva debido a que deteriora de modo parcial o casi total a la unidad por efecto de las sales y la humedad.

En base a estos resultados se opta por tomar como una alternativa de solución utilizar unidades de albañilería de arcilla con un 10 % de caolín con la finalidad de que resistan estos males causados por las Patologías Medioambientales.

**Palabras claves:** Muros Portantes, Balnearios, Patologías Medioambientales, Humedad, Salitre, Sales Marinas, Capacidad Portante, Cargas Axiales, Unidades de Albañilería, Pilas de Albañilería, Criptoflorescencia, Unidades de Concreto.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad Problemática

Las edificaciones sufren el deterioro progresivo y permanente del tiempo con las variaciones climáticas, estas se ven influenciadas a cambios diferenciados debido al entorno a los cuales están sometidos y responder a necesidades para las que no fueron proyectadas.

Es muy común saber que la humedad, la eflorescencia y la criptoflorescencia son enemigos de las estructuras, pero ¿Qué tan dañino pueden ser estas patologías para una edificación, especialmente para el concreto y los muros de albañilería?

Las viviendas que están construidas frente a las zonas costeras y la playa sufren este mal en “carne propia” por así decirlo. Vemos a menudo que los materiales constructivos son en su mayoría afectados por acción de la brisa, sales y otros agentes propios de la zona. Así por ejemplo tenemos:

- Cimentaciones vulnerables y a punto de colapsar debido a la presencia de humedad, eflorescencia y criptoflorescencia en los muros de albañilería.
- Los muros de albañilería empiezan a carcomerse y desmoronarse debido a la infiltración de las sales y la brisa marina.
- Los muros de albañilería pierden su capacidad a soportar cargas axiales debido a la presencia de humedad ocasionado por la cercana presencia del nivel freático de la zona, lo cual genera un decremento en su resistencia a la compresión.
- Los aceros de refuerzo pierden su resistencia característica por causa de la humedad, produciéndose un mal trabajo en conjunto con el concreto para sus diferentes comportamientos (Tracción y Flexión).

Es por esta razón que se pretende realizar un estudio e investigar cómo es que las patologías medioambientales pueden lograr una disminución en su resistencia a la compresión axial de los muros de albañilería que han sido elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila, Balneario Las Delicias, Moche, Trujillo.

Para ello, se realizarán estudios y análisis de ensayo en laboratorio de los materiales para una posible solución a este mal.

El material más utilizado en la edificación de viviendas en el Perú es la albañilería, siendo su propiedad estructural más importante, la resistencia a compresión. Para poder obtener esta propiedad ( $f'm$ ), se elaboran prismas o pilas, asentando las unidades de albañilería una sobre otra, uniéndolas con mortero, y luego son sometidas a ensayos de compresión axial. Las pilas pueden tener alturas variables, esto depende básicamente de la cantidad de unidades de albañilería que se utilicen en su elaboración; por tal motivo se tienen diferentes relaciones entre el espesor del prisma y su altura (esta relación es llamada también esbeltez). La NTE E.070 "Albañilería" (norma peruana) utiliza para fines estructurales, a prismas o pilas que tengan un valor de esbeltez estándar equivalente a 5, pero como resulta difícil que todas las pilas tengan esta esbeltez, la norma estipula coeficientes de corrección de  $f'm$  por esbeltez ( $C_{ce}$ ) para pilas que tengan su esbeltez mayor que 2 y menor que 5. (Bonilla, 2006).

En un Seminario de Ingeniería Estructural y Sísmica en San José, Costa Rica se describieron las principales características mecánicas de la mampostería con bloques sólidos de arcilla, utilizando los tres tipos de mortero recomendados por el Código Sísmico de Costa Rica 2002 (CSCR-02). Se fabricaron 30 prismas, divididos en tres grupos de 10 según el tipo de mortero de pega (A, B o C). La resistencia de los prismas

construidos con el mortero A es un 5 % más alta que la de los prismas fabricados con mortero B y un 9 % más alta que los fabricados con mortero C; el incremento de los prismas con mortero B respecto a los de mortero C es de un 4 %. Al tener un solo tipo de bloque para todas las pruebas, las diferencias se deben a las distintas resistencias a la compresión de los morteros, los cuales exhiben un comportamiento lineal. Sin embargo, debe considerarse que existe variación en la resistencia de los bloques de distintas fábricas, lo que deja patente la importancia de realizar pruebas de laboratorio para la elaboración de diseños seguros. Existe una variación porcentual en el módulo de elasticidad debido al uso de los diferentes morteros, de tal forma el módulo de los fabricados con mortero A es 11 % más alto que el de los elaborados con mortero B y 35 % más que el de los de mortero C. En consecuencia, se debe tener bastante cuidado con la selección del mortero que se va a utilizar en el diseño, pero los incrementos que estos producen no son significativos en cuanto a la resistencia a la compresión, aunque si generan cambios considerables en adherencia. Otra variable que debe considerarse con especial cuidado es la resistencia individual del bloque. (Carballo y Navas, 2004).

En un Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería en Mendoza, Argentina, se estableció que la mampostería que se utiliza, refleja un importante porcentaje de las construcciones, las cuales son en su mayoría de ladrillos macizos comunes, pero muchos de estos mampuestos que se producen en la zona son de fabricación artesanal y no se ajustan a estándares mínimos de calidad. En este trabajo, se analizan las características físicas de los mampuestos verificando las dimensiones, peso, su resistencia característica a la compresión, a la flexión y la capacidad de absorción de agua, determinadas a partir de los ladrillos que se fabrican. Se establecen además criterios y recomendaciones para implementar un control de calidad sistemático que verifique los requisitos mínimos que deben exigirse a los mismos para su uso en la

industria de la construcción y las características mínimas que éste debe cumplir referidas a calidad, resistencia, capacidad de aislación térmica y acústica, contrastadas con los valores establecidos por la normativa provincial, nacional y las normas IRAM en vigencia. (Cantú, de Mendoza, Gallina y Tempestti, 2007).

Perú, con un gran auge en la construcción en los últimos años, ha logrado un gran crecimiento económico y urbanístico a nivel nacional, especialmente en la zona costera donde el nivel freático es muy cercano a la superficie. Cabe resaltar que, de acuerdo con el Programa Nacional de las Naciones Unidas por el Medio Ambiente (PNUM, 2010), el nivel freático para la costa del Perú se encuentra entre 10 m y 30 m. Por ello, el deterioro por humedad en estas edificaciones se ve favorecido por el cercano nivel freático. (PNUM, 2010).

En España, una empresa dedicada al tratamiento de todo tipo de humedad sostiene que la humedad por capilaridad es uno de los problemas que aparece en todo tipo de viviendas y edificios antiguos y de reciente construcción. Además, define a la humedad como la diferencia en volumen de agua contenida en un material con su comparación con la cantidad que tendría en estado seco. Se produce por el fenómeno de ascensión capilar del agua y se transmite a través de los materiales porosos (cemento, etc.) del muro. (TechnoSec, s.f.).

La Provincia costera de Guayas, Ecuador, ha experimentado un gran número de edificaciones en los últimos años. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Censo de Ecuador (INCE, 2014), la provincia con la mayor concentración de permisos de construcción fue Guayas con un 15.25 %. Además, esta institución señala que el segundo material predominante para la construcción de paredes fue el ladrillo con un 44.31 %. Cabe resaltar que, de acuerdo con Foreca (2015), la humedad de

Guayas es de 67 % en promedio. Con estos datos se puede afirmar que las crecientes edificaciones costeras en Ecuador están inminentemente expuestas a impactos por humedad. (INCE, 2014).

En Cantón Chambo, Ecuador, se verificaron que el periodo de cocción del ladrillo de arcilla artesanal varía de treinta y seis a setenta y dos horas, de acuerdo con las fábricas encuestadas del lugar, la cual produce una variación entre sus propiedades físicas y mecánicas de cada lote de ladrillos, comprobado en laboratorio al realizar ensayos de resistencia a compresión, flexión y absorción. (Gavilanes & Santellán, 2016).

Al aumentar la temperatura de cocción de los ladrillos, aumenta considerablemente la resistencia a compresión axial y contracción de los lados de estas unidades, haciéndolos más compactos y duraderos; a su vez, disminuye el porcentaje de absorción presentada en estas unidades de arcilla. (Urbina, 2015).

Un buen grado de cocción, sin la necesidad de vitrificar la unidad, permite que el ladrillo artesanal logre una mejor resistencia a compresión y a su vez una mayor durabilidad frente a las inclemencias del clima. (Arquíñigo, 2011).

En el Perú, la Norma Técnica de Edificación E.070 (NTE E.070, 2006) afirma que “Esta Norma establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados” (p. 295). A su vez, establece que “los sistemas de albañilería que estén fuera del alcance de esta Norma deberán ser aprobados mediante Resolución del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento luego de ser evaluados por SENCICO”. (p. 295).

Los ladrillos artesanales e industriales no cumplen con lo establecido en la Norma Técnica de Edificación E.070 (2006) para ser empleados en la construcción de muros portantes; pues, los ladrillos artesanales no alcanzan la resistencia a compresión mínima ( $50 \text{ kg/cm}^2$ ) y los ladrillos industriales presentan un porcentaje de vacíos mayor al 30 %, por lo que no son sólidos. Por lo tanto, estas unidades de albañilería no cumplen los requisitos indispensables para su uso en muros portantes. (Peralta, 2016).

El espesor de junta para pilas de albañilería óptima es de 1 cm, pues se obtuvo una resistencia a compresión de  $35,30 \text{ kg/cm}^2$ ; en cambio, para los espesores de junta de 1,5 cm, 2 cm, 3 cm y 4 cm se obtuvieron una resistencia de  $33,06 \text{ kg/cm}^2$ ,  $31,36 \text{ kg/cm}^2$ ,  $27,26 \text{ kg/cm}^2$  y  $24,46 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente. (Sáenz, 2016).

El tipo de curado en la albañilería influye en su resistencia a compresión axial; pues al usar como muestra patrón pilas de albañilería sin curar, y otras muestras curadas con agua y antisol, se obtuvo un incremento del 13,18 % y 17,74 % respectivamente, señalando de esta manera, que la albañilería mejora su respuesta ante solicitudes de resistencia a compresión, al realizarse un curado efectivo del mortero. (Horna, 2015).

Las pilas de albañilería fabricadas con ladrillos artesanales de arcilla disminuyen un 11,55 % de su resistencia a compresión axial, al ser expuestas en agua por un periodo de hasta quince días. (Guevara, 2015).

La resistencia a compresión de pilas de albañilería fabricadas con ladrillos artesanales de arcilla, no cumplen con lo establecido en la Norma Técnica de Edificación E.070, pues ninguna llega al valor mínimo de  $35 \text{ kg/cm}^2$ ; esto se debe a la presencia de una



dispersión alta en los resultados de la resistencia a compresión de las unidades de albañilería. (Muñoz, 2014).

Un inadecuado tamizado, rellenos no registrados ni controlados, hornos intermitentes mal contruidos y el no empleo de equipos mecánicos, influyen directamente en la calidad de los ladrillos artesanales King Kong, viéndose reflejado en la resistencia a compresión obtenidas de cada ladrillera, siendo la más alta 38,96 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que estos ladrillos no pueden ser empleados en la construcción de muros portantes, ya que no cumple con la exigencia mínima establecida en la Norma Técnica de Edificación E.070. (García, 2013).

La fabricación de ladrillos artesanales de manera empírica y desordenada, sin ningún conocimiento en la composición química de las arcillas que lo conforman y los procesos de cocción que se emplean, originan una unidad de albañilería sin homogeneidad, sin la resistencia a compresión necesaria, sin una densidad y peso adecuado. En consecuencia, se tiene un porcentaje de merma alto por cada lote de quema y una baja calidad del ladrillo. (PRAL, 2009).

Los ladrillos artesanales no presentan un nivel de calidad alto en sus propiedades, tales como la absorción y resistencia a compresión (Soriano, s.f.). La presencia de raíces, piedras, pedazos de madera y otras impurezas durante la preparación de la mezcla, afecta en la disminución de la resistencia del ladrillo a la fractura. (Ministerio de la Producción, 2010).

Como se puede apreciar, los ladrillos fabricados de manera artesanal son elaborados en base a la experiencia del artesano y sin la consideración de ninguna normativa. Lo que trae consigo en muchos de los casos, es que estos ladrillos incumplen con los

requisitos mínimos e indispensables de la Norma Técnica de Edificación E.070, para poder ser considerados como muros portantes. A su vez, se debe tener en cuenta que existen muchos factores que influyen en la resistencia a compresión de estos ladrillos, como es el caso de las prácticas de fabricación, en donde las etapas de mezclado, moldeo y cocción son deficientes. (Cerna, 2018).

## 1.2 Formulación del Problema

¿Cómo influyen las patologías medioambientales que afectan a los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal en su resistencia a la compresión axial de las edificaciones unifamiliares en el sector Taquila, Las Delicias, Moche, Trujillo en el año 2019?

## 1.3 Justificación

### 1.3.1 Justificación teórica.

La Norma E-070 "Albañilería" vigente desde el año 2006, indica en la Tabla 9 que, para los ladrillos de arcilla King Kong artesanal, el valor de la resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería ( $f'_b$ ) es de 55 kg/cm<sup>2</sup> (5.4 MPa), mientras que la resistencia característica a compresión axial de las pilas de albañilería ( $f'_m$ ) es de 35 kg/cm<sup>2</sup> (3.4 MPa). Se toma como referencia este modelo con sus valores correspondientes, pues es sobre estos valores patrones a los que verificaremos y evaluaremos la resistencia de los ladrillos y pilas de similares características obtenidos in situ de los muros a evaluar.

La realización de esta investigación va a generar una reflexión sobre el conocimiento que ya existe, incitando a un debate y confrontación académica para poder determinar los resultados obtenidos.

### 1.3.2 Justificación práctica.

Actualmente, existe un alto porcentaje de obras de ingeniería que emplean muros de albañilería como elemento constructivo en los balnearios. Sin embargo, no se tiene en cuenta el grado de afectación en que las patologías medioambientales influyen sobre estos elementos de edificación. Por tal motivo, esta investigación se realizó con la intención de generar información que nos permita evaluar la resistencia de unidades ( $f'_b$ ) y pilas ( $f'_m$ ), y de esta forma, poder tener datos que se puedan utilizar como referencia para encontrar una solución alternativa y mejorar el diseño de la albañilería en las futuras edificaciones.

### 1.3.3 Justificación metodológica.

El proyecto por realizar generará un nuevo planteamiento hacia el problema suscitado para poder obtener un nuevo conocimiento alternativo que sea válido y confiable. Además, contribuirá a futuras investigaciones y tesis que persigan objetivos similares, brindándoles una base técnica acerca del comportamiento de las unidades y pilas de albañilería realizadas con ladrillos artesanales King Kong y sometidas a resistencia a compresión axial, al mismo tiempo se pretende desarrollar como una fuente de información a los estudiantes de la carrera de ingeniería civil para complementar y ampliar sus conocimientos.

## 1.4 Limitaciones

En la presente investigación, una de las limitaciones encontradas es que, a pesar de haber usado unidades de albañilería de una misma fábrica ladrillera, las dimensiones de estas unidades eran muy variables, esto es debido generalmente al proceso de fabricación artesanal.

Otra de las limitaciones fue que sólo se estudiaron las propiedades físicas y mecánicas de la unidad como: resistencia a compresión axial tanto en unidades como en pilas, variación dimensional, alabeo, succión y absorción del ladrillo de arcilla cocida elaborado artesanalmente. Asimismo, para los morteros solo se realizó el diseño de mezcla correspondiente, más no los ensayos de resistencia a compresión axial, adherencia ni el ensayo a corte.

Otra de las limitaciones de la investigación fue encontrar en la zona de estudio los muros de albañilería apropiados (Ladrillo King Kong rojo sólido artesanal, grado de afectación y aparejo en soga) para su respectiva evaluación, pues en su mayoría las construcciones son hechas de adobe.

Otra limitación más fue poder convencer a los propietarios de poder realizar las evaluaciones de sus muros, ya que estos en su mayoría no accedían a las propuestas y compromisos hechas por los investigadores.

Otra de las limitaciones de la investigación fue el transporte del material de las unidades y pilas extraídas in situ de los muros evaluados. Esto es debido a la distancia, ya que la zona de estudio se encuentra en el Balneario de las Delicias (Distrito de Moche), y los ensayos físico-mecánicos se realizaron en la Universidad Privada del Norte sede San Isidro (Distrito de Trujillo); para lo cual se debió tener el cuidado debido de no vibrar mucho el medio de transporte a fin de no provocar la separación de las unidades con el mortero en el caso de las pilas, las cuales deben conservarse adheridas (unidad-mortero) para su ensayo respectivo. Esta limitación conllevó a la contratación de un medio de transporte particular para transportar los materiales, para el cual debemos verificar que se encuentre en buenas condiciones a fin de no perjudicar la calidad de las unidades y pilas de albañilería.

Por último, otra de las limitaciones encontradas para el desarrollo de esta investigación fue el factor económico, pues para el transporte del material de la zona de estudio a la universidad y la reposición de los materiales para el levantamiento de los nuevos muros que se tuvieron que evaluar y fueron de forma alguna “cortados”, se tuvieron que hacer con recursos propios de los investigadores.

## 1.5 Objetivos

### 1.5.1 Objetivo general.

Analizar la influencia de las patologías medioambientales que afectan a los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal en su resistencia a la compresión axial de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila, Balneario Las Delicias, Moche, Trujillo.

### 1.5.2 Objetivos específicos.

- a) Identificar y clasificar según su nivel de severidad a las patologías medioambientales que presentan los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila, Balneario Las Delicias, Moche, Trujillo.
- b) Obtener mediante ensayos de laboratorio el porcentaje de variación de la resistencia característica a compresión axial, respecto a la Norma E.070 (2006), que presentan las unidades y pilas extraídas de los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila, Balneario Las Delicias, Moche, Trujillo.

- c) Obtener el porcentaje de variación de la resistencia característica a compresión axial, por medio de los ensayos realizados entre las unidades y pilas de albañilería extraídas de los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal y que han sido afectados por las patologías medioambientales de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila, Balneario Las Delicias, Moche, Trujillo, y las unidades de albañilería y pilas elaboradas con unidades de similares características a las del área estudio.
- d) Determinar el nivel de severidad a partir del porcentaje de variación de la resistencia característica a compresión axial respecto a la Norma E.070 (2006), considerando los tipos de patologías medioambientales que presenten las unidades y pilas extraídas de los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila, Balneario Las Delicias, Moche, Trujillo.
- e) Proponer una alternativa de solución a partir de la búsqueda en otras investigaciones de ensayos realizados a unidades y pilas de albañilería con características similares a las presentadas en esta investigación.

## 1.6 Antecedentes

### 1.6.1 Antecedentes Internacionales.

- A. **Durabilidad del concreto armado en viviendas de zonas costeras por acción del medio ambiente en la conurbación Barcelona, Lechería, Puerto La Cruz y Guanta del Estado de Anzoátegui. (Escalante S, 2010).**

### **Objetivo general:**

Evaluar la durabilidad del concreto armado debido a los daños estructurales en las viviendas en zonas costeras por acción del medio ambiente en la conurbación de Barcelona, Lechería, Puerto La Cruz y Guanta del Estado de Anzoátegui.

### **Resultados:**

Se hizo una evaluación de la estructura y se determinó cuáles eran las deficiencias más notorias de esta vivienda como se muestra a continuación:

- Reparación de las fisuras existentes para reparar los elementos que presentan desprendimiento del recubrimiento debido a la corrosión del acero.
- Aumentar la sección de las columnas y colocar el refuerzo carente en las vigas que requieren mayor área de acero longitudinal.
- Las columnas también pueden ser reforzadas con ángulos metálicos colocados en sus cuatro esquinas y sujetos lateralmente entre sí por medio de presillas soldadas. La parte superior e inferior del refuerzo también van a estar formadas por ángulos.

### **Conclusiones:**

- El ambiente climatológico en la zona de Lechería, Puerto la Cruz y Guanta se caracteriza por un alto índice de agresividad, con temperatura media en promedio de 27°C, porcentaje de humedad relativa en 77 % y los picos de humedad, según la tabla 4.13, se registraron en un 80 % durante los meses de junio y agosto en un periodo de 11 años.
- Se manifestó la presencia de cloruros al aplicarse la solución de nitrato de plata, cambiando el color del concreto a un tono blanquecino.

- Para retardar la penetración tanto de cloruros como de sulfatos es recomendable utilizar un concreto con mayor resistencia mecánica y menor porosidad de acuerdo con las Normas COVENIN.
- Los tipos de patologías identificadas en las estructuras de Lechería, Puerto la Cruz y Guanta son: carbonatación, ataques químicos, corrosión y disolución de la pasta del concreto.

**B. El fenómeno de las filtraciones en viviendas unifamiliares: Manual para la detección y corrección de las causas que la originan. CASO: “Patología de las filtraciones en la vivienda unifamiliar ubicada en la Urbanización Buena Vista, Municipio Sucre, Estado Miranda, Caracas, Venezuela”. (Br. Yeim B, 2013).**

Br. Yeim B. manifiesta que las filtraciones son patologías frecuentemente ignoradas, y cuando el tiempo pasa, la humedad y el agua pueden generar todo tipo de problemas. Las consecuencias que asiduamente se presentan en las edificaciones pueden ser desde peculiares apariencias como: manchas en la superficie de las estructuras, desprendimiento de la pintura y olores producidos por la humedad que penetra. Con el paso del tiempo, dichas patologías van aumentando de forma continua, ocasionando daños significativos que van desde: fisuras y pequeñas ranuras superficiales, hasta grietas notables con aberturas más profundas y de mayor dimensión. La finalidad de esta investigación de grado es determinar los diferentes tipos de humedades, las causas que pueden generar el fenómeno de las filtraciones y determinar los procedimientos adecuados para afrontar los procesos patológicos, todo esto basado en el esquema de un manual de fácil entendimiento para la detección y corrección de las causas que producen



dicha patología con la finalidad de disminuir los costos y solventar el problema actual de la vivienda unifamiliar, ubicada en la Urbanización Buena Vista, Estado Miranda, Caracas, Venezuela.

### **Objetivo general:**

Diagnosticar la metodología apropiada en un manual que sirva de detección e inspección al proceso patológico del fenómeno de las filtraciones originado en viviendas unifamiliares, aplicado al caso de la Casa #504 - 508 ubicada en la Urbanización Buena Vista, Estado Miranda, Caracas, Venezuela.

### **Resultados:**

Mala aplicación del material impermeabilizante, el desnivel de la losa no posee las pendientes adecuadas para que el agua fluya, lo que trae como resultado el estancamiento del agua en zonas localizadas, se aprecia un concreto deteriorado debido a los diversos agentes a los que está expuesto.

### **Conclusiones:**

- La humedad continua influye directamente en el deterioro del concreto y a diferente tiempo tiende a afectar directamente la capacidad de soporte para la cual fue diseñada. Es por ello que no es suficiente con controlar dicha humedad, sino que, se debe idear un plan de mantenimiento correctivo para restaurar y garantizar las capacidades de carga para la cual fue calculada la vivienda unifamiliar.
- En la vivienda unifamiliar ubicada en la Urbanización Buena Vista, Municipio Sucre, Estado Miranda, se encuentran muchas causas que dan como resultado el delicado estado en que se encuentra la vivienda, ya que son diversas las

causas que producen el fenómeno de las filtraciones en la vivienda, se producen por la mala técnica implementada en la colocación de los productos impermeabilizantes, por carencia de productos impermeabilizantes, o hasta por el constante deterioro generado por las causas externas a la cual se encuentra expuesta la vivienda, lo cual disminuye la vida útil de los productos que garantizan la permeabilidad de la estructura.

- Todos los factores que producen las filtraciones nombrados anteriormente son visibles en la vivienda estudiada, se manifiestan manchas perfectamente delimitadas que van incrementándose en tanto aumentan las precipitaciones, lo que demuestra el nivel de vulnerabilidad a la cual se encuentra la estructura ante agentes atmosféricos.

### **C. Humedad proveniente del suelo en edificaciones, Santiago, Chile. (Fernández P, 2008).**

#### **Objetivo general:**

El objetivo de esta investigación es mejorar las condiciones de servicio de las edificaciones, previniendo el problema de humedad por ascensión capilar (capilaridad), o corrigiéndolo si es que ya se ha presentado el problema. Por otra parte, crear conciencia que los problemas provocados por la humedad proveniente del suelo existen en un gran número de viviendas y que la única forma de evitar que siga expandiéndose es tomando las medidas preventivas imprescindibles al momento de construir.

### **Resultados:**

Los resultados de la encuesta realizada son alarmantes. Más de un 40 % de las viviendas encuestadas presentan problemas de humedad proveniente del suelo. Así mismo los resultados confirman que las medidas correctivas no solucionan los problemas producidos por este tipo de humedad, ya que de todos los encuestados que aseguraron haber tomado alguna medida para solucionar sus problemas, ninguno afirmó que la solución ejecutada resultó ser 100 % efectiva.

### **Conclusiones:**

Este trabajo concluye en que los problemas provocados por la humedad proveniente del suelo existen y afectan a cuatro de cada diez viviendas en la provincia de Santiago. Frente a esto la principal explicación es que durante el proceso constructivo de las viviendas afectadas muy probablemente no se tomaron las medidas preventivas necesarias y que las soluciones correctivas no lograron erradicar dicho problema.

## **1.6.2 Antecedentes Nacionales.**

- A. Evaluar las patologías producidas por la napa freática y elaborar una propuesta de mejora en el cerco perimétrico y pabellón 1 de la I.E.P. Emblemática San Pedro del Distrito de Chimbote - Provincia de Santa - Región Ancash. (Zapata J, 2017).**

### **Objetivo general:**

Determinar las patologías que presenta el cerco perimétrico y pabellón 1 de la I.E.P. Emblemática San Pedro del Distrito de Chimbote – Provincia de Santa – Región Ancash a causa de la napa freática.

## Resultados:

- Con la ejecución de las 6 calicatas realizadas en la I.E.P. Emblemática San Pedro se logró cumplir con el primer objetivo específico de la presente tesis, ya que se llegó a determinar que el nivel de la napa freática en la zona de estudio, se encontraba a 2.80 m, 2.90 m, 3.00 m, 2.70 m, 2.80 m y 3.00 m de profundidad; de acuerdo a los antecedentes, según el INA (Instituto Nacional del Agua en Argentina), en su estudio titulado "Acuífero Puelche – Argentina 2010", que tenía como objetivo determinar el nivel freático en el Gran Buenos Aires, llegó a la conclusión de que el nivel freático puede afectar a las viviendas y estructuras de la zona, debido a la elevación de la napa freática por las constantes lluvias y pérdidas de agua potable, y que a su vez éstas presentan contaminación química. Entonces de lo mencionado, podemos decir, que, en la zona de estudio de la presente tesis, no es normal que se den lluvias, sino, lo que más está presente es la demasiada cercanía del mar con la Institución Educativa, siendo la fuente de agua que abastece al nivel freático, por lo que este sería uno de los causantes de que el nivel de la napa freática pueda ascender y acercarse mediante capilaridad a los cimientos de la estructura que se encuentran a 0.80 m de profundidad.
- De acuerdo con los antecedentes de la presente tesis, según Henry Alvarado, en su tesis titulada "Estudio del nivel freático como factor de deterioro de las edificaciones" que tenía como objetivo el de realizar un estudio el cual permita determinar el estado actual de las edificaciones deterioradas por la influencia de la napa freática, llegó a la conclusión de que son muchas las edificaciones que se encuentran deterioradas y afectadas por motivos de la humedad en los suelos, ya que no se toman las precauciones y medidas correspondientes al

momento de su diseño y construcción. Entonces de lo mencionado, podemos decir que, algunas personas, ya sea por desconocimiento, por ahorrar económicamente u otros motivos, ignoran qué materiales son los más adecuados y correctos para el tipo de zona, lugar o ambiente donde se van a utilizar para construir, y al no tomar estas precauciones necesarias, con el tiempo sus edificaciones comienzan a presentar fallas y patologías debido a que los materiales utilizados no eran los adecuados, llegando así a generar costosas reparaciones a los propietarios. Y es por eso que, con el análisis químico de agua, se logró cumplir con el segundo objetivo específico de la presente tesis, llegando a determinar que el agua contenida por la napa freática si contiene agentes químicos que pueden llegar a afectar a los elementos estructurales del cerco perimétrico y pabellón 1 de la I.E.P. Emblemática San Pedro, siendo estos agentes químicos encontrados: los cloruros, los sulfatos, las sales solubles y pH.

- De acuerdo con los antecedentes de la presente tesis, según Jhony Gargate, en su tesis titulada “Problema sobre los efectos de la napa freática en las edificaciones”, que tenía como objetivo el de determinar los efectos de la napa freática en las viviendas, llegó a la conclusión de que ésta es la causante del deterioro de las estructuras, ya que, por capilaridad, el agua asciende a las cimentaciones, paredes, columnas y techos de las edificaciones. Entonces de lo mencionado, podemos decir que, cuando el nivel de la napa freática está demasiado cerca de la superficie o a los cimientos de las estructuras que estén sobre él, si es muy probable que sean los principales causantes del deterioro de las estructuras, pero no solo es necesario que el nivel de napa freática esté demasiado cerca de la superficie, sino también es muy importante saber que, si

el agua que contiene, está contaminada o presenta agentes químicos, ya que dependerá mucho de los agentes que contenga para determinar que patologías y daños pueda causar a la estructura. Y es así que, con la ayuda de los estudios realizados para la elaboración de la presente tesis, se logró cumplir con el tercer objetivo específico, llegando a determinar que el cerco perimétrico y pabellón 1 de la I.E.P. Emblemática San Pedro si presenta patologías en sus elementos estructurales, los cuales son: eflorescencia, criptoflorescencia, erosión del concreto, erosión del ladrillo y corrosión del acero.

### **Conclusiones:**

- El nivel de la napa freática en la zona de estudio se encuentra a una profundidad de 2.80 m en la primera calicata, 2.90 m en la segunda calicata, 3.00 m en la tercera calicata, 2.70 m en la cuarta calicata, 2.80 m en la quinta calicata y 3.00 m en la sexta calicata de las cuales las dos primeras se realizaron en ambos extremos del cerco perimétrico revestido de la I.E., la tercera junto al pabellón 1 de la I.E., la cuarta y quinta en los dos extremos del muro del cerco perimétrico sin revestir y la sexta en el muro posterior junto al mar del cerco perimétrico sin revestir de la I.E.P. Emblemática San Pedro.
- Con el análisis químico de agua realizado, se ha podido determinar que el agua contenida por la napa freática si contiene agentes químicos que pueden afectar a los elementos estructurales del cerco perimétrico y pabellón 1 de la I.E.P. Emblemática San Pedro. A continuación, se mencionan cada uno de ellos:
  - Cloruros: Se ha podido determinar que en el agua contenida por la napa freática existe 149 ppm de cloruros, el cual resulta ser un dato muy positivo, ya que según el Comité ACI, este valor es considerado como leve.

- Sulfatos: Se ha podido determinar que en el agua contenida por la napa freática existe 1051 ppm de sulfatos, por lo que según el comité ACI, este valor es considerado como moderado.
  - Sales solubles: Se ha podido determinar que en el agua contenida por la napa freática existe 5836 ppm de sales solubles, el cual resulta ser un resultado muy favorable, ya que según el Comité ACI, si se obtiene un valor mayor a 15000 sería considerado perjudicial para la estructura.
  - pH: Se ha podido determinar que en el agua contenida por la napa freática existe un valor de 8.41 de pH, y que según el Comité ACI, aquellos valores comprendidos entre 8 y 14 como en el caso de la I.E.P. Emblemática San Pedro, son considerados como moderados, ya que el agua es alcalina, por lo que solo llega a producir sarro en las armaduras.
- Se ha logrado determinar que el cerco perimétrico y pabellón 1 de la I.E.P. Emblemática San Pedro si presenta patologías en el concreto, ladrillo y en el acero de la estructura. A continuación, se mencionan cada una de ellas:
- Criptoflorescencia: Esta patología se encontró presente en el revestimiento de los muros y columnas de concreto, tanto del cerco perimétrico revestido como en el pabellón 1 de la Institución Educativa, y se da a causa de las sales solubles presentes en el agua contenida por la napa freática, la cual asciende mediante capilaridad hasta la estructura. Estas se encontraron presentes en un porcentaje total de 1.49 % en relación con el área total del cerco perimétrico y pabellón 1 de la I.E.P. Emblemática San Pedro.
  - Eflorescencias: Al igual que la criptoflorescencia, esta patología se encontró presente en el revestimiento de los muros y columnas de concreto, tanto del

cercos perimétricos como en el pabellón 1 de la Institución Educativa. Esta patología se produce después de la criptoflorescencia, y es producto también de las sales solubles presentes en el agua contenida por la napa freática. Además, esta patología se encontró presente en un porcentaje total de 6.34 % en relación con el área total del cerco perimétrico y pabellón 1 de la I.E.P. Emblemática San Pedro.

- Erosión del concreto: Esta patología solo se encontró presente en el concreto de los muros y columnas del cerco perimétrico de la Institución Educativa, originada a causa de los sulfatos que están presentes en el agua contenida por la napa freática y que asciende mediante capilaridad hasta los cimientos de la estructura, siendo esto algo muy peligroso, ya que llega hasta el punto de degradar el concreto que cubre el acero, haciendo que éste quede totalmente a la intemperie, expuesto a sufrir daños de corrosión y oxidación, originando que la estructura se debilite. Esta patología se pudo encontrar en un porcentaje total de 0.95 % en relación con el área total del cerco perimétrico y pabellón 1 de la I.E.P. Emblemática San Pedro.
- Erosión del ladrillo: Esta patología se encontró presente en el cerco perimétrico sin revestir de la Institución Educativa, originada a causa de la humedad que asciende del nivel freático hasta la estructura, siendo esto algo muy perjudicial ya que llega a deteriorar y producir pérdidas de pedazos de ladrillos que conforman el cerco perimétrico de la I.E.P. Emblemática San Pedro. Además, esta patología se pudo encontrar en un porcentaje total de 47.72 % en relación con el área total del cerco perimétrico y pabellón 1 de la I.E.P. Emblemática San Pedro.



- **Corrosión:** Esta patología sólo se encontró presente en algunas columnas del cerco perimétrico de la Institución Educativa, y esto se manifiesta en los aceros de refuerzo que conforman las estructuras a causa de los cloruros que presenta el agua contenida por la napa freática, el cual se encarga de corroer el acero, siendo esto es algo muy peligroso, puesto que si no se protege el acero de refuerzo, se debilitará la estructura haciéndola más propensa a sufrir daños muy graves ante cualquier esfuerzo. Esta patología, solo se pudo encontrar en tres columnas del cerco perimétrico de la Institución Educativa, obteniendo un porcentaje total de 0.82 % en relación con el área total del cerco perimétrico y pabellón 1 de la I.E.P. Emblemática San Pedro.

**B. Determinación y evaluación de las patologías del concreto en columnas, vigas y muros de albañilería confinada del cerco perimétrico del Hospital Regional “Eleazar Guzmán Barrón”, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash. (Vivar Q, 2015).**

**Objetivo General:**

Obtener el estado actual y condición de servicio de la infraestructura, según los diferentes tipos de patologías que se presenta, estos justificados mediante resultados de evaluación tomando como referencia las patologías existentes actualmente.

**Resultados:**

- Del tramo N° 1, el 22.47 % del área se encuentra afectada con patologías moderadas, así mismo, el porcentaje mayor encontrado fue de Eflorescencias con un valor de 22.15 %.

- Del tramo N° 2, el 5.57 % del área se encuentra afectada con patologías leves, así mismo, la patología más resaltante fue de Eflorescencias con un 42.5 %.
- Del Tramo N° 3, el 7.38 % del área se encuentra afectada con patologías leves. Así mismo, en este tramo el mayor porcentaje patológico encontrado es de Eflorescencia con un 69.86 %.
- Del Tramo N° 4, el 4.93 % del área se encuentra afectada con patologías leves. Así mismo, en este tramo el mayor porcentaje patológico encontrado es de Distorsión con un 48.08 %.
- Del Tramo N° 5, el 11.65 % del área se encuentra afectada con patologías moderadas. Así mismo, en este tramo el mayor porcentaje patológico encontrado es de Eflorescencia con un 26.90 %.
- Del Tramo N° 6, el 20.41 % del área se encuentra afectada con patologías moderadas. Así mismo, en este tramo el mayor porcentaje patológico encontrado es de Eflorescencia con un 18.26 %.

### **Conclusiones:**

- Los elementos de concreto armado, sin ninguna función estructural, mas no de delimitación y cerramiento arquitectónico, encontrados en los vanos en algunos de los tramos, el 52.02 % del área total se encuentra afectada con patologías de manera severa.
- Los muros de albañilería encontrados en todos los tramos, el 8.91 % del área total se encuentra afectada con patologías de manera leve.
- Finalmente se concluye que en todos los elementos de cierre del Tramo N° 1 al Tramo N° 6 el 10.84 % del área se encuentra afectada con patologías de

manera moderada. Sobresaliendo en todo el tramo el mayor porcentaje encontrado correspondiente a la Eflorescencia con un 30.54 %.

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

#### **Objetivo General:**

Evaluar las propiedades físico – mecánicas de los ladrillos King Kong producidos en el Sector Fila Alta de la ciudad de Jaén.

#### **Resultados:**

- De las 05 ladrilleras analizadas del sector Fila Alta, se obtuvieron valores promedios del porcentaje de variación dimensional de 1.04 %, 1.41 % y 2.48 % en su largo, ancho y altura, respectivamente.
- De las 05 ladrilleras analizadas del sector Fila Alta, se obtuvieron valores promedios de alabeo de 1.08 mm y 1.65 mm, en su cara superior e inferior, respectivamente.
- De las 05 ladrilleras analizadas del sector Fila Alta, se obtuvo el valor promedio de la resistencia a la compresión de 39.81 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **Conclusiones:**

- Las propiedades físico – mecánicas de los ladrillos King Kong del sector Fila Alta no cumplen con lo que establece la norma E.070 del RNE.
- La variabilidad dimensional no alcanza los valores mínimos, según lo que establece la norma E-070 en la tabla 1, para poder clasificar a los ladrillos en función a su tipo.

- En cuanto al alabeo, según la tabla 1 de la norma E.070, las unidades de ladrillos no clasifican para fines estructurales.
- Los resultados de resistencia a compresión de los ladrillos, dan un valor promedio de 39.81 kg/cm<sup>2</sup>, resultado que no se aproxima al mínimo de 50 kg/cm<sup>2</sup> recomendado en la propuesta de la norma E.070.

**D. Influencia de la arcilla de caolín en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería fabricadas con ladrillo de arcilla artesanal King Kong, Huamachuco 2018. (Cerna J, 2018).**

**Objetivo General:**

Determinar la influencia de la arcilla de Caolín en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería fabricadas con ladrillo de arcilla artesanal King Kong.

**Resultados:**

- Se determinó que las unidades de albañilería King Kong artesanal con 10 % de arcilla de caolín presentaron una menor variación dimensional con valores de 0.20 %, 0.09 % y -0.04 % en su largo, ancho y alto, respectivamente, en comparación con los ladrillos con 0 %, 5 %, 15 % y 20 % de arcilla de caolín.
- Se determinó que las unidades de albañilería King Kong artesanal con 10 % de arcilla de caolín presentaron un menor alabeo con valores de 0.08 mm y 1.35 mm en su cara superior e inferior, respectivamente, en comparación con los ladrillos con 0 %, 5 %, 15 % y 20 % de arcilla de caolín.
- Se determinó que las unidades de albañilería King Kong artesanal con 10 % de arcilla de caolín presentaron una mejor resistencia a la compresión con un valor

de  $68.59 \text{ kg/cm}^2$ , en comparación con los ladrillos con 0 %, 5 %, 15 % y 20 % de arcilla de caolín.

- Se determinó que las unidades de albañilería King Kong artesanal con 10 % de arcilla de caolín presentaron una menor succión con un valor de  $79.96 \text{ g/200cm}^2\text{-min}$ , en comparación con los ladrillos con 0 %, 5 %, 15 % y 20 % de arcilla de caolín.
- Se determinó que las unidades de albañilería King Kong artesanal con 10 % de arcilla de caolín presentaron una menor absorción con un valor de 12.23 %, en comparación con los ladrillos con 0 %, 5 %, 15 % y 20 % de arcilla de caolín.
- Se determinó que las pilas de albañilería elaborados con ladrillos King Kong artesanal con 10 % de arcilla de caolín presentaron una mejor resistencia característica a la compresión axial con un valor de  $65.89 \text{ kg/cm}^2$ , en comparación con las pilas de albañilería con 0 %, 5 %, 15 % y 20 % de arcilla de caolín.

### **Conclusiones:**

- Se determinó la influencia de la arcilla de Caolín en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería fabricadas con ladrillo de arcilla artesanal King Kong, mejorando esta propiedad en un 74,73 % al emplear unidades con un 10 % de arcilla de Caolín, con respecto a la muestra patrón.
- Se obtuvieron ladrillos artesanales de arcilla cocida King Kong que cumplen con las exigencias de la Norma Técnica de Edificación E.070 (2006), clasificando a las nuevas unidades como Tipo I, y mejorando significativamente la resistencia característica de las pilas de albañilería.

- Se realizaron los ensayos clasificatorios del ladrillo artesanal según la Norma Técnica de Edificación E.070 (2006), tales como la variación dimensional, alabeo y resistencia a compresión; indicándose que las unidades de albañilería con un 10 % de arcilla de Caolín presentaron una menor variación dimensional y un menor alabeo, además se obtuvo la mejor resistencia a compresión promedio, llegando a un valor de 68,59 kg/cm<sup>2</sup>.
- Las unidades de albañilería con 0 % y 20 % de arcilla de Caolín, clasifican como no aptos para fines estructurales; y, aquellas con 5 %, 10 % y 15 % de arcilla de Caolín, clasifican como ladrillos Tipo I.
- Se realizaron los ensayos no clasificatorios del ladrillo artesanal según la Norma Técnica de Edificación E.070 (2006), tales como succión y absorción; contemplándose que las unidades de albañilería con un 10 % de arcilla de Caolín presentaron los valores más óptimos, al obtener una succión de 79,96 g/200cm<sup>2</sup>-min y una absorción de 12,23 %.

### **1.6.3 Antecedentes Locales.**

- A. Modelamiento de la relación Capilaridad - Deterioro en edificaciones del Sector Vista Alegre, Distrito Víctor Larco Herrera, Provincia de Trujillo. (Loayza S, Zavaleta R, 2017).**

#### **Objetivo General:**

Determinar el modelamiento de la relación capilaridad - deterioro en edificaciones del sector Vista Alegre, Distrito Víctor Larco Herrera, Provincia Trujillo.

### **Conclusiones:**

- En todo el sector siempre se verá el problema de capilaridad en las edificaciones debido a distintos factores que convergen en la zona, por lo tanto, todas las nuevas estructuras deben tomar medidas para prevenir este problema, muchas otras viviendas ya construidas previnieron el problema de capilaridad con distintos métodos.
- Teniendo en cuenta que el sector Vista Alegre lleva existiendo desde hace años y ha estado en un constante crecimiento, establecemos que las viviendas que poseen más de 10 de años de antigüedad, y que no han usado ningún método para prevenir la humedad por ascensión capilar, representan un problema grave. Establecimos también las consecuencias de la ascensión capilar para con las edificaciones y las personas, por eso se debe hacer un tratamiento de este problema.
- Muchas viviendas antiguas son reemplazadas por nuevas donde ya se toman medidas para prevenir la capilaridad, esto es porque los habitantes poseen más recursos para poder reemplazar sus viviendas, pero no siempre se da esto por lo que la gente tiene que seguir viviendo en edificaciones antiguas.
- La recolección de datos obtenidos del SENAMHI se concluye que La Libertad posee gran cantidad de precipitaciones, si bien estas se enfocan más en la parte sierra, en estos últimos meses debido al fenómeno del niño se presentaron gran cantidad de precipitaciones en la ciudad tan igual como ocurrió en el año 1997-1998 donde también se suscitó este fenómeno. En este caso, el agua que debido a los desbordes de la quebrada San Idelfonso, generarán problemas de capilaridad ya que mucha de esta agua ha filtrado al suelo y luego ascenderá poco a poco a las estructuras.

- Otro problema que viene de hace años es el de la napa freática, la cual ha venido aumentando debido al desarrollo del proyecto Chavimochic, esto ha generado una gran acumulación de agua subterránea que seguirá siendo perjudicial para toda la zona.
- Más del 90 % de las edificaciones son de material noble, esto debido al gran crecimiento de la ciudad en los últimos años, su antigüedad varía de los 10 a 20 años. En cuanto a la capilaridad, el 20.5 % de viviendas muestra una altura capilar considerable; con respecto a la medida de esta altura tenemos que el 7.8 % mide 20 cm, el 6.67 % mide 40 cm, el 3.01 % mide 60 cm, el 1.4 % mide 80 cm y el 1.45 % mide 1 m, estos dos últimos representan los datos más críticos.
- El Suelo en la zona de estudio es arenoso, por lo tanto, predominan las arenas o partículas minerales mayores de 0,02 mm de diámetro (cuando las partículas son mayores de 0,2 mm se denominan gravas). Son suelos muy permeables (la permeabilidad es la velocidad de infiltración del agua de gravitación), pues en ellos predominan los macroporos (todos hemos visto lo rápidamente que desaparece un cubo de agua vertido en la playa). Con todo esto concluimos que el agua que proviene del suelo asciende de manera más rápida hacia las estructuras.
- Uno de los métodos más usados y con mejores resultados es el uso de barreras plásticas en los cimientos, por lo que es el más recomendable para prevenir el problema de ascensión capilar.
- En caso de viviendas que ya cuenten con el problema de capilaridad en sus paredes la mejor y más accesible opción es el uso de inyecciones de productos como el Sikamur que puedan repeler el agua que se encuentre en las estructuras.



## 1.7 Bases Teóricas

### 1.7.1 Aspectos Generales de la Albañilería.

#### 1.7.1.1 Características básicas.

“La albañilería se define como un conjunto de unidades trabadas o adheridas entre sí con algún material, como el mortero de barro o de cemento”. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 14).

En consecuencia, es un material de unidades débilmente unidas o pegadas. Este hecho permite afirmar que se trata de un material heterogéneo y anisotrópico, y que tiene, por naturaleza, una resistencia a la compresión elevada, dependiente principalmente de aquella de la propia unidad, mientras que la resistencia a la tracción es reducida y está controlada por la adhesión entre la unidad y el mortero. (Arango, 2002, p. 1).

#### A. Heterogeneidad:

La mampostería es un material compuesto por dos materiales: Mampuestos y Mortero siguiendo alguno de los ordenamientos mostrados en la Figura 1. Esto hace que las características no sean uniformes. A modo de ejemplo que la resistencia a tracción mortero, la resistencia a tracción del mampuesto y la resistencia a tracción entre mortero y mampuesto serán magnitudes diferentes. (Colacce et al., 2005, p. 7).

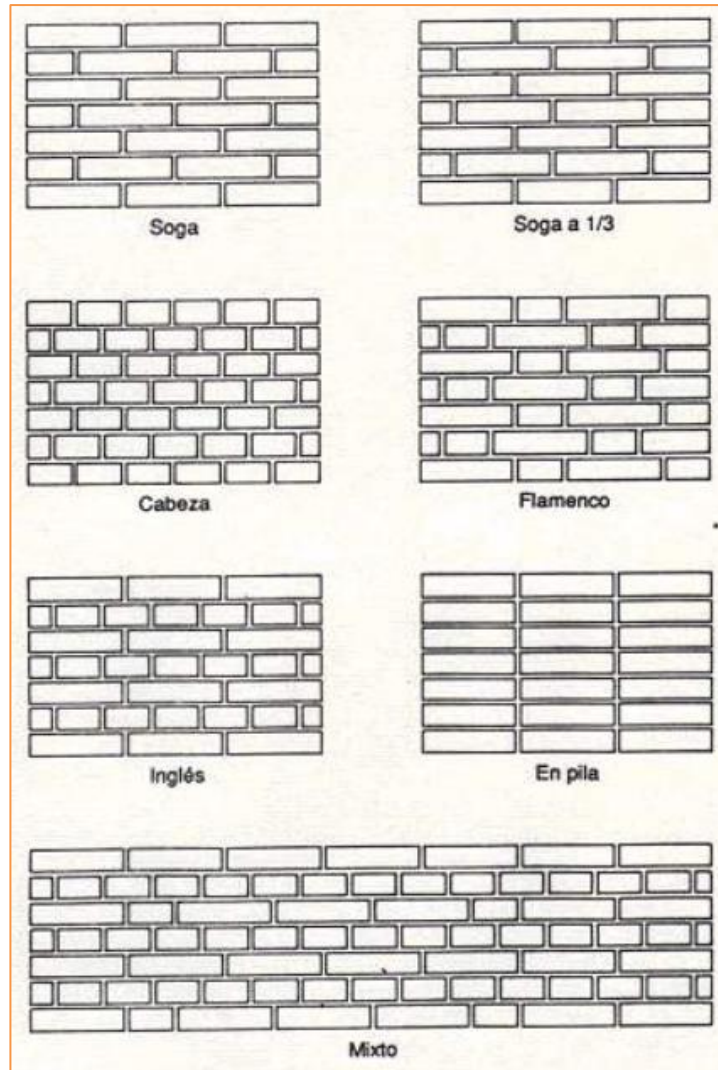


Figura 1. Mampostería Simple.

Fuente: Colacce et al., 2005, p. 4.

## B. Anisotropía:

El hecho de que la mampostería se componga de los materiales antes mencionados no sólo provoca heterogeneidad, sino que también provoca anisotropía, o sea, el comportamiento del material depende de la dirección de aplicación de las cargas. A modo de ejemplo, la mampostería no va a resistir una sollicitación que genere un momento flector cuyo vector es paralelo (Ver Figura 2) a la junta de la misma forma que otra con momento flector con vector perpendicular a la junta. (Colacce et al., 2005, p. 7).

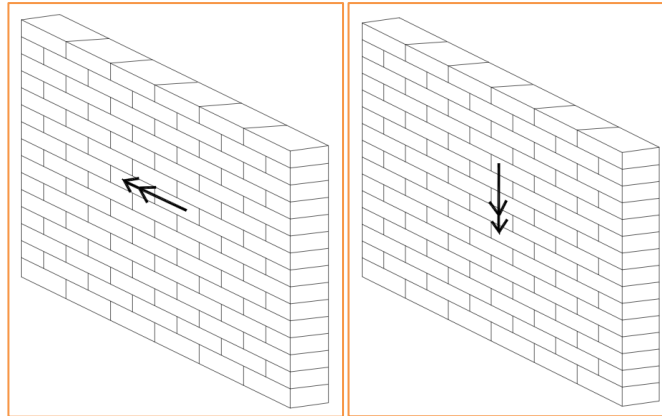


Figura 2. Vector momento paralelo y perpendicular a la junta.

Fuente: Colacce et al., 2005, p. 7.

### C. Resistencia a compresión vs. Resistencia a tracción:

La mampostería es un material que presenta una buena resistencia a compresión, tiene un buen comportamiento frente a cargas verticales (Ver Figura 3) y horizontales paralelos a su plano, pero tiene muy poca resistencia a tracción por lo que no es muy resistente frente a cargas horizontales perpendiculares a su plano. Por lo tanto, se debe aprovechar al máximo su resistencia a compresión para compensar la poca resistencia a tracción que posee. (Colacce et al., 2005, p. 7).

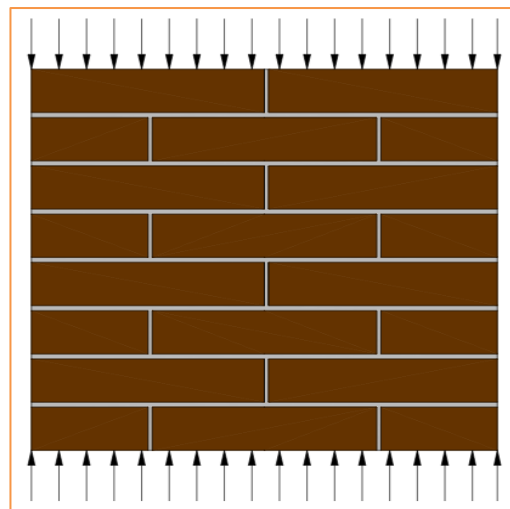


Figura 3. Compresión perpendicular a la junta.

Fuente: Colacce et al., 2005, p. 7.

#### **D. Variabilidad:**

“Existe una dispersión de valores en las medidas de todas las propiedades de los materiales usados en ingeniería. Esta dispersión depende de los diferentes ingredientes, componentes y procesos que se requieren para su elaboración”. (Arango, 2005, p. 2).

Por mayores que sean los controles en la fabricación de cada uno de los materiales con los que se forma la mampostería, el toque ‘artesanal’ dado por la mano de quien ‘levanta el muro’ de mampostería hace que el material tenga una gran variabilidad. Si a esto se le suma, el hecho de que las propiedades de esta dependen, como se verá más adelante, de las condiciones de humedad ambiente, temperatura, etc. hace que sea muy dificultoso la caracterización de las propiedades de la mampostería. (Colacce et al., 2005, p. 8).

Esta es una dificultad que se presenta en la mampostería a diferencia, por ejemplo, del hormigón o el acero. Si se desea hacer un hormigón de 250 kg/cm<sup>2</sup>, luego de dosificarlo y hacer algunas pruebas se podrá obtener en una planta hormigonera un material que asegure que se alcanza este valor de resistencia a la compresión. Esto resulta más difícil de alcanzar en la mampostería, lo cual trae aparejado mayores coeficientes de seguridad en cuanto a las propiedades resistentes de dicho material. (Colacce et al., 2005, p. 8).

La albañilería tiene, entre los materiales de ingeniería y en demasiados casos, coeficientes de variación elevados (Ver Tabla 1). Esto se debe a que, los componentes de la albañilería son particularmente variables. Asimismo, el

mortero, dada su forma artesanal tradicional de dosificación y mezclado, tiende a producir características variables. Más aún, la mayoría de los responsables de la albañilería tienen escaso conocimiento de ella, y en muchos casos la consideran no como el material estructural que es sino como un material simple de construcción (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 24).

Tabla 1. *Coefficientes de variación representativos de materiales de ingeniería.*

MATERIAL	COMENTARIO	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)
<b>Acero Estructural</b>	Se refiere al material industrial	1
	Medido en ensayos de testigos	
<b>Concreto</b>	a. Obra muy controlada	8
	b. Obra sin control	25
	<b>Resistencia</b>	
	a. Artesanales	25
	b. Industriales	8
	<b>Dimensiones: Largo</b>	
<b>Unidades de Albañilería</b>	a. Artesanales	5
	b. Industriales	1
	<b>Dimensiones: Alto</b>	
	a. Artesanales	8
	b. Industriales	3
<b>Mortero</b>	Adhesión	25
<b>Concreto Líquido</b>	Resistencia a la compresión	8
	Medida en ensayos de compresión en prismas	
<b>Albañilería</b>	a. Obra muy controlada	15
	b. Obra sin control	30

Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 23).

Dado que los coeficientes de variación altos no son inherentes a la albañilería, sino que se deben a las faltas de conocimiento y de control en las diferentes etapas del proceso, desde la elaboración de unidades hasta la construcción, una de las tareas esenciales para el correcto desarrollo de la albañilería es corregir estas situaciones. (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 deben diseñarse fundamentalmente ante cargas perpendiculares a su plano, que 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 Clasificación de la albañilería por la distribución de refuerzo.**

### ***1.7.3.1 Albañilería no reforzada o albañilería simple.***

Muros sin refuerzo o con refuerzo que no cumplen con las especificaciones mínimas reglamentarias que debe presentar todo muro reforzado, y aunque la Norma Técnica de Edificación E.070 no lo señale, se recomienda que estas construcciones se edifiquen sobre suelos de buena calidad, pues la albañilería es muy frágil ante los asentamientos diferenciales. La resistencia al corte y la rigidez son semejantes tanto en los muros no reforzados como en los reforzados; sin embargo, la Norma Técnica de Edificación E.070 adopta factores de seguridad iguales al doble de las que corresponden a los muros reforzados, debido a que los muros no reforzados son de falla frágil, ya que

no existe refuerzo que controle el tamaño de las grietas. (San Bartolomé, 1994, p. 6, 7).

### **1.7.3.2 Albañilería reforzada o albañilería estructural.**

**A. Albañilería Armada:** La Albañilería Armada o muros armados se distinguen por presentar el refuerzo en el interior de la albañilería distribuidas de forma vertical y horizontal. Para la construcción de estos muros se requiere la fabricación de unidades con alveolos, para poder colocar el refuerzo vertical; mientras que para la colocación del refuerzo horizontal depende de su diámetro, si el diámetro del acero es mayor de  $\frac{1}{4}$ " este se coloca en los canales de la unidad, y si el diámetro es menor o igual a  $\frac{1}{4}$ " se coloca en la junta horizontal. El diámetro del refuerzo horizontal depende directamente de la magnitud de la fuerza cortante, la cual tiene que ser resistida por el acero. (San Bartolomé, 1994, p. 8).

**B. Albañilería Confinada:** La Albañilería Confinada es el sistema tradicional que se usa en casi toda Latinoamérica para construir hasta 5 pisos, el cual se constituye por un muro de albañilería simple, reforzado por una cadena de concreto armado, vaciado después de su construcción. En el Perú, se ha convertido en una tradición emplear una conexión dentada entre la albañilería y las columnas, ya que en Chile se emplea una conexión prácticamente a ras, y el cual obtuvo un buen comportamiento en el terremoto de 1985. (San Bartolomé, 1994, p. 12).

El pórtico de concreto armado, que rodea al muro, actúa como elemento de arriostre en el momento que la albañilería está sujeta a acciones

perpendiculares a su plano; a su vez, tiene como principal función hacer dúctil el sistema; brindándole la capacidad de deformación inelástica, aumentando de forma muy leve su resistencia, por el hecho de que la viga y las columnas tienen dimensiones pequeñas y con escaso refuerzo. (San Bartolomé, 1994, p. 12).

#### **1.7.4 Componentes de la Albañilería.**

##### ***1.7.4.1 Unidades de Albañilería.***

La unidad de albañilería es el componente básico para la construcción de la albañilería. Ella se elabora de materias primas diversas; la arcilla, el concreto de cemento portland y la mezcla de sílice y cal son las principales. Se forma mediante moldeo, empleado en combinación con diferentes métodos de compactación o por extrusión. (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 75).

De acuerdo a las dimensiones o por su tamaño, las unidades se clasifican en ladrillos y bloques. Se les llama ladrillos cuando pueden ser manipulados y asentados con una mano; y bloques, cuando por su peso y mayores dimensiones se deben emplear ambas manos. Los ladrillos se usan en la construcción de la albañilería confinada y sus dimensiones comunes son: ancho = 11 cm a 14 cm, largo = 23 cm a 29 cm, altura = 6 cm a 9 cm, y su peso oscila entre 3 kg y 6 kg. Los bloques se utilizan en las edificaciones de albañilería armada y para el caso de los bloques de concreto vibrado, las dimensiones comunes son: 14 cm ó 19 cm de espesor, 19 cm ó 39 cm de longitud y 19 cm de altura, aunque comercialmente se les añade 1 cm de junta para identificarlos (por ejemplo, bloques con dimensiones nominales de 20



cm x 20 cm x 40 cm). El peso de estos bloques puede variar entre 12 kg y 20 kg. (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2011, p. 37, 38).

- A. Los ladrillos:** Los ladrillos son las unidades con las cuales se levantan los muros y se aligera el peso de los techos. Existen ladrillos de diferentes materiales, pero los más usados para una casa son los de arcilla. Los ladrillos se caracterizan por tener dimensiones (particularmente el ancho) y pesos que lo hacen manejables con una sola mano en el proceso de asentado. (Aceros Arequipa, 2010, p. 22).

Según el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), los ladrillos pueden ser artesanales y maquinados; el ladrillo artesanal es fabricado con procedimientos predominantemente manuales. El amasado o moldeado es realizado a mano o con maquinaria elemental que en ciertos casos extruye, bajo presión, la pasta de arcilla. El procedimiento de moldaje exige que se use arena o agua para evitar que la arcilla se adhiera a los moldes dando un acabado característico al ladrillo. El ladrillo producido artesanalmente se caracteriza por variaciones de unidad a unidad. Los ladrillos maquinados o industriales son los fabricados con maquinaria que amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla y se caracterizan por su uniformidad.

- a.1 Ladrillos para muros portantes:** Un muro portante soporta el peso de la estructura de una casa y resiste la fuerza de los sismos. Se les reconoce porque las viguetas de los techos se apoyan transversalmente a ellos. Por esta razón, los ladrillos que se utilicen deben ser de muy buena calidad. (Aceros Arequipa, 2010, p. 22).

Los ladrillos para muros portantes se pueden clasificar en cinco tipos de acuerdo con su resistencia a la compresión ( $f'_b$ ). Así, tenemos desde el "Ladrillo I" que resiste  $50 \text{ kg/cm}^2$  hasta el "Ladrillo V" que resiste  $180 \text{ kg/cm}^2$ . En la Tabla 1 de la Norma E.070 (2006) se muestra dicha clasificación, acompañada del tipo de ladrillo que comúnmente se usa para construir un muro. (Aceros Arequipa, 2010, p. 22).

Tabla 2. 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 ( $\text{kg/cm}^2$ ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	$\pm 8$	$\pm 6$	$\pm 4$	10	4.9 (50)
Ladrillo II	$\pm 7$	$\pm 6$	$\pm 4$	8	6.9 (70)
Ladrillo III	$\pm 5$	$\pm 4$	$\pm 3$	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	$\pm 4$	$\pm 3$	$\pm 2$	4	12.7 (130)
Ladrillo V	$\pm 3$	$\pm 2$	$\pm 1$	2	17.6 (180)
Bloque P (1)	$\pm 4$	$\pm 3$	$\pm 2$	4	4.9 (50)
Bloque NP (2)	$\pm 7$	$\pm 6$	$\pm 4$	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 de dimensiones y el mayor alabeo de las unidades conducen a un mayor grosor de las juntas de mortero (por encima del valor nominal de 10 mm), lo que trae por consecuencia, una reducción de resistencia a compresión y a fuerza cortante en la albañilería. Por ello, para fines de clasificar a la unidad con fines estructurales, debe emplearse los resultados más desfavorables de los ensayos indicados en la Tabla 1. Por ejemplo, si por los ensayos de variación dimensional y alabeo un ladrillo clasifica como clase IV, mientras que por el ensayo de compresión clasifica

como clase V, entonces ese ladrillo será clase IV. (San Bartolomé, 2005, p. 122).

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

- TIPO I: Estos ladrillos tienen una resistencia y durabilidad muy baja; son aptos para ser empleados bajo condiciones de exigencias mínimas (viviendas de 1 o 2 pisos), evitando el contacto directo con la lluvia o el suelo.
- TIPO II: En esta categoría clasifican los ladrillos de baja resistencia y durabilidad; son aptos para usarse bajo condiciones de servicio moderadas (no deben estar en contacto directo con la lluvia, suelo o agua).
- TIPO III: Son ladrillos de mediana resistencia y durabilidad, aptos para emplearse en construcciones sujetas a condiciones de bajo intemperismo.
- TIPO IV: Estos ladrillos son de alta resistencia y durabilidad; aptos para ser utilizados bajo condiciones de servicio rigurosas. Pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo moderado, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.
- TIPO V: Tienen una resistencia y durabilidad muy elevada; son aptos para emplearse en condiciones de servicio muy rigurosas, pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo similares al TIPO IV.

El ladrillo más conocido para la construcción de los muros portantes es el denominado "King Kong 18 huecos" (Ver Figura 4), cuyas dimensiones generalmente son:

- Alto: 9 cm (dimensión que más 1 cm de junta da 10 cm).
- Ancho: 13 cm (dimensión que más 2 cm de tarrajeo da 15 cm).
- Largo: 24 cm (dimensión que más 1 cm de junta da 25 cm).

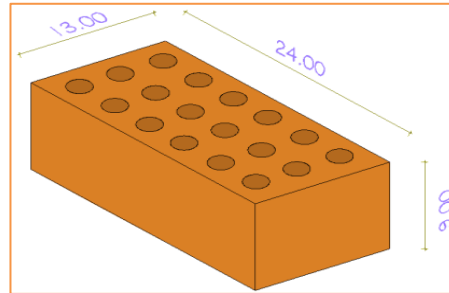


Figura 4. Ladrillo King Kong 18 huecos.

Fuente: Aceros Arequipa, 2010, p. 23.

Estos ladrillos pueden ser fabricados artesanalmente o en una fábrica. Sin embargo, como ya se ha mencionado, es preferible comprar los ladrillos elaborados industrialmente, ya que garantizan uniformidad en sus dimensiones y resistencia adecuada.

Para que un ladrillo resista la fuerza de un sismo es muy importante que la cantidad de huecos (la suma de las áreas de los huecos) no sea mayor al 30% (una tercera parte) del área del ladrillo (Aceros Arequipa, 2010, p. 23).

#### 1.7.4.2 *Materia prima de la unidad de albañilería de arcilla.*

La materia prima fundamental es la arcilla, quien está compuesta de sílice y alúmina con proporciones variantes de óxidos metálicos y otras sustancias. Las arcillas se clasifican de acuerdo con su composición básica, en calcáreas y no calcáreas, las primeras tienen aproximadamente 15 % de carbonato de calcio y ocasionan el color amarillento en los ladrillos, las arcillas 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 (Gallegos y Casabonne, 2005, p. 93).

Las arcillas provienen de la degradación natural de las rocas ígneas o de los feldespatos, y de los depósitos aluviales o eólicos, los cuales presentan cantidades considerables de arena y limos. Las arcillas impuras están compuestas de arena y limo aproximadamente en un 33 %, las cuales lo hacen ideales para fabricar los mejores ladrillos, ya que estas arcillas disminuyen las contracciones y agrietamientos en la etapa de secado y quema (Gallegos y Casabonne, 2005).

Para la fabricación de ladrillos, es necesario que las arcillas al ser mezcladas con agua presenten una consistencia plástica, de manera tal que tomen la forma del molde. Además, sus partículas deben presentar una suficiente adhesión, como para mantenerse estable después del quitado del molde, y ser capaces de mantenerse estables y consistentes cuando se funden a temperaturas elevadas, por último, la unidad no debe presentar grietas. Las arcillas superficiales cumplen con estas condiciones y al pertenecer a una formación sedimentaria reciente son más sencillas de explotar (Gallegos y Casabonne, 2005, p. 93).

#### ***1.7.4.3 Procesos de fabricación artesanal de la unidad de albañilería de arcilla.***

De acuerdo con el Ministerio de la Producción (2010), las etapas del proceso de fabricación para ladrillos artesanales son los siguientes:

- A. Extracción de arcilla y tierras:** La extracción de arcilla y tierra arenosa se puede hacer de lugares lejanos o en la misma zona de fabricación y el

procedimiento de extracción usado en las ladrilleras artesanales es a través de la excavación manual de canteras (Ministerio de la Producción, 2010, p. 3), en donde se emplean 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:** Algunos artesanos además de arcilla, agua y arena añaden otros agregados a la mezcla tales como cenizas, aserrín y cáscaras de arroz o de café. Dejan reposar esta masa por un día, con la finalidad de que los terrones más pequeños se deshagan, así la mezcla se vuelve más consistente y adquiere la textura solicitada para el moldeo. Las impurezas tales como raíces, restos de arbustos y piedras son separadas de forma manual y en pocas ocasiones se tamiza la arena para eliminar sus impurezas o lograr un grano más homogéneo. Además, la materia prima no se escoge ni está sujeto a molienda para una inspección granulométrica. 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:** El material mezclado se moldea para dar forma al ladrillo requerido, ya sea sólido o hueco. Los moldes pueden ser metálicos o de madera, los cuales no presentan tamaños estandarizados y difieren dependiendo a la región y al artesano. Se emplea arena muy fina para facilitar el retiro de la mezcla del molde (Ministerio de la Producción, 2010, p. 4).

**D. Secado:** Los ladrillos crudos recién moldeados se colocan en tendales, los cuales son espacios de terreno planos preparados para este fin,

frecuentemente se ubican lo más cercano posible al lugar de moldeo. Las unidades se secan por la acción natural del viento y el sol, cuando llueve se cubre con mantas de plástico. El proceso de secado culmina cuando el ladrillo ha perdido un 13 % de humedad aproximadamente y está listo para ser cargado al horno; el tiempo de secado puede variar de cinco a siete días, dependiendo del clima. A partir del tercer o cuarto día se van volteando las caras para un secado más uniforme, raspando los lados en contacto con el suelo para quitar la tierra capturada. En la parte final del secado, se forman pequeñas torres con los ladrillos en canto y de un ladrillo por lado, llegando a una altura de 1 m a 1,20 m aproximadamente. (Ministerio de la Producción, 2010, p. 7).

**E. Carga del horno:** En un inicio se arma el “malecón” o arreglo de encendido, acoplando los ladrillos secos de manera tal, que formen una bóveda sobre el canal de encendido a todo lo largo 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. Por arriba de la bóveda armada como malecón de encendido, los ladrillos se colocan en capas horizontales continuas, cada una cruzada respecto de la anterior, hasta ocupar toda la altura del horno. La separación entre los ladrillos es de tres a cinco milímetros para posibilitar el flujo aire y de los gases calientes resultado de la combustión, así como para transmitir el calor durante la cocción. (Ministerio de la Producción, 2010, p. 7, 8).

**F. Cocción:** El quemado 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 a emplear para la quema. (Ministerio de la Producción, 2010, p. 8).

**G. Descarga de horno:** Cuando el calor de cocción ha llegado a la parte superior y se ha consumido todo el carbón, se deja enfriar por un periodo de cuatro a seis días. Por consecuencia de las corrientes de aire durante la combustión, el 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 artesanales se descargan y depositan cerca del horno, clasificándolos en ladrillos bien cocidos, medianamente cocidos y crudos. Los ladrillos adquiridos por los compradores 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).



### **1.7.5 Clasificación de la unidad de albañilería según su porcentaje de huecos.**

“A nivel internacional, las unidades se clasifican por el porcentaje de huecos (alveolos o perforaciones) que tienen en su superficie de asentado y por la disposición que estos tengan” (San Bartolomé, 1994, p. 105).

#### ***1.7.5.1 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).

#### ***1.7.5.2 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).

#### ***1.7.5.3 Unidad de Albañilería Alveolar.***

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

#### ***1.7.5.4 Unidad de Albañilería Tubular (o Pandereta).***

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

### 1.7.6 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 3. *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
Hueca	Celdas totalmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout
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.

### 1.7.7 Pruebas de la unidad de albañilería.

#### 1.7.7.1 Muestreo.

La NTE E.070 (2006) indica que:

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. (p. 298).

#### 1.7.7.2 Resistencia a compresión.

La NTE E.070 (2006) indica que:

Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería ( $f_b$ ) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra. (p. 298).

#### **1.7.7.3 Variación dimensional.**

“Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604” (NTE E.070, 2006, p. 298).

#### **1.7.7.4 Alabeo.**

“Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicada en la Norma NTP 399.613”. (NTE E.070, 2006, p. 298).

#### **1.7.7.5 Absorción.**

“Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.613”. (NTE E.070, 2006, p. 298).

### **1.7.8 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%.

El bloque de concreto clase, tendrá una absorción no mayor que 12% de absorción.

La absorción del bloque de concreto NP no será mayor que 15%.

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).

### **1.7.9 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 tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610. (p. 298).

### **1.7.10 Componentes del mortero.**

#### ***1.7.10.1 Cemento.***

Se utiliza básicamente el Cemento Portland tipo I y excepcionalmente el Cemento Portland tipo II (resistente a los sulfatos). Cuando se emplee Cemento Puzolánico IP, se sugiere preparar una mezcla de mejor calidad, disminuyendo la mitad del volumen de arena, para conseguir una resistencia igual que con el cemento tipo I. El cemento tiene un peso volumétrico de 1500 kg/m<sup>3</sup>, y su venta es en bolsas de 1 pie cúbico con un peso de 42.5 kg. (San Bartolomé, 1994, p. 122).

#### ***1.7.10.2 Cal hidratada normalizada.***

La cal empleada en el mortero debe de estar hidratada y normalizada; la causa por la que la cal debe estar normalizada se debe a que puede tener partículas muy finas, los cuales son residuos inertes que no funcionan como aglomerante. El peso volumétrico de la cal es de 640 kg/m<sup>3</sup>. (San Bartolomé, 1994, p. 122).

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, la cual es muy beneficiosa para el mortero por 2 razones: La primera es porque las fisuras tienden a sellarse a través del tiempo, pues se forman cristales de carbonato de calcio, los que proporcionan cierta resistencia adicional sobre la dada por el cemento y la segunda es que

al endurecer lentamente beneficia la retentividad de la mezcla. (San Bartolomé, 1994, p. 122, 123).

### 1.7.10.3 Agregado fino.

“El 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 4. *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).

### 1.7.10.4 Agua.

“El agua será potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica” (NTE E.070, 2006, p. 298).

### 1.7.11 Clasificación del mortero para fines estructurales.

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

### 1.7.12 Proporción de los componentes del mortero.

“Los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas (en estado suelto) indicadas en la Tabla 4” (NTE E.070, 2006, p. 298).

Tabla 5. *Tipos de mortero.*

TABLA 4				
TIPOS DE MORTERO				
COMPONENTES				USOS
TIPO	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.

- a) Se podrán emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (embolsado o premezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias iguales o mayores a las especificadas en los planos y se asegure la durabilidad de la albañilería. (NTE E.070, 2006, p. 298).
- b) De no contar con cal hidratada normalizada, especificada en el Artículo 6 (6.2), se podrá utilizar mortero sin cal respetando las proporciones cemento-arena indicadas en la Tabla 4. (NTE E.070, 2006, p. 298).

### **1.7.13 Naturaleza de la albañilería y criterios de falla.**

La albañilería es un material compuesto, heterogéneo y anisotrópico, en el que los planos de debilidad coinciden con las juntas verticales y horizontales y en el que se integra, en un comportamiento único, materiales con características elásticas disímiles. Las juntas horizontales, en particular (debido a su naturaleza continua), dividen a la albañilería en capas (las hiladas), dando a la albañilería la apariencia de un material compuesto laminado. (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 201).

### **1.7.14 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. (Arango, 2002, p. 20).

La resistencia a la compresión, tal como se mide actualmente en 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. Consecuentemente, los valores obtenidos son sólo indicativos generales del comportamiento estructural de diferentes unidades cuando integran la albañilería asentadas con mortero y/o llenas con concreto líquido. (Arango, 2002, p. 20).

“Como parte del ensayo de compresión cuando se dispone de máquinas que pueden medir la reacción del testigo ante la aplicación de deformación controlada, es posible obtener curvas completas esfuerzo-deformación unitaria (Ver Figura 5)”. (Arango, 2002, p. 20).



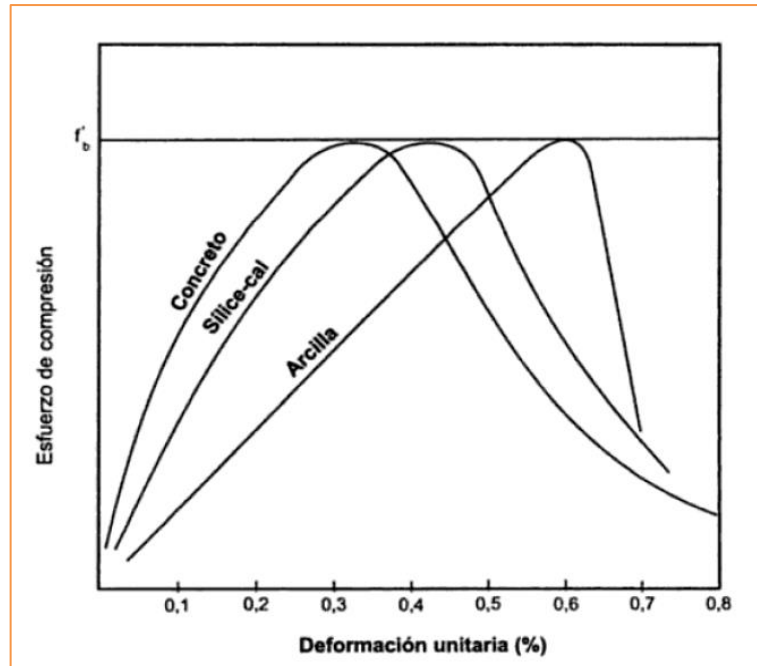


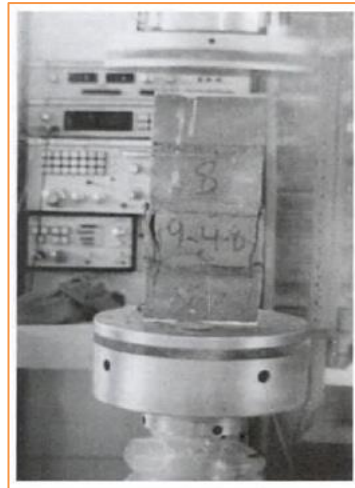
Figura 5. Curvas normalizadas esfuerzo de compresión ( $f'_b$ ) vs Deformación unitaria de unidades ensayadas en compresión.

Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 114).

#### 1.7.14.1 Mecanismo de falla.

(Arango, 2002, p. 68), nos indica varias características han sido observadas en los ensayos de prismas de ladrillos en compresión:

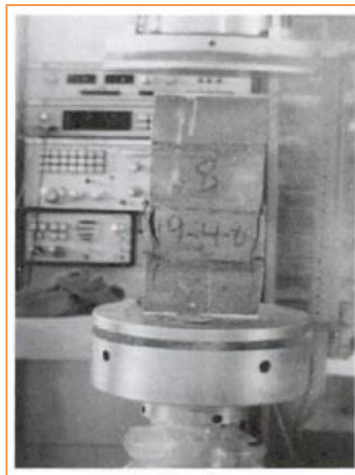
- a) A partir de aproximadamente 70% de la carga última comienzan a aparecer grietas verticales en los ladrillos, hacia el centro del prisma.
- b) La carga máxima (o última) ocurre cuando el avance y multiplicación de estas grietas verticales son sustantivos (Ver Figura 6).
- c) El esfuerzo y la deformación unitaria en rotura (Ver Figura 7) del prisma corresponden a valores intermedios de los que corresponden al ladrillo y al mortero que conforman el prisma.



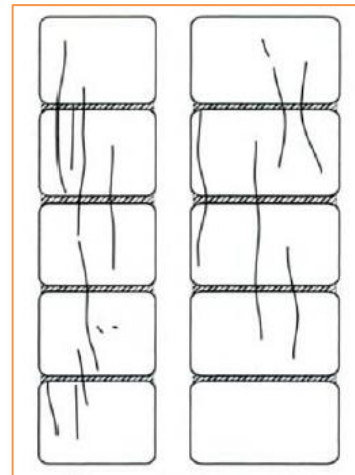
*De ladrillos de arcilla*



*De ladrillos de sílice-cal*



*De ladrillos de concreto*



*Esquema de agrietamiento típico*

**Figura 6.** Aspectos de prismas ensayados a rotura por compresión.

Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 205).

Estos hechos llevan a deducir que el agrietamiento vertical de los ladrillos está relacionado 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 (a causa, sobre todo, de la fricción entre ambos materiales), la expansión lateral del mortero estará restringida por el ladrillo. En otras palabras: el mortero, en el prisma cargado, está sometido a compresión triaxial y el ladrillo a una combinación de compresión axial y tracción biaxial (Ver Figura 8 y 9). (Arango, 2002, p. 69).

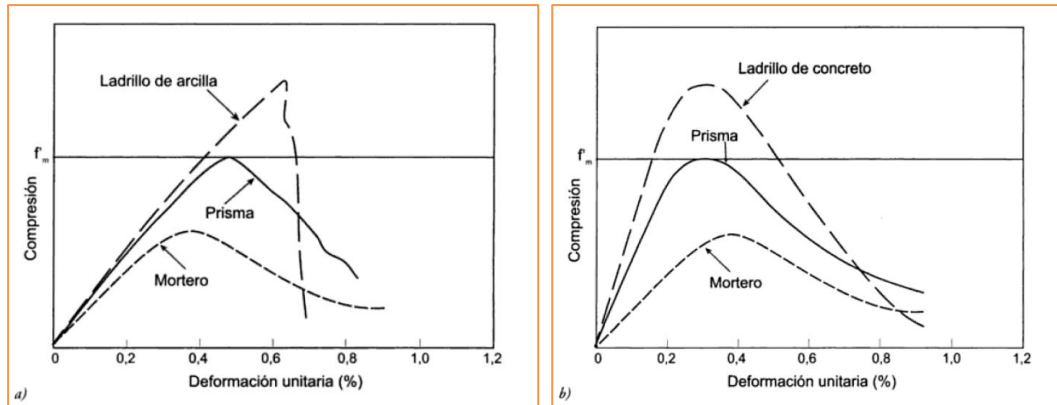


Figura 7. Gráfico normalizado Compresión vs Deformación Unitaria para prismas ensayados en compresión. a) Para ladrillos de arcilla. b) Para ladrillos de concreto.

Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 206).

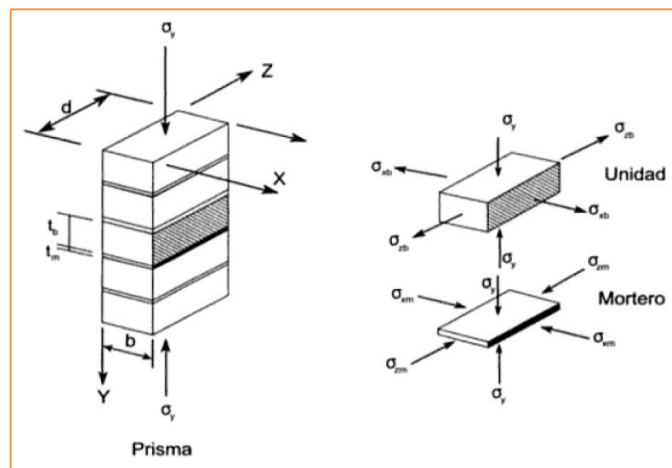


Figura 8. Esfuerzos en el ladrillo y en el mortero por efecto de la carga unitaria axial ( $S_y$ ).

Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 207).

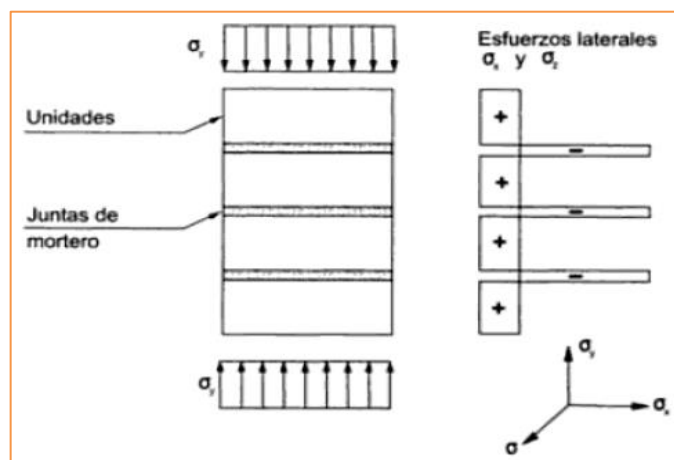


Figura 9. Esfuerzos idealizados en el ensayo de prismas de albañilería.

Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 209).

#### **1.7.14.2 Relación entre los prismas y muros reales.**

En los muros reales, los ladrillos no están asentados uno encima del otro, sino con algún tipo de amarre. Las alturas y las esbelteces son bastante mayores que las de los prismas. Sin embargo, si no ocurren fallas previas, por inestabilidad elástica o por excentricidad de la carga, la forma de la falla del muro es semejante a la del prisma. Esto significa que en los muros ocurren agrietamientos de tracción transversal. (Arango, 2002, p. 70).

#### **1.7.15 Prismas de albañilería.**

En las edificaciones de concreto armado se deben fabricar probetas estándar que se ensayan a compresión para verificar la calidad del concreto especificado en los planos de estructuras (resistencia a compresión  $f'_c$ ). de modo similar, en la Norma E.070 se 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. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 80).

Los prismas deben ser especímenes pequeños, fáciles de almacenar y transportar desde la obra hacia un laboratorio, así como de manipular para montarlos en el equipo de ensayo. Las pilas presentan una esbeltez (altura / espesor) comprendida entre los valores de 2 a 5. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 80).

#### **1.7.16 Refrentado (capping).**

En las zonas donde el prisma vaya a estar en contacto con los cabezales metálicos del equipo de ensayo, se aplica un refrentado (capping) blando de yeso-cemento

de unos 3 mm de grosor, con la finalidad de corregir las irregularidades que presente la albañilería. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 81 y 82).

#### **1.7.17 Prismas de estructuras existentes.**

En el proceso de evaluación estructural de edificaciones existentes de albañilería, cuando no se conocen sus propiedades mecánicas, es posible determinarlas ensayando prismas extraídos de los muros de la edificación. Estos se cortan con una amoladora, taladro o cincel para tallar los prismas respectivos. Es recomendable realizar la extracción en la zona central inferior del muro, por ser la menos comprometida en una falla diagonal por fuerza cortante. Finalmente se rellenará la perforación con concreto simple. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 83).

#### **1.7.18 Esbeltez de la pila.**

La esbeltez se define como la relación entre la altura de la pila y su espesor (la menor dimensión de la sección transversal) (Ver Figura 10). Este valor debe estar comprendido entre 2 y 5, aunque los valores más representativos del comportamiento de la albañilería oscilan entre 4 y 5. La Norma E.070 adopta como esbeltez estándar el valor de 5. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 84).

En pilas “pequeñas”, los valores de resistencia a compresión 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”. Estos factores difieren de los indicados en la NTP

399.605-2003 (INDECOPI), que son iguales a los especificados en ASTM C1314-00a, donde la esbeltez estándar es 2. Sin embargo, los valores de la Tabla 10 están justificados mediante pruebas experimentales hechas en 60 pilas construidas con materiales locales. Asimismo, es recomendable que las pilas consten de por lo menos 3 hiladas. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 84).

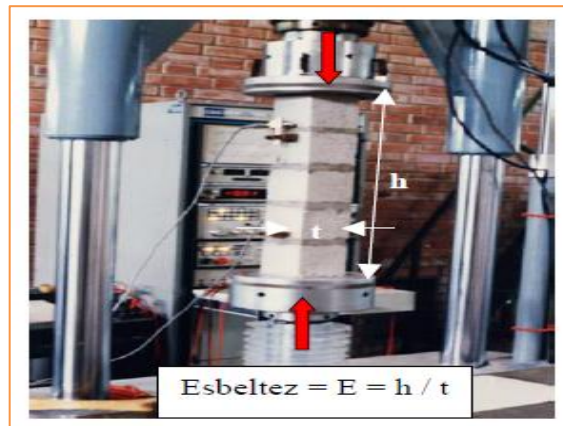


Figura 10. Esbeltez de una pila.

Fuente: (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 84).

### 1.7.19 Técnica de ensayo.

Las pilas pueden ensayarse en una máquina universal o en una máquina de ensayos similar. El ensayo debe realizarse a velocidad uniforme, sin producir impactos, de modo que su duración esté comprendida entre 3 y 4 minutos. Si el ensayo se ejecuta controlando la velocidad de aplicación de carga, esta puede ser de 5 ton/min. Cuando existe la posibilidad de medir el desplazamiento entre los cabezales del equipo, se puede adoptar una velocidad de 1 mm/min. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 84 y 85).

### 1.7.20 Resistencia de prismas de albañilería.

La resistencia individual a compresión axial de una pila ( $f'_m$ ) se obtiene dividiendo la carga de rotura entre el área bruta de la sección transversal, sin importar que la unidad de albañilería utilizada califique como hueca o sólida, sea ladrillo o bloque. Este valor se corrige por 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).

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

Tabla 6. *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 de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.605 y 399.621". (NTE E.070, 2006, p. 301).

- b) La NTE E.070 (2006) indica que cuando se construyan conjuntos de edificios, la resistencia de la albañilería  $f'_m$  y  $v'_m$  deberá comprobarse mediante ensayos de laboratorio previos a la obra y durante la obra. Los ensayos previos a la obra se harán sobre cinco especímenes. Durante la construcción la resistencia será comprobada mediante ensayos con los criterios siguientes: (p. 301).
- b.1) Cuando se construyan conjuntos de hasta dos pisos en las zonas sísmicas 3 y 2,  $f'_m$  será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada y  $v'_m$  con tres muretes por cada 1000 m<sup>2</sup> de área techada. (NTE E.070, 2006, p. 301).
- b.2) Cuando se construyan conjuntos de tres o más pisos en las zonas sísmicas 3 y 2,  $f'_m$  será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada y  $v'_m$  con tres muretes por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada. (NTE E.070, 2006, p. 301).
- c) “Los prismas tendrán un refrentado de cemento-yeso con un espesor que permita corregir la irregularidad superficial de la albañilería”. (NTE E.070, 2006, p. 301).
- d) Los prismas serán almacenados a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días. Los prismas podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días, pero no menor de 14 días; en este caso, la resistencia característica se obtendrá incrementándola por los factores mostrados en la Tabla 8. (NTE E.070, 2006, p. 301).



Tabla 7. 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.

e) “La resistencia característica  $f'_m$  en pilas y  $v'_m$  en muretes se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar”.

(NTE E.070, 2006, p. 301).

f) “El valor de  $v'_m$  para diseño no será mayor de  $0.319\sqrt{f'_m} \text{ MPa}$  ( $\sqrt{f'_m} \text{ kg/cm}^2$ )”. (NTE E.070, 2006, p. 301).

g) 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/cm<sup>2</sup>).

TABLA 9 (**) RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg / cm <sup>2</sup> )				
Materia Prima	Denominación	Unidad $f'_b$	Pilas $f'_m$	Murete $v'_m$
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)
	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
Sílice-cal	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.

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

Tabla 9. 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.

### 1.7.21 Formas de falla.

El comportamiento y el tipo de falla de las pilas ante cargas axiales están influenciados por la interacción que se desarrollan entre las caras de asiento de las unidades y el mortero. Las unidades y el mortero tienen diferente rigidez. Entonces, al ser sometidos al mismo esfuerzo normal, y al estar integrados los materiales, el material menos deformable (generalmente las unidades) restringen las deformaciones transversales del material más deformable (el 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 (efecto de Poisson) causada por la compresión aplicada. En cambio, las fallas por trituración de la unidad son indeseables por ser frágiles y explosivas, esta falla se presenta por lo general cuando se utilizan unidades

huecas. Por lo general, las fallas en las pilas aparecen de forma brusca, dado que se trata de materiales frágiles no reforzados. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 86).

Para unidades de baja resistencia (por ejemplo, ladrillos King Kong Artesanal), por lo general, la falla ocurre por aplastamiento local de las unidades. La falla por aplastamiento en una zona localizada de la pila, o aplastamiento por pandeo de la pila, también puede ocurrir cuando existen efectos distintos a los de compresión pura, particularmente cuando aparecen componentes de flexión (pandeo). Esta se da por: imperfecciones en la construcción reflejada en la configuración geométrica del espécimen, por una 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).

### **1.7.22 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, así como también de su durabilidad ante la intemperie. Sin embargo, no se puede afirmar que la mejor unidad proporcione necesariamente la mejor albañilería. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 55).

(Arango, 2002, p. 19) indica:

“Las propiedades principales de las unidades de albañilería deben entenderse en su relación con el producto terminado, que es la albañilería. En ese contexto las principales propiedades relacionadas con la resistencia estructural son:”

a. Resistencia a la compresión

- b. Resistencia a la tracción, medida como resistencia a la tracción indirecta o a la tracción por flexión.
- c. Variabilidad dimensional con relación a la unidad nominal, o, mejor, con relación a la unidad promedio y, principalmente, la variabilidad de la altura de la unidad.
- d. Alabeos, medidos como concavidades o convexidades en las superficies de asiento.
- e. Succión o velocidad inicial de absorción en la cara de asiento.
- f. Textura de la cara de asiento.

Las propiedades de la unidad relacionadas con la *durabilidad de la albañilería* son:

- a. Resistencia a la compresión.
- b. Absorción.
- c. Absorción máxima.
- d. Coeficiente de saturación.

La Norma Técnica Peruana (INDECOPI) que se debe emplear para determinar estas propiedades es la norma: NTP 399.613 (2017), para Unidades de Arcilla.

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 de dimensiones y de alabeo. Luego, cinco de esas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción. La norma E.070 define en su Tabla 1 las características requeridas para el diseño estructural,

las que dependen de: 1) la variación de dimensiones; 2) el alabeo; y 3) la resistencia a compresión de la unidad.

#### *1.7.22.1 Pruebas clasificatorias.*

##### **A. Variación de la dimensión o variación dimensional:**

La prueba de Variación Dimensional es necesario efectuarla para determinar el espesor de las juntas de la albañilería. Debe hacerse notar que por cada incremento de 3 mm en el espesor de las juntas horizontales (adicionales al mínimo requerido de 10 mm), la resistencia a compresión de la albañilería disminuye en 15%; asimismo, disminuye la resistencia al corte. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 57).

La variabilidad dimensional define la altura de las hiladas, ya que se manifiesta, con mayores variaciones en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo necesaria por adhesión, que es de 9 a 12 mm, conduciendo a una albañilería menos resistente en compresión. (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 116).

El procedimiento por seguir para esta prueba será según lo indicado en las Norma INDECOPI 399.613 y 399.604. En la unidad se miden (Ver Figura 11) las tres dimensiones: largo x ancho x altura ( $L \times b \times h$ ), en milímetros. El largo y el ancho se refieren a la superficie de asiento. Es importante mencionar que las dimensiones nominales (comerciales) usualmente incluyen 10 mm de junta. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 57).

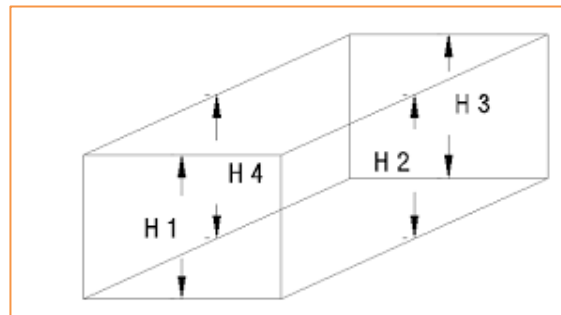


Figura 11. Prueba de variación dimensional.

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

La manera cómo se calcula la variación dimensional (V) es:

- La dimensión de cada arista del espécimen ( $D = L, b, h$ ) se toma como el promedio de 4 medidas (en mm) en la parte media de cada cara. (Ver Figura 12).



$$\text{Altura de la unidad} = h = \frac{(H1 + H2 + H3 + H4)}{4}$$

Figura 12. Promedio de la altura de la unidad.

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

- Luego, por cada arista, se calcula el valor promedio ( $D_P$ ) de toda la muestra; este valor se resta de la dimensión especificada por el fabricante ( $D_N$ ) y luego se divide entre " $D_N$ ". (Ver 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 de dimensión en porcentaje
- $D_N$  : Dimensión nominal
- $D_P$  : Dimensión promedio de cada dimensión

## B. Alabeo:

El mayor alabeo (concavidad o convexidad) del ladrillo conduce a un mayor espesor de la junta. Asimismo, puede disminuir el área de contacto con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas; o incluso, puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad por el peso existente en las hiladas superiores de la albañilería. Esta prueba se realiza colocando la superficie de asiento de la unidad sobre una mesa plana, para luego introducir una cuña metálica graduada al milímetro (Ver Figura 13) en la zona más alabeada; también debe colocarse una regla que conecte los extremos diagonalmente opuestos de la unidad, para después introducir la cuña en el punto de mayor deflexión (Ver Figura 14). El resultado promedio se expresa en milímetros. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 58).

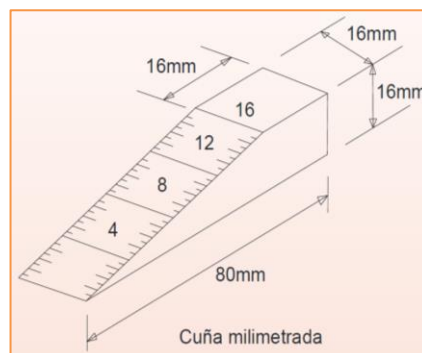
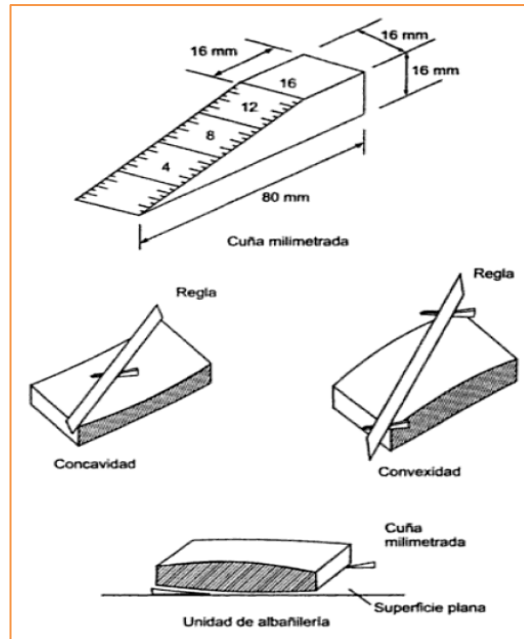


Figura 13. Cuña metálica milimetrada.

Fuente: (Cerdán, 2015, p. 16).



*Figura 14.* Medición de alabeo (concavidad y convexidad) en la unidad de albañilería.

Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 123).

### C. Resistencia a la compresión ( $f'_{b}$ ):

En el cálculo de la resistencia a compresión antiguamente (Norma E.070 DE 1982) se trabajaba con el área neta de la unidad. Ello daba cabida a que las fábricas produzcan ladrillos huecos, lo cual elevaba la resistencia a compresión. Actualmente, la resistencia se calcula con el área bruta, con lo cual esas unidades huecas se clasifican en un rango inferior. Debe remarcarse que las unidades huecas son muy frágiles. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 58).

Los especímenes para medir la resistencia a compresión son medias unidades secas, sobre cuyas superficies de asiento se coloca capping de yeso (si la unidad tiene mucho alabeo, debe colocarse un capping de cemento). Luego, se aplica la carga axial a una velocidad de desplazamiento entre los cabezales de la máquina de ensayos de 1.25 mm/min; o, en todo caso, se controla la



velocidad de carga de manera que se llegue a la rotura en 3 ó 5 minutos. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 58).

La resistencia unitaria se expresa como el valor de la carga de rotura dividida entre el área bruta (Ver Ecuación 2) para todo tipo de unidad (sólidas o hueca). De acuerdo a la Norma E.070, la resistencia característica ( $f'_b$ ) es el resultado promedio menos una desviación estándar (Ver Ecuación 3). El quitarle una desviación estándar al valor promedio estadísticamente significa que por lo menos el 84 % de las unidades ensayadas tendrán una resistencia mayor al valor característico ( $f'_b$ ), o que es aceptable tener hasta un 16 % de unidades defectuosas. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 58 y 59).

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

*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  $\text{cm}^2$
- $f_b$  : Resistencia a compresión, en  $\text{kg}/\text{cm}^2$
- $S$  : Desviación Estándar, en  $\text{kg}/\text{cm}^2$
- $f'_b$  : Resistencia característica a compresión, en  $\text{kg}/\text{cm}^2$

Debe hacerse notar que la resistencia a compresión ( $f'_b$ ) expresa sólo la calidad de la unidad empleada, ensayada bajo las mismas condiciones. Por ejemplo, a mayor resistencia se obtendrá mayor densidad y una mejor

durabilidad de la unidad. Esto se debe a que el valor  $f'_b$  depende de la altura de la probeta (a menor altura, mayor resistencia), del capping empleado y de la restricción al desplazamiento lateral impuesto por los cabezales de la máquina de ensayos (acción de confinamiento transversal a la carga aplicada). (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 59).

#### **1.7.22.2 Pruebas no clasificatorias.**

Por el hecho de que algunas propiedades de la albañilería pueden ser controladas en obra (por ejemplo, la alta succión de un ladrillo puede ser controlada mediante un tratamiento de humedecimiento, previo al asentado), o que a veces se esté en la disyuntiva de seleccionar unidades provenientes de fábricas distintas, pero que de acuerdo a la Tabla 1 sean de la misma clase, existen pruebas adicionales a las clasificatorias. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 60).

##### **A. Succión (S):**

La succión es la medida de la avidez de agua de la unidad de albañilería en la cara de asiento y es la característica fundamental para definir la relación mortero-unidad en la interfase de contacto, y, por lo tanto, la resistencia a tracción de la albañilería. (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 116 y 117).

Cuando la succión es muy alta, el mortero, debido a la rápida pérdida del agua (que es absorbida por la unidad), se deforma y endurece lo que impide un contacto completo e íntimo con la cara de la siguiente unidad. El resultado es una adhesión pobre e incompleta, dejando uniones de baja resistencia y permeables al agua. (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 117).

Se recomienda que la succión de las unidades antes de asentarlas esté comprendida entre 10 y 20 gr/(200 cm<sup>2</sup>-min); de lo contrario succionarán rápidamente el agua del mortero, endureciéndolo. En su estado natural, los ladrillos industriales tienen aproximadamente una succión del orden 40 gr/(200 cm<sup>2</sup>-min); y los artesanales, de 80 gr/(200 cm<sup>2</sup>-min), por lo que requieren un tratamiento previo al asentado. La succión de cada unidad se expresa en gramos por centímetro cuadrado y minuto, con precisión de 0.01 g/cm<sup>2</sup>/min, la cual viene dada por la Ecuación 4. (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 61).

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

*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 cm<sup>2</sup>.

Cuando se desee efectuar este ensayo a pie de obra se puede obviar la provisión de agua para mantener la inmersión constante durante de 3 mm de la unidad. Basta añadir una cantidad de agua suficiente para la inmersión inicial correcta (Ver Figura 15), calibrada en un picnómetro, y después del término de un minuto de contacto de la unidad con el agua volverla a vaciar al picnómetro. La diferencia de volumen en cm<sup>3</sup> normalizada a 200 cm<sup>2</sup> será la succión. (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 123).

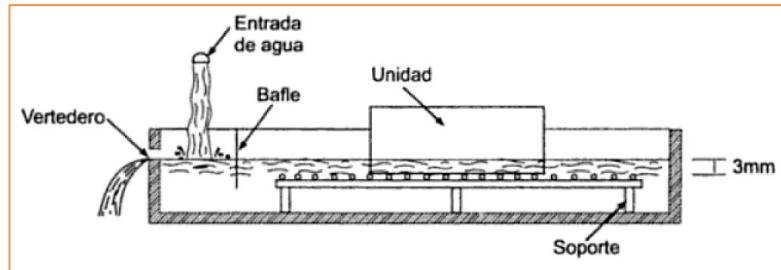


Figura 15. Disposición para el ensayo de succión.

Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 123).

## B. Absorción (A), Absorción Máxima ( $A_{max}$ ), Coeficiente de Saturación (CS) y Densidad (D):

En el ensayo de absorción se miden la absorción de la unidad sumergida en el agua fría durante veinticuatro horas, la absorción máxima de la unidad que corresponde al hervido de la misma durante cinco horas y el coeficiente de saturación es una medida de la durabilidad de la unidad y se manifiesta como la relación entre la absorción y la absorción máxima. Para efectuar el ensayo las unidades se secan, se pesan y se someten al tratamiento antes dicho, y luego de eso se vuelven a pesar. Se llaman absorción y absorción máxima a la diferencia de peso entre la unidad mojada y la unidad seca expresada en porcentaje del peso de la unidad seca. El coeficiente de saturación es simplemente la relación entre esos dos porcentajes (Ver Ecuación 5). (Gallegos & Casabonne, 2005, p. 124).

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

La densidad (D) está relacionada directamente con la resistencia a compresión, y para su evaluación se utiliza el Principio de Arquímedes (Ver Ecuación 5)", y que, para el cálculo de A,  $A_{max}$  y D, se emplean las unidades enteras provenientes del ensayo de alabeo y de variación

dimensional. Se calcula en el orden que a continuación se muestran los siguientes pesos (en gramos) en cada espécimen:

- $P_0$  = Peso en estado natural.
- $P_1$  = Peso de la unidad secada en un horno a  $110^{\circ}\text{C}$ .
- $P_2$  = Peso de la unidad, luego de haber sumergido su cara de asiento una altura de 3 mm en una película de agua, durante 1 minuto.
- $P_3$  = Peso de la unidad saturada, luego de haber estado 24 horas en una poza de agua.
- $P_4$  = Peso de la unidad completamente saturada, luego de haber estado durante 5 horas en agua en ebullición.

Luego se calculan los siguientes valores, para después promediarlos en toda la muestra:

$$\text{Humedad natural} = H_n(\%) = \frac{(P_0 - P_1)}{P_1} \times 100$$

$$\text{Absorción} = A(\%) = \frac{(P_3 - P_1)}{P_1} \times 100$$

$$\text{Absorción máxima} = A_m(\%) = \frac{(P_4 - P_1)}{P_1} \times 100$$

$$\text{Coeficiente de saturación} = CS = \frac{A}{A_m} \times 100$$

$$\text{Succión (gr/200 cm}^2 \text{ - min)} = S = \frac{(P_2 - P_1)}{\text{Área de asiento}} \times 200$$

$$\text{Volumen (cm}^3\text{)} = V = P_4 - P_5 \dots P_e \text{ del agua} = 1 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Área neta} = A_n = \frac{V}{h} \dots h = \text{altura promedio}$$

$$\text{Densidad (gr/cm}^3\text{)} = D = \frac{P_1}{V}$$

*Ecuación 5. Pruebas No Clasificadoras.*

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

### C. Resistencia a tracción indirecta ( $f'_{bt}$ ):

El ensayo de tracción indirecta se efectúa en la máquina de compresión sobre una unidad entera seca a la cual se ha fijado con precisión, arriba y abajo del plano de rotura, una barra de acero de pequeño diámetro. El resultado del ensayo de la resistencia a la tracción indirecta ( $f'_{bt}$ ) se obtiene de la fórmula siguiente:

$$f'_{bt} = \frac{2P_u}{\pi b t_b}$$

*Ecuación 6. Tracción indirecta.*

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

Donde:

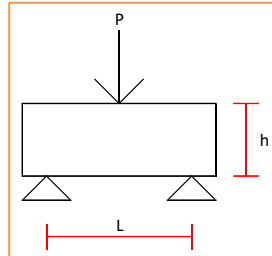
- $P_u$  : Carga de rotura.
- $b$  : Ancho de la unidad.
- $t_b$  : Altura.

### D. Resistencia a tracción por flexión ( $f'_t$ ) o módulo de ruptura:

Al igual que la resistencia a compresión, la resistencia a la tracción por flexión  $f'_t$  solo se constituye una medida de la calidad de la unidad. Su evaluación debería realizarse cuando se esté en la incertidumbre de utilizar unidades de la misma clase, pero provenientes de fábricas distintas, o cuando se tenga un alto alabeo que puede conducir a la unidad a una falla de tracción por flexión durante el asentado.

La técnica de ensayo empleada consiste en someter la unidad a la acción de una carga concentrada (cuchilla al centro) creciente, a una velocidad de desplazamiento entre los cabezales de la máquina de ensayos de 1.25

mm/min; la luz entre los apoyos no será mayor a 18 cm. El resultado del ensayo de la resistencia a la tracción por flexión ( $f'_t$ ) se obtiene de la fórmula siguiente:



$$f'_t = \frac{M_c}{I} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Ecuación 7. Tracción por flexión.

Fuente: (San Bartolomé, Quiun & Silva, 2011, p. 62).

Donde:

- $c = h/2$
- $b =$  ancho de la unidad.

### 1.7.23 Patología.

La palabra patología, etimológicamente hablando, procede de las raíces griegas *pathos* y *logos*, y se podría definir, en términos generales, como el estudio de las enfermedades. Por extensión la patología constructiva de la edificación es la ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en el edificio o en alguna de sus unidades con posterioridad a su ejecución. (Broto, 2005, p. 31).

#### 1.7.23.1 Patología del concreto.

La patología del concreto se define como el estudio sistemático de los procesos y características de las “enfermedades” o los “defectos y daños” que puede sufrir el concreto, sus causas, sus consecuencias. En resumen, Patología es aquella parte de la durabilidad que se refiere a los signos, causas posibles y diagnóstico del deterioro que experimentan las estructuras del concreto. (BH Concretos, 2018).

### ***1.7.23.2 Patología en muros.***

La Patología en Muros se define cómo las diferentes manifestaciones (fisuras, agrietamientos, aplastamientos, etc.) que se presentan en los muros y tabiques de ladrillos ante la presencia de problemas generados por la mala práctica constructiva, ataque de agentes externos (lluvias, sismo, etc.), mala calidad de las unidades de albañilería, entre otros, las cuales eventualmente pueden ocasionar el colapso de la obra, visto y considerando que en la mayor parte de las viviendas autoconstruidas empíricamente, son del tipo de albañilería confinada, aunque mal concebida y peor construida. (Paz, 2013).

### ***1.7.23.3 Patología en edificaciones.***

La diversidad de patologías que se manifiestan en las edificaciones es infinita; además de ser un tema muy complejo. Difícilmente se logra determinar con precisión, las causas o motivos de muchas de las manifestaciones que presentan las estructuras; en muchos casos ni siquiera la experiencia de un experto es suficiente para dar una respuesta totalmente certera. Por ejemplo, las causas de aparición de una grieta en una edificación pueden ser múltiples; algunas veces es posible identificarlas fácilmente, pero otras veces no lo es. (Astorga & Rivero, 2009).

Una manera sencilla de clasificar las patologías que se presentan en las edificaciones es subdividiéndolas según su causa de origen. De acuerdo a esto, las patologías pueden aparecer por tres motivos: **Defectos, Daños y Deterioro.** (Astorga & Rivero, 2009).





Figura 16. Clasificación general de patologías en las edificaciones.

Fuente: (Astorga & Rivero, 2009, p. 3).

- A. Por defectos:** Las patologías que aparecen por defectos, son aquellas relacionadas con los efectos que surgen en la edificación producto de un mal diseño, una errada configuración estructural, una construcción mal elaborada o un empleo de materiales deficientes o inapropiados para la obra. (Astorga & Rivero, 2009).
- B. Por daños:** Las patologías causadas por daños, son las que se manifiestan durante y/o luego de la incidencia de una fuerza o agente externo a la edificación. Los daños pueden ser producto de la ocurrencia de un evento natural, como un sismo, una inundación, un derrumbe, entre otros. Pero también pueden aparecer daños en las estructuras causados por el uso inadecuado de las mismas, por ejemplo, el caso en la que la edificación es obligada a soportar un peso superior a que fue concebido inicialmente (sobrecarga). (Astorga & Rivero, 2009).

**C. Por deterioro:** Las obras generalmente se diseñan para que funcionen durante una vida útil, pero con el transcurrir del tiempo, la estructura va presentando manifestaciones ante la exposición al medio ambiente, los ciclos continuos de lluvia y sol, el contacto con sustancias químicas presentes en el agua, en el aire, en el entorno; hacen que la estructura se debilite continuamente. (Astorga & Rivero, 2009).

#### ***1.7.23.4 Lesiones.***

Las lesiones son cada una de las manifestaciones de un problema constructivo, es decir el síntoma final del proceso patológico. El conjunto de lesiones que pueden aparecer en un edificio es muy extenso debido a la diversidad de materiales y unidades constructivas que se suelen utilizar. (Broto, 2005, p. 32).

#### ***1.7.23.5 Tipos de patologías.***

El conjunto de lesiones constructivas que pueden aparecer en un edificio es bastante numeroso, sobre todo si tenemos en cuenta la gran diversidad de materiales y unidades constructivas que se utilizan. Podemos distinguir tres grandes familias en función del “carácter” del proceso patológico, a saber: físicas, mecánicas y químicas. Ello supondrá un dato de partida importante y una base para la diagnosis del proceso patológico. (Fiol, 2014).

#### ***1.7.23.6 Causas de las patologías.***

Es el agente activo y pasivo, que actúa como origen del proceso patológico, y que desemboca en una o varias lesiones. En ocasiones, también puede ocurrir que varias causas actúen conjuntamente para producir una misma

lesión. Con el diagnóstico, pretendemos conocer la causa o causas de la enfermedad, su origen. (Jelpo & Padilla, 2010, p. 4).

(Broto, 2005, p. 32), indica que una patología puede tener una o varias causas por lo que es imprescindible su identificación y un estudio tipológico de las mismas. Las causas se dividen en dos grandes grupos:

**A. Directas:** Físicas, mecánicas y químicas.

**B. Indirectas:** Fallos en la fabricación de los materiales, fallos del proyecto, fallos de ejecución y fallos de mantenimiento.

#### ***1.7.23.7 Intervención.***

La intervención o reparación es un conjunto de actuaciones, como demoliciones, saneamientos y aplicación de nuevos materiales, destinado a recuperar el estado constructivo y devolver a la unidad lesionada su funcionalidad arquitectónica original. La intervención se realiza determinando el origen o causa y la evolución de la lesión. Pero, en líneas generales, se pueden dividir en tres grandes familias en función del carácter y la tipología del proceso patológico: físicas, mecánicas y químicas. (Broto, 2005, p. 36).

#### ***1.7.23.8 Clases de patologías.***

**A. Patologías físicas:** Son todas aquellas en que la problemática patológica se produce a causa de fenómenos físicos como heladas, condensaciones, etc., y normalmente su evolución dependerá también de estos procesos físicos. (Broto, 2005, p. 32). Las patologías físicas más comunes son:

**A.1 Humedad:** Se produce cuando hay una presencia de agua en un porcentaje mayor al considerado como normal en un material o elemento constructivo. La humedad puede llegar a producir variaciones de las características físicas de dicho material. (Broto, 2005, p. 32). Según Broto, nos indica que, en función de la causa, se pueden distinguir cinco tipos de humedades.

**a. Humedad de obra:** Es la que se genera durante el proceso constructivo, cuando no se ha producido la evaporación mediante un elemento de barrera.

**b. Humedad capilar:** Es la que se genera cuando el agua procede del suelo y asciende por los elementos verticales.

**c. Humedad de filtración:** Aquella donde el agua procede del exterior y que penetra en el interior del edificio a través de fachadas o cubiertas.

**d. Humedad de condensación:** Es aquella producida por la condensación del vapor de agua desde los ambientes con mayor presión del vapor, como los interiores, hacia los de presión más baja, como los exteriores. Puede subdividirse en tres subgrupos, dependiendo de la zona donde se halle la condensación.

- **Condensación superficial interior:** Aparece en la superficie de los materiales cuando su temperatura es inferior a la del rocío.
- **Condensación intersticial:** Aparece en el interior de la masa del cerramiento o entre dos de sus capas.

- **Condensación higroscópica:** Se produce dentro de la estructura porosa del material que contiene sales que facilitan la condensación del vapor de agua del ambiente.

**e. Humedad accidental:** Aquella producida por roturas de tuberías y cañerías y suele provocar focos muy puntuales de humedad.

**Niveles de severidad:** En la Tabla N° 2.10 se clasifica el nivel de severidad de la Patología "Humedad".

Tabla 10. *Clasificación del nivel de severidad de la Humedad.*

PATOLOGÍA	NIVEL DE SEVERIDAD	MEDIDA
HUMEDAD	LEVE	% de variación menor al 20 %
	MODERADO	% de variación entre el 20 % y 60 %
	SEVERO	% de variación mayor al 60 %

Fuente: Paredes, 2006.

**A.2 Erosión:** Es la pérdida o transformación superficial de un material, y puede ser total o parcial. (Broto, 2005, p. 32).

**a. Erosión atmosférica:** Es la que se produce por la acción física de los agentes atmosféricos. Generalmente se trata de la meteorización de materiales pétreos provocada por la succión de agua de lluvia que, si va acompañada por posteriores heladas y su consecuente dilatación, rompe láminas superficiales del material constructivo. (Broto, 2005, p. 32).

**A.3 Suciedad:** Es el depósito de las partículas en suspensión sobre la superficie de las fachadas. En algunos casos puede incluso llegar a penetrar en los poros superficiales de dichas fachadas. (Broto, 2005, p.

33). Según Broto, en su enciclopedia, nos indica que existen dos tipos de suciedad:

**a. Ensuciamiento por depósito:** Es el producido por la simple acción de la gravedad sobre las partículas en suspensión de la atmósfera.

**b. Ensuciamiento por lavado diferencial:** Es el producto por partículas ensuciantes que penetran en el poro superficial del material por la acción del agua de lluvia y que tiene como consecuencia más característica los churretones que se ven tan habitualmente en las fachadas urbanas.

**B. Patologías mecánicas:** Son todas aquellas en las que predomina un factor mecánico que provoca movimientos, desgaste, aberturas o separaciones de materiales o elementos constructivos. (Broto, 2005, p. 33). Las patologías mecánicas más comunes son:

**B.1 Deformaciones:** Son cualquier variación en la forma del material, sufrido tanto en elementos estructurales como de cerramiento y que son consecuencia de esfuerzos mecánicos, que a su vez se pueden producir durante la ejecución de una unidad o cuando ésta entra en carga. (Broto, 2005, p. 33). Además, Broto nos indica que, se pueden distinguir cuatro tipos de deformaciones:

**a. Flecha:** Son la consecuencia directa de la flexión de elementos horizontales debida a un exceso de cargas verticales o transmitida desde otros elementos a los que los elementos horizontales se encuentran unidos por empotramiento.

**b. Pandeos:** Se producen como consecuencia de un esfuerzo de compresión que sobrepasa la capacidad de deformación de un elemento vertical.

**c. Desplomes:** Son la consecuencia de empujes horizontales sobre la cabeza de elementos verticales.

**d. Alabeos:** Son la consecuencia de la rotación de elementos debida, generalmente a esfuerzos horizontales.

**B.2 Grietas:** Se trata de aberturas longitudinales que afectan a todo el espesor de un elemento constructivo, estructural o de cerramiento. Conviene aclarar que las aberturas que solo afectan a la superficie o acabado superficial superpuesto de un elemento constructivo no se consideran grietas sino fisuras. (Broto, 2005, p. 33). Además, Broto nos indica que, en función del tipo de esfuerzos mecánicos que las originan se pueden distinguir dos grupos:

**a. Por exceso de carga:** Son las grietas que afectan a elementos estructurales o de cerramiento al ser sometidos a cargas para las que no estaban diseñados. Este tipo de grietas requieren, generalmente, un refuerzo para mantener la seguridad de la unidad constructiva.

**b. Por dilataciones y contracciones higrotérmicas:** Son las grietas que afectan sobre todo a elementos de cerramiento de fachada o cubierta, pero que también pueden afectar a las estructuras cuando no se prevén las juntas de dilatación.

**B.3 Fisuras:** Son aberturas longitudinales que afectan a la superficie o al acabado de un elemento constructivo. Aunque su sintomatología es similar a la de las grietas, su origen y evaluación son distintos y en algunos casos se consideran una etapa previa a la aparición de grietas. Es el caso del hormigón armado, que gracias a su armadura tiene capacidad para retener los movimientos deformantes y lograr que sean fisuras lo que en el caso de una fábrica acabaría siendo una grieta. (Broto, 2005, p. 34). Además, Broto nos indica que, las fisuras se pueden subdividir en dos grupos:

**a. Reflejo del soporte:** Es la fisura que se produce sobre el soporte cuando se da una discontinuidad constructiva, por una junta, por falta de adherencia o por deformación, cuando el soporte es sometido a un movimiento que no puede resistir.

**b. Inherente al acabado:** En este caso la fisura se produce por movimientos de dilatación-contracción, en el caso de los chapados y de los alicatados, y por retracción, en el caso de morteros.

**B.4 Desprendimiento:** Es la separación entre un material de acabado y el soporte al que está aplicado por falta de adherencia entre ambos, y suele producirse como consecuencia de otras lesiones previas, como humedades, deformaciones o grietas. Los desprendimientos afectan tanto a los acabados continuos como a los acabados por elementos, a los que hay que prestar una atención especial porque representan un peligro para la seguridad del viandante. (Broto, 2005, p. 34).



**B.5 Erosiones mecánicas:** Son las pérdidas de material superficial debidas a esfuerzos mecánicos, como golpes o rozaduras. Aunque normalmente se producen en el pavimento, también pueden aparecer erosiones en las partes bajas de fachadas y tabiques, e incluso en las partes altas y cornisas, debido a las partículas que transporta el viento. (Broto, 2005, p. 34).

**C. Patologías químicas:** Son las patologías que se producen a partir de un proceso patológico de carácter químico, y aunque éste no tiene relación alguna con los restantes procesos patológicos y sus lesiones correspondientes, su sintomatología en muchas ocasiones se confunde. El origen de las patologías químicas suele ser la presencia de sales, ácidos o álcalis que reaccionan provocando descomposiciones que afectan a la integridad del material y reducen su durabilidad. (Broto, 2005, p. 34). Además, Broto nos indica que existen cuatro grupos de patologías químicas bien diferenciadas:

**C.1 Eflorescencias:** Se trata de un proceso patológico que suele tener como causa directa previa la aparición de la humedad. Los materiales contienen sales solubles y éstas son arrastradas por el agua hacia el exterior durante su evaporación y logran cristalizarse en la superficie del material. Esta cristalización suele presentar formas geométricas que recuerdan a flores y que varían dependiendo del tipo de cristal. (Broto, 2005, p. 34). Además, Broto nos indica que, esta cristalización presenta dos tipos de variantes:

**a. Sales cristalizadas que no proceden del material:** Sobre el que se encuentra la eflorescencia sino de otros materiales situados detrás o

adyacentes a él. Este tipo de eflorescencia es muy común encontrarlos sobre morteros protegidos o unidos por ladrillos de los que proceden las sales.

**b. Sales cristalizadas bajo la superficie del material:** En oquedades, que a la larga acabarán desprendiéndose. Este tipo de eflorescencia se denomina *Criptoflorescencia*.

Las Criptoflorescencias constituyen una consecuencia más al emplear materiales higroscópicos. Tienen las mismas causas que las eflorescencias, pero con la diferencia de que la recristalización de las sales disueltas tiene lugar en el interior del material y no en su superficie, que resulta evidente hasta que se produce su destrucción, debido a su alto poder expansivo. El defecto, entonces, se manifiesta con daños superficiales; si se desmoronara la zona dañada, hasta llegar a la parte firme, se encontrarán vestigios de sales en forma de eflorescencias. (Muñoz, 2004, p. 40).



*Figura 17.* Muro de albañilería con presencia de criptoflorescencia.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Niveles de severidad:** En la Tabla N° 2.11 se clasifica el nivel de severidad de las Patologías “Eflorescencia” y “Criptoflorescencia”.

Tabla 11. *Clasificación del nivel de severidad de la eflorescencia y criptoflorescencia.*

PATOLOGÍA	NIVEL DE SEVERIDAD	MEDIDA
EFLORESCENCIA Y CRIPTOFLORESCENCIA	LEVE	% de variación menor al 20 %
	MODERADO	% de variación entre el 20 % y 60 %
	SEVERO	% de variación mayor al 60 %

Fuente: Paredes, 2006.

**C.2 Oxidaciones y corrosiones:** Son un conjunto de transformaciones moleculares que tiene como consecuencia la pérdida de material en la superficie de metales como el hierro y el acero. Sus procesos patológicos son químicamente diferentes, pero se consideran un solo grupo porque son prácticamente simultáneos y tienen una sintomatología muy similar. (Broto, 2005, p. 35).

**a. Oxidación:** Es la transformación de los metales en óxido al entrar en contacto con el oxígeno. La superficie del metal puro o en aleación tiende a transformarse en óxido que es químicamente más estable, y de este modo protege al resto del metal de la acción del oxígeno.

**b. Corrosión:** Es la pérdida progresiva de partículas de la superficie del metal. Este proceso se debe a la acción de una pila electroquímica en la cual el metal actuará como ánodo o polo negativo y perderá electrones a favor del cátodo o polo positivo.

## **1.7.24 Inspección y evaluación de la patología.**

### ***1.7.24.1 Inspección.***

La inspección visual reporta la apariencia general de los daños producidos por la falla, áreas afectadas, tipos de defectos visibles, situación de los puntos más importantes del elemento o la estructura. (Panozo, 2007). Es decir, durante una inspección se recogerá el máximo de datos referentes a la propiedad y al inmueble, y tratar de deducir el estado actual de conservación y mantenimiento de la edificación, poniendo atención a los daños existentes y a los posibles procesos patológicos por él sufridos. (Broto, 2005, p.40).

### ***1.7.24.2 Evaluación.***

La identificación de los daños o su evaluación implica a menudo un análisis forense por el método científico, la que consiste en observar daños, formular hipótesis, prueba de hipótesis y determinar la causa más probable. La evaluación del deterioro del concreto puede realizarse mediante examen visual, ensayos no destructivos, extracción de núcleos y ensayos de laboratorio. (Arango, 2013).

## **1.7.25 Grado de afectación.**

Es la manifestación o alteración de una estructura de concreto, producido por una o más patologías. Dependiendo de su dimensión estas se pueden clasificar por niveles de severidad. A partir de las diferentes observaciones y análisis que se realicen se formulará el diagnóstico de las patologías determinadas en cada caso, se clasificarán y se calificaran los daños con el fin de tipificarlos e intervenir satisfactoriamente en ellas. (Muñoz, 2001).

### 1.7.26 Nivel de severidad.

Es el análisis de las afectaciones que presenta una edificación, a partir de la exploración, las mediciones, el levantamiento del daño y los ensayos (destructivos y no destructivos) para identificar las causas directas e indirectas del proceso patológico. Es decir, es el resultado de un estudio previo que determina el grado de afectación y las causas del proceso patológico en relación con su estabilidad, funcionalidad, seguridad y aspecto en una edificación. (Díaz, 2014).

Los niveles de severidad de las patologías, según Paredes (2017), se considerarán de la siguiente manera:

- Leve [1]: Cuando el elemento estructural no ha perdido su función, pero ha sido afectado de manera superficial (estética).
- Moderado [2]: Cuando el elemento estructural no ha perdido su función, pero ha sido afectado en su integridad.
- Severo [3]: Cuando el elemento estructural ha perdido su función y necesita ser reemplazado o reparado inmediatamente.

## 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).

**Albañilería no reforzada:** Usada de manera tradicional y desarrollada mediante experimentación. Es en la cual la albañilería no posee más elementos que el ladrillo y el mortero, siendo éstos los elementos estructurales encargados de resistir todas las potenciales cargas que afecten la construcción (Egoávil, 2013).

**Cerco Perimétrico:** Es un sistema de separación que equivale al contorno que divide una propiedad de otra, ya sea esta rural o urbana e industrial y domiciliaria. Es una línea que permite separar un terreno respecto de otros sitios colindantes y delimita una propiedad asociada a un rol. (Guerra, 2013).

**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).

**Higroscópico:** Cuando un elemento es capaz de absorber humedad del medio. Gracias a esta propiedad las sustancias higroscópicas se utilizan como desecantes, ya que absorben el agua de otros compuestos. En otras palabras, los materiales van cediendo a la atmósfera buena parte del agua que han adquirido durante la construcción del edificio. (Broto, 2005).

**Intersticial:** Condensación que se produce en el interior de la masa del muro o entre dos de sus capas. (Broto, 2005).

**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 influencia de las patologías medioambientales en los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila en el Balneario de Las Delicias, provocará la disminución en la resistencia a la compresión axial de las unidades y pilas de albañilería, ensayadas en la Universidad Privada del Norte en el año 2019.

### 1.9.2 Hipótesis específicas.

- a) Las patologías medioambientales que presentan los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila, Balneario Las Delicias, Moche, Trujillo, se pueden identificar y clasificar según su nivel de severidad.
- b) El porcentaje de variación de la resistencia característica a compresión axial, respecto a la Norma E.070 (2006), que presentan las unidades y pilas extraídas de los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila, Balneario de Las Delicias, Moche, Trujillo, se pueden obtener mediante ensayos de laboratorio.
- c) Es posible encontrar diferencias entre los ensayos realizados a las unidades y pilas de albañilería extraídas de los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal y que han sido afectados por las patologías medioambientales de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila, Balneario Las Delicias, Moche, Trujillo, y las unidades de albañilería y pilas



elaboradas con unidades de similares características a las del área estudio, según la Norma Técnica de Edificación E.070 (2006).

- d) Se puede determinar el nivel de severidad a partir del porcentaje de variación de la resistencia característica a compresión axial respecto a la Norma E.070 (2006), considerando los tipos de patologías medioambientales que presenten las unidades y pilas extraídas de los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila, Balneario Las Delicias, Moche, Trujillo. Este nivel va desde una escala menor a mayor regido bajo los valores de: Leve, Moderado y Severo, los cuales deben analizarse cuidadosamente para darles la clasificación apropiada.
- e) Es posible proponer una alternativa de solución a partir de la búsqueda en otras investigaciones de ensayos realizados a unidades y pilas de albañilería con características similares a las presentadas en esta investigación.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1 Operacionalización de las variables

Tabla 12. Operacionalización de las Variables

Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems
<b>Resistencia a compresión axial</b>	La resistencia a la compresión es, por sí sola, la principal propiedad de la unidad de 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 durable. (Gallegos y Casabonne, 2005).	Se usará para aumentar las propiedades mecánicas en las unidades de albañilería y por ende mejorar la calidad de los muros de albañilería.	Peso de Pilas	Peso	kg
			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
			Deformación unitaria de pilas	Deformación unitaria cada 100 kgf	mm
			Tiempo de ensayo a compresión axial de pilas	Tiempo	s
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
<b>Patología Medioambiental</b>	El concepto de patología medioambiental abarca todas las imperfecciones, visibles o no, de la obra edificada desde el momento del desarrollo del proyecto.	Se usará para poder verificar las condiciones físicas y mecánicas en las cuales se encuentra de la unidad extraída	Tipo de Patología	Humedad	Humedad superficial al tacto
				Eflorescencia	Cristalización superficial en el material
				Criptoflorescencia	Cristalización interna y desmoronamiento
			Nivel de Severidad	Leve	% de variación menor al 20 %
				Moderado	% de variación entre el 20 % y 60 %
				Severo	% de variación mayor al 60 %

Fuente: Elaboración propia, 2019.

## 2.2 Tipo de investigación

Investigación cuasiexperimental, debido a que los sujetos o grupos de sujetos de estudio no están asignados aleatoriamente, es decir, carece de una asignación al azar, pero mantiene características relevantes con los del tipo experimentales.

El término “*cuasi*” significa ‘*como si*’ o ‘*casi*’, de modo que cuasiexperimento denota un casi experimento verdadero.

## 2.3 Unidad de estudio

La unidad de estudio corresponde a la unidad y pila extraída del muro de albañilería propia del área de estudio.

Esta unidad y pila extraída del muro de albañilería será comparada con la Norma E.070 (2006) y con la unidad de albañilería y pila elaborada como modelo patrón con tres (03) ladrillos de arcilla artesanal King Kong y unida con un mortero cemento arena de 1:4, con un espesor de junta de 1.5 cm y curado por un periodo de 28 días, según lo estipula Norma Técnica de Edificación E.070 (2006).

## 2.4 Población

La población está constituida por todas las unidades y pilas de albañilería, que fueron extraídas de los muros de las edificaciones unifamiliares de la zona de estudio, 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.

## 2.5 Muestra (muestreo o selección)

El tipo de muestreo designado para esta investigación se relaciona con el muestreo No Probabilístico, debido a que las muestras tendrán un cierto grado de representatividad, y, además, pertenecen también al muestreo Intencional, opinático o de conveniencia porque se escoge de forma voluntaria los elementos que conformarán la muestra, dando por supuesto que esta será representativa de la población en referencia de la cual es materia de estudio de la investigación presente. Por lo tanto, queda a libre disposición de los investigadores asignar la cantidad de muestras estudiadas para esta investigación, las cuales serán de tres (03) edificaciones.

Estas edificaciones estarán ubicadas en la zona del Acuario teniendo como referencia la Av. Independencia en el Balneario de Las Delicias. (Ver Figura 18).



Figura 18. Plano – Sector Taquila - Balneario de Las Delicias – Trujillo.

Fuente: Google Earth Pro, 2019.

*Nota:* El sector Taquila se encuentra ubicado en la franja derecha del litoral trujillano, en el distrito de Moche, tiene una altitud media de 4 m.s.n.m., presenta una topografía suave cubierta con arena eólica-aluvial y vegetación natural muy salitrosa. El clima en la zona es cálido y templado (alcanzando hasta 27°C), pero caracterizado por la formación de capas de neblina en los meses de invierno, con vientos fuertes característicos. Este sector cuenta con los servicios básicos de luz, agua y desagüe, y, en algunas viviendas, con servicio de internet. El sector Taquila se encuentra ubicado dentro de las siguientes coordenadas UTM:

	UTM – X	UTM – Y
Punto 1:	719608.2	9094345.2
Punto 2:	719791.6	9094527.5
Punto 3:	719862.2	9094442.0
Punto 4:	719903.7	9094355.8
Punto 5:	719955.3	9094263.6
Punto 6:	719973.5	9094107.7
Punto 7:	720035.1	9094000.2
Punto 8:	719974.9	9093952.9

## 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, puesto que, durante la realización de los ensayos, la observación es fundamental, pues a través de esta se puede dar cuenta de detalles muy importantes, tales como el peso, la esbeltez, dimensiones y tipo de falla de pilas de albañilería, entre otros.

### 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, Cámara Fotográfica y Diario de Campo, los cuales nos permitirá recolectar información relevante y necesaria respecto a los ensayos que se realizarán a los elementos de estudio.

### 2.6.3 Procedimiento de recolección de datos.



Figura 19. Cuadro sinóptico sobre el procedimiento de estudio para las unidades y pilas de albañilería extraídas.

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

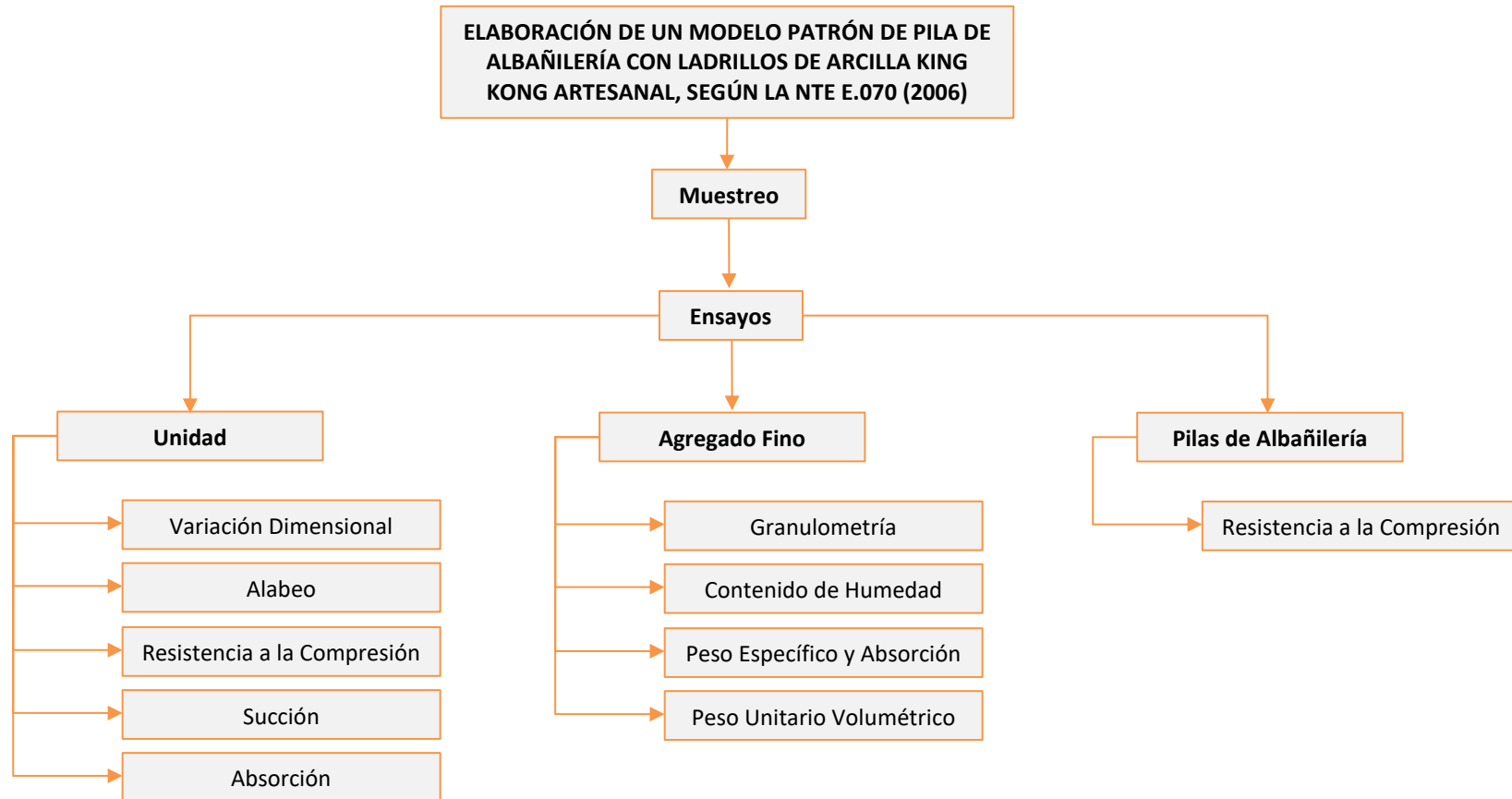


Figura 20. Cuadro sinóptico sobre el procedimiento de estudio para las unidades y pilas de albañilería patrones.

Fuente: Elaboración Propia, 2019.

### 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 8.

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

*Ecuación 8.* Variación dimensional de la unidad.

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



Donde:

- V (%) : Variación de dimensión 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 9.
- La resistencia característica a compresión del ladrillo ( $f'_b$ ) se determina utilizando la Ecuación 10.

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

*Ecuación 9.* Resistencia a compresión de la unidad.

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

$$f'_b = f_b - S$$

*Ecuación 10.* Resistencia característica a compresión de la unidad.

Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

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

#### 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/cm<sup>2</sup>/min, la cual viene dada por la Ecuación 11.

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

*Ecuación 11.* 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 cm<sup>2</sup>.

### 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 12.

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

*Ecuación 12.* 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 *Granulometría del agregado fino.*

- Se selecciona la cantidad de muestra a ensayar, para el agregado fino (arena gruesa) será de trescientos gramos mínimo.

- La muestra a ensayar se llevará por el tamiz N° 200 para eliminar todos los finos y/o impurezas que existan en el material, luego secar el material lavado en la estufa eléctrica por 24 horas a una temperatura de 110 °C.
- Después se retira el material de la estufa, se registra el peso seco y se toma datos de la serie de tamices a emplear, registrando el peso del tamiz, el número 2 y abertura de la malla.
- Se coloca la serie de tamices de 8'' de diámetro en el orden correspondiente, para cada serie a usar en el agregado fino.
- Se ordena descendiendo desde la abertura más gruesa hacia la más fina, en el fondo la malla ciega y en la parte superior la tapa.
- Se coloca la muestra sobre el tamiz superior, se zarandea por un tiempo de cinco minutos. Luego se pesan los tamices y la bandeja para obtener las cantidades retenidas de la muestra, los pesos para el agregado fino (arena gruesa) se deben registrar en una balanza con precisión de 0,1 gramos.
- Finalmente se anotan los pesos retenidos en cada tamiz y se limpian con una brocha, se tabulan y grafican, determinando así el análisis granulométrico por tamizado.
- Para la gráfica de los resultados se debe tener en cuenta que en el eje Y van las aberturas y en el eje X los tamices, esta gráfica es logarítmica.
- Para determinar el módulo de finura y el coeficiente de uniformidad (Cu) del agregado fino se emplean las Ecuaciones 13 y 14, respectivamente.

$$MF = \frac{(\sum \% \text{retenido acumulado en mallas } N^{\circ} 4, 8, 16, 30, 50 \text{ y } 100)}{100}$$

*Ecuación 13. Módulo de finura del agregado fino.*

Fuente: (NTP 400.012, 2001, p. 9).

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

*Ecuación 14.* Coeficiente de uniformidad del agregado fino.

Fuente: (Das, Braja, 2013, p. 40).

Donde:

- $C_U$  : Coeficiente de uniformidad.
- $D_{60}$  : Diámetro por debajo del cual queda el 60 % del agregado en peso.
- $D_{10}$  : Diámetro por debajo del cual queda el 10 % del agregado en peso.

### 2.6.3.8 *Contenido de humedad natural del agregado fino.*

- Se pesa la tara en la balanza electrónica con capacidad de 6000 gramos  $\pm$  0,1 gramos y luego verter el agregado en la tara y se pesa nuevamente en la balanza eléctrica con una precisión de 0,1 gramos.
- Se coloca las muestras en la estufa eléctrica a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por veinticuatro horas, pasado ese periodo de tiempo se saca la muestra del horno para obtener el porcentaje de humedad por cada muestra de material.
- El contenido de humedad natural del agregado fino se determinó utilizando la Ecuación 15.

$$W(\%) = \frac{(P_h - P_s)}{P_s} \times 100$$

*Ecuación 15.* Contenido de humedad natural del agregado fino.

Fuente: (NTP 339.127, 1998, p. 8).

Donde:

- $W_h$  : Peso húmedo, en g.
- $W_s$  : Peso seco, en g.

### **2.6.3.9 *Peso específico y absorción del agregado fino.***

- Se coloca una muestra de quinientos gramos aproximadamente, obtenido del cuarteo y se seca a peso constante a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  en la estufa eléctrica. Después de haber secado la muestra, se retira de la estufa eléctrica y se cubre la muestra con agua, dejando reposar por veinticuatro horas.
- Se descarta el exceso de agua de la muestra y se esparce el material en una bandeja la cual estará expuesta a calor (cocina eléctrica), para garantizar un secado uniforme y que la muestra se encuentre en el estado saturado superficialmente seco.
- Para saber si el agregado se encuentra en ese estado se realiza la prueba de humedad superficial, la cual consiste en llenar un molde cónico metálico de  $40\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$  de diámetro en la parte inferior y  $75\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$  de altura (medidas establecidas por la norma) y se compacta la muestra en tres capas apisonando suavemente veinticinco veces con una barra compactadora de metal de  $340\text{ gramos} \pm 15\text{ gramos}$  de peso con un extremo de superficie plana circular de  $24\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$  de diámetro (datos establecidos por la norma).
- Se remueve el exceso de agregado fino y se levanta el cono; si el cono mantiene su forma, todavía no está listo, pero si tiene un asentamiento aproximadamente de un tercio de la altura total es indicativo que el material se encuentra en estado saturado superficialmente seco, por lo tanto, se procede a pesar el frasco volumétrico vacía con capacidad de quinientos centímetros cúbicos, luego se llena con agua y se pesa nuevamente.

- Se introduce el material en el frasco una muestra de quinientos gramos y se vuelve a pesar, se llena con agua hasta alcanzar la marca de quinientos centímetros cúbicos, luego se deja reposar durante una hora para eliminar el aire que pueda existir y se vuelve a llenar con agua hasta los quinientos centímetros cúbicos y se pesa con la muestra introducida.
- Finalmente se remueve el material del frasco y se deja secar en la estufa eléctrica a 110 °C por veinticuatro horas y se determina su masa seca.
- El peso específico de masa se calcula empleando la Ecuación 16.

$$P_{em} = \frac{W_o}{V - V_a}$$

*Ecuación 16.* Peso específico de masa.

Fuente: (NTP 400.022, 2013, p. 13).

- El peso específico de masa saturada con superficie seca se calcula usando la Ecuación 17.

$$P_{eSSS} = \frac{500}{V - V_a}$$

*Ecuación 17.* Peso específico de masa con superficie seca.

Fuente: (NTP 400.022, 2013, p. 13).

- El peso específico aparente se calcula a través de la Ecuación 18.

$$P_{ea} = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)}$$

*Ecuación 18.* Peso específico aparente.

Fuente: (NTP 400.022, 2013, p. 13).



- La absorción se calcula a través de la Ecuación 19.

$$Ab = \frac{500 - W_o}{(W_o)} \times 100$$

*Ecuación 19.* Absorción.

Fuente: (NTP 400.022, 2013, p. 15).

Donde:

- $P_{em}$  : Peso específico de masa, en  $g/cm^3$ .
- $P_{eSSS}$  : Peso específico de masa saturada, en  $g/cm^3$ .
- $P_{ea}$  : Peso específico aparente, en  $g/cm^3$ .
- $Ab$  : Absorción, en %.
- $W_o$  : Peso en el aire de la muestra secada en el horno, en g.
- $V$  : Volumen del frasco, en  $cm^3$ .
- $V_a$  : Volumen de agua añadida al frasco, en  $cm^3$ .

#### ***2.6.3.10 Peso unitario volumétrico del agregado fino.***

- Se emplea una muestra representativa de treinta kilogramos.
- Se pesa el molde vacío.
- Se llena con agua y conociendo su temperatura se determina su densidad, con la cual se halla el volumen del recipiente.
- Luego, se seca el recipiente y se vierte la muestra a una altura aproximada de quince centímetros sobre el borde superior del recipiente, hasta llenarlo y se enraza la superficie con una varilla de 5/8".
- Por último, se pesa el molde con la muestra; este procedimiento se repite tres veces verificando una variación menor del uno por ciento.
- Para determinar el peso unitario suelto seco del agregado fino, se utilizan las Ecuaciones 20 y 21.

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

*Ecuación 20.* Factor de calibración del recipiente.

Fuente: (NTP 400.017, 2011, p. 10).

$$PUSS = W_s \times f$$

*Ecuación 21.* Peso unitario suelto seco del agregado fino.

Fuente: (NTP 400.017, 2011, p. 10).

Donde:

- PUSS : Peso unitario suelto seco, en kg/m<sup>3</sup>.
- W<sub>s</sub> : Peso neto del agregado, en kg.
- f : Factor de calibración del recipiente.
- W<sub>a</sub> : Peso del agua para llenar el recipiente a 16.7 °C, en kg.

#### ***2.6.3.11 Resistencia a compresión de pilas de albañilería.***

**Antes del ensayo:**

- 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.

### Durante el ensayo:

- 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.

### Después del ensayo:

- 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 22 y 23.

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

*Ecuación 22.* Resistencia a compresión de pilas de albañilería.

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

$$f'_m = f_m - S$$

*Ecuación 23.* Resistencia característica a compresión de pilas de albañilería.

Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

- $P_{max}$  : Carga máxima, en  $kg/cm^2$ .
- $A$  : 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 en campo

Para el desarrollo de la tesis en campo, se eligió el lugar del Balneario de las Delicias por ser un lugar de mejor accesibilidad para los investigadores en comparación con los balnearios de Huanchaco y Buenos Aires. En el caso de Huanchaco, las viviendas aledañas tienen una baja influencia de las patologías medioambientales, además de ser un punto turístico en la ciudad de Trujillo lo cual dificulta la toma de muestras de los muros de albañilería que puedan verse afectados, y en el caso de Buenos Aires, las viviendas presentan una influencia muy agresiva de las patologías medioambientales, lo cual dificulta al momento de tomar muestras de los muros de albañilería ya que estos elementos están muy deteriorados que es imposible extraerlos y someterlos a los ensayos respectivos, además, otro dato a tener en cuenta sobre el balneario de Buenos Aires es que la zona es un punto muy peligroso por estar casi abandonado debido a la ausencia de personas que no acostumbran visitar el balneario por estar deteriorado y en muy malas condiciones.

Del balneario de Las Delicias, se eligió el Sector Taquila por ser el lugar con características más adecuadas y homogéneas en sus muros de albañilería, debido a que las patologías medioambientales en dicho sector son más equilibradas. Esto facilita a los investigadores al momento de la extracción de las muestras en los muros de albañilería de las viviendas que fueron elegidas para la realización de la investigación.

De las viviendas elegidas, se identificaron a los muros de albañilería y se verificaron que estos cumplan con las características tanto en aparejo como en el tipo de unidad de albañilería, el cual debería corresponder al ladrillo King Kong de arcilla artesanal.

Además, se identificaron en cada una de las viviendas por medio de la inspección visual los 03 tipos de patologías del cual es objeto la presente investigación, como son:

- La humedad.
- La eflorescencia.
- La criptoflorescencia.

A cada una de las viviendas se le asignó una patología específica de acuerdo con los daños presentados en sus muros de albañilería afectados por estos males. Así pues, tenemos lo siguiente:

- La Vivienda N° 01 ubicada en la Mz. 12, Lote 19-B, Sector Taquila, Las Delicias, cuyo propietario es el Sr. Marco Cedrón León, presenta una antigüedad de 05 años y se le asignó la patología de la Humedad, debido a las inspecciones visuales y registros fotográficos que se hicieron a los muros de albañilería afectados.
- La Vivienda N° 02 ubicada en la Mz. 01 Lote 05, Sector Taquila, Las Delicias, cuyo propietario es el Sr. Pablo Gutiérrez, presenta una antigüedad de 08 años y se le asignó la patología de la Eflorescencia, debido a las inspecciones visuales y registros fotográficos que se hicieron a los muros de albañilería afectados.
- La Vivienda N° 03 ubicada en la Mz. 07 Lote 04, Sector Taquila, Las Delicias, cuyo propietario es el Sr. Julio Fernández, presenta una antigüedad de 10 años y se le asignó la patología de la Criptoflorescencia, debido a las inspecciones visuales y registros fotográficos que se hicieron a los muros de albañilería afectados.

Para el procedimiento de extracción de las muestras, se hizo uso de una amoladora para cortar las pilas y unidades de albañilería de los muros seleccionados, teniendo el cuidado debido de no desprender la unidad del mortero.

De cada vivienda y muro seleccionado se extrajeron 03 pilas de tres unidades cada una, así como también de 27 unidades de albañilería. El total de pilas y unidades extraídas fueron de 09 y 81, respectivamente de cada tipo, ya que fueron 03 viviendas seleccionadas. Estas muestras se manipularon con sumo cuidado al momento de retirarlas de los muros y ponerlos a buen recaudo para su posterior transporte.

Se contrató una movilidad adecuada para poder transportar las muestras extraídas de cada vivienda ubicadas en el Sector Taquila hacia la Universidad Privada del Norte, Sede El Molino, ubicada en la Calle 31 S/N Urb. San Isidro 2<sup>da</sup> Etapa, Trujillo, La Libertad, en donde se procedió a descender con cuidado las muestras y fueron llevadas hacia el laboratorio para los ensayos correspondientes.

Para la elaboración del modelo patrón tanto en unidades como en pilas de albañilería, a fin de poder realizar la comparación entre éste y las unidades y pilas de albañilería extraídas in situ, se adquirieron un total de 72 unidades de albañilería de la ladrillera "Ladrillos Pocho", ubicada en el Cruce del Gallo S/N – Sector Campiña de Moche, la cual se encuentra cerca de la zona de estudio. Esta ladrillera es la que abastece a las ferreterías aledañas a la zona donde se realiza la investigación.

Se contrató una movilidad adecuada para poder transportar las unidades adquiridas en la ladrillera "Ladrillos Pocho" ubicada en el Cruce del Gallo S/N – Sector Campiña de Moche hacia la Universidad Privada del Norte, Sede El Molino, ubicada en la Calle 31 S/N Urb. San Isidro 2<sup>da</sup> Etapa, Trujillo, La Libertad, en donde se procedió a

descender con cuidado y llevadas hacia el laboratorio para los ensayos correspondientes.

Para la elaboración del mortero de pega utilizado en las pilas elaboradas como modelo patrón, se adquirió la cantidad correspondiente de una cantera que expende sus diferentes tipos de agregados a las ferreterías aledañas a la zona de estudio.

Se contrató una movilidad adecuada para poder transportar un total de 05 latas de arena gruesa adquiridas en la cantera Ulloa & Vásquez S.R.L., con RUC N° 20600817931, ubicada en la carretera Vía de Evitamiento, Huanchaco km 582, Trujillo, hacia la Universidad Privada del Norte, Sede El Molino, ubicada en la Calle 31 S/N Urb. San Isidro 2<sup>da</sup> Etapa, Trujillo, La Libertad, en donde se procedió a descender con cuidado y llevadas hacia el laboratorio para los ensayos correspondientes.

## **2.8 Procedimiento de desarrollo en laboratorio**

### **2.8.1 Procedimiento para muestras extraídas in situ.**

Para las muestras extraídas in situ 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.

### 2.8.1.1 *Ensayos para unidades de albañilería extraídas in situ.*

- a. **Variación dimensional:** Para determinar la variación dimensional de los ladrillos, se siguió el procedimiento indicado en la NTP 399.613. Primero se verificaron las medidas de fábrica del ladrillo para saber sus dimensiones nominales. Luego con ayuda de un vernier, se tomaron las dimensiones de cada arista del ladrillo, en las cuales se determinaron cuatro medidas en la parte intermedia de la superficie de las unidades. Los resultados fueron expresados en porcentaje, y se calcularon mediante la Ecuación 8.
  
- b. **Alabeo:** Para el ensayo de alabeo de las unidades de albañilería, se siguió el procedimiento indicado en la NTP 399.613, en el cual se midió la concavidad y convexidad del ladrillo. Para la medición de la concavidad, se colocó el borde recto de la regla sobre una diagonal de los lados del ladrillo, en donde se introdujo una cuña de madera, en el punto de flecha máxima. Para medir la convexidad, se colocó el borde recto de la regla encima de una diagonal de uno de los lados del ladrillo, luego se introdujo en cada vértice una cuña y se buscó el punto de apoyo de la regla metálica en donde se obtenga la misma medida para ambas cuñas.
  
- c. **Resistencia a la compresión:** En la resistencia a compresión de las unidades de albañilería, se realizó el ensayo de acuerdo a lo indicado en la NTP 399.613. En la cara de asiento del ladrillo, se aplicó una capa delgada de yeso con un espesor máximo de cuatro milímetros, expandiéndola hasta lograr una superficie plana y uniforme, luego se repitió el procedimiento en la cara opuesta del recubrimiento. Se comprobó que ambas caras sean paralelas y se determinaron las dimensiones promedio de cada espécimen para determinar



el área neta que soportará la carga, luego se esperó por lo menos tres horas antes de efectuar el ensayo. Se colocó la unidad con una de sus caras mayores sobre el apoyo de la máquina y se maniobró suavemente la rótula hasta lograr un contacto perfecto con el lado superior del espécimen, verificando que el eje de la misma coincida con el eje longitudinal de la unidad. La resistencia característica a compresión del ladrillo ( $f'_b$ ) se determinó restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra, tal como lo indica la Ecuación 10.

**d. Succión:** Para determinar el ensayo de succión del ladrillo, se usó la NTP 399.613. Se secaron las unidades en el horno a una temperatura entre 110 °C y 115 °C, y se pesaron luego de enfriarse a temperatura ambiente, repitiéndose el procedimiento hasta no tener variaciones en el peso. Se midió con una precisión de un milímetro, el largo y ancho de la superficie del ladrillo que estaría en contacto con el agua. El tiempo de contacto fue de  $1 \text{ min} \pm 1 \text{ s}$ , y durante el cual se mantuvo el nivel de agua del original, adicionando líquido según fuese necesario. Al terminar el tiempo de contacto, se secó el agua superficial del espécimen con un trapo húmedo y se pesó en un lapso no mayor de dos minutos, con una precisión de 0,5 g. Los resultados fueron expresados en gramos, y se calcularon a través de la Ecuación 11.

**e. Absorción:** Para el ensayo de absorción, se siguió lo indicado en la NTP 399.613. Se calentaron los ladrillos en el horno entre 110 °C y 115 °C, y se pesaron luego de enfriarse a temperatura ambiente, repitiéndose el procedimiento hasta no tener variaciones en el peso. Luego se metieron las unidades secas en un recipiente lleno de agua destilada por un periodo de

veinticuatro horas. Al pasar el tiempo indicado, se retiraron los ladrillos y se secó con un paño húmedo el agua superficial, pesándolos dentro de los cinco minutos desde que se extrajeron del recipiente. Los resultados se expresaron en porcentajes, y se calcularon mediante la Ecuación 12.

### **2.8.1.2 Ensayos para pilas de albañilería extraídas in situ.**

- a. **Resistencia a la compresión:** Para el ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería, se sometieron a esta prueba un total de 09 pilas, las cuales corresponden a las 03 viviendas de donde fueron extraídas (03 pilas por cada vivienda). Cada pila fue identificada por una "P" al inicio de la nomenclatura, luego con una letra "V" y un dígito ( $i = 01$  a  $03$ ); por ejemplo, la pila P - V - 03 es una pila que corresponde a la Vivienda N° 03.

Antes del ensayo se verificó que la pila tenga en su superficie superior la capa de mortero de yeso a fin de lograr un contacto total de la máquina en toda el área del espécimen.

Durante el ensayo se registró la carga máxima con la cual falló la pila. Se calculó la resistencia característica a compresión axial con la Ecuación 22. Luego se corrigió el ( $f'_m$ ), de acuerdo con el factor de corrección por esbeltez, expresados en la Norma Técnica de Edificación E.070, y por último se calculó la resistencia característica restando la desviación estándar a la resistencia promedio, de acuerdo con la Ecuación 23.

### **2.8.2 Procedimiento para unidades adquiridas en la ladrillera.**

Para las unidades adquiridas en la ladrillera, se realizaron 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.

#### ***2.8.2.1 Ensayos para unidades de albañilería adquiridas en la ladrillera.***

- a. **Variación dimensional:** Para determinar la variación dimensional de los ladrillos, se siguió el procedimiento indicado en la NTP 399.613. En donde primero se obtuvieron las medidas de fábrica del ladrillo, teniendo un largo de 21.00 cm, un ancho de 12.00 cm y una altura de 9.00 cm. Luego con ayuda de un vernier, se tomaron las dimensiones de cada arista del ladrillo, en las cuales se determinaron cuatro medidas en la parte intermedia de la superficie de las unidades. Los resultados fueron expresados en porcentaje, y se calcularon mediante la Ecuación 8.
- b. **Alabeo:** Para el ensayo de alabeo de las unidades de albañilería, se siguió el procedimiento indicado en la NTP 399.613, en el cual se midió la concavidad y convexidad del ladrillo. Para la medición de la concavidad, se colocó el borde recto de la regla sobre una diagonal de los lados del ladrillo, en donde se introdujo una cuña de madera, en el punto de flecha máxima. Para medir la convexidad, se colocó el borde recto de la regla encima de una diagonal de uno de los lados del ladrillo, luego se introdujo en cada vértice una cuña y se

buscó el punto de apoyo de la regla metálica en donde se obtenga la misma medida para ambas cuñas.

- c. Resistencia a la compresión:** En la resistencia a compresión de las unidades de albañilería, se realizó el ensayo de acuerdo a lo indicado en la NTP 399.613. En la cara de asiento del ladrillo, se aplicó una capa delgada de yeso con un espesor máximo de cuatro milímetros, expandiéndola hasta lograr una superficie plana y uniforme, luego se repitió el procedimiento en la cara opuesta del recubrimiento. Se comprobó que ambas caras sean paralelas y se determinaron las dimensiones promedio de cada espécimen para determinar el área neta que soportará la carga, luego se esperó por lo menos tres horas antes de efectuar el ensayo. Se colocó la unidad con una de sus caras mayores sobre el apoyo de la máquina y se maniobró suavemente la rótula hasta lograr un contacto perfecto con el lado superior del espécimen, verificando que el eje de la misma coincida con el eje longitudinal de la unidad. La resistencia característica a compresión del ladrillo ( $f'_b$ ) se determinó restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra, tal como lo indica la Ecuación 10.
- d. Succión:** Para determinar el ensayo de succión del ladrillo, se usó la NTP 399.613. Se secaron las unidades en el horno a una temperatura entre 110 °C y 115 °C, y se pesaron luego de enfriarse a temperatura ambiente, repitiéndose el procedimiento hasta no tener variaciones en el peso. Se midió con una precisión de un milímetro, el largo y ancho de la superficie del ladrillo que estaría en contacto con el agua. El tiempo de contacto fue de 1 min  $\pm$  1 s, y durante el cual se mantuvo el nivel de agua del original, adicionando líquido

según fuese necesario. Al terminar el tiempo de contacto, se secó el agua superficial del espécimen con un trapo húmedo y se pesó en un lapso no mayor de dos minutos, con una precisión de 0,5 g. Los resultados fueron expresados en gramos, y se calcularon a través de la Ecuación 11.

- e. **Absorción:** Para el ensayo de absorción, se siguió lo indicado en la NTP 399.613. Se calentaron los ladrillos en el horno entre 110 °C y 115 °C, y se pesaron luego de enfriarse a temperatura ambiente, repitiéndose el procedimiento hasta no tener variaciones en el peso. Luego se metieron las unidades secas en un recipiente lleno de agua destilada por un periodo de veinticuatro horas. Al pasar el tiempo indicado, se retiraron los ladrillos y se secó con un paño húmedo el agua superficial, pesándolos dentro de los cinco minutos desde que se extrajeron del recipiente. Los resultados se expresaron en porcentajes, y se calcularon mediante la Ecuación 12.

#### 2.8.2.2 *Ensayos para pilas de albañilería elaboradas en el laboratorio.*

- f. **Resistencia a la compresión:** Para el ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería, se sometieron a esta prueba un total de 09 pilas. Cada pila fue identificada por una "P" al inicio de la nomenclatura, luego con una letra "L" y un dígito ( $i = 01$  a  $09$ ); por ejemplo, la pila P - L - 05 es una pila que corresponde a la Pila de Laboratorio N° 05.

En el instante de la construcción se controló la altura con una wincha, y la verticalidad con un nivel y plomada. Se curó por un periodo de veintiocho días y luego se ensayaron a compresión.

Durante el ensayo se registró la carga máxima con la cual falló la pila. Se calculó la resistencia característica a compresión axial con la Ecuación 22.

Luego se corrigió el ( $f'_m$ ), de acuerdo al factor de corrección por esbeltez, expresados en la Norma Técnica de Edificación E.070, y por último se calculó la resistencia característica restando la desviación estándar a la resistencia promedio, de acuerdo con la Ecuación 23.

### 2.8.3 Procedimiento para el agregado fino adquirido en la cantera.

Para el agregado fino adquirido en la cantera, se realizaron los siguientes ensayos:

- Agregado Fino:
  - a. Granulometría
  - b. Contenido de Humedad
  - c. Peso Específico y Absorción
  - d. Peso Unitario Volumétrico.

#### 2.8.3.1 *Ensayos para el agregado fino.*

- a. **Granulometría:** Para el ensayo granulométrico se usó una muestra de mil gramos, este material se tamizó por los tamices estándar y se pesó el material retenido en cada malla, luego se determinó el porcentaje retenido, porcentaje retenido acumulado y porcentaje que pasa de cada malla, posteriormente se verifico que la sumatoria parcial tenga un error menor al uno por ciento. Para este ensayo se empleó lo establecido por la NTP 400.012. Para determinar el módulo de finura (MF) y el coeficiente de uniformidad (Cu) del agregado fino se empleó la Ecuación 13 y la Ecuación 14, respectivamente.

- b. Contenido de humedad:** Para el ensayo de contenido de humedad natural de la arena, se pesó una muestra de mil gramos en estado natural, luego se colocó en el horno a una temperatura de  $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por veinticuatro horas, hasta peso constante para determinar el peso seco de la muestra, por último, se halló el contenido de humedad natural, a través de la Ecuación 15.
- c. Peso específico y absorción:** Para determinar el peso específico y absorción del agregado fino, se preparó la muestra de ensayo por cuarteo, de la cual se seleccionó aproximadamente mil gramos y se le lavó. Después se sumergió la muestra en agua y se dejó saturar hasta peso constante, luego se decantó con mucho cuidado sobre una bandeja y se expuso a una corriente suave de aire tibio, removiéndose con frecuencia, para garantizar un secado uniforme; se continuó con esta operación hasta que los granos del agregado no se adhieran marcadamente entre sí. Luego se colocó en el molde cónico y se rellenó con tres capas, compactando con veinticinco golpes por capa con el pisón metálico, al levantar el molde verticalmente, el cono de agregado fino mantuvo su forma, por lo que se siguió secando y revolviendo constantemente; en el segundo intento el cono de arena se derrumbó al quitar el molde, por lo que el agregado fino había alcanzado una condición de superficie seca. De inmediato se introdujo una muestra de quinientos gramos en una fiola y se agregó agua hasta cubrir con un centímetro y medio el material; luego, se hizo rodar la fiola sobre una superficie plana, para eliminar las burbujas de aire. Después de un minuto se llenó con agua hasta la marca de quinientos centímetros cúbicos y se determinó el peso total de agua introducida en el frasco de ensayo. Se sacó con cuidado el agregado fino del frasco y se secó en un horno a una temperatura de cien grados centígrados,

hasta peso constante, en donde se obtuvo su peso seco. Para determinar el peso específico y absorción del agregado fino se empleó la Ecuación 18 y la Ecuación 19, respectivamente.

- d. Peso unitario volumétrico:** Para el ensayo de peso unitario volumétrico del agregado fino se usó 15 kilogramos de muestra. Primero se pesó el molde vacío, luego se llenó con agua y conociendo su temperatura se determinó su densidad, con lo cual se pudo hallar el volumen del recipiente metálico, se secó el molde y se vertió la muestra a una altura aproximada de quince centímetros sobre el borde superior del recipiente, hasta llenarlo, se enrazó la superficie con ayuda de una varilla de 5/8'' y por último se pesó el molde con la muestra; este procedimiento se repitió tres veces, verificando una variación menor del uno por ciento. Para determinar el peso unitario volumétrico se usó la Ecuación 20 y la Ecuación 21.

#### **2.8.3.2 *Elaboración del mortero.***

El mortero fue diseñado de acuerdo a lo indicado en la Tabla 4 de la NTE E.070 (2006) del RNE utilizando una proporción cemento : arena de 1 : 4 para muros no portantes.



## 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 extraídas de los muros de albañilería en estudio como de las unidades adquiridas en la ladrillera, 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 extraídas de los muros de albañilería en estudio, se utilizaron 09 unidades por cada vivienda, haciendo un total de 27 unidades de albañilería extraídas, debido a que el número de viviendas estudiadas fueron tres.

Para las unidades adquiridas en la ladrillera, se utilizaron un total de 27 unidades, tomando este valor debido a que el número de unidades extraídas por cada vivienda fueron nueve.

Debido a que el muestreo es del tipo No Probabilístico, tanto las unidades extraídas como adquiridas fueron elegidas de forma intencional o voluntaria por parte de los investigadores, asegurándose de mantener cierto grado de representatividad, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 13. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras extraídas de la Vivienda N° 01.

VARIACIÓN DIMENSIONAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 09 DE LA VIVIENDA N° 01									
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 (%)
<b>M-01</b>	22.29	22.50	0.92	12.43	12.50	0.60	8.56	8.50	0.74
<b>M-02</b>	22.63	22.50	0.56	12.68	12.50	1.40	8.55	8.50	0.59
<b>M-03</b>	21.98	22.50	2.33	12.60	12.50	0.80	8.70	8.50	2.35
<b>M-04</b>	22.46	22.50	0.17	12.70	12.50	1.60	8.73	8.50	2.65
<b>M-05</b>	22.33	22.50	0.78	12.60	12.50	0.82	8.52	8.50	0.21
<b>M-06</b>	22.39	22.50	0.50	12.59	12.50	0.70	8.58	8.50	0.91
<b>M-07</b>	22.39	22.50	0.50	12.52	12.50	0.12	8.60	8.50	1.12
<b>M-08</b>	22.48	22.50	0.08	12.44	12.50	0.48	8.51	8.50	0.12
<b>M-09</b>	22.42	22.50	0.38	12.41	12.50	0.72	8.58	8.50	0.94
<b>Promedio</b>	<b>22.37</b>	<b>22.50</b>	<b>0.69</b>	<b>12.55</b>	<b>12.50</b>	<b>0.80</b>	<b>8.59</b>	<b>8.50</b>	<b>1.07</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.18</b>			<b>0.11</b>			<b>0.07</b>		
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>	<b>0.79</b>			<b>0.86</b>			<b>0.87</b>		

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 13, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 09 extraídos de la Vivienda N° 01, presentan una variación dimensional de 0.69 %, 0.80 % y 1.07 % en su largo, ancho y alto respectivamente.

Tabla 14. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras extraídas de la Vivienda N° 02.

VARIACIÓN DIMENSIONAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 09 DE LA VIVIENDA N° 02									
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 (%)
<b>M-01</b>	21.11	21.50	1.80	11.90	12.50	4.82	8.34	8.50	1.88
<b>M-02</b>	21.13	21.50	1.74	11.90	12.50	4.80	8.31	8.50	2.21
<b>M-03</b>	20.91	21.50	2.73	12.07	12.50	3.48	8.23	8.50	3.21
<b>M-04</b>	21.13	21.50	1.71	12.15	12.50	2.82	8.14	8.50	4.26
<b>M-05</b>	21.27	21.50	1.08	12.24	12.50	2.12	8.26	8.50	2.85
<b>M-06</b>	20.94	21.50	2.60	12.05	12.50	3.62	8.29	8.50	2.53
<b>M-07</b>	20.69	21.50	3.77	12.39	12.50	0.86	8.38	8.50	1.44
<b>M-08</b>	21.02	21.50	2.23	12.34	12.50	1.30	8.34	8.50	1.85
<b>M-09</b>	20.98	21.50	2.41	12.46	12.50	0.32	8.24	8.50	3.12
<b>Promedio</b>	<b>21.02</b>	<b>21.50</b>	<b>2.23</b>	<b>12.16</b>	<b>12.50</b>	<b>2.68</b>	<b>8.28</b>	<b>8.50</b>	<b>2.59</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.17</b>			<b>0.21</b>			<b>0.07</b>		
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>	<b>0.79</b>			<b>1.69</b>			<b>0.89</b>		

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 14, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 09 extraídos de la Vivienda N° 02, presentan una variación dimensional de 2.23 %, 2.68 % y 2.59 % en su largo, ancho y alto respectivamente.

Tabla 15. Resultados del ensayo de variación dimensional para muestras extraídas de la Vivienda N° 03.

ESPÉCIMEN	VARIACIÓN DIMENSIONAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 09 DE LA VIVIENDA N° 03								
	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 (%)
M-01	21.71	22.50	3.53	12.02	12.50	3.88	8.26	8.50	2.82
M-02	21.82	22.50	3.03	12.13	12.50	2.96	8.28	8.50	2.65
M-03	21.67	22.50	3.68	12.12	12.50	3.04	8.24	8.50	3.03
M-04	22.01	22.50	2.19	12.02	12.50	3.84	8.28	8.50	2.65
M-05	22.00	22.50	2.24	12.08	12.50	3.38	8.26	8.50	2.85
M-06	21.87	22.50	2.82	12.08	12.50	3.38	8.28	8.50	2.62
M-07	21.75	22.50	3.32	12.05	12.50	3.62	8.24	8.50	3.06
M-08	21.76	22.50	3.29	12.06	12.50	3.54	8.28	8.50	2.62
M-09	21.79	22.50	3.17	12.04	12.50	3.72	8.29	8.50	2.50
<b>Promedio</b>	<b>21.82</b>	<b>22.50</b>	<b>3.03</b>	<b>12.06</b>	<b>12.50</b>	<b>3.48</b>	<b>8.27</b>	<b>8.50</b>	<b>2.75</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.12</b>			<b>0.04</b>			<b>0.02</b>		
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>	<b>0.54</b>			<b>0.34</b>			<b>0.20</b>		

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 15, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 09 extraídos de la Vivienda N° 03, presentan una variación dimensional de 3.03 %, 3.48 % y 2.75 % en su largo, ancho y alto respectivamente.

Tabla 16. Resultados del ensayo de variación dimensional para especímenes del 01 al 09 adquiridos en la ladrillera.

ESPÉCIMEN	VARIACIÓN DIMENSIONAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 09 DE LA LADRILLERA								
	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 (%)
M-01	20.66	21.00	1.62	11.92	12.00	0.65	9.04	9.00	0.42
M-02	20.98	21.00	0.12	11.83	12.00	1.44	8.99	9.00	0.14
M-03	20.58	21.00	2.00	11.92	12.00	0.69	8.68	9.00	3.61
M-04	20.91	21.00	0.45	11.86	12.00	1.19	9.04	9.00	0.44
M-05	21.08	21.00	0.38	11.91	12.00	0.75	9.13	9.00	1.39
M-06	20.75	21.00	1.18	11.89	12.00	0.90	9.08	9.00	0.92
M-07	21.06	21.00	0.30	11.84	12.00	1.33	8.91	9.00	1.06
M-08	21.17	21.00	0.79	11.82	12.00	1.52	8.89	9.00	1.19
M-09	20.95	21.00	0.26	11.90	12.00	0.85	9.04	9.00	0.44
<b>Promedio</b>	<b>20.90</b>	<b>21.00</b>	<b>0.79</b>	<b>11.88</b>	<b>12.00</b>	<b>1.03</b>	<b>8.98</b>	<b>9.00</b>	<b>1.07</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.20</b>			<b>0.04</b>			<b>0.14</b>		
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>	<b>0.95</b>			<b>0.34</b>			<b>1.52</b>		

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 16, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 09 adquiridos en la ladrillera, presentan una variación dimensional de 0.79 %, 1.03 % y 1.07 % en su largo, ancho y alto respectivamente.

Tabla 17. Resultados del ensayo de variación dimensional para especímenes del 10 al 18 adquiridos en la ladrillera.

ESPÉCIMEN	VARIACIÓN DIMENSIONAL PARA ESPECÍMENES DEL 10 AL 18 DE LA LADRILLERA								
	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 (%)
M-10	20.63	21.00	1.79	11.95	12.00	0.42	8.99	9.00	0.11
M-11	20.96	21.00	0.21	11.86	12.00	1.17	8.98	9.00	0.28
M-12	20.58	21.00	1.99	11.92	12.00	0.71	8.96	9.00	0.50
M-13	20.90	21.00	0.46	11.93	12.00	0.58	9.03	9.00	0.31
M-14	20.99	21.00	0.06	11.91	12.00	0.79	9.07	9.00	0.72
M-15	20.74	21.00	1.23	11.88	12.00	1.00	9.00	9.00	0.00
M-16	20.98	21.00	0.08	11.85	12.00	1.25	8.96	9.00	0.50
M-17	21.00	21.00	0.01	11.94	12.00	0.54	8.92	9.00	0.86
M-18	20.94	21.00	0.27	11.90	12.00	0.85	9.01	9.00	0.08
<b>Promedio</b>	<b>20.86</b>	<b>21.00</b>	<b>0.68</b>	<b>11.90</b>	<b>12.00</b>	<b>0.81</b>	<b>8.99</b>	<b>9.00</b>	<b>0.37</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.16</b>			<b>0.03</b>			<b>0.04</b>		
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>	<b>0.79</b>			<b>0.29</b>			<b>0.48</b>		

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 17, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 10 al 18 adquiridos en la ladrillera, presentan una variación dimensional de 0.68 %, 0.81 % y 0.37 % en su largo, ancho y alto respectivamente.

Tabla 18. Resultados del ensayo de variación dimensional para especímenes del 19 al 27 adquiridos en la ladrillera.

ESPÉCIMEN	VARIACIÓN DIMENSIONAL PARA ESPECÍMENES DEL 19 AL 27 DE LA LADRILLERA								
	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 (%)
M-19	20.76	21.00	1.13	11.87	12.00	1.06	8.97	9.00	0.39
M-20	20.90	21.00	0.48	11.88	12.00	1.00	9.00	9.00	0.00
M-21	20.72	21.00	1.36	11.94	12.00	0.54	8.99	9.00	0.11
M-22	20.82	21.00	0.86	11.87	12.00	1.06	9.02	9.00	0.17
M-23	20.81	21.00	0.93	11.91	12.00	0.79	8.94	9.00	0.67
M-24	20.72	21.00	1.36	11.86	12.00	1.15	9.04	9.00	0.39
M-25	20.84	21.00	0.77	11.84	12.00	1.38	8.98	9.00	0.28
M-26	20.80	21.00	0.94	11.85	12.00	1.27	9.00	9.00	0.00
M-27	20.77	21.00	1.10	11.90	12.00	0.85	8.95	9.00	0.53
<b>Promedio</b>	<b>20.79</b>	<b>21.00</b>	<b>0.99</b>	<b>11.88</b>	<b>12.00</b>	<b>1.01</b>	<b>8.99</b>	<b>9.00</b>	<b>0.28</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0.06</b>			<b>0.03</b>			<b>0.03</b>		
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>	<b>0.28</b>			<b>0.26</b>			<b>0.34</b>		

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 18, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 19 al 27 adquiridos en la ladrillera, presentan una variación dimensional de 0.99 %, 1.01 % y 0.28 % en su largo, ancho y alto respectivamente.

### 3.1.2 Alabeo.

Este ensayo permitió determinar la mayor concavidad y convexidad del ladrillo, tanto extraídas de los muros de albañilería en estudio como de las unidades adquiridas en la ladrillera, para poder desarrollar el análisis físico y estadístico de los resultados obtenidos de cada grupo. Su desarrollo se basa en la Norma NTP 399.613, la cual permite establecer una relación entre los resultados obtenidos y las especificaciones del fabricante.

Para las unidades extraídas de los muros de albañilería en estudio, se utilizaron 09 unidades por cada vivienda, haciendo un total de 27 unidades de albañilería extraídas, debido a que el número de viviendas estudiadas fueron tres.

Para las unidades adquiridas en la ladrillera, se utilizaron un total de 27 unidades, tomando este valor debido a que el número de unidades extraídas por cada vivienda fueron nueve.

Debido a que el muestreo es del tipo No Probabilístico, tanto las unidades extraídas como adquiridas fueron elegidas de forma intencional o voluntaria por parte de los investigadores, asegurándose de mantener cierto grado de representatividad, obteniéndose los siguientes resultados:



Tabla 19. *Resultados del ensayo de alabeo para especímenes extraídos de la Vivienda N° 01, 02 y 03.*

VIVIENDA	ESPÉCIMEN	ALABEO PROMEDIO	
		CARA SUPERIOR (mm)	CARA INFERIOR (mm)
V-01	M-01 A M-09	0.83	2.34
V-02	M-10 A M-18	1.09	2.75
V-03	M-19 A M-27	1.23	3.01

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 19, se señala que el alabeo promedio de los especímenes extraídos de la Vivienda N° 01 es de 0.83 mm y 2.34 mm para la cara superior e inferior respectivamente.
- En la Tabla 19, se señala que el alabeo promedio de los especímenes extraídos de la Vivienda N° 02 es de 1.09 mm y 2.75 mm para la cara superior e inferior respectivamente.
- En la Tabla 19, se señala que el alabeo promedio de los especímenes extraídos de la Vivienda N° 03 es de 1.23 mm y 3.01 mm para la cara superior e inferior respectivamente.

Tabla 20. *Resultados del ensayo de alabeo para especímenes adquiridos en la ladrillera.*

LOTE	ESPÉCIMEN	ALABEO PROMEDIO	
		CARA SUPERIOR (mm)	CARA INFERIOR (mm)
LOTE 01	M-01 A M-09	0.43	2.70
LOTE 02	M-10 A M-18	0.46	2.42
LOTE 03	M-19 A M-27	0.49	2.50
<b>PROMEDIO GLOBAL</b>		<b>0.46</b>	<b>2.54</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 20, se señala que el alabeo promedio de los especímenes del Lote 01 adquiridos en la ladrillera es de 0.43 mm y 2.70 mm para la cara superior e inferior respectivamente.
- En la Tabla 20, se señala que el alabeo promedio de los especímenes del Lote 02 adquiridos en la ladrillera es de 0.46 mm y 2.42 mm para la cara superior e inferior respectivamente.
- En la Tabla 20, se señala que el alabeo promedio de los especímenes del Lote 03 adquiridos en la ladrillera es de 0.49 mm y 2.50 mm para la cara superior e inferior respectivamente.
- En la Tabla 20, se señala que el promedio del alabeo global de los especímenes del Lote 01, 02 y 03 adquiridos en la ladrillera es de 0.46 mm y 2.54 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 extraídas de los muros de albañilería en estudio como de las unidades adquiridas en la ladrillera, para poder desarrollar el análisis físico y estadístico de los resultados obtenidos de cada grupo. Su desarrollo se basa en la Norma NTP 399.613, la cual permite establecer una relación entre los resultados obtenidos y las especificaciones del fabricante.

Para las unidades extraídas de los muros de albañilería en estudio, se utilizaron 09 unidades por cada vivienda, haciendo un total de 27 unidades de albañilería extraídas, debido a que el número de viviendas estudiadas fueron tres.

Para las unidades adquiridas en la ladrillera, se utilizaron un total de 27 unidades, tomando este valor debido a que el número de unidades extraídas por cada vivienda fueron nueve.

Debido a que el muestreo es del tipo No Probabilístico, tanto las unidades extraídas como adquiridas fueron elegidas de forma intencional o voluntaria por parte de los investigadores, asegurándose de mantener cierto grado de representatividad.

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 21. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 09 de la Vivienda N° 01.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 09 DE LA VIVIENDA N° 01											
ESPÉCIMEN	LARGO				ANCHO				ÁREA BRUTA A (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA F <sub>max</sub> (kg)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN f <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Largo Promedio LP (cm)	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Ancho Promedio AP (cm)			
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)		A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)				
M-01	22.42	22.48	22.45	22.45	12.35	12.43	12.39	12.39	278.16	4,477.00	16.10
M-02	22.38	22.50	22.48	22.45	12.46	12.50	12.42	12.46	279.77	4,121.00	14.73
M-03	22.37	22.40	22.50	22.42	12.39	12.48	12.45	12.44	278.95	5,170.00	18.53
M-04	22.35	22.32	22.39	22.35	12.34	12.39	12.43	12.39	276.88	4,960.00	17.91
M-05	22.50	22.45	22.41	22.45	12.42	12.45	12.50	12.46	279.69	4,828.00	17.26
M-06	22.43	22.45	22.50	22.46	12.50	12.44	12.48	12.47	280.15	4,853.00	17.32
M-07	22.46	22.48	22.50	22.48	12.47	12.50	12.42	12.46	280.18	5,050.00	18.02
M-08	22.38	22.50	22.46	22.45	12.33	12.42	12.47	12.41	278.49	4,786.00	17.19
M-09	22.36	22.50	22.42	22.43	12.50	12.41	12.46	12.46	279.36	4,968.00	17.78
<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>											<b>17.21</b>
<b>Desviación Estándar</b>											<b>1.15</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>											<b>6.71</b>
<b>Resistencia característica a compresión (f'<sub>b</sub>)</b>											<b>16.05</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 21, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 09 correspondientes a la Vivienda N° 01, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 16.05 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 22. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 09 de la Vivienda N° 02.

ESPÉCIMEN	LARGO			ANCHO				ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN	
	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Largo Promedio	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)						Ancho Promedio
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)		A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)				
M-01	21.36	21.28	21.22	21.29	12.30	12.35	12.26	12.30	261.90	3,666.00	14.00
M-02	21.25	21.33	21.42	21.33	12.28	12.33	12.30	12.30	262.47	3,853.00	14.68
M-03	21.28	21.30	21.35	21.31	12.14	12.30	12.24	12.23	260.55	3,774.00	14.48
M-04	21.20	21.34	21.38	21.31	12.23	12.25	12.33	12.27	261.43	3,981.00	15.23
M-05	21.33	21.38	21.26	21.32	12.18	12.26	12.32	12.25	261.28	3,825.00	14.64
M-06	21.35	21.30	21.34	21.33	12.32	12.24	12.20	12.25	261.36	3,487.00	13.34
M-07	21.24	21.39	21.42	21.35	12.40	12.34	12.38	12.37	264.17	3,542.00	13.41
M-08	21.12	21.25	21.33	21.23	12.35	12.18	12.28	12.27	260.53	3,746.00	14.38
M-09	21.10	21.24	21.30	21.21	12.22	12.30	12.26	12.26	260.08	3,874.00	14.90
<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>											<b>14.34</b>
<b>Desviación Estándar</b>											<b>0.64</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>											<b>4.48</b>
<b>Resistencia característica a compresión (f'<sub>b</sub>)</b>											<b>13.70</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 22, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 09 correspondientes a la Vivienda N° 02, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 13.70 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 23. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 09 de la Vivienda N° 03.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 09 DE LA VIVIENDA N° 03											
ESPÉCIMEN	LARGO				ANCHO				ÁREA BRUTA A (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA F <sub>max</sub> (kg)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN f <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Largo Promedio LP (cm)	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Ancho Promedio AP (cm)			
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)		A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)				
M-01	22.35	22.42	22.32	22.36	12.41	12.36	12.24	12.34	275.89	2,785.00	10.09
M-02	22.40	22.38	22.33	22.37	12.38	12.35	12.27	12.33	275.90	2,893.00	10.49
M-03	22.38	22.45	22.30	22.38	12.25	12.33	12.38	12.32	275.68	2,821.00	10.23
M-04	22.30	22.35	22.29	22.31	12.33	12.42	12.37	12.37	276.09	3,054.00	11.06
M-05	22.45	22.40	22.36	22.40	12.30	12.24	12.35	12.30	275.49	2,856.00	10.37
M-06	22.50	22.40	22.45	22.45	12.42	12.35	12.31	12.36	277.48	3,051.00	11.00
M-07	22.46	22.38	22.34	22.39	12.41	12.48	12.40	12.43	278.35	2,921.00	10.49
M-08	22.25	22.20	22.33	22.26	12.38	12.33	12.36	12.36	275.06	2,865.00	10.42
M-09	22.31	22.15	22.18	22.21	12.36	12.30	12.24	12.30	273.22	2,834.00	10.37
<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>											<b>10.50</b>
<b>Desviación Estándar</b>											<b>0.32</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>											<b>3.08</b>
<b>Resistencia característica a compresión (f'<sub>b</sub>)</b>											<b>10.18</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 23, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 09 correspondientes a la Vivienda N° 03, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 10.18 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 24. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 01 al 09 adquiridos en la ladrillera.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 09 DE LA LADRILLERA											
ESPÉCIMEN	LARGO				ANCHO				ÁREA BRUTA A (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA F <sub>max</sub> (kg)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN f <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Largo Promedio LP (cm)	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Ancho Promedio AP (cm)			
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)		A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)				
M-01	20.90	20.75	20.85	20.83	12.00	12.20	12.10	12.10	252.08	11,528.00	45.73
M-02	21.00	20.95	20.90	20.95	12.25	12.30	12.15	12.23	256.29	12,099.00	47.21
M-03	20.80	20.85	20.75	20.80	12.10	12.10	12.00	12.07	250.99	14,970.00	59.64
M-04	21.00	21.00	20.90	20.97	12.20	12.15	12.10	12.15	254.75	10,482.00	41.15
M-05	20.85	20.90	20.70	20.82	12.10	12.25	12.20	12.18	253.62	10,833.00	42.71
M-06	20.60	20.85	20.80	20.75	12.00	12.05	12.10	12.05	250.04	14,754.00	59.01
M-07	21.00	20.95	20.90	20.95	11.90	12.00	12.05	11.98	251.05	12,823.00	51.08
M-08	20.80	20.85	20.95	20.87	12.20	12.30	12.20	12.23	255.27	10,765.00	42.17
M-09	21.00	20.90	20.95	20.95	12.00	12.20	12.10	12.10	253.50	12,667.00	49.97
<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>											<b>48.74</b>
<b>Desviación Estándar</b>											<b>6.89</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>											<b>14.14</b>
<b>Resistencia característica a compresión (f'<sub>b</sub>)</b>											<b>41.85</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 24, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 09 adquiridos en la ladrillera, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 41.85 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 25. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 10 al 18 adquiridos en la ladrillera.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL PARA ESPÉCIMENES DEL 10 AL 18 DE LA LADRILLERA											
ESPÉCIMEN	LARGO				ANCHO				ÁREA BRUTA A (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA F <sub>max</sub> (kg)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN f <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Largo Promedio LP (cm)	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Ancho Promedio AP (cm)			
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)		A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)				
M-10	20.85	20.80	20.75	20.80	12.05	12.10	12.00	12.05	250.64	12,324.00	49.17
M-11	20.80	20.85	20.70	20.78	12.15	12.20	12.00	12.12	251.82	10,928.00	43.40
M-12	20.95	20.90	20.85	20.90	12.20	12.05	12.20	12.15	253.94	12,925.00	50.90
M-13	20.75	20.90	20.80	20.82	12.05	12.20	12.10	12.12	252.23	11,895.00	47.16
M-14	20.90	20.75	20.85	20.83	12.15	12.00	12.15	12.10	252.08	12,846.00	50.96
M-15	20.70	20.70	20.85	20.75	12.10	12.00	12.10	12.07	250.38	11,925.00	47.63
M-16	20.85	20.85	20.95	20.88	12.00	12.10	12.00	12.03	251.30	10,352.00	41.19
M-17	20.90	20.95	21.00	20.95	12.00	12.15	12.20	12.12	253.84	11,251.00	44.32
M-18	20.90	20.85	20.95	20.90	12.10	12.05	12.15	12.10	252.89	14,824.00	58.62
<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>											<b>48.15</b>
<b>Desviación Estándar</b>											<b>5.16</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>											<b>10.72</b>
<b>Resistencia característica a compresión (f'<sub>b</sub>)</b>											<b>42.99</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 25, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 10 al 18 adquiridos en la ladrillera, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 42.99 kg/cm<sup>2</sup>.



Tabla 26. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial para especímenes del 19 al 27 adquiridos en la ladrillera.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL PARA ESPECÍMENES DEL 19 AL 27 DE LA LADRILLERA											
ESPÉCIMEN	LARGO				ANCHO				ÁREA BRUTA A (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA F <sub>max</sub> (kg)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN f <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Largo Promedio LP (cm)	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Ancho Promedio AP (cm)			
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)		A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)				
M-19	20.80	20.85	20.85	20.83	12.20	12.10	12.05	12.12	252.43	12,825.00	50.81
M-20	20.75	20.85	20.95	20.85	12.15	12.20	12.00	12.12	252.63	11,225.00	44.43
M-21	20.90	20.90	21.00	20.93	12.05	12.15	12.00	12.07	252.60	13,623.00	53.93
M-22	20.90	20.95	20.90	20.92	12.10	12.15	12.05	12.10	253.09	10,652.00	42.09
M-23	21.00	21.00	20.85	20.95	12.20	12.25	12.15	12.20	255.59	12,745.00	49.87
M-24	21.00	20.85	20.90	20.92	12.20	12.00	12.10	12.10	253.09	11,985.00	47.35
M-25	20.85	20.95	21.00	20.93	12.00	12.00	12.15	12.05	252.25	14,545.00	57.66
M-26	20.85	20.80	21.00	20.88	12.00	12.10	12.05	12.05	251.64	10,198.00	40.53
M-27	20.80	20.75	20.85	20.80	12.05	12.00	12.00	12.02	249.95	13,215.00	52.87
<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>											<b>48.84</b>
<b>Desviación Estándar</b>											<b>5.71</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>											<b>11.70</b>
<b>Resistencia característica a compresión (f'<sub>b</sub>)</b>											<b>43.12</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 26, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 19 al 27 adquiridos en la ladrillera, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 43.12 kg/cm<sup>2</sup>.

## 3.2 Ensayos no clasificatorios del ladrillo.

### 3.2.1 Succión.

Este ensayo permitió determinar la succión del ladrillo, tanto extraídas de los muros de albañilería en estudio como de las unidades adquiridas en la ladrillera, para poder desarrollar el análisis físico y estadístico de los resultados obtenidos de cada grupo. Su desarrollo se basa en la Norma 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/200cm<sup>2</sup>-min. Cuando excede este valor es necesario regar los ladrillos de arcilla antes de ser asentados.

Para las unidades extraídas de los muros de albañilería en estudio, se utilizaron 09 unidades por cada vivienda, haciendo un total de 27 unidades de albañilería extraídas, debido a que el número de viviendas estudiadas fueron tres.

Para las unidades adquiridas en la ladrillera, se utilizaron un total de 27 unidades, tomando este valor debido a que el número de unidades extraídas por cada vivienda fueron nueve.

Debido a que el muestreo es del tipo No Probabilístico, tanto las unidades extraídas como adquiridas fueron elegidas de forma intencional o voluntaria por parte de los investigadores, asegurándose de mantener cierto grado de representatividad, para luego ser sometidas al ensayo de succión.

La succión de la unidad fue calculada utilizando la Ecuación 11, tal como se puede observar en las siguientes tablas:

Tabla 27. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 09 de la Vivienda N° 01.

SUCCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 09 DE LA VIVIENDA N° 01												
ESPÉCIMEN	LARGO				ANCHO				ÁREA BRUTA	PESO SECO	PESO HÚMEDO	SUCCIÓN
	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Largo Promedio	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Ancho Promedio				
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)		LP (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)					
M-01	22.35	22.42	22.40	22.39	12.45	12.38	12.28	12.37	276.96	3,926.00	4,028.00	73.66
M-02	22.28	22.38	22.32	22.33	12.38	12.26	12.36	12.33	275.36	4,015.00	4,123.00	78.44
M-03	22.17	22.27	22.30	22.25	12.29	12.17	12.32	12.26	272.74	3,985.00	4,085.00	73.33
M-04	22.25	22.30	22.40	22.32	12.24	12.34	12.40	12.33	275.09	3,962.00	4,063.00	73.43
M-05	22.43	22.45	22.38	22.42	12.33	12.43	12.45	12.40	278.08	4,052.00	4,156.00	74.80
M-06	22.35	22.30	22.27	22.31	12.42	12.32	12.19	12.31	274.60	4,033.00	4,133.00	72.83
M-07	22.40	22.42	22.36	22.39	12.35	12.38	12.44	12.39	277.45	3,942.00	4,054.00	80.73
M-08	22.48	22.41	22.34	22.41	12.41	12.45	12.36	12.41	278.03	4,067.00	4,165.00	70.50
M-09	22.36	22.30	22.44	22.37	12.40	12.33	12.30	12.34	276.08	4,003.00	4,106.00	74.62
<b>Promedio (g/200 cm<sup>2</sup>-min)</b>												<b>74.70</b>
<b>Desviación Estándar</b>												<b>3.09</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>												<b>4.13</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 27, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 09 correspondientes a la Vivienda N° 01, presentan una succión promedio de 74.70 g/200 cm<sup>2</sup>-min.

Tabla 28. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 09 de la Vivienda N° 02.

SUCCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 09 DE LA VIVIENDA N° 02												
ESPÉCIMEN	LARGO				ANCHO				ÁREA BRUTA A (cm <sup>2</sup> )	PESO SECO W <sub>s</sub> (g)	PESO HÚMEDO W <sub>h</sub> (g)	SUCCIÓN S (g/200 cm <sup>2</sup> -min)
	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Largo Promedio LP (cm)	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Ancho Promedio AP (cm)				
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)		A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)					
M-01	21.46	21.35	21.31	21.37	12.42	12.48	12.39	12.43	265.67	3,350.00	3,425.00	56.46
M-02	21.21	21.25	21.30	21.25	12.35	12.40	12.31	12.35	262.55	3,360.00	3,430.00	53.32
M-03	21.18	21.32	21.40	21.30	12.24	12.30	12.27	12.27	261.35	3,320.00	3,398.00	59.69
M-04	21.32	21.36	21.50	21.39	12.33	12.40	12.37	12.37	264.56	3,380.00	3,452.00	54.43
M-05	21.43	21.48	21.35	21.42	12.08	12.25	12.18	12.17	260.68	3,330.00	3,408.00	59.84
M-06	21.25	21.40	21.33	21.33	12.35	12.42	12.38	12.38	264.10	3,345.00	3,421.00	57.55
M-07	21.20	21.30	21.32	21.27	12.25	12.21	12.27	12.24	260.46	3,180.00	3,254.00	56.82
M-08	21.20	21.35	21.41	21.32	12.42	12.37	12.32	12.37	263.73	3,260.00	3,332.00	54.60
M-09	21.50	21.33	21.38	21.40	12.35	12.42	12.40	12.39	265.19	3,305.00	3,382.00	58.07
<b>Promedio (g/200 cm<sup>2</sup>-min)</b>												<b>56.76</b>
<b>Desviación Estándar</b>												<b>2.30</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>												<b>4.06</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 28, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 09 correspondientes a la Vivienda N° 02, presentan una succión promedio de 56.76 g/200 cm<sup>2</sup>-min.

Tabla 29. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 09 de la Vivienda N° 03.

SUCCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 09 DE LA VIVIENDA N° 03												
ESPÉCIMEN	LARGO				ANCHO				ÁREA BRUTA	PESO SECO	PESO HÚMEDO	SUCCIÓN
	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Largo Promedio	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Ancho Promedio				
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)		LP (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)					
M-01	22.15	22.25	22.31	22.24	12.17	12.25	12.14	12.19	270.99	3,945.00	3,998.00	39.12
M-02	22.23	22.28	22.30	22.27	12.25	12.32	12.19	12.25	272.88	3,978.00	4,025.00	34.45
M-03	22.31	22.35	22.40	22.35	12.20	12.30	12.35	12.28	274.57	3,982.00	4,037.00	40.06
M-04	22.41	22.36	22.20	22.32	12.36	12.28	12.30	12.31	274.87	3,941.00	3,996.00	40.02
M-05	22.36	22.40	22.33	22.36	12.22	12.29	12.33	12.28	274.62	4,003.00	4,055.00	37.87
M-06	22.10	22.15	22.26	22.17	12.18	12.24	12.20	12.21	270.62	4,016.00	4,066.00	36.95
M-07	22.14	22.22	22.32	22.23	12.34	12.30	12.28	12.31	273.54	3,971.00	4,024.00	38.75
M-08	22.18	22.16	22.40	22.25	12.30	12.35	12.33	12.33	274.23	3,960.00	4,011.00	37.20
M-09	22.30	22.33	22.30	22.31	12.26	12.32	12.20	12.26	273.52	3,950.00	4,002.00	38.02
<b>Promedio (g/200 cm<sup>2</sup>-min)</b>												<b>38.05</b>
<b>Desviación Estándar</b>												<b>1.75</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>												<b>4.60</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 29, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 09 correspondientes a la Vivienda N° 03, presentan una succión promedio de 38.05 g/200 cm<sup>2</sup>-min.

Tabla 30. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 01 al 09 adquiridos en la ladrillera.

ESPÉCIMEN	SUCCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 09 DE LA LADRILLERA											
	LARGO				ANCHO				ÁREA BRUTA	PESO SECO	PESO HÚMEDO	SUCCIÓN
	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Largo Promedio	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Ancho Promedio				
L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	LP (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	AP (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	W <sub>s</sub> (g)	W <sub>h</sub> (g)	S (g/200 cm <sup>2</sup> -min)	
M-01	21.44	21.34	21.48	21.42	12.31	12.25	12.28	12.28	263.04	3,616.00	3,722.00	80.60
M-02	21.15	21.35	21.25	21.25	12.24	12.20	12.19	12.21	259.46	3,250.00	3,378.00	98.67
M-03	21.40	21.50	21.38	21.43	12.47	12.46	12.49	12.47	267.26	3,296.00	3,412.00	86.81
M-04	21.19	21.30	21.27	21.25	12.22	12.32	12.28	12.27	260.85	3,046.00	3,171.00	95.84
M-05	21.50	21.44	21.42	21.45	12.40	12.35	12.36	12.37	265.38	3,152.00	3,276.00	93.45
M-06	21.45	21.46	21.49	21.47	12.48	12.48	12.47	12.48	267.83	3,162.00	3,270.00	80.65
M-07	21.48	21.44	21.48	21.47	12.37	12.30	12.33	12.33	264.76	3,148.00	3,254.00	80.07
M-08	21.46	21.41	21.44	21.44	12.31	12.25	12.29	12.28	263.31	3,132.00	3,258.00	95.70
M-09	21.39	21.42	21.45	21.42	12.45	12.33	12.36	12.38	265.18	3,340.00	3,460.00	90.50
<b>Succión Promedio (g/200 cm<sup>2</sup>-min)</b>												<b>89.14</b>
<b>Desviación Estándar</b>												<b>7.35</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>												<b>8.24</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 30, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 09 adquiridos en la ladrillera presentan una succión promedio de 89.14 g/200 cm<sup>2</sup>-min.

Tabla 31. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 10 al 18 adquiridos en la ladrillera.

ESPÉCIMEN	SUCCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 10 AL 18 DE LA LADRILLERA											
	LARGO				ANCHO				ÁREA BRUTA	PESO SECO	PESO HÚMEDO	SUCCIÓN
	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Largo Promedio	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Ancho Promedio				
L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	LP (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	AP (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	W <sub>s</sub> (g)	W <sub>h</sub> (g)	S (g/200 cm <sup>2</sup> -min)	
M-10	21.42	21.45	21.42	21.43	12.25	12.19	12.18	12.21	261.59	3,514.00	3,635.00	92.51
M-11	21.43	21.48	21.42	21.44	12.36	12.28	12.32	12.32	264.18	3,125.00	3,248.00	93.12
M-12	21.41	21.50	21.49	21.47	12.23	12.25	12.22	12.23	262.61	3,123.00	3,235.00	85.30
M-13	21.35	21.42	21.38	21.38	12.15	12.19	12.16	12.17	260.16	3,052.00	3,164.00	86.10
M-14	21.32	21.38	21.35	21.35	12.35	12.41	12.37	12.38	264.24	3,215.00	3,314.00	74.93
M-15	21.48	21.45	21.47	21.47	12.48	12.45	12.42	12.45	267.26	3,131.00	3,245.00	85.31
M-16	21.26	21.31	21.29	21.29	12.36	12.34	12.38	12.36	263.10	3,205.00	3,329.00	94.26
M-17	21.19	21.25	21.22	21.22	12.17	12.22	12.20	12.20	258.81	3,178.00	3,307.00	99.69
M-18	21.24	21.27	21.20	21.24	12.51	12.46	12.49	12.49	265.18	3,302.00	3,416.00	85.98
<b>Succión Promedio (g/200 cm<sup>2</sup>-min)</b>												<b>88.58</b>
<b>Desviación Estándar</b>												<b>7.18</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>												<b>8.10</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 31, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 10 al 18 adquiridos en la ladrillera presentan una succión promedio de 88.58 g/200 cm<sup>2</sup>-min.

Tabla 32. Resultados del ensayo de succión para especímenes del 19 al 27 adquiridos en la ladrillera.

ESPÉCIMEN	SUCCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 19 AL 27 DE LA LADRILLERA											
	LARGO				ANCHO				ÁREA BRUTA	PESO SECO	PESO HÚMEDO	SUCCIÓN
	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Largo Promedio	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)			Ancho Promedio				
L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	LP (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	AP (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	W <sub>s</sub> (g)	W <sub>h</sub> (g)	S (g/200 cm <sup>2</sup> -min)	
M-19	21.48	21.42	21.38	21.43	12.42	12.37	12.40	12.40	265.62	3,413.00	3,525.00	84.33
M-20	21.35	21.42	21.39	21.39	12.28	12.33	12.30	12.30	263.13	3,165.00	3,291.00	95.77
M-21	21.33	21.38	21.35	21.35	12.33	12.36	12.32	12.34	263.43	3,133.00	3,247.00	86.55
M-22	21.40	21.45	21.47	21.44	12.25	12.31	12.29	12.28	263.35	3,152.00	3,275.00	93.41
M-23	21.35	21.39	21.33	21.36	12.41	12.38	12.36	12.38	264.47	3,198.00	3,314.00	87.72
M-24	21.21	21.15	21.19	21.18	12.32	12.34	12.35	12.34	261.33	3,166.00	3,288.00	93.37
M-25	21.38	21.26	21.33	21.32	12.36	12.31	12.36	12.34	263.20	3,171.00	3,292.00	91.94
M-26	21.42	21.46	21.48	21.45	12.27	12.32	12.31	12.30	263.88	3,121.00	3,228.00	81.10
M-27	21.36	21.30	21.32	21.33	12.40	12.42	12.37	12.40	264.38	3,129.00	3,236.00	80.94
<b>Succión Promedio (g/200 cm<sup>2</sup>-min)</b>												<b>88.35</b>
<b>Desviación Estándar</b>												<b>5.55</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>												<b>6.28</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 32, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 19 al 27 adquiridos en la ladrillera presentan una succión promedio de 88.35 g/200 cm<sup>2</sup>-min.



### 3.2.2 Absorción.

Este ensayo permitió determinar la absorción del ladrillo, tanto extraídas de los muros de albañilería en estudio como de las unidades adquiridas en la ladrillera, para poder desarrollar el análisis físico y estadístico de los resultados obtenidos de cada grupo. Su desarrollo se basa en la Norma 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 extraídas de los muros de albañilería en estudio, se utilizaron 09 unidades por cada vivienda, haciendo un total de 27 unidades de albañilería extraídas, debido a que el número de viviendas estudiadas fueron tres.

Para las unidades adquiridas en la ladrillera, se utilizaron un total de 27 unidades, tomando este valor debido a que el número de unidades extraídas por cada vivienda fueron nueve.

Debido a que el muestreo es del tipo No Probabilístico, tanto las unidades extraídas como adquiridas fueron elegidas de forma intencional o voluntaria por parte de los investigadores, asegurándose de mantener cierto grado de representatividad, para luego ser sometidas al ensayo de absorción.

Primero, se obtuvo el peso seco mediante el uso de un horno a 100 °C y posteriormente se sumergieron en agua por un tiempo de veinticuatro horas, para obtener el peso saturado. La succión de la unidad fue calculada utilizando la Ecuación 12, tal como se puede observar en las siguientes tablas:

Tabla 33. Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 09 de la Vivienda N° 01.

<b>ABSORCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 09 DE LA VIVIENDA N° 01</b>			
<b>ESPÉCIMEN</b>	<b>PESO SECO</b>	<b>PESO SATURADO</b>	<b>ABSORCIÓN</b>
	<b>W<sub>s</sub> (g)</b>	<b>W<sub>h</sub> (g)</b>	<b>A (%)</b>
<b>M-01</b>	3,926.00	4,473.00	13.93
<b>M-02</b>	4,015.00	4,554.00	13.42
<b>M-03</b>	3,985.00	4,526.00	13.58
<b>M-04</b>	3,962.00	4,502.00	13.63
<b>M-05</b>	4,052.00	4,617.00	13.94
<b>M-06</b>	4,033.00	4,568.00	13.27
<b>M-07</b>	3,942.00	4,559.00	15.65
<b>M-08</b>	4,067.00	4,616.00	13.50
<b>M-09</b>	4,003.00	4,561.00	13.94
<b>Absorción Promedio (%)</b>			<b>13.87</b>
<b>Desviación Estándar</b>			<b>0.71</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>			<b>5.12</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 33, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 09 correspondientes a la Vivienda N° 01, presentan una absorción promedio de 13.87 %.

Tabla 34. Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 09 de la Vivienda N° 02.

<b>ABSORCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 09 DE LA VIVIENDA N° 02</b>			
<b>ESPÉCIMEN</b>	<b>PESO SECO</b>	<b>PESO SATURADO</b>	<b>ABSORCIÓN</b>
	<b>W<sub>s</sub> (g)</b>	<b>W<sub>h</sub> (g)</b>	<b>A (%)</b>
<b>M-01</b>	3,326.00	3,684.00	10.76
<b>M-02</b>	3,258.00	3,601.00	10.53
<b>M-03</b>	3,315.00	3,652.00	10.17
<b>M-04</b>	3,364.00	3,704.00	10.11
<b>M-05</b>	3,295.00	3,637.00	10.38
<b>M-06</b>	3,321.00	3,681.00	10.84
<b>M-07</b>	3,284.00	3,645.00	10.99
<b>M-08</b>	3,240.00	3,576.00	10.37
<b>M-09</b>	3,310.00	3,659.00	10.54
<b>Absorción Promedio (%)</b>			<b>10.52</b>
<b>Desviación Estándar</b>			<b>0.30</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>			<b>2.86</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 34, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 09 correspondientes a la Vivienda N° 02, presentan una absorción promedio de 10.52 %.

Tabla 35. Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 09 de la Vivienda N° 03.

<b>ABSORCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 09 DE LA VIVIENDA N° 03</b>			
<b>ESPÉCIMEN</b>	<b>PESO SECO</b>	<b>PESO SATURADO</b>	<b>ABSORCIÓN</b>
	<b>W<sub>s</sub> (g)</b>	<b>W<sub>h</sub> (g)</b>	<b>A (%)</b>
<b>M-01</b>	4,008.00	4,313.00	7.61
<b>M-02</b>	3,965.00	4,298.00	8.40
<b>M-03</b>	3,984.00	4,281.00	7.45
<b>M-04</b>	3,971.00	4,260.00	7.28
<b>M-05</b>	4,021.00	4,302.00	6.99
<b>M-06</b>	4,016.00	4,287.00	6.75
<b>M-07</b>	3,974.00	4,278.00	7.65
<b>M-08</b>	3,962.00	4,253.00	7.34
<b>M-09</b>	4,025.00	4,293.00	6.66
<b>Absorción Promedio (%)</b>			<b>7.35</b>
<b>Desviación Estándar</b>			<b>0.53</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>			<b>7.21</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 35, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 09 correspondientes a la Vivienda N° 03, presentan una absorción promedio de 7.35 %.

Tabla 36. Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 01 al 09 adquiridos en la ladrillera.

<b>ABSORCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 09 DE LA LADRILLERA</b>			
<b>ESPÉCIMEN</b>	<b>PESO SECO</b>	<b>PESO SATURADO</b>	<b>ABSORCIÓN</b>
	<b>W<sub>s</sub> (g)</b>	<b>W<sub>h</sub> (g)</b>	<b>A (%)</b>
<b>M-01</b>	3170.00	3704.00	16.85
<b>M-02</b>	3106.00	3662.00	17.90
<b>M-03</b>	3294.00	3898.00	18.34
<b>M-04</b>	3326.00	3894.00	17.08
<b>M-05</b>	3382.00	3970.00	17.39
<b>M-06</b>	2982.00	3560.00	19.38
<b>M-07</b>	3308.00	3878.00	17.23
<b>M-08</b>	3180.00	3710.00	16.67
<b>M-09</b>	3000.00	3594.00	19.80
<b>Absorción Promedio (%)</b>			<b>17.85</b>
<b>Desviación Estándar</b>			<b>1.12</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>			<b>6.26</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 36, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 01 al 09 adquiridos en la ladrillera presentan una absorción promedio de 17.85 %.

Tabla 37. *Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 10 al 18 adquiridos en la ladrillera.*

<b>ABSORCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 10 AL 18 DE LA LADRILLERA</b>			
<b>ESPÉCIMEN</b>	<b>PESO SECO</b>	<b>PESO SATURADO</b>	<b>ABSORCIÓN</b>
	<b>W<sub>s</sub> (g)</b>	<b>W<sub>h</sub> (g)</b>	<b>A (%)</b>
<b>M-10</b>	3010.00	3598.00	19.53
<b>M-11</b>	3155.00	3726.00	18.10
<b>M-12</b>	3170.00	3694.00	16.53
<b>M-13</b>	3050.00	3622.00	18.75
<b>M-14</b>	3210.00	3753.00	16.92
<b>M-15</b>	3096.00	3684.00	18.99
<b>M-16</b>	2994.00	3556.00	18.77
<b>M-17</b>	3105.00	3656.00	17.75
<b>M-18</b>	3302.00	3825.00	15.84
<b>Absorción Promedio (%)</b>			<b>17.91</b>
<b>Desviación Estándar</b>			<b>1.25</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>			<b>6.98</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 37, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 10 al 18 adquiridos en la ladrillera presentan una absorción promedio de 17.91 %.

Tabla 38. *Resultados del ensayo de absorción para especímenes del 19 al 27 adquiridos en la ladrillera.*

<b>ABSORCIÓN PARA ESPECÍMENES DEL 19 AL 27 DE LA LADRILLERA</b>			
<b>ESPÉCIMEN</b>	<b>PESO SECO</b>	<b>PESO SATURADO</b>	<b>ABSORCIÓN</b>
	<b>W<sub>s</sub> (g)</b>	<b>W<sub>h</sub> (g)</b>	<b>A (%)</b>
<b>M-19</b>	3131.00	3698.00	18.11
<b>M-20</b>	3028.00	3593.00	18.66
<b>M-21</b>	2978.00	3564.00	19.68
<b>M-22</b>	3221.00	3786.00	17.54
<b>M-23</b>	3142.00	3664.00	16.61
<b>M-24</b>	3084.00	3633.00	17.80
<b>M-25</b>	3173.00	3746.00	18.06
<b>M-26</b>	3095.00	3682.00	18.97
<b>M-27</b>	3165.00	3721.00	17.57
<b>Absorción Promedio (%)</b>			<b>18.11</b>
<b>Desviación Estándar</b>			<b>0.90</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>			<b>4.96</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 38, se aprecia que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal para los especímenes del 19 al 27 adquiridos en la ladrillera presentan una absorción promedio de 18.11 %.

### 3.3 Ensayos del agregado fino.

#### 3.3.1 Granulometría del agregado fino.

Para este ensayo se usaron tres mil quinientos gramos de arena gruesa, los cuales se dividieron de la siguiente forma: 500 gramos para el primer ensayo, 1000 gramos para el segundo ensayo, y 2000 gramos para el tercer ensayo. Estos se trabajaron de acuerdo a lo especificado en la NTP 400.012. Los resultados obtenidos en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte se muestran en la Tabla 39, 40 y 41.

Tabla 39. Análisis granulométrico del agregado fino para la muestra de 500 g.

Fecha	19/01/2019		MUESTRA		
Peso de la Muestra (g)	500		ARENA GRUESA		
Porcentaje de la Muestra(%)	100				
Tamiz N°	P. Ret. (g)	Retenido (%)	R. Acum. (%)	Abertura (mm)	% que pasa
3/8"	0	0.00	0.00	9.50	100.00
4	20	4.00	4.00	4.76	96.00
8	58	11.60	15.60	2.38	84.40
16	86	17.20	32.80	1.19	67.20
30	100	20.00	52.80	0.60	47.20
50	88	17.60	70.40	0.30	29.60
100	122	24.40	94.80	0.15	5.20
200	20	4.00	98.80	0.07	1.20
Cazoleta	4	0.80	99.60	0.00	0.40
<b>TOTAL</b>	<b>494</b>				

Fuente: Base de datos, 2019.

$$Pérdida\ de\ muestra = \frac{500 - 494}{500} \times 100 = 1.20\%$$

$$MF = \frac{(0.00 + 4.00 + 15.60 + 32.80 + 52.80 + 70.40 + 94.80)}{100} = 2.70$$

$$D_{60} = \frac{(0.60 - 1.19) \times (60.00 - 67.20)}{(47.20 - 67.20)} + 1.19 = 0.98$$

$$D_{10} = \frac{(0.15 - 0.30) \times (10.00 - 29.60)}{(5.20 - 29.60)} + 0.30 = 0.18$$

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.98}{0.18} = 5.45$$

<b>D 60</b>	<b>0.98</b>
<b>D 10</b>	<b>0.18</b>
<b>Pérdida de Muestra (%)</b>	<b>1.20</b>
<b>Módulo de Finura</b>	<b>2.70</b>
<b>Coefficiente de Uniformidad</b>	<b>5.45</b>

Fuente: Elaboración propia, 2019.

- La pérdida de muestra es de un 1.20 %, el módulo de finura de 2.70 y el coeficiente de uniformidad de 5.45.

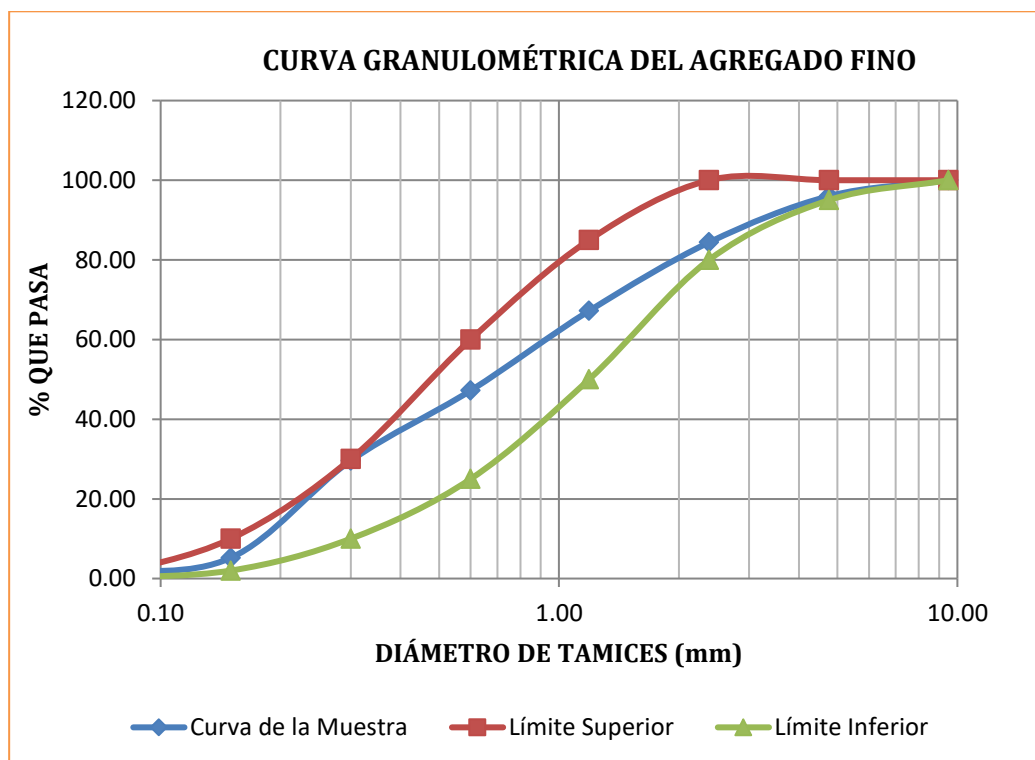


Gráfico 1. Curva granulométrica del agregado fino para la muestra de 500 g.

Fuente: Base de datos, 2019.

En el Gráfico 1, se muestra la curva granulométrica del agregado fino correspondiente para la muestra de 500 gramos de agregado fino, la cual se encuentra dentro de los márgenes establecidos por la NTE E.070 (2006).

Tabla 40. *Análisis granulométrico del agregado fino para la muestra de 1000 g.*

Fecha		19/01/2019		MUESTRA	
Peso de la Muestra (g)		1000		ARENA GRUESA	
Porcentaje de la Muestra(%)		100			
Tamiz N°	P. Ret. (g)	Retenido (%)	R. Acum. (%)	Abertura (mm)	% que pasa
3/8"	0	0.00	0.00	9.50	100.00
4	30	3.00	3.00	4.76	97.00
8	120	12.00	15.00	2.38	85.00
16	178	17.80	32.80	1.19	67.20
30	206	20.60	53.40	0.60	46.60
50	196	19.60	73.00	0.30	27.00
100	208	20.80	93.80	0.15	6.20
200	52	5.20	99.00	0.07	1.00
Cazoleta	4	0.40	99.40	0.00	0.60
<b>TOTAL</b>	<b>994</b>				

Fuente: Base de datos, 2019.

$$\text{Pérdida de muestra} = \frac{1000 - 994}{1000} \times 100 = \mathbf{0.60 \%}$$

$$MF = \frac{(0.00 + 3.00 + 15.00 + 32.80 + 53.40 + 73.00 + 93.80)}{100} = \mathbf{2.71}$$

$$D_{60} = \frac{(0.60 - 1.19) \times (60.00 - 67.20)}{(46.60 - 67.20)} + 1.19 = \mathbf{0.98}$$

$$D_{10} = \frac{(0.15 - 0.30) \times (10.00 - 27.00)}{(6.20 - 27.00)} + 0.30 = \mathbf{0.18}$$

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.98}{0.18} = \mathbf{5.55}$$

<b>D 60</b>	<b>0.98</b>
<b>D 10</b>	<b>0.18</b>
<b>Pérdida de Muestra (%)</b>	<b>0.60</b>
<b>Módulo de Finura</b>	<b>2.71</b>
<b>Coficiente de Uniformidad</b>	<b>5.55</b>

Fuente: Elaboración propia, 2019.

- La pérdida de muestra es de un 0.60 %, el módulo de finura de 2.71 y el coeficiente de uniformidad de 5.55.

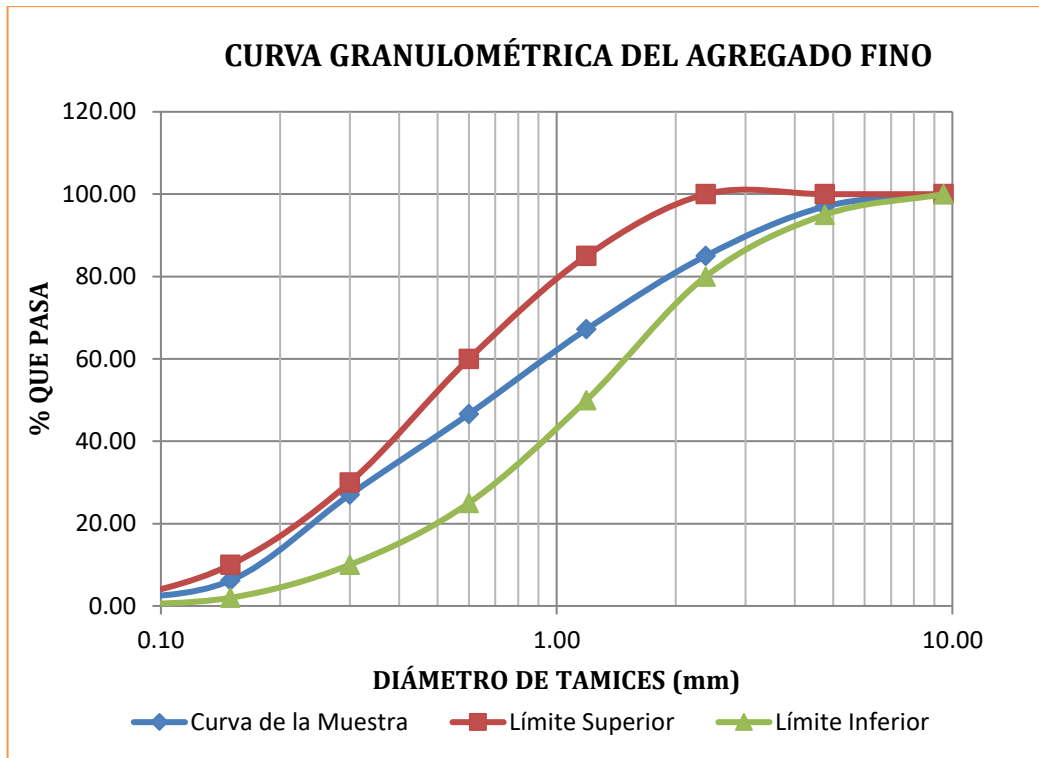


Gráfico 2. Curva granulométrica del agregado fino para la muestra de 1000 g.

Fuente: Base de datos, 2019.

En el Gráfico 2, se muestra la curva granulométrica del agregado fino correspondiente para la muestra de 1000 gramos de agregado fino, la cual se encuentra dentro de los márgenes establecidos por la NTE E.070 (2006).



Tabla 41. *Análisis granulométrico del agregado fino para la muestra de 2000 g.*

Fecha	19/01/2019		MUESTRA		
Peso de la Muestra (g)	2000		ARENA GRUESA		
Porcentaje de la Muestra(%)	100				
Tamiz N°	P. Ret. (g)	Retenido (%)	Ret. Acum. (%)	Abertura (mm)	% que pasa
3/8"	0	0.00	0.00	9.50	100.00
4	78	3.90	3.90	4.76	96.10
8	248	12.40	16.30	2.38	83.70
16	360	18.00	34.30	1.19	65.70
30	462	23.10	57.40	0.60	42.60
50	490	24.50	81.90	0.30	18.10
100	300	15.00	96.90	0.15	3.10
200	52	2.60	99.50	0.07	0.50
Cazoleta	4	0.20	99.70	0.00	0.30
<b>TOTAL</b>	<b>1994</b>				

Fuente: Base de datos, 2019.

$$\text{Pérdida de muestra} = \frac{2000 - 1994}{2000} \times 100 = 0.30 \%$$

$$MF = \frac{(0.00 + 3.90 + 16.30 + 34.30 + 57.40 + 81.90 + 96.90)}{100} = 2.91$$

$$D_{60} = \frac{(0.60 - 1.19) \times (60.00 - 65.70)}{(42.60 - 65.70)} + 1.19 = 1.04$$

$$D_{10} = \frac{(0.15 - 0.30) \times (10.00 - 18.10)}{(3.10 - 18.10)} + 0.30 = 0.22$$

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1.04}{0.22} = 4.77$$

<b>D 60</b>	<b>1.04</b>
<b>D 10</b>	<b>0.22</b>
<b>Pérdida de Muestra (%)</b>	<b>0.30</b>
<b>Módulo de Finura</b>	<b>2.91</b>
<b>Coficiente de Uniformidad</b>	<b>4.77</b>

Fuente: Elaboración propia, 2019.

- La pérdida de muestra es de un 0.30 %, el módulo de finura de 2.91 y el coeficiente de uniformidad de 4.77.

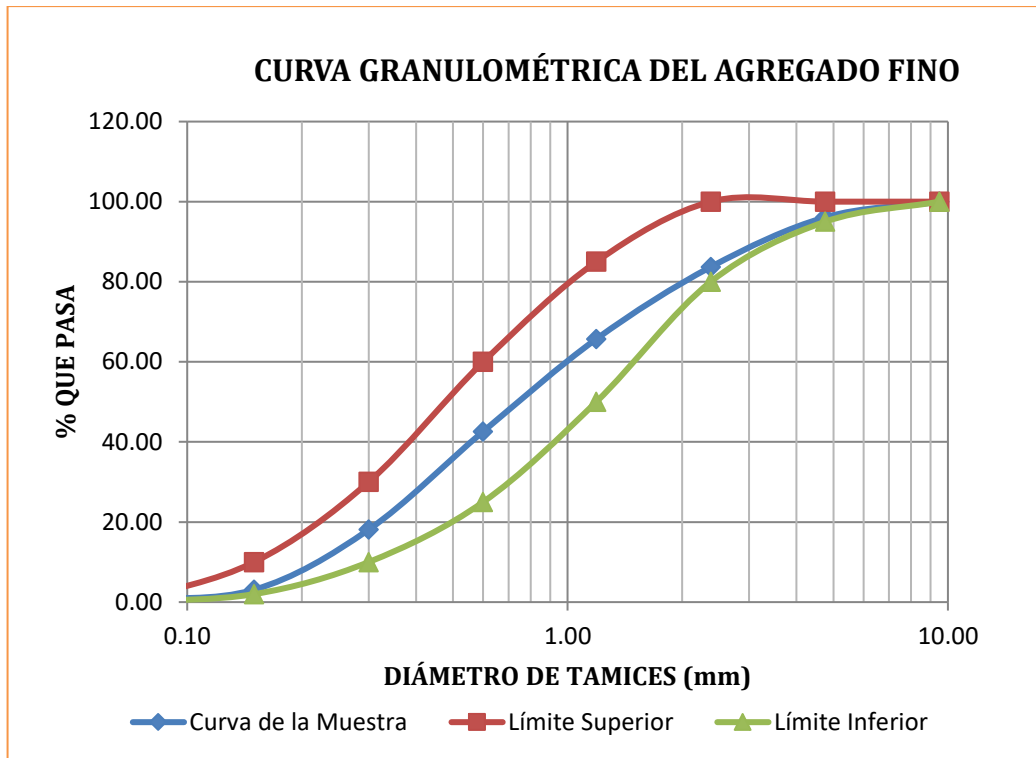


Gráfico 3. Curva granulométrica del agregado fino para la muestra de 2000 g.

Fuente: Base de datos, 2019.

En el Gráfico 3, se muestra la curva granulométrica del agregado fino correspondiente para la muestra de 2000 gramos de agregado fino, la cual se encuentra dentro de los márgenes establecidos por la NTE E.070 (2006).

### 3.3.2 Contenido de humedad natural del agregado fino.

Para este ensayo, se usó en total tres kilogramos de arena gruesa húmeda, y se ensayó de acuerdo a la NTP 400.010. Los resultados obtenidos en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte aparecen en la Tabla 42.

Tabla 42. Resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado fino.

ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL DEL AGREGADO FINO			
ENSAYO A.1	1	2	3
Peso de Muestra (g)	1000.00	1000.00	1000.00
Peso de Tara (g)	110.00	154.00	256.00
Peso de Tara + Muestra Húmeda (g)	1110.00	1154.00	1256.00
Peso de Tara + Muestra Seca (g)	1088.00	1136.00	1238.00
(A) Peso de Muestra Húmeda (g)	1000.00	1000.00	1000.00
(B) Peso de Muestra Seca (g)	978.00	982.00	982.00
<b>Contenido de Humedad Natural [%W = ((A-B)/B) *100]</b>	<b>2.25</b>	<b>1.83</b>	<b>1.83</b>
<b>Contenido de Humedad Natural Promedio [W(%)]</b>	<b>1.97</b>		

Fuente: Base de datos, 2019.

- De la Tabla 42, se observa que el contenido de humedad natural promedio de la arena gruesa es del 1.97 %.

### 3.3.3 Peso específico y absorción del agregado fino.

Para calcular el peso específico y absorción se usó medio kilogramo de arena gruesa húmeda por cada ensayo, y se trabajó de acuerdo con lo especificado en la NTP 400.022. Los resultados obtenidos en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte aparecen en la Tabla 43.

Tabla 43. Resultados del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.

ENSAYO: PESO ESPECÍFICO APARENTE Y ABSORCIÓN				
ENSAYO A.2	1	2	3	PROMEDIO
Wo = Peso en el aire de la muestra seca en el horno (g)	491.50	497.42	496.78	495.23
V = Volumen del frasco (cm <sup>3</sup> )	500.00	500.00	500.00	500.00
Va = Volumen del agua añadida al frasco (cm <sup>3</sup> )	306.86	307.74	300.63	305.08
a. Peso Específico de Masa o Peso Real [Pem = Wo / (V - Va)] (g/cm <sup>3</sup> )	2.54	2.59	2.49	2.54
b. Peso Específico de Masa Saturada con su Superficie Seca [PeSSS = 500 / (V - Va)] (g/cm <sup>3</sup> )	2.59	2.60	2.51	2.57
<b>c. Peso Específico aparente [Pea = Wo / ((V - Va) - (500 - Wo))] (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.66</b>	<b>2.62</b>	<b>2.53</b>	<b>2.61</b>
<b>d. Absorción [A = ((500 - Wo) / Wo) * 100] (%)</b>	<b>1.73</b>	<b>0.52</b>	<b>0.65</b>	<b>0.97</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- De acuerdo con la Tabla 43, el peso específico de masa promedio es de 2.54 g/cm<sup>3</sup>.
- De acuerdo con la Tabla 43, el peso específico de masa saturado con superficie seca promedio es de 2.57 g/cm<sup>3</sup>.
- De acuerdo con la Tabla 43, el peso específico aparente promedio es de 2.61 g/cm<sup>3</sup>.
- De acuerdo con la Tabla 43, la absorción promedio de 0.97 %.

### 3.3.4 Peso unitario volumétrico del agregado fino.

Para este ensayo se usó quince kilogramos aproximadamente de agregado fino por cada ensayo, y se trabajó de acuerdo con lo especificado en la NTP 400.017. Los resultados obtenidos en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte aparecen en la Tabla 44.

Tabla 44. Resultados del ensayo de peso unitario volumétrico del agregado fino.

<b>ENSAYO: PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO FINO</b>			
<b>ENSAYO A.3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso del recipiente (kg)	4.820	4.820	4.820
Peso del recipiente más material (kg)	19.752	19.545	19.638
Peso del material (kg)	14.932	14.725	14.818
Volumen del Molde (m <sup>3</sup> )	0.010	0.010	0.010
Peso Unitario Suelto Seco (kg/m <sup>3</sup> )	1,544.016	1,522.611	1,532.228
<b>Peso Unitario Suelto Seco Promedio (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>1,530</b>	
<b>Desviación Estándar (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>10.72</b>	
<b>Coficiente de Variación (%)</b>		<b>0.70</b>	

Fuente: Base de datos, 2019.

- De acuerdo con la Tabla 44, el peso unitario suelto seco promedio de la arena gruesa es de 1,530 kg/m<sup>3</sup>.

### 3.4 Ensayos a las pilas de albañilería

#### 3.4.1 Compresión axial en pilas de albañilería.

Este ensayo permitió determinar la resistencia a compresión axial de las pilas de albañilería, tanto extraídas de los muros de albañilería en estudio como de las que se elaboraron con las unidades adquiridas en la ladrillera, para poder desarrollar el análisis físico y estadístico de los resultados obtenidos de cada grupo.

Las pilas de albañilería elaboradas 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/cm<sup>2</sup> para ladrillos de arcilla artesanal King Kong.

Para las pilas que se extrajeron de los muros de albañilería en estudio, se utilizaron 03 pilas por cada vivienda, haciendo un total de 09 pilas de albañilería extraídas, debido a que el número de viviendas estudiadas fueron tres.

Para las pilas elaboradas con las unidades adquiridas en la ladrillera, se utilizaron un total de 09 pilas, tomando este valor debido a que el número de pilas extraídas por cada vivienda fueron tres.

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 03 de la Vivienda N° 01.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 03 DE LA VIVIENDA N° 01																		
ESPECÍMEN	LARGO			Largo Promedio	ANCHO			Ancho Promedio	ALTURA			Altura Promedio	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA CORREGIDA
	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)				Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)				Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)									
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	LP (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	AP (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	HP (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	F <sub>max</sub> (kg)	f <sub>m</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	HP/AP	A (cm <sup>2</sup> )	f <sub>m</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
P1-V01	22.32	22.35	22.41	22.36	12.50	12.46	12.43	12.46	30.26	30.35	30.28	30.30	278.68	4,438.00	15.93	2.43	0.79	12.58
P2-V01	22.25	22.37	22.34	22.32	12.42	12.38	12.45	12.42	30.15	30.22	30.17	30.18	277.14	4,461.00	16.10	2.43	0.79	12.72
P3-V01	22.40	22.45	22.48	22.44	12.38	12.45	12.43	12.42	30.32	30.27	30.35	30.31	278.75	4,523.00	16.23	2.44	0.79	12.82
<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>																		<b>12.71</b>
<b>Desviación Estándar</b>																		<b>0.12</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>																		<b>0.94</b>
<b>Resistencia característica a compresión (f<sub>m</sub>)</b>																		<b>12.59</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 45, se indica que los especímenes del 01 al 03 correspondientes a las pilas de albañilería extraídos de la Vivienda N° 01, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 12.59 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 46. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 03 de la Vivienda N° 02.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 03 DE LA VIVIENDA N° 02																		
ESPÉCIMEN	LARGO			Largo Promedio	ANCHO			Ancho Promedio	ALTURA			Altura Promedio	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA CORREGIDA
	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)				Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)				Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)									
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)		A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)		H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)							
P1-V02	20.80	20.84	20.76	20.80	12.20	12.35	12.33	12.29	29.44	29.34	29.56	29.45	255.70	3,070.00	12.01	2.40	0.79	9.48
P2-V02	21.00	21.05	21.20	21.08	12.30	12.38	12.32	12.33	29.38	29.10	29.25	29.24	260.03	3,156.00	12.14	2.37	0.78	9.47
P3-V02	20.92	20.95	21.15	21.01	12.50	12.46	12.36	12.44	29.63	29.76	29.54	29.64	261.32	3,128.00	11.97	2.38	0.78	9.34
<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>																		<b>9.43</b>
<b>Desviación Estándar</b>																		<b>0.08</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>																		<b>0.86</b>
<b>Resistencia característica a compresión (f<sub>m</sub>)</b>																		<b>9.35</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 46, se indica que los especímenes del 01 al 03 correspondientes a las pilas de albañilería extraídos de la Vivienda N° 02, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 9.35 kg/cm<sup>2</sup>.



Tabla 47. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 03 de la Vivienda N° 03.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 03 DE LA VIVIENDA N° 03																		
ESPECÍMEN	LARGO			Largo Promedio	ANCHO			Ancho Promedio	ALTURA			Altura Promedio	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA CORREGIDA
	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)				Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)				Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)									
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	LP (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	AP (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	HP (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	F <sub>max</sub> (kg)	f <sub>m</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	HP/AP	A (cm <sup>2</sup> )	f <sub>m</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
P1-V03	22.50	22.46	22.53	22.50	12.35	12.32	12.39	12.35	32.15	32.25	32.33	32.24	277.91	1,982.00	7.13	2.61	0.82	5.85
P2-V03	22.52	22.43	22.48	22.48	12.47	12.40	12.51	12.46	32.45	32.51	32.38	32.45	280.06	2,137.00	7.63	2.60	0.82	6.26
P3-V03	22.45	22.51	22.44	22.47	12.33	12.41	12.37	12.37	33.1	32.89	32.93	32.97	277.91	2,054.00	7.39	2.67	0.84	6.21
<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>																		<b>6.10</b>
<b>Desviación Estándar</b>																		<b>0.22</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>																		<b>3.66</b>
<b>Resistencia característica a compresión (f<sub>m</sub>)</b>																		<b>5.88</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 47, se indica que los especímenes del 01 al 03 correspondientes a las pilas de albañilería extraídos de la Vivienda N° 03, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 5.88 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 48. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 01 al 03 elaborados con unidades adquiridas en la ladrillera.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA PARA ESPECÍMENES DEL 01 AL 03 ELABORADOS CON UNIDADES ADQUIRIDAS EN LA LADRILLERA																			
ESPÉCIMEN	LARGO			Largo Promedio	ANCHO			Ancho Promedio	ALTURA			Altura Promedio	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA CORREGIDA	
	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)				Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)				Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)										
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)		A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)		H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)								
PL-01	21.12	21.08	21.14	21.11	11.93	12.11	11.91	11.98	30.05	30.12	30.21	30.13	253.01	7,426.00	29.35	2.51	0.80	23.48	
PL-02	21.14	21.12	21.06	21.11	12.00	12.05	12.07	12.04	29.94	30.06	30.10	30.03	254.12	7,362.00	28.97	2.49	0.80	23.18	
PL-03	21.04	21.10	21.05	21.06	12.04	12.00	12.10	12.05	30.15	30.23	30.33	30.24	253.74	7,514.00	29.61	2.51	0.80	23.69	
<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>																		<b>23.45</b>	
<b>Desviación Estándar</b>																		<b>0.26</b>	
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>																		<b>1.10</b>	
<b>Resistencia característica a compresión (f'<sub>m</sub>)</b>																		<b>23.19</b>	

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 48, se indica que los especímenes del 01 al 03 correspondientes a las pilas de albañilería elaboradas con las unidades adquiridas en la ladrillera, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 23.19 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 49. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 04 al 06 elaborados con unidades adquiridas en la ladrillera.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA PARA ESPECÍMENES DEL 04 AL 06 ELABORADOS CON UNIDADES ADQUIRIDAS EN LA LADRILLERA																		
ESPÉCIMEN	LARGO			Largo Promedio	ANCHO			Ancho Promedio	ALTURA			Altura Promedio	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA CORREGIDA
	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)				Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)				Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)									
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	LP (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	AP (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	HP (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	F <sub>max</sub> (kg)	f <sub>m</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	HP/AP	A (cm <sup>2</sup> )	f <sub>m</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
PL-04	21.24	21.07	21.17	21.16	12.15	12.08	12.03	12.09	30.21	30.32	30.05	30.19	255.75	7,298.00	28.54	2.50	0.80	22.83
PL-05	21.15	21.10	21.08	21.11	11.98	12.14	11.95	12.02	30.26	30.36	30.12	30.25	253.81	7,659.00	30.18	2.52	0.80	24.14
PL-06	21.05	21.00	21.10	21.05	12.00	12.10	12.05	12.05	30.18	30.42	30.10	30.23	253.65	7,525.00	29.67	2.51	0.80	23.73
<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>																		<b>23.57</b>
<b>Desviación Estándar</b>																		<b>0.67</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>																		<b>2.85</b>
<b>Resistencia característica a compresión (f<sub>m</sub>)</b>																		<b>22.90</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 49, se indica que los especímenes del 04 al 06 correspondientes a las pilas de albañilería elaboradas con las unidades adquiridas en la ladrillera, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 22.90 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 50. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería para especímenes del 07 al 09 elaborados con unidades adquiridas en la ladrillera.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA PARA ESPECÍMENES DEL 07 AL 09 ELABORADOS CON UNIDADES ADQUIRIDAS EN LA LADRILLERA																		
ESPÉCIMEN	LARGO			Largo Promedio	ANCHO			Ancho Promedio	ALTURA			Altura Promedio	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCIÓN	RESISTENCIA CORREGIDA
	Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)				Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)				Dimensión de la longitud en cada Unidad (cm)									
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	LP (cm)	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	AP (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	HP (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	F <sub>max</sub> (kg)	f' <sub>m</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	HP/AP	A (cm <sup>2</sup> )	f' <sub>m</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
PL-07	21.20	21.10	21.04	21.11	12.21	12.15	12.18	12.18	30.02	29.92	29.96	29.97	257.16	7,420.00	28.85	2.46	0.79	22.79
PL-08	21.10	21.06	21.05	21.07	12.00	11.94	11.92	11.95	30.03	30.25	30.12	30.13	251.86	7,275.00	28.89	2.52	0.80	23.11
PL-09	21.05	21.00	21.08	21.04	12.10	12.06	12.04	12.07	30.22	30.18	30.06	30.15	253.92	7,594.00	29.91	2.50	0.80	23.93
<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>																		<b>23.28</b>
<b>Desviación Estándar</b>																		<b>0.58</b>
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>																		<b>2.51</b>
<b>Resistencia característica a compresión (f'<sub>m</sub>)</b>																		<b>22.69</b>

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 50, se indica que los especímenes del 07 al 09 correspondientes a las pilas de albañilería elaboradas con las unidades adquiridas en la ladrillera, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 22.69 kg/cm<sup>2</sup>.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

#### 4.1.1 Ensayos clasificatorios del ladrillo.

##### 4.1.1.1 *Variación dimensional.*

###### A. De las viviendas.

En la Tabla 13, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal extraídos de la Vivienda N° 01, presentan un coeficiente de variación de 0.79 %, 0.86 % y 0.80 % 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 0.69 % en el largo, 0.80 % 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 14, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal extraídos de la Vivienda N° 02, presentan un coeficiente de variación de 0.79 %, 1.69 % y 0.89 % 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 2.23 % en el largo, 2.68 % de ancho y 2.59 % de alto, clasificando como ladrillos Tipo IV, de acuerdo con lo estipulado en la NTE E.070 (2006).

En la Tabla 15, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal extraídos de la Vivienda N° 03, presentan un coeficiente de variación de 0.54 %, 0.34 % y 0.20 % 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 3.03 % en el largo, 3.48 % de ancho y 2.75 % de alto, clasificando como ladrillos Tipo III, de acuerdo con lo estipulado en la NTE E.070 (2006).

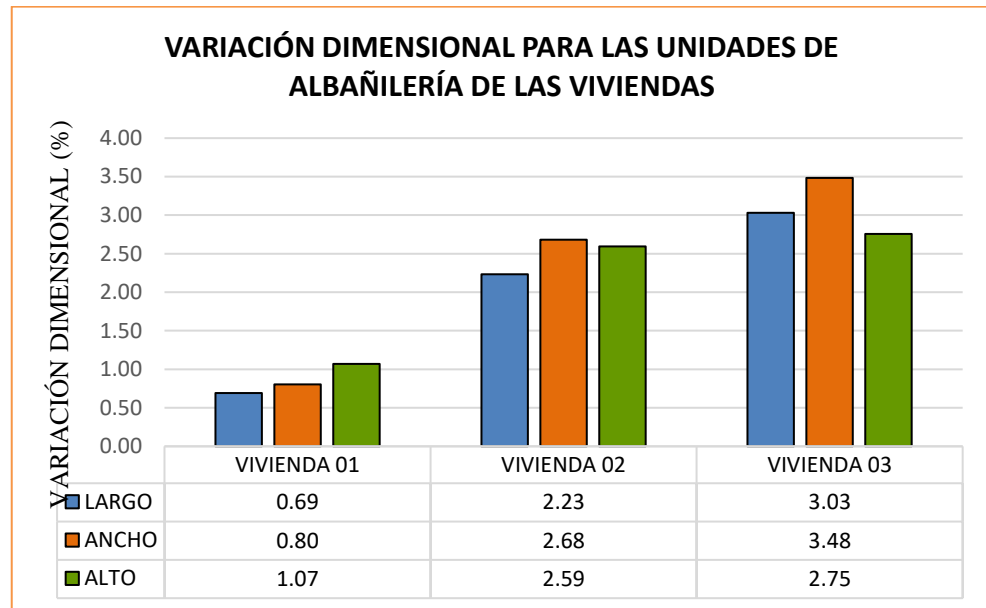


Gráfico 4. Variación dimensional para las unidades de albañilería de las viviendas.

Fuente: Base de datos, 2019.

Del Gráfico 4, se observa que el porcentaje de variación dimensional en el largo, ancho y alto es óptimo en las unidades de albañilería extraídas de la Vivienda N° 01, la cual tiene identificada la patología de la Humedad, y esto según Broto (2005), puede llegar a producir variaciones de las características físicas del material, mientras que la Vivienda N° 03, la cual está identificada con la patología de la criptoflorescencia, presenta una variación dimensional mayor respecto a las otras dos viviendas, esto es porque dicha patología se manifiesta con daños superficiales, es decir, mayor variación dimensional y alabeo. De esto, se infiere que los resultados obtenidos en cada una de las viviendas son congruentes con relación al tipo de patología que tiene cada una

de ellas, es decir, las unidades de albañilería extraídas presentan una menor variación dimensional siempre y cuando el grado de afectación que ocasiona la patología identificada en el predio sea menor.

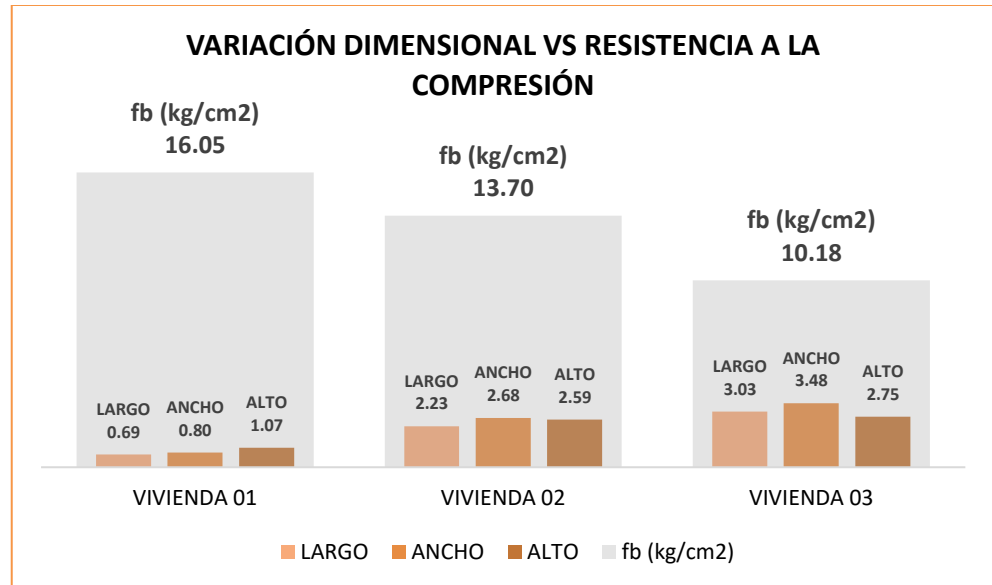


Gráfico 5. Variación dimensional vs Resistencia a la Compresión.

Fuente: Base de datos, 2019.

Del Gráfico 5, se observa que el porcentaje de variación dimensional en el largo, ancho y alto es menor en las unidades de albañilería extraídas de la Vivienda N° 01, la cual por efecto de la patología de la Humedad presentó un valor de 16.05 kg/cm<sup>2</sup> de su  $f_b$  promedio. Mientras que, el porcentaje de variación dimensional en el largo, ancho y alto es mayor en las unidades de albañilería extraídas de la Vivienda N° 03, la cual por efecto de la patología de la Criptoflorescencia presentó un valor de 10.18 kg/cm<sup>2</sup> de su  $f_b$  promedio. De esto, se infiere en que los resultados obtenidos para variación dimensional y resistencia a la compresión en cada una de las viviendas, cumplen una relación inversamente proporcional, es decir que las viviendas con menor variación dimensional en sus unidades de albañilería, tienen una mayor resistencia a la compresión de las mismas.

## **B. De la ladrillera.**

En la Tabla 16, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes al primer lote adquirido en la ladrillera, presentan un coeficiente de variación de 0.95 %, 0.34 % y 1.52 % 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 0.79 % en el largo, 1.03 % de ancho y 1.07 % de alto, clasificando como ladrillos Tipo V, de acuerdo con la NTE E.070 (2006).

En la Tabla 17, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes al segundo lote adquirido en la ladrillera, presentan un coeficiente de variación de 0.79 %, 0.29 % y 0.48 % 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 0.68 % en el largo, 0.81 % de ancho y 0.37 % de alto, clasificando como ladrillos Tipo V, de acuerdo con la NTE E.070 (2006).

En la Tabla 18, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes al tercer lote adquirido en la ladrillera, presentan un coeficiente de variación de 0.28 %, 0.26 % y 0.34 % 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 0.99 % en el largo, 1.01 % de ancho y 0.28 % de alto, clasificando como ladrillos Tipo V, de acuerdo con la NTE E.070 (2006).



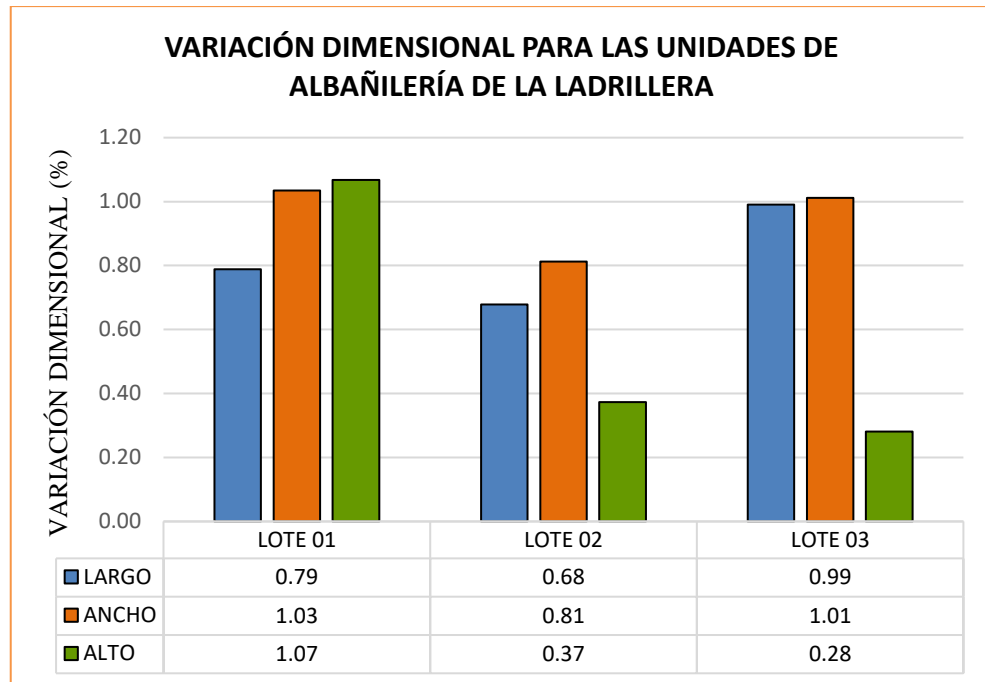


Gráfico 6. Variación dimensional para las unidades de albañilería de la ladrillera.

Fuente: Base de datos, 2019.

Del Gráfico 6, se observa que el lote 02 presenta una menor variación dimensional en su largo y ancho respecto a los otros dos lotes. Además, se infiere que el porcentaje de variación dimensional en el largo, ancho y alto es óptimo para todos los lotes de ladrillos adquiridos.

A fin de obtener un valor que manifieste la representatividad de la variación dimensional, se considera promediar cada una de estas tres dimensiones de los tres lotes analizados. Así tenemos, para el largo, ancho y alto se obtuvo un valor promedio de 0.82 %, 0.95 % y 0.57 %, respectivamente. Estos valores están por debajo de lo que obtuvo Mego (2013) en su investigación sobre 05 ladrilleras del Sector Fila Alta en Cajamarca, al obtener valores promedios de 1.04 %, 1.41 % y 2.48 % para el largo, ancho y altura, respectivamente. Esto puede deberse a distintos factores como: una mejor consistencia, mejor

composición, mejor proceso de moldeado, mejor control de secado de la unidad de albañilería de la ladrillera "Ladrillos Pocho".

#### 4.1.1.2 Alabeo.

##### A. De las viviendas.

En la Tabla 19, las unidades extraídas de las Vivienda N° 01, 02 y 03, presentan alabeos promedios de 0.83 mm y 2.34 mm, 1.09 mm y 2.75 mm, y de 1.23 mm y 3.01 mm en su cara superior e inferior, respectivamente; por lo tanto, estas unidades clasifican como ladrillos Tipo IV, pues tienen un valor de alabeo promedio comprendido entre 2 mm y 4 mm, de acuerdo con lo estipulado en la Tabla 1 de la NTE E.070 (2006).

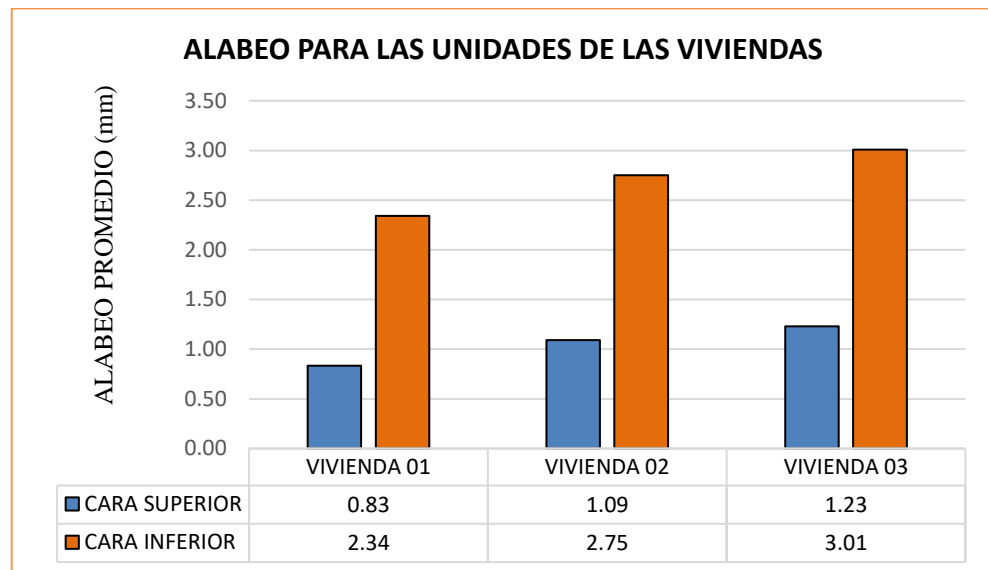


Gráfico 7. Alabeo para las unidades de las viviendas.

Fuente: Base de datos, 2019.

En el Gráfico 7, 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 correspondientes a la

Vivienda N° 01, la cual tiene identificada la patología de la Humedad, presentan el menor alabeo, con respecto a las unidades de albañilería pertenecientes a las Viviendas N° 02 y 03. De esto, se infiere en que los resultados obtenidos en cada una de las viviendas son congruentes con relación al tipo de patología que tiene cada una de ellas, es decir, las unidades de albañilería extraídas presentan un menor alabeo siempre y cuando el grado de afectación que ocasiona la patología identificada en el predio sea menor.

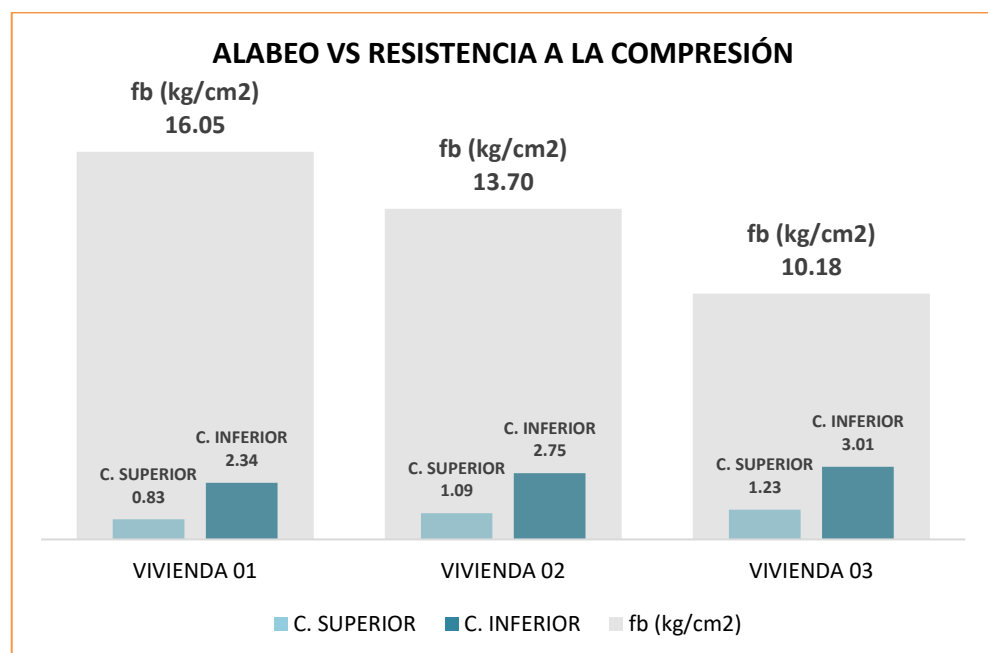


Gráfico 8. Alabeo para las unidades de las viviendas.

Fuente: Base de datos, 2019.

Del Gráfico 8, se observa que el valor del alabeo para la cara superior e inferior es menor en la Vivienda N° 01, la cual por efecto de la patología de la Humedad presentó un valor de 16.05 kg/cm<sup>2</sup> de su  $f_b$  promedio. Mientras que, el valor del alabeo para la cara superior e inferior es mayor en la Vivienda N° 03, la cual por efecto de la patología de la Criptoflorescencia presentó un valor de 10.18 kg/cm<sup>2</sup> de su  $f_b$  promedio. De esto, se infiere en que los resultados obtenidos para alabeo y resistencia a la compresión en cada una de

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

## B. De la ladrillera.

En la Tabla 20, las unidades de los lotes 01, 02 y 03 adquiridos en la ladrillera, presentan un alabeo promedio de 0.46 mm y 2.54 mm en su cara superior e inferior, respectivamente; por lo tanto, clasifican como ladrillos Tipo IV pues tienen un valor promedio comprendido entre 2 mm y 4 mm, de acuerdo con lo estipulado en la Tabla 1 de la NTE E.070 (2006).

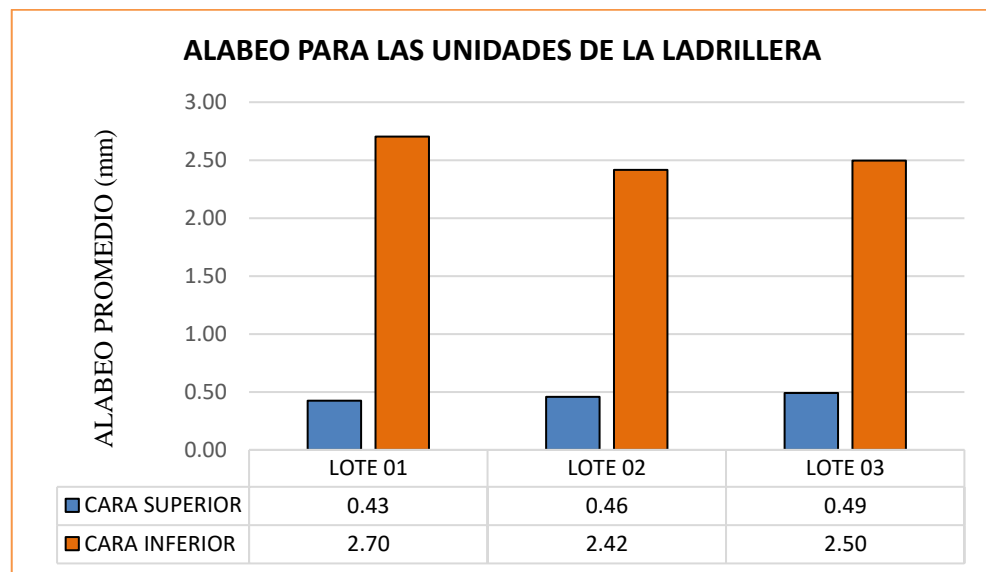


Gráfico 9. Alabeo para las unidades de la ladrillera.

Fuente: Base de datos, 2019.

En el Gráfico 9, 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 los lotes 01, 02 y 03 presentan un alabeo homogéneo, tanto en su cara superior como inferior.

A fin de obtener un valor que manifieste la representatividad del alabeo de estos tres lotes, 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 0.46 mm y para la cara inferior un valor promedio de 2.54 mm. Estos resultados están en el caso de la cara superior por debajo de los 1.08 mm y en el caso de la cara inferior, por encima de los 1.65 mm que obtuvo Mego (2013) en su investigación sobre 05 ladrilleras del Sector Fila Alta en Cajamarca. El causal de esta ligera variación puede ser producto del proceso de secado de la unidad antes de ser puesta en el horno según lo indica el Ministerio de la Producción (2010), pues se debe tener cuidado en secar las unidades de albañilería sobre un terreno completamente llano, sino podría ocasionar ligeras curvaturas, lo cual generaría un mayor alabeo por la concavidad o convexidad de la unidad.

#### ***4.1.1.3 Resistencia a la compresión.***

##### **A. De las viviendas.**

En la Tabla 21, se observa que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes a la Vivienda N° 01, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 16.05 kg/cm<sup>2</sup>, 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 correspondientes a la Vivienda N° 02, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 13.70 kg/cm<sup>2</sup>, clasificándose como no apto 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 correspondientes a la Vivienda N° 03, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 10.18 kg/cm<sup>2</sup>, clasificándose como no apto para fines estructurales, de acuerdo a la Tabla 1 de la NTE E.070 (2006).

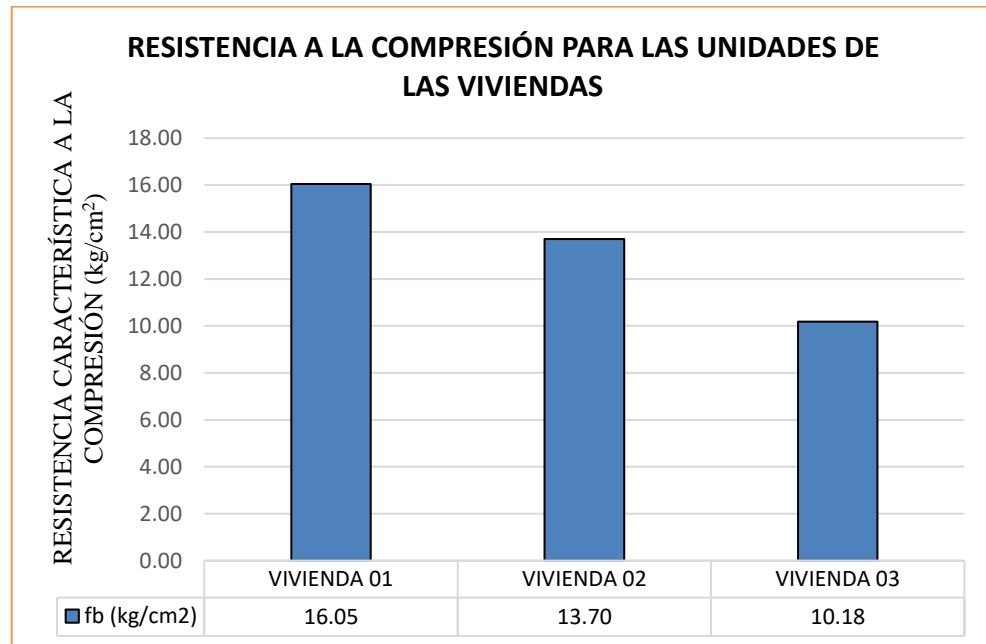


Gráfico 10. Resistencia a la compresión para las unidades de las viviendas.

Fuente: Base de datos, 2019.

En el Gráfico 10, se observa que las unidades de albañilería correspondientes a la Vivienda N° 03, la cual tiene identificada la patología de la Criptoflorescencia, presentaron una menor resistencia a compresión con respecto a las unidades de albañilería pertenecientes a las Viviendas N° 01 y 02, esto se debe a que la patología de la criptoflorescencia según Broto (2005), manifiesta la recristalización de las sales disueltas en el interior del material y no en su superficie, lo cual resulta evidente hasta que se produce su destrucción, debido a su alto poder expansivo, y por ende, tiende a disminuir considerablemente su resistencia frente a cargas axiales. De esto, se infiere en que los resultados obtenidos en cada una de las viviendas son congruentes con

relación al tipo de patología que tiene cada una de ellas, es decir, las unidades de albañilería extraídas presentan una menor resistencia a la compresión siempre y cuando el grado de afectación que ocasiona la patología identificada en el predio sea mayor. Además, se puede observar del gráfico también que ninguna de las unidades analizadas de las tres viviendas cumple con la resistencia mínima ( $50 \text{ kg/cm}^2$ ) requerida por la NTE E.070 (2006), para que puedan tener la clasificación como ladrillos Tipo I.

### **B. De la ladrillera.**

En la Tabla 24, se observa que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes al primer lote adquirido de la ladrillera, presentan una resistencia característica a compresión promedio de  $41.85 \text{ kg/cm}^2$ , clasificándose como no apto para fines estructurales, de acuerdo a la Tabla 1 de la NTE E.070 (2006).

En la Tabla 25, se observa que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes al segundo lote adquirido de la ladrillera, presentan una resistencia característica a compresión promedio de  $42.99 \text{ kg/cm}^2$ , clasificándose como no apto para fines estructurales, de acuerdo a la Tabla 1 de la NTE E.070 (2006).

En la Tabla 26, se observa que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes al tercer lote adquirido de la ladrillera, presentan una resistencia característica a compresión promedio de  $43.12 \text{ kg/cm}^2$ , clasificándose como no apto para fines estructurales, de acuerdo a la Tabla 1 de la NTE E.070 (2006).

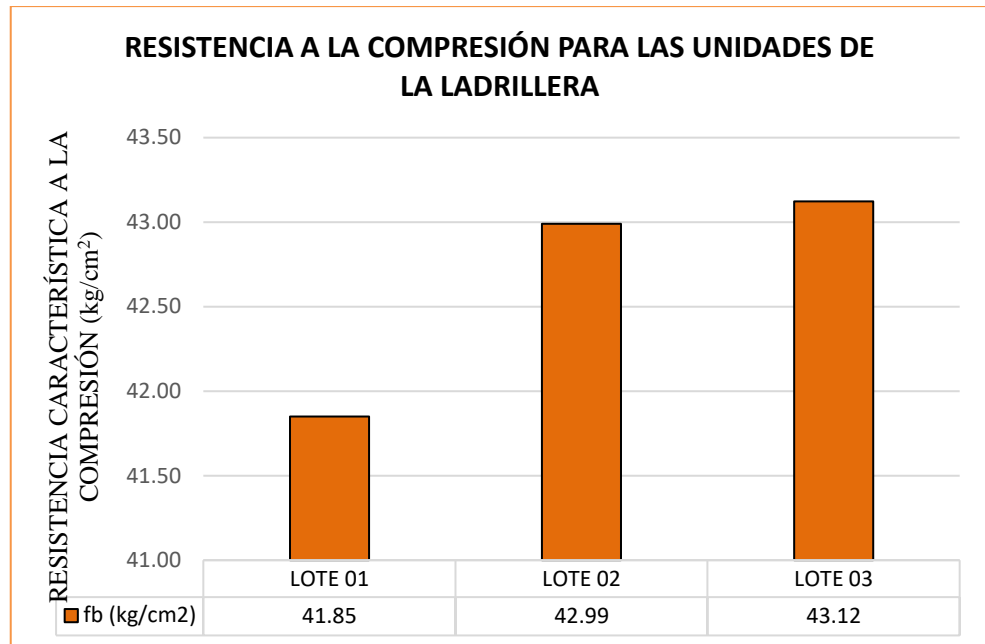


Gráfico 11. Resistencia a la compresión para las unidades de la ladrillera.

Fuente: Base de datos, 2019.

En el Gráfico 11, se observa que los ladrillos correspondientes al lote 02 y 03 adquiridos en la ladrillera presentaron una resistencia a compresión similar, aunque no muy diferente respecto al lote 01; además, se infiere del gráfico que ninguna de las unidades analizadas de los tres lotes cumple con la resistencia mínima ( $50 \text{ kg/cm}^2$ ) requerida por la NTE E.070 (2006), para que puedan tener la clasificación como ladrillos Tipo I.

A fin de obtener un valor que manifieste la representatividad de la resistencia a la compresión de estos tres lotes, se consideró promediar los resultados obtenidos en ellos. De esta forma, se obtuvo un valor promedio de la resistencia a la compresión de  $42.65 \text{ kg/cm}^2$ . Este resultado está por encima de los  $39.81 \text{ kg/cm}^2$  que obtuvo Mego (2013) en su investigación sobre 05 ladrilleras del Sector Fila Alta en Cajamarca. El causal de esta ligera diferencia de resistencias a la compresión puede ser producto del proceso de cocción de la unidad, pues tal como lo indica Urbina (2015), al aumentar la



temperatura de cocción de los ladrillos, aumenta considerablemente la resistencia a compresión axial y contracción de los lados de estas unidades, haciéndolos más compactos y duraderos; este sustento lo fortalece también Arquñigo (2011), quien indica que un buen grado de cocción, sin la necesidad de vitrificar la unidad, permite que el ladrillo artesanal logre una mejor resistencia a compresión y a su vez una mayor durabilidad frente a las inclemencias del clima.

#### **4.1.2 Ensayos no clasificatorios del ladrillo.**

##### ***4.1.2.1 Succión.***

###### **A. De las viviendas.**

En la Tabla 27, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes a la Vivienda N° 01, presentan una succión promedio de 74.70 g/200cm<sup>2</sup>-min, sobrepasando los 20 g/200cm<sup>2</sup>-min recomendado por la NTE E.070 (2006).

En la Tabla 28, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes a la Vivienda N° 02, presentan una succión promedio de 56.76 g/200cm<sup>2</sup>-min, sobrepasando los 20 g/200cm<sup>2</sup>-min recomendado por la NTE E.070 (2006).

En la Tabla 29, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes a la Vivienda N° 03, presentan una succión promedio de 38.05 g/200cm<sup>2</sup>-min, sobrepasando los 20 g/200cm<sup>2</sup>-min recomendado por la NTE E.070 (2006).

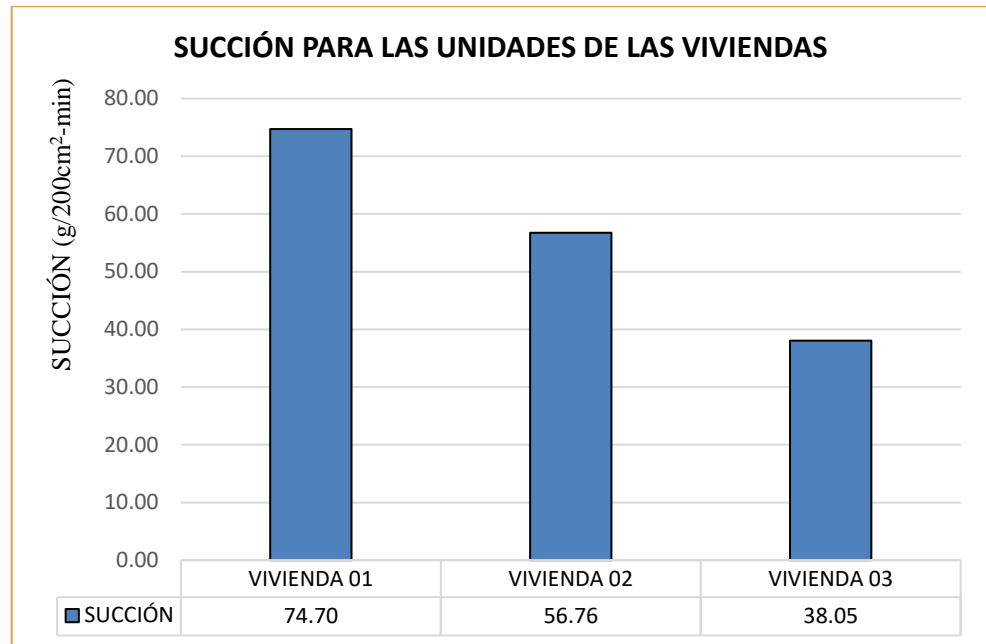


Gráfico 12. Succión para las unidades de las viviendas.

Fuente: Base de datos, 2019.

En el Gráfico 12, se observa que las unidades de albañilería correspondientes a la Vivienda N° 03, la cual tiene identificada la patología de la Criptoflorescencia, presentaron una menor succión con respecto a las unidades de albañilería pertenecientes a las Viviendas N° 01 y 02. De esto, se infiere en que los resultados obtenidos en cada una de las viviendas son congruentes con relación al tipo de patología que tiene cada una de ellas, es decir, las unidades de albañilería extraídas presentan una menor succión siempre y cuando el grado de afectación que ocasiona la patología identificada en el predio sea mayor. Además, se puede observar del gráfico también que ninguna de las unidades analizadas de las tres viviendas cumple con el requerimiento mínimo establecido por la NTE E.070 (2006).

## B. De la ladrillera.

En la Tabla 30, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes al primer lote adquirido de la ladrillera, presentan una succión promedio de  $89.14 \text{ g}/200\text{cm}^2\text{-min}$ , sobrepasando los  $20 \text{ g}/200\text{cm}^2\text{-min}$  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 correspondientes al segundo lote adquirido de la ladrillera, presentan una succión promedio de  $88.58 \text{ g}/200\text{cm}^2\text{-min}$ , sobrepasando los  $20 \text{ g}/200\text{cm}^2\text{-min}$  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 correspondientes al tercer lote adquirido de la ladrillera, presentan una succión promedio de  $88.35 \text{ g}/200\text{cm}^2\text{-min}$ , sobrepasando los  $20 \text{ g}/200\text{cm}^2\text{-min}$  recomendado por la NTE E.070 (2006), por lo que estas unidades deben de ser regadas antes de su asentado.

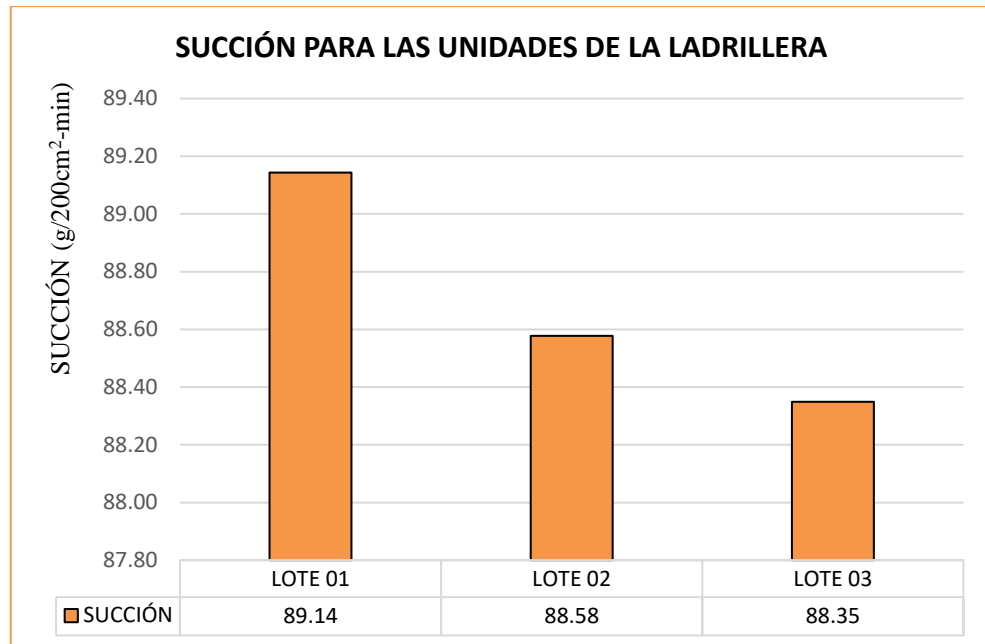


Gráfico 13. Succión para las unidades de la ladrillera.

Fuente: Base de datos, 2019.

En el Gráfico 13, se observa que las unidades de albañilería correspondientes al lote 02 y 03 adquiridos en la ladrillera presentaron una succión similar, aunque no muy diferente respecto al lote 01. Además, se infiere que ninguna de las unidades analizadas de los tres lotes cumple con el requerimiento mínimo establecido por la NTE E.070 (2006), por lo que todas estas unidades deben de ser regadas antes de su asentado.

Con la finalidad de obtener un valor que manifieste la representatividad de la succión de estos tres lotes, se consideró promediar los resultados obtenidos en ellos. De esta manera, se obtuvo un valor promedio de la succión de 88.69 g/200cm<sup>2</sup>-min. Este valor es un indicador de que las unidades de albañilería adquiridas en la ladrillera no fueron lo suficientemente cocidas, con la finalidad de que puedan perder cierto grado de porosidad y poder adherirse correctamente al mortero.

#### 4.1.2.2 Absorción.

##### A. De las viviendas.

En la Tabla 33, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes a la Vivienda N° 01, presentan una absorción promedio de 13.87 %, la cual está por debajo del 22 % exigido por la NTE E.070 (2006), por lo cual se aceptan las unidades.

En la Tabla 34, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes a la Vivienda N° 02, presentan una absorción promedio de 10.52 %, la cual está por debajo del 22 % exigido por la NTE E.070 (2006), por lo cual se aceptan las unidades.

En la Tabla 35, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes a la Vivienda N° 03, presentan una absorción promedio de 7.35 %, la cual está por debajo del 22 % exigido por la NTE E.070 (2006), por lo cual se aceptan las unidades.

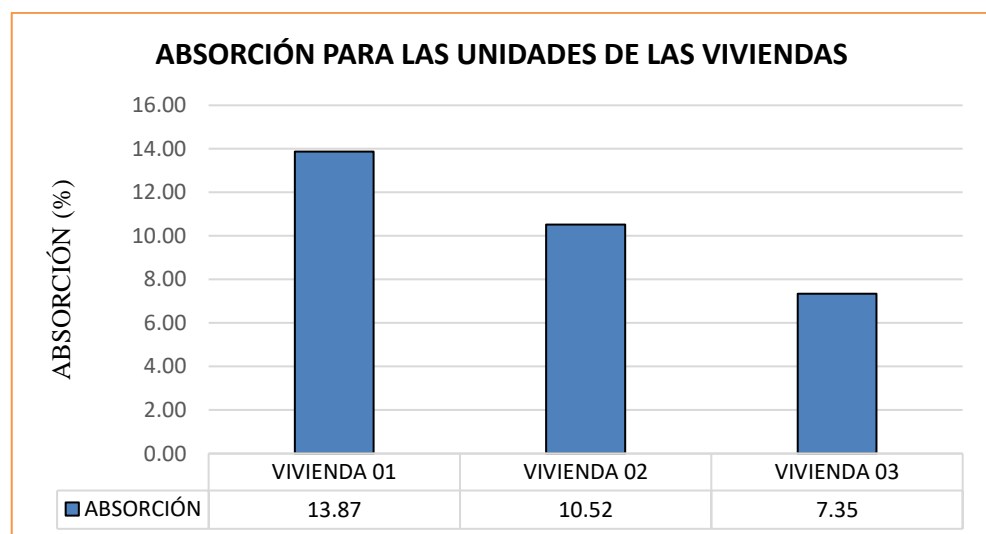


Gráfico 14. Absorción para las unidades de las viviendas.

Fuente: Base de datos, 2019.

En el Gráfico 14, se observa que las unidades de albañilería correspondientes a la Vivienda N° 02, la cual tiene identificada la patología de la Eflorescencia, presentaron una menor absorción con respecto a las unidades de albañilería pertenecientes a la Viviendas N° 01 y una mayor absorción con respecto a las unidades de albañilería pertenecientes a la Viviendas N° 03. De esto, se infiere en que los resultados obtenidos en cada una de las viviendas son congruentes con relación al tipo de patología que tiene cada una de ellas, es decir, las unidades de albañilería extraídas presentan una mayor absorción siempre y cuando el grado de afectación que ocasiona la patología identificada en el predio sea menor, asimismo, presentan una menor absorción siempre y cuando el grado de afectación que ocasiona la patología identificada en el predio sea mayor. Además, se puede observar del gráfico también que todas las unidades analizadas de las tres viviendas cumplen con el requerimiento mínimo establecido por la NTE E.070 (2006), al no sobrepasar el 22 % de absorción.

#### **B. De la ladrillera.**

En la Tabla 36, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes al primer lote adquirido de la ladrillera, presentan una absorción promedio de 17.85 %, la cual está por debajo del 22 % exigido por la NTE E.070 (2006), por lo cual se aceptan las unidades.

En la Tabla 37, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes al segundo lote adquirido de la ladrillera, presentan una absorción promedio de 17.91 %, la cual está por debajo del 22 % exigido por la NTE E.070 (2006), por lo cual se aceptan las unidades.

En la Tabla 38, se indica que los ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes al tercer lote adquirido de la ladrillera, presentan una absorción promedio de 18.11 %, la cual está por debajo del 22 % exigido por la NTE E.070 (2006), por lo cual se aceptan las unidades.

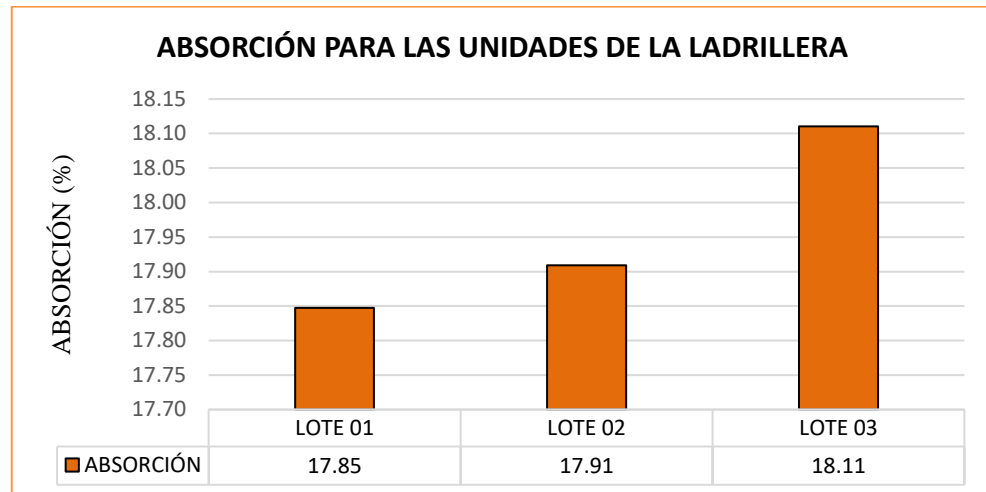


Gráfico 15. Absorción para las unidades de las viviendas.

Fuente: Base de datos, 2019.

En el Gráfico 15, se observa que las unidades de albañilería correspondientes al lote 01 y 02 adquiridos en la ladrillera presentaron una absorción similar, aunque no muy diferente respecto al lote 03. Además, se infiere que todas las unidades analizadas de los tres lotes cumplen con el requerimiento mínimo establecido por la NTE E.070 (2006), al no sobrepasar el 22 % de absorción.

Con la finalidad de obtener un valor que manifieste la representatividad de la absorción de estos tres lotes, se consideró promediar los resultados obtenidos en ellos. De esta manera, se obtuvo un valor promedio de la absorción de 17.96 %.

### 4.1.3 Ensayos del agregado fino.

#### 4.1.3.1 *Granulometría del agregado fino.*

De la Tabla 39, se obtienen los resultados del módulo de finura, coeficiente de uniformidad y pérdida de muestra del agregado fino, siendo 2.70; 5.45 y 1.20 % respectivamente. Además, en el Gráfico 1 se observa el análisis granulométrico del agregado fino para una muestra de 500 g, una arena gruesa con una buena gradación apta para ser usada en la mezcla del mortero proyectado, porque el porcentaje que pasa por cada malla se encuentra dentro de los límites del rango proporcionado por la NTE E.070 (2006).

De la Tabla 40, se obtienen los resultados del módulo de finura, coeficiente de uniformidad y pérdida de muestra del agregado fino, siendo 2.71; 5.55 y 0.60 % respectivamente. Además, en el Gráfico 2 se observa el análisis granulométrico del agregado fino para una muestra de 1000 g, una arena gruesa con una buena gradación apta para ser usada en la mezcla del mortero proyectado, porque el porcentaje que pasa por cada malla se encuentra dentro de los límites del rango proporcionado por la NTE E.070 (2006).

De la Tabla 41, se obtienen los resultados del módulo de finura, coeficiente de uniformidad y pérdida de muestra del agregado fino, siendo 2.91; 4.77 y 0.30 % respectivamente. Además, en el Gráfico 3 se observa el análisis granulométrico del agregado fino para una muestra de 2000 g, una arena gruesa con una buena gradación apta para ser usada en la mezcla del mortero proyectado, porque el porcentaje que pasa por cada malla se encuentra dentro de los límites del rango proporcionado por la NTE E.070 (2006).



Para el diseño de mezcla del mortero en proporción 1 : 4 (cemento : arena) utilizado en la elaboración de las pilas de albañilería, con una resistencia de diseño de  $175 \text{ kg/cm}^2$ , se realizó haciendo uso del Módulo de Finura equivalente a 2.77, el cual corresponde al promedio de los tres obtenidos en los ensayos granulométricos de 500 g, 1000 g y 2000 g.

#### **4.1.3.2 *Contenido de humedad natural del agregado fino.***

La humedad contenida en los agregados puede inducir a que se reduzcan las cantidades de agua en los diseños de mezcla, estos aportes pueden llegar a alterar la relación agua/cemento y por ende influye en la resistencia a compresión del mortero diseñado.

En la Tabla 42, se observa que el contenido de humedad natural promedio de la arena gruesa es de 1.97 %, lo cual significa que es relativamente baja; por lo que se infiere que los poros de este agregado estaban parcialmente secos, y que el agregado fino nos aporta una mínima cantidad de agua a la mezcla.

#### **4.1.3.3 *Peso específico y absorción del agregado fino.***

De acuerdo con la Tabla 43, el agregado fino presenta un peso específico de masa de  $2.54 \text{ g/cm}^3$ , un peso específico de masa saturada con superficie seca de  $2.57 \text{ g/cm}^3$ , un peso específico aparente de  $2.61 \text{ g/cm}^3$  y una absorción de 0.97 %. En donde el peso específico es una de las propiedades que se usan como indicador de calidad, teniendo en cuenta que los valores elevados corresponden a agregados de buen comportamiento, mientras que los valores bajos generalmente corresponden a los absorbentes y débiles; además, la

absorción junto con el contenido de humedad determinará la cantidad de agua que se debe de añadir a la mezcla, para llegar a la resistencia requerida.

#### ***4.1.3.4 Peso unitario volumétrico del agregado fino.***

De la Tabla 44, se establece que el peso unitario suelto seco del agregado fino es de 1 530 kg/m<sup>3</sup>. Este ensayo se utiliza para determinar el valor de peso unitario empleado en el diseño de mezcla del mortero.

#### **4.1.4 Ensayos a las pilas de albañilería.**

##### ***4.1.4.1 De las viviendas.***

De la Tabla 45, se observa que la resistencia característica promedio a compresión axial de las pilas de albañilería ( $f'm$ ) correspondientes a la Vivienda N° 01 es de 12.59 kg/cm<sup>2</sup>, el cual está por debajo de los 35 kg/cm<sup>2</sup> establecido en la Tabla 9 de la NTE E.070 (2006) para ladrillos de arcilla King Kong artesanal.

De la Tabla 46, se observa que la resistencia característica promedio a compresión axial de las pilas de albañilería ( $f'm$ ) correspondientes a la Vivienda N° 02 es de 9.35 kg/cm<sup>2</sup>, el cual está por debajo de los 35 kg/cm<sup>2</sup> establecido en la Tabla 9 de la NTE E.070 (2006) para ladrillos de arcilla King Kong artesanal.

De la Tabla 47, se observa que la resistencia característica promedio a compresión axial de las pilas de albañilería ( $f'm$ ) correspondientes a la Vivienda N° 03 es de 5.88 kg/cm<sup>2</sup>, el cual está por debajo de los 35 kg/cm<sup>2</sup>

establecido en la Tabla 9 de la NTE E.070 (2006) para ladrillos de arcilla King Kong artesanal.

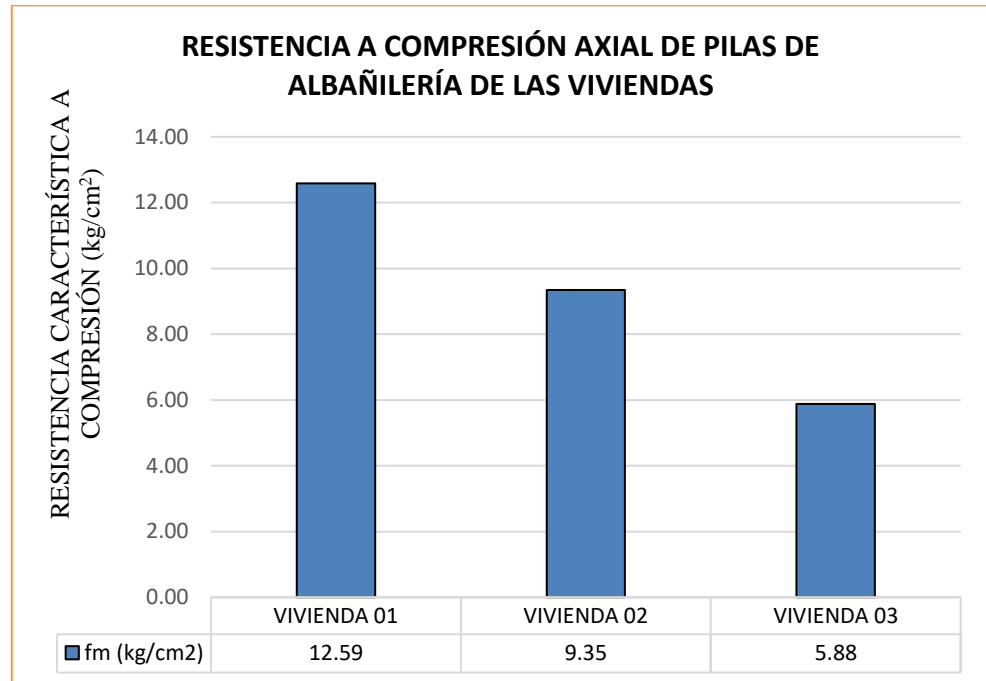


Gráfico 16. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería de las viviendas.

Fuente: Base de datos, 2019.

En el Gráfico 16, se observa que las pilas de albañilería correspondientes a la Vivienda N° 03, la cual tiene identificada la patología de la Criptoflorescencia, presentan una menor resistencia a la compresión axial con respecto a las pilas de albañilería pertenecientes a las Viviendas N° 01 y 02. De esto, se infiere en que los resultados obtenidos en cada una de las viviendas son congruentes con relación al tipo de patología que tiene cada una de ellas, es decir, las pilas de albañilería extraídas presentan una menor resistencia a la compresión axial siempre y cuando el grado de afectación que ocasiona la patología identificada en el predio sea mayor. Además, se puede observar del gráfico que ninguna de las pilas analizadas de las tres viviendas cumple con la resistencia característica de la albañilería mínima ( $35 \text{ kg/cm}^2$ ) requerida por

la NTE E.070 (2006), siendo no aptos para ser usados como muros de albañilería.

#### 4.1.4.2 *De la ladrillera.*

De la Tabla 48, se observa que la resistencia característica promedio a compresión axial de las pilas de albañilería ( $f'm$ ) correspondientes al primer lote (especímenes del 01 al 03) es de 23.19 kg/cm<sup>2</sup>, el cual está por debajo de los 35 kg/cm<sup>2</sup> 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 al segundo lote (especímenes del 04 al 06) es de 22.90 kg/cm<sup>2</sup>, el cual está por debajo de los 35 kg/cm<sup>2</sup> 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 al tercer lote (especímenes del 07 al 09) es de 22.69 kg/cm<sup>2</sup>, el cual está por debajo de los 35 kg/cm<sup>2</sup> establecido en la Tabla 9 de la NTE E.070 (2006) para ladrillos de arcilla King Kong artesanal.

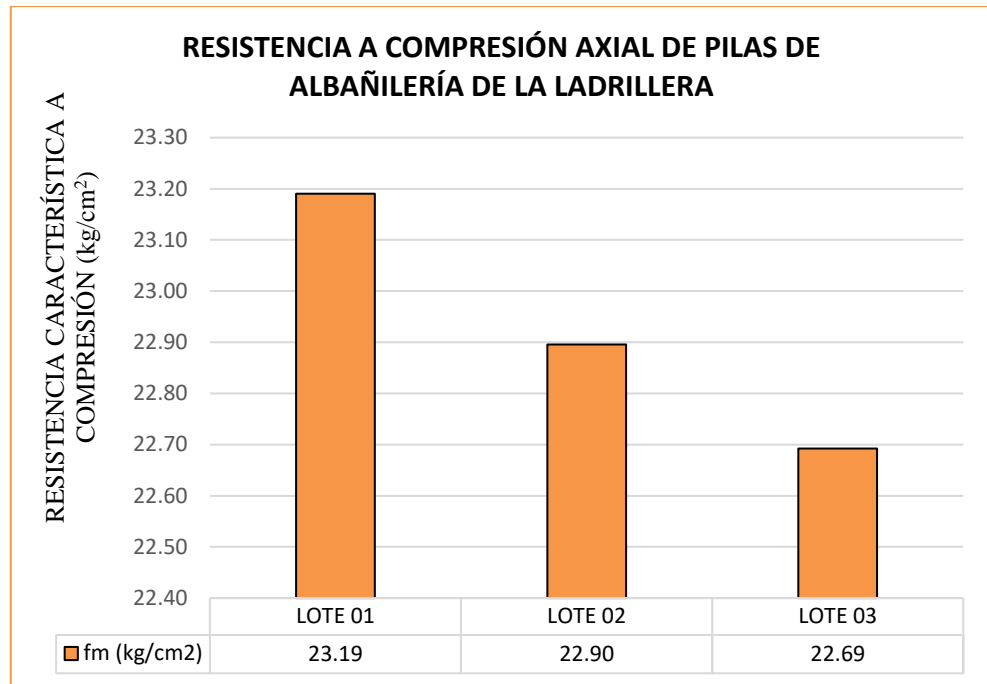


Gráfico 17. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería de la ladrillera.

Fuente: Base de datos, 2019.

En el Gráfico 17, se observa que las pilas de albañilería correspondientes a los tres lotes elaborados con unidades adquiridas en la ladrillera presentan una resistencia característica a la compresión axial no muy diferentes entre ellos; además, se infiere del gráfico que ninguna de las pilas analizadas de los tres lotes cumple con la resistencia mínima ( $35 \text{ kg/cm}^2$ ) requerida por la NTE E.070 (2006), para que puedan ser usados como muros de albañilería.

A fin de obtener un valor que manifieste la representatividad de la resistencia característica a la compresión axial de estos tres lotes, se consideró promediar los resultados obtenidos en ellos. De esta forma, se obtuvo un valor promedio de la resistencia a la compresión axial de  $22.93 \text{ kg/cm}^2$ .

#### **4.1.5 Cuadro de resumen de los resultados.**

##### *4.1.5.1 De los ensayos a las unidades de albañilería.*

Con la finalidad de lograr comprender adecuadamente los ensayos realizados a las unidades de albañilería, tanto para ensayos clasificatorios y no clasificatorios, 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 los ensayos realizados tanto a las unidades de albañilería adquiridos en la ladrillera como a las extraídas de las viviendas estudiadas.

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 51. Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos clasificatorios del ladrillo para unidades adquiridas y extraídas y su comparación con la Norma E.070 (2006).

RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS CLASIFICATORIOS DEL LADRILLO PARA UNIDADES ADQUIRIDAS Y EXTRAÍDAS Y SU COMPARACIÓN CON LA NORMA E.070 (2006)																																						
ENSAYOS	NORMA E.070 (2006)	UNIDADES ADQUIRIDAS (LADRILLERA)				UNIDADES EXTRAÍDAS IN SITU (VIVIENDAS)																																
		H	A	L	CLASIF.	VIVIENDA Nº 01 (Humedad)				VIVIENDA Nº 02 (Eflorescencia)				VIVIENDA Nº 03 (Criptoflorescencia)																								
	CLASE	H	A	L	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	0.57	0.95	0.82	V	1.07	0.80	0.69	V	2.59	2.68	2.23	IV	2.75	3.48	3.03	III																		
	TIPO IV	± 4	± 3	± 2																																		
	TIPO V	± 3	± 2	± 1																																		
ENSAYOS A LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	ENSAYOS CLASIFICATORIOS DEL LADRILLO	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.	ALABEO MAX. (mm)	CLASIF.	ALABEO MAX. (mm)	CLASIF.	ALABEO MAX. (mm)	CLASIF.																		
			TIPO I	10																																		
			TIPO II	8																																		
			TIPO III	6	2.54	IV	2.34	IV	2.75	IV	3.01	IV																										
			TIPO IV	4																																		
			TIPO V	2																																		
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN	CLASE	f <sub>b</sub> mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	CLASIF.	f <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	CLASIF.	f <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	CLASIF.	f <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	CLASIF.	f <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	CLASIF.	f <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	CLASIF.	f <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	CLASIF.	f <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	CLASIF.	f <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	CLASIF.																		
																					TIPO I	50																
																					TIPO II	70																
																					TIPO III	95	42.65	I	16.05	I	13.70	I	10.18	I								
																					TIPO IV	130																
																					TIPO V	180																
CLASIFICACIÓN DE LA UNIDAD ENSAYADA					TIPO	I	TIPO	I	TIPO	I	TIPO	I	TIPO	I	TIPO	I	TIPO	I																				

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 51, se observa que las unidades de albañilería adquiridas en la ladrillera obtienen una clasificación de Tipo I, este resultado es congruente según lo que indica San Bartolomé (2005), 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 51, se observa que las unidades de albañilería extraídas de la Vivienda N° 01, la cual presenta la patología de la Humedad, obtienen una clasificación de Tipo I, este resultado es congruente según lo que indica San Bartolomé (2005), 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 51, se observa que las unidades de albañilería extraídas de la Vivienda N° 02, la cual presenta la patología de la Eflorescencia, obtienen una clasificación de Tipo I, este resultado es congruente según lo que indica San Bartolomé (2005), 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 51, se observa que las unidades de albañilería extraídas de la Vivienda N° 03, la cual presenta la patología de la Criptoflorescencia, obtienen una clasificación de Tipo I, este resultado es congruente según lo que indica San Bartolomé (2005), 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 52. Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos no clasificatorios del ladrillo para unidades adquiridas y extraídas y su comparación con la Norma E.070 (2006).

**RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS DEL LADRILLO PARA UNIDADES ADQUIRIDAS Y EXTRAÍDAS Y SU COMPARACIÓN CON LA NORMA E.070 (2006)**

ENSAYOS	NORMA E.070 (2006)	UNIDADES ADQUIRIDAS (LADRILLERA)	UNIDADES EXTRAÍDAS IN SITU (VIVIENDAS)												
			VIVIENDA Nº 01 (Humedad)			VIVIENDA Nº 02 (Eflorescencia)			VIVIENDA Nº 03 (Criptoflorescencia)						
			S (g/200cm <sup>2</sup> -min)	S (g/200cm <sup>2</sup> -min)	ESTADO	S (g/200cm <sup>2</sup> -min)	ESTADO	V01 vs L.	S (g/200cm <sup>2</sup> -min)	ESTADO	V02 vs L.	S (g/200cm <sup>2</sup> -min)	ESTADO	V03 vs L.	
ENSAYOS A LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS DEL LADRILLO		SUCCIÓN	10 - 20	88.69	NO APTO	74.70	NO APTO	15.77 %	56.76	NO APTO	36.00 %	38.05	NO APTO	57.10 %
			ABSORCIÓN	A (%)	A (%)	ESTADO	A (%)	ESTADO	V01 vs L.	A (%)	ESTADO	V02 vs L.	A (%)	ESTADO	V03 vs L.
				< 22	17.96	APTO	13.87	APTO	22.77 %	10.52	APTO	41.43 %	7.35	APTO	59.08 %

Fuente: Base de datos, 2019.

### **Del ensayo de succión.**

- En la Tabla 52, se observa que las unidades de albañilería adquiridas en la ladrillera obtienen una succión no apta según la Tabla 1 de la Norma E.070 (2006), lo cual indica que deben ser regados antes de su asentado.
- En la Tabla 52, se observa que las unidades de albañilería extraídas de la Vivienda N° 01 obtienen una succión no apta según la Tabla 1 de la Norma E.070 (2006). Además, se aprecia que, por efecto de la patología de la humedad presente en estas unidades, hubo una disminución de la succión de un 15.77 % respecto a las unidades de albañilería de la ladrillera.
- En la Tabla 52, se observa que las unidades de albañilería extraídas de la Vivienda N° 02 obtienen una succión no apta según la Tabla 1 de la Norma E.070 (2006). Además, se aprecia que, por efecto de la patología de la eflorescencia presente en estas unidades, hubo una disminución de la succión de un 36.00 % respecto a las unidades de albañilería de la ladrillera.
- En la Tabla 52, se observa que las unidades de albañilería extraídas de la Vivienda N° 03 obtienen una succión no apta según la Tabla 1 de la Norma E.070 (2006). Además, se aprecia que, por efecto de la patología de la criptoflorescencia presente en estas unidades, hubo una disminución de la succión de un 57.10 % respecto a las unidades de albañilería de la ladrillera.

Se infiere de esta manera, que a medida que la patología va de un grado menor a uno mayor, siendo la humedad el de menor grado y la criptoflorescencia el de mayor grado, los resultados de los ensayos de succión de las unidades de albañilería demuestran un valor inversamente proporcional en función de la patología de la cual está siendo afectada.

### **Del ensayo de absorción.**

- En la Tabla 52, se observa que las unidades de albañilería adquiridas en la ladrillera obtienen una absorción apta según la Tabla 1 de la Norma E.070 (2006).
- En la Tabla 52, se observa que las unidades de albañilería extraídas de la Vivienda N° 01 obtienen una absorción apta según la Tabla 1 de la Norma E.070 (2006). Además, se aprecia que, por efecto de la patología de la Humedad presente en estas unidades, hubo una disminución de la absorción de un 27.77 % respecto a las unidades de albañilería de la ladrillera.
- En la Tabla 52, se observa que las unidades de albañilería extraídas de la Vivienda N° 02 obtienen una absorción apta según la Tabla 1 de la Norma E.070 (2006). Además, se aprecia que, por efecto de la patología de la Eflorescencia presente en estas unidades, hubo una disminución de la absorción de un 41.43 % respecto a las unidades de albañilería de la ladrillera.
- En la Tabla 52, se observa que las unidades de albañilería extraídas de la Vivienda N° 03 obtienen una absorción apta según la Tabla 1 de la Norma

E.070 (2006). Además, se aprecia que, por efecto de la patología de la Criptoflorescencia presente en estas unidades, hubo una disminución de la absorción de un 59.08 % respecto a las unidades de albañilería de la ladrillera.

Se infiere de esta manera, que a medida que la patología va de un grado menor a uno mayor, siendo la humedad el de menor grado y la criptoflorescencia el de mayor grado, los resultados de los ensayos de absorción de las unidades de albañilería demuestran un valor inversamente proporcional en función de la patología de la cual está siendo afectada.

#### ***4.1.5.2 De los ensayos a compresión a las unidades y pilas de albañilería.***

Con la finalidad de lograr comprender adecuadamente los ensayos a compresión realizados a las unidades y pilas de albañilería, se dispone a presentar 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 la ladrillera como a las que fueron extraídas de los muros de albañilería correspondientes a las viviendas estudiadas.

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

Tabla 53. Resumen de la relación entre los resultados de  $f'_b$  y  $f'_m$  con la influencia patológica sobre la Vivienda N° 01, 02 y 03.

RESUMEN DE LA RELACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS DE $f'_b$ Y $f'_m$ CON LA INFLUENCIA PATOLÓGICA SOBRE LA VIVIENDA N° 01, 02 Y 03.													
VIVIENDA	PATOLOGÍA	NIVEL DE DAÑO	MEDIDA	UNIDAD DE ALBAÑILERÍA					PILA DE ALBAÑILERÍA				
				NORMA E.070	LADRILLERA $f'_b$	V01 $f'_b$	V01 vs E.070	V01 vs L.	NORMA E.070	LADRILLERA $f'_m$	V01 $f'_m$	V01 vs E.070	V01 vs L.
VIVIENDA N° 01	HUMEDAD	LEVE	% de variación < 20 %.				70.82 %	62.37%				64.03 %	45.09 %
		MODERADO	% de variación entre el 20 % y 60 %.	55.00	42.65	16.05	SEVERO	SEVERO	35.00	22.93	12.59	SEVERO	MODERADO
		SEVERO	% de variación mayor al 60 %.										
VIVIENDA	PATOLOGÍA	NIVEL DE DAÑO	MEDIDA	UNIDAD DE ALBAÑILERÍA					PILA DE ALBAÑILERÍA				
				NORMA E.070	LADRILLERA $f'_b$	V02 $f'_b$	V02 vs E.070	V02 vs L.	NORMA E.070	LADRILLERA $f'_m$	V02 $f'_m$	V02 vs E.070	V02 vs L.
VIVIENDA N° 02	EFLORESCENCIA	LEVE	% de variación < 20 %.				75.09 %	67.88 %				73.29 %	59.22 %
		MODERADO	% de variación entre el 20 % y 60 %.	55.00	42.65	13.70	SEVERO	SEVERO	35.00	22.93	9.35	SEVERO	MODERADO
		SEVERO	% de variación mayor al 60 %.										
VIVIENDA	PATOLOGÍA	NIVEL DE DAÑO	MEDIDA	UNIDAD DE ALBAÑILERÍA					PILA DE ALBAÑILERÍA				
				NORMA E.070	LADRILLERA $f'_b$	V03 $f'_b$	V03 vs E.070	V03 vs L.	NORMA E.070	LADRILLERA $f'_m$	V03 $f'_m$	V03 vs E.070	V03 vs L.
VIVIENDA N° 03	CRIFTOFLORESCENCIA	LEVE	% de variación < 20 %.				81.49 %	76.13 %				83.20 %	74.36 %
		MODERADO	% de variación entre el 20 % y 60 %.	55.00	42.65	13.70	SEVERO	SEVERO	35.00	22.93	5.88	SEVERO	SEVERO
		SEVERO	% de variación mayor al 60 %.										

Fuente: Base de datos, 2019.

- En la Tabla 54, se observa que, debido a la patología de la Humedad presente en las unidades de albañilería extraídas de la Vivienda N° 01, se obtuvo un nivel de daño severo respecto a la Norma E.070 (2006) y el mismo tipo de daño respecto a las unidades adquiridas en la ladrillera. Esto se debe porque el porcentaje de variación (70.82 % y 62.37 %) del valor de su  $f'_b$  sobrepasa al 60 % establecido para dicha clasificación.
- En la Tabla 54, se observa que, debido a la patología de la Humedad presente en las pilas de albañilería extraídas de la Vivienda N° 01, se obtuvo un nivel de daño severo respecto a la Norma E.070 (2006) y un nivel de daño moderado respecto a las pilas elaboradas con unidades adquiridas en la ladrillera. Esto se debe porque el porcentaje de variación (64.03 % y 45.09 %) del valor de su  $f'_m$  sobrepasa al 60 % en el primer caso y está dentro del rango en el segundo caso establecido para dicha clasificación.
- En la Tabla 54, se observa que, debido a la patología de la Eflorescencia presente en las unidades de albañilería extraídas de la Vivienda N° 02, se obtuvo un nivel de daño severo respecto a la Norma E.070 (2006) y el mismo tipo de daño respecto a las unidades adquiridas en la ladrillera. Esto se debe porque el porcentaje de variación (75.09 % y 67.88 %) del valor de su  $f'_b$  sobrepasa al 60 % establecido para dicha clasificación.
- En la Tabla 54, se observa que, debido a la patología de la Eflorescencia presente en las pilas de albañilería extraídas de la Vivienda N° 02, se obtuvo un nivel de daño severo respecto a la Norma E.070 (2006) y un

nivel de daño moderado respecto a las pilas elaboradas con unidades adquiridas en la ladrillera. Esto se debe porque el porcentaje de variación (73.29 % y 59.22 %) del valor de su  $f'_m$  sobrepasa al 60 % en el primer caso y está dentro del rango en el segundo caso establecido para dicha clasificación.

- En la Tabla 54, se observa que, debido a la patología de la Criptoflorescencia presente en las unidades de albañilería extraídas de la Vivienda N° 03, se obtuvo un nivel de daño severo respecto a la Norma E.070 (2006) y el mismo tipo de daño respecto a las unidades adquiridas en la ladrillera. Esto se debe porque el porcentaje de variación (81.49 % y 76.13 %) del valor de su  $f'_b$  sobrepasa al 60 % establecido para dicha clasificación.
- En la Tabla 54, se observa que, debido a la patología de la Criptoflorescencia presente en las pilas de albañilería extraídas de la Vivienda N° 03, se obtuvo un nivel de daño severo respecto a la Norma E.070 (2006) y el mismo tipo de daño respecto a las pilas elaboradas con unidades adquiridas en la ladrillera. Esto se debe porque el porcentaje de variación (83.20 % y 74.36 %) del valor de su  $f'_m$  sobrepasa al 60 % establecido para dicha clasificación.

## 4.2 Conclusiones

- a) Por medio de la inspección visual, se identificó y clasificó según el nivel de severidad a las patologías medioambientales como la humedad, eflorescencia y criptoflorescencia, los cuales estuvieron presentes en los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal pertenecientes a las Viviendas N° 01, 02 y 03, respectivamente. (p. 133).
- b) Con los ensayos realizados en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, se determinó el porcentaje de variación de la resistencia característica a compresión, respecto a la Norma E.070 (2006), tanto en unidades ( $f'_b$ ) como en pilas ( $f'_m$ ) extraídas de los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes a las edificaciones unifamiliares analizadas, las cuales, por efecto de las patologías medioambientales, presentaron un % de variación de su  $f'_b$  equivalente a 70.82 %, 75.09 % y 81.49 %, y de su  $f'_m$  equivalente a 64.03 %, 73.29 % y 83.20 % para las Viviendas N° 01, 02 y 03, respectivamente. (p. 221).
- c) Con los ensayos realizados en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, se determinó el porcentaje de variación de la resistencia característica a compresión, respecto a los modelos patrones correspondientes a la ladrillera, tanto en las unidades ( $f'_b$ ) como en las pilas ( $f'_m$ ) extraídas de los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal correspondientes a las edificaciones unifamiliares analizadas, las cuales, por efecto de las patologías medioambientales, presentaron un % de variación de su  $f'_b$  equivalente a 62.37 %, 67.88 % y 76.13 %, y de su  $f'_m$  equivalente a 45.09 %, 59.22 % y 74.36 % para las Viviendas N° 01, 02 y 03, respectivamente. (p. 221).



- d) Por causas de las patologías de la humedad, eflorescencia y criptoflorescencia identificadas en las Viviendas N° 01, 02 y 03, respectivamente, los porcentajes de variación respecto a la Norma E.070 (2006) de la  $f'_b$  y  $f'_m$  fueron de 70.82 % y 64.03 % para la primera patología, 75.09 % y 73.29 % para la segunda patología, y de 81.49 % y 83.20 % para la tercera patología, obteniendo para los tres casos una clasificación del tipo severo. Por consiguiente, se concluye que los elementos analizados en las 03 viviendas y tal como lo manifiesta Paredes (2017), han perdido su función estructural y necesitan ser reemplazados o reparados inmediatamente. (p. 221).
- e) Se propone como alternativa de solución y tal como lo menciona Cerna (2018), utilizar unidades de albañilería con un 10 % de caolín en su composición. Pues se determinó que éstas presentaron una mejor resistencia característica a la compresión tanto en unidades como en pilas de albañilería, siendo los resultados de 68.59 kg/cm<sup>2</sup> y 65.89 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, los cuales están por encima de los 55.00 kg/cm<sup>2</sup> para el caso de las unidades y 35.00 kg/cm<sup>2</sup> para el caso de las pilas, según lo establecido por la Norma E.070 (2006). (p. 44).

### 4.3 Recomendaciones

- a) Se recomienda hacer uso de técnicas y equipos no destructivos, especializados en detección de patologías en los muros de albañilería con mayor exactitud a fin de poder diagnosticarlas y clasificarlas de manera adecuada y acertada, como, por ejemplo, el uso de un escáner tomográfico por radio frecuencia, el cual permite detectar el contraste térmico que se genera sobre las superficies de los muros, debido a la presencia de humedad.
- b) A fin de poder obtener resultados más precisos respecto al porcentaje de variación de  $f'_b$  y  $f'_m$ , es conveniente al momento de la extracción y transporte, tanto de unidades como de pilas de albañilería, tener el debido cuidado de no manipular mucho las muestras a fin de que éstas mantengan su integridad en el caso de las unidades y su adherencia con el mortero en el caso de las pilas.
- c) Con la finalidad de poder obtener resultados cercanos a la realidad respecto al porcentaje de variación de  $f'_b$  y  $f'_m$ , es recomendable utilizar unidades de albañilería que cumplan con los estándares mínimos de calidad y resistencia, tal como lo estipula la Norma E.070 (2006).
- d) Es recomendable realizar un buen análisis comparativo entre los resultados de porcentaje de variación de  $f'_b$  y  $f'_m$  de los elementos extraídos de cada vivienda con lo que estipula la Norma E.070 (2006) con el propósito de poder clasificar su nivel de severidad dependiendo del tipo de patología que presente la muestra.
- e) Se recomienda que las unidades de albañilería compuestas por un 10 % de arcilla de caolín, sean sometidas a los efectos de las patologías medioambientales tales como la humedad, eflorescencia y criptoflorescencia en las zonas de los balnearios, a fin de

poder determinar si el valor de su resistencia a la compresión que muestran estas unidades, no presentan un porcentaje de variación mayor al 20 % respecto a 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.
- Arango S. Patología del Concreto "Causas de daños en el Concreto". Slideshare [Seriada en línea] 2013 [Citado 2016 Jun 08] disponible en: <http://es.slideshare.net/SergioPap/patologia-del-concreto-causas-de-daos-en-el-concreto>
- 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.
- Arqhys. (2015). Ladrillo macizo. Disponible en: <http://www.arqhys.com/construccion/macizo-ladrillo.html>
- Astorga A, Rivero P. Patología en las edificaciones. CIGIR [Seriada en línea] 2009 [Citado 2019 Jun 10]; 1-44. Recuperado de [http://www.chacao.gob.ve/eduriesgo/vulnerabilidad\\_archivos/04\\_patologias\\_en\\_las\\_edificaciones.pdf](http://www.chacao.gob.ve/eduriesgo/vulnerabilidad_archivos/04_patologias_en_las_edificaciones.pdf).
- BH Concretos. ¿Qué es la Patología del Concreto? [Seriada en línea] 2018 [Citado 2019 Jun 10]. Recuperado de <https://medium.com/@bhconcretos/qu%C3%A9-es-la-patolog%C3%ADa-del-concreto-2ad73130d336>
- 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.
- Br. Yeim, B. El fenómeno de las filtraciones en viviendas unifamiliares: manual para la detección y corrección de las causas que la originan.", [Tesis para optar el título de

- ingeniero civil]. Caracas – Venezuela, Universidad Nueva Esparta 2013. Recuperado de <http://miunespace.une.edu.ve/jspui/bitstream/123456789/2267/1/TG5028.pdf>
- Broto C, Enciclopedia Broto de Patologías de la construcción. [Seriada en línea] 2006 [Citado 2018 Septiembre 08]. Recuperado de: [https://higieneyseguridadlaboralcv.files.wordpress.com/2012/07/enciclopedia\\_brot\\_o\\_de\\_patologias\\_de\\_la\\_construccion.pdf](https://higieneyseguridadlaboralcv.files.wordpress.com/2012/07/enciclopedia_brot_o_de_patologias_de_la_construccion.pdf)
- Bustamante G, Castillo J. Evaluación y diagnóstico patológico de la iglesia santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias-Colombia. [Seriada en línea] 2012. [Citado 2018 Septiembre 10]; Recuperado de [http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/236/1/Documento%20final%202-10-12%20\(1\).pdf](http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/236/1/Documento%20final%202-10-12%20(1).pdf)
- 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>
- Carballo, G. & Navas, A. (2005). Propiedades mecánicas de la mampostería con bloques sólidos de arcilla. VIII Seminario de Ingeniería Estructural y Sísmica, San José, Costa Rica. Recuperado de <http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/autores/navas/2005-navas-02.pdf>
- Cerdán, M. J. (2015). Estudio de las propiedades de resistencia a la compresión, absorción, absorción máxima y succión de los ladrillos de arcilla artesanales de acuerdo a la altura de cocción en el horno de las ladrilleras del Caserío Cerrillo. (Tesis de Licenciatura). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- Cerna, J. M. (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.
- Colacce, C., Leao, C., & Pastorino, D. (2005). MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL. Instituto de Estructuras y Transporte.

- Cornejo J. Determinación y evaluación de las patologías del concreto en columnas, vigas, sobrecimientos y muros de albañilería confinada del cerco perimétrico del taller municipal del distrito de Chimbote, provincia del Santa, región Áncash-abril 2016. [Seriada en línea] 2016. [Citado 2018 septiembre 10]; Recuperado de <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/317>
- Das, B. (2013). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, (4ta ed.), México D.F., México, Editorial Cengage Learning.
- Díaz P. Protocolo para los Estudios de Patología de la Construcción en Edificaciones de Concreto Reforzado en Colombia. [Tesis Grado]. Punta Arenas: Universidad de Javeriana. [Seriada en línea] 2014. [Citado 2019 May 1]; p. 118. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12694/DiazBarreiroPatricia2014.pdf?sequence=1>
- Egoávil, C. M. (2013). Muros de Albañilería. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Disponible en <https://es.scribd.com/doc/146939413/INFORME-muros-de-albanileria>
- Escalante S. Durabilidad del concreto armado en viviendas de zonas costeras por acción del medio ambiente en la conurbación Barcelona, Lechería, Puerto la Cruz y Guanta del Estado Anzoátegui [Tesis para obtención del título]. Barcelona, España: Universidad de oriente Núcleo de Anzoátegui; [Serial en línea] 2010. [Citado 2019 marzo 03]. Pág. 18-198-199-200-201-202-203-204-205-206-207, Recuperado de <http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/2580/1/20-TEISISIC010E40.pdf>
- Fernández P. Humedad Proveniente del Suelo en Edificaciones, [Tesis para optar el título de ingeniero civil]. Santiago Chile: Universidad de Chile; 2008.
- Fiol F. Manual de patología y rehabilitación de edificios. Burgos, España: Universidad de Burgos, Servicio de Publicaciones e Imagen Institucional; 2014.
- 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.
- Gavilanes, C. F. & Santellán, G. C. (2016). Normalización y estandarización de la fabricación de ladrillos y tejas del Cantón Chambo. (Trabajo de Graduación). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Guerra R. Cierres Perimetrales. Calidad y variedad que cumple con los estándares y las normas establecidas. Revista EMB Construcción [Seriada en línea] 2013. [Citado 2019 Jul 30]; [1pagina]. Recuperado de <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=2829>
- Guevara, G. (2015). Influencia del periodo de exposición al agua en la resistencia a compresión (f'm) de pilas de albañilería fabricadas con ladrillo artesanal. (Tesis de Licenciatura). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- Horna, M. V. (2015). Influencia del tipo de curado en la resistencia a la compresión axial de la albañilería. (Tesis de Licenciatura). Universidad Privada del Norte, Trujillo, 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](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Encuesta_Edificaciones/2014/Edificaciones2014_Presen.pdf)
- Jelpo, P., Padilla, L. Patología en elementos Estructurales Madera, hierro - acero y Muro Portante Cerámico. [Tesina]. Uruguay: Universidad de la República de Uruguay [Seriada en línea] 2009-2010 [Citado 2019 Jun 10]; p. 4. Recuperado de <https://www.colibri.udelar.edu.uy/bitstream/123456789/4352/5/JEL65.pdf>
- Loayza, S. & Zavaleta, R. (2017). Modelamiento de la relación capilaridad – deterioro en edificaciones del Sector Vista Alegre, Distrito de Víctor Larco Herrera, Provincia de Trujillo. (Tesis de Licenciatura). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, 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.
- Muñoz H. Evaluación y Diagnostico de las estructuras en concreto, [Seriada en línea] 2001[Citado 2019 Jun 08]. Disponible en: [http://www.institutoconstruir.org/centrocivil/concreto%20armado/Evaluacion\\_patologias\\_estructuras.pdf](http://www.institutoconstruir.org/centrocivil/concreto%20armado/Evaluacion_patologias_estructuras.pdf)
- Muñoz, Y. R. (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.
- Norma Técnica de Edificación E.070 (2006). Albañilería. Perú: MACRO.
- Panozo M. Patología de las estructuras. Slideshare [Seriada en línea] 2007 [Citado 2019 Ago 18]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/angelcaido666x/patologia-de-las-estructuras>
- Paredes A. Determinación y evaluación de las patologías del concreto en columnas, vigas, muros y sobrecimientos de albañilería confinada del cerco de la pesquera Conservas de Chimbote La Chimbotana de la urbanización Gran Trapecio, Distrito de Chimbote, Provincia del Santa, Región Ancash. [Seriada en línea] 2017. [Citado 2018 noviembre 15]; Recuperado de <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/9017>
- Paz R. “Evaluación de las patologías más comunes en las viviendas de material noble de la UPS Villa San Luis I y II Etapa de Nuevo Chimbote - 2013” [Tesis pregrado]. Nuevo



Chimbote, Perú: Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, 2013. [Seriada en línea] [Citado 2019 Jun 10]. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/177136916/Proyecto-de-Tesis-RP-Ultimo-2#scribd>

Peralta, A. J. (2016). Evaluación y ventajas de una albañilería confinada construida con ladrillos artesanales y otra con industriales en la provincia de Huancayo. (Tesis de Licenciatura). Universidad Continental, Huancayo, Perú.

Programa Regional de Aire Limpio (2009). Detrás de los ladrillos: Una gestión integral para el sector informal. Lima, 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. (2005). Comentarios a la Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería, Perú.

San Bartolomé, A. (1994). Construcciones de Albañilería - Comportamiento Sísmico y Estructural. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

San Bartolomé, Á., Quiun, D., & Silva, W. (2011). Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería. Lima: PUCP.

Seminario A. Patologías en muros de ladrillo de arcilla producidas por la mala elección del ladrillo e incorrecto proceso constructivo aplicada a edificaciones de la provincia de Ayabaca – Piura. Octubre 2014. Erp.uladech [En línea] 2014 [Citado 2019 jul 29]; [83paginas]. Recuperado de <http://erp.uladech.edu.pe/bibliotecavirtual/>

Soriano, C. (s.f.). Diagnóstico Nacional del Sector Ladrillero Artesanal. Perú.

TechnoSec. (s.f.). Tecnología de secado de muros. Recuperado de <https://www.technosec.es/humedades-por-capilaridad.html>

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.

Vivar Q. Determinación y evaluación de las patologías del concreto en columnas, vigas y muros de albañilería confinada del cerco perimétrico del hospital regional "Eleazar guzmán barrón", distrito de nuevo Chimbote, provincia del Santa, departamento de Anchas, febrero – 2015. [Seriada en línea] 2015. [Citado 2019 Jun 5]. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/268404686/Prototipo-Proyecto-Tesis-2015-i>

Zapata J. Evaluar las patologías producidas por la Napa Freática y elaborar una propuesta de mejora en el Cerco Perimétrico y Pabellón 1 de la I.E.P. Emblemática San Pedro del Distrito de Chimbote, Provincia del Santa, Región Ancash, 2017. [Tesis de Grado]. Chimbote, Perú. [Seriada en línea] 2017. [Citado 2019 May 25]. Recuperado de <http://181.224.246.201/handle/UCV/10238>

## ANEXOS

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

Tabla 54. Matriz de consistencia de la investigación.

Problema General	Objetivos	Marco teórico	Hipótesis	Variables	Metodología
¿Cómo influyen las patologías medioambientales que afectan a los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal en su resistencia a la compresión axial de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila, Las Delicias, Moche, Trujillo en el año 2018?	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Analizar la influencia de las patologías medioambientales que afectan a los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal en su resistencia a la compresión axial de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila, Balneario Las Delicias, Moche, Trujillo.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>a) Identificar y clasificar según su nivel de severidad a las patologías medioambientales que presentan los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila, Balneario Las Delicias, Moche, Trujillo.</p> <p>b) Obtener mediante ensayos de laboratorio el porcentaje de variación de la resistencia característica a compresión axial, respecto a la Norma E.070 (2006), que presentan las unidades y pilas extraídas de los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila, Balneario Las Delicias, Moche, Trujillo.</p> <p>c) Obtener el porcentaje de variación de la resistencia característica a compresión axial, por medio de los ensayos realizados entre las unidades y pilas de albañilería extraídas de</p>	<p><b>Antecedentes Internacionales:</b></p> <p>A. (Escalante S, 2010) en su tesis titulada "Durabilidad del concreto armado en viviendas de zonas costeras por acción del medio ambiente en la conurbación Barcelona, Lechería, Puerto La Cruz y Guanta del Estado de Anzoátegui".</p> <p>B. (Br. Yeim B, 2013) en su tesis titulada "El fenómeno de las filtraciones en viviendas unifamiliares: Manual para la detección y corrección de las causas que la originan. CASO: Patología de las filtraciones en la vivienda unifamiliar".</p> <p>C. (Fernández P, 2008) en su tesis titulada "Humedad proveniente del suelo en edificaciones, Santiago, Chile".</p> <p><b>Antecedentes Nacionales:</b></p> <p>A. (Zapata J, 2017) en su tesis titulada "Evaluar las patologías producidas por la napa freática y elaborar una propuesta de mejora en el cerco perimétrico y pabellón 1 de la I.E.P. Emblemática San Pedro del Distrito de Chimbote - Provincia de Santa - Región Ancash".</p> <p>B. (Vivar Q, 2015) en su tesis titulada "Determinación y evaluación de las patologías del concreto en columnas, vigas y muros de albañilería confinada del cerco perimétrico del Hospital Regional "Eleazar Guzmán Barrón", Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash".</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>La influencia de las patologías medioambientales en los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila en el Balneario de Las Delicias, provocará la disminución en la resistencia a la compresión axial de las unidades y pilas de albañilería, ensayadas en la Universidad Privada del Norte en el año 2019.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <p>a) Las patologías medioambientales que presentan los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila, Balneario Las Delicias, Moche, Trujillo, se pueden identificar y clasificar según su nivel de severidad.</p> <p>b) El porcentaje de variación de la resistencia característica a compresión axial, respecto a la Norma E.070 (2006), que presentan las unidades y pilas extraídas de los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila, Balneario de Las Delicias, Moche, Trujillo,</p>	<p><b>Variable independiente:</b></p> <p>Patologías medioambientales, hace referencia a aquella lesión o deterioro sufrido por los muros de albañilería como consecuencia de los efectos que produce el medioambiente, Humedad, Eflorescencia o Criptoflorescencia. El concepto de patología medioambiental abarca todas las imperfecciones, visibles o no, de la obra edificada desde el momento del desarrollo del proyecto.</p> <p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Resistencia a compresión axial, el aumento o disminución de esta propiedad en las unidades y pilas extraídas de los muros de albañilería, dependerá de la influencia leve, moderada o severa de la patología.</p>	<p><b>Diseño de investigación:</b></p> <p>Investigación cuasiexperimental</p> <p><b>Unidad de estudio:</b></p> <p>La unidad de estudio corresponde a la unidad y pila extraída del muro de albañilería propia del área de estudio. Esta unidad y pila extraída del muro de albañilería será comparada con la unidad de albañilería y pila elaborada como modelo patrón con tres (03) ladrillos de arcilla artesanal King Kong y unida con un mortero cemento arena de 1:4, con un espesor de junta de 1.5 cm y curado por un periodo de 28 días, según lo estipula Norma Técnica de Edificación E.070 (2006).</p> <p><b>Población:</b></p> <p>La población está constituida por todas las unidades y pilas de albañilería, que fueron extraídas de los muros de las edificaciones unifamiliares de la zona de estudio, las cuales</p>

	<p>los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal y que han sido afectados por las patologías medioambientales de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila, Balneario Las Delicias, Moche, Trujillo, y las unidades de albañilería y pilas elaboradas con unidades de similares características a las del área estudio.</p> <p>d) Determinar el nivel de severidad a partir del porcentaje de variación de la resistencia característica a compresión axial respecto a la Norma E.070 (2006), considerando los tipos de patologías medioambientales que presenten las unidades y pilas extraídas de los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila, Balneario Las Delicias, Moche, Trujillo.</p> <p>e) Proponer una alternativa de solución a partir de la búsqueda en otras investigaciones de ensayos realizados a unidades y pilas de albañilería con características similares a las presentadas en esta investigación.</p>	<p>C. (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>D. (Cerna J, 2018) en su tesis titulada "Influencia de la arcilla de caolín en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería fabricadas con ladrillo de arcilla artesanal King Kong, Huamachuco 2018".</p> <p><b>Antecedentes Locales:</b></p> <p>A. (Loayza S, Zavaleta R, 2017) en su tesis titulada "Modelamiento de la relación Capilaridad - Deterioro en edificaciones del Sector Vista Alegre, Distrito Víctor Larco Herrera, Provincia de Trujillo".</p>	<p>se pueden obtener mediante ensayos de laboratorio.</p> <p>c) Es posible encontrar diferencias entre los ensayos realizados a las unidades y pilas de albañilería extraídas de los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal y que han sido afectados por las patologías medioambientales de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila, Balneario Las Delicias, Moche, Trujillo, y las unidades de albañilería y pilas elaboradas con unidades de similares características a las del área estudio, según la Norma Técnica de Edificación E.070 (2006).</p> <p>d) Se puede determinar el nivel de severidad a partir del porcentaje de variación de la resistencia característica a compresión axial respecto a la Norma E.070 (2006), considerando los tipos de patologías medioambientales que presenten las unidades y pilas extraídas de los muros de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla King Kong artesanal de las edificaciones unifamiliares en el Sector Taquila, Balneario Las Delicias, Moche, Trujillo. Este nivel va desde una escala menor a mayor regido bajo los valores de: Leve, Moderado y Severo, los cuales deben analizarse cuidadosamente para darles la clasificación apropiada.</p> <p>e) Es posible proponer una alternativa de solución a partir de la búsqueda en otras investigaciones de ensayos realizados a unidades y pilas de albañilería con características similares a las presentadas en esta investigación.</p>		<p>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><b>Muestra:</b></p> <p>El tipo de muestreo designado para esta investigación se relaciona con el muestreo No Probabilístico, debido a que las muestras tendrán un cierto grado de representatividad, y, además, pertenecen también al muestreo Intencional, opinático o de conveniencia porque se escoge de forma voluntaria los elementos que conformarán la muestra, dando por supuesto que esta será representativa de la población en referencia de la cual es materia de estudio de la investigación presente. Por lo tanto, queda a libre disposición de los investigadores asignar la cantidad de muestras estudiadas para esta investigación, las cuales serán de tres (03) edificaciones.</p>
--	---	--	--	--	---

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Anexo N° 02:** Recopilación de muestras extraídas en las viviendas estudiadas y adquiridas en la ladrillera.



*Figura 21.* Extracción de muestras de la Vivienda N° 02.  
Fuente: Elaboración propia, 2019.



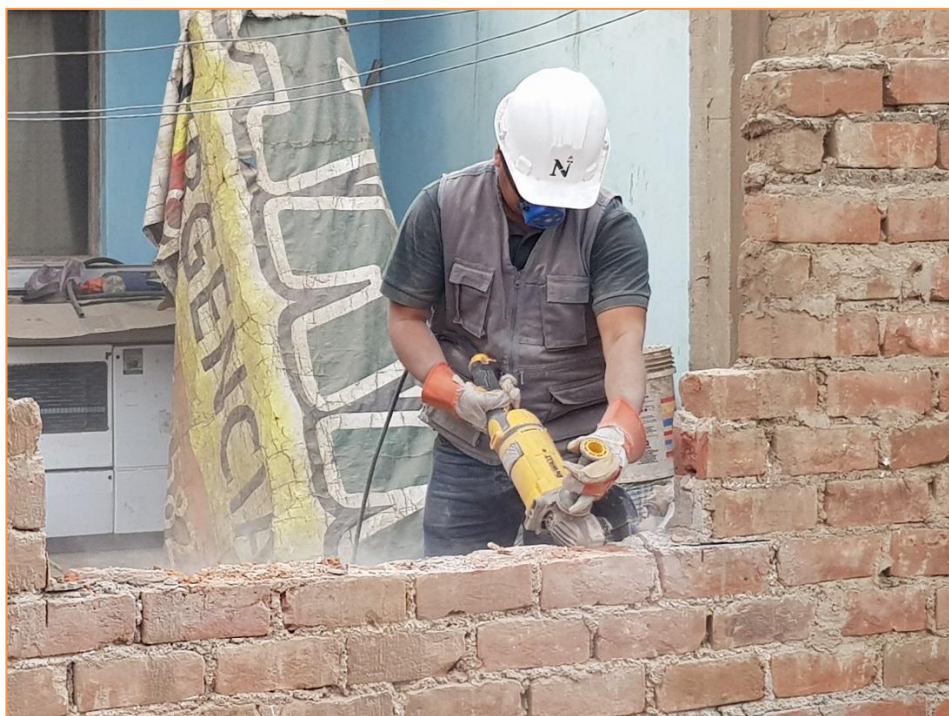
*Figura 22.* Pila de albañilería extraída.  
Fuente: Elaboración propia, 2019.





*Figura 23.* Propietario de la Vivienda N° 01, Sr. Marco Cedrón.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



*Figura 24.* Corte de las unidades de albañilería con una amoladora.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



*Figura 25.* Unidades de albañilería extraídas.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



*Figura 26.* Corte de pilas en la Vivienda N° 03.

Fuente: Elaboración propia, 2019.





*Figura 27.* Corte de pilas en la Vivienda N° 03 y perfilado de las unidades extraídas.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



*Figura 28.* Extracción de unidades de albañilería en la Vivienda N° 03.

Fuente: Elaboración propia, 2019.





*Figura 29.* Hornos de cocción de “Ladrillos Pocho”.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



*Figura 30.* Ferretería “Ulloa & Vásquez S.R.L”.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Anexo N° 03:** Ensayos de laboratorio en la Universidad Privada del Norte.



*Figura 31.* Refrentado o capping de las unidades de albañilería.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



*Figura 32.* Pilas de albañilería refrentadas con yeso.

Fuente: Elaboración propia, 2019.





*Figura 33.* Ensayo de variación dimensional.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



*Figura 34.* Ensayo de alabeo.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



*Figura 35.* Ensayo de succión.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



*Figura 36.* Ensayo de succión – registro del peso de la unidad.

Fuente: Elaboración propia, 2019.





*Figura 37.* Ensayo de absorción – muestras 06 y 07 de la ladrillera.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



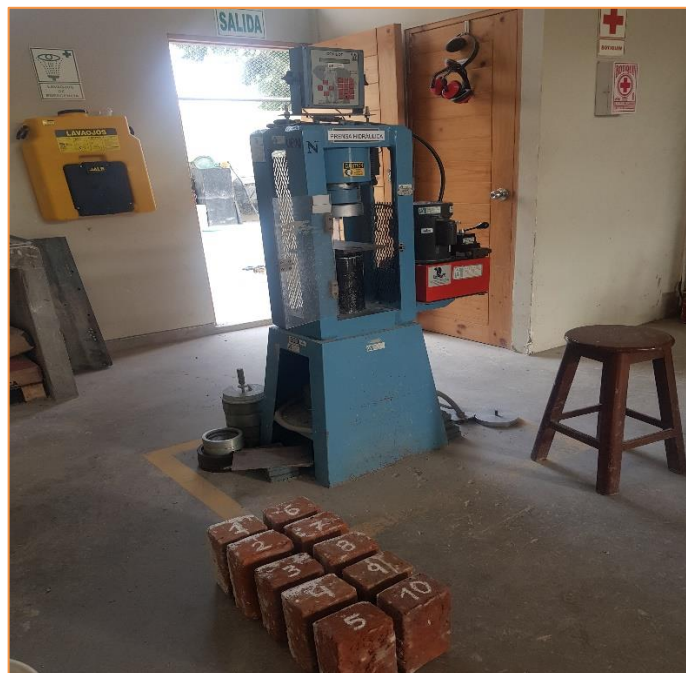
*Figura 38.* Ensayo de absorción, registro del peso de la unidad.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



*Figura 39.* Rotulando unidades para el ensayo de compresión.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



*Figura 40.* Ensayo de compresión para unidades de albañilería.

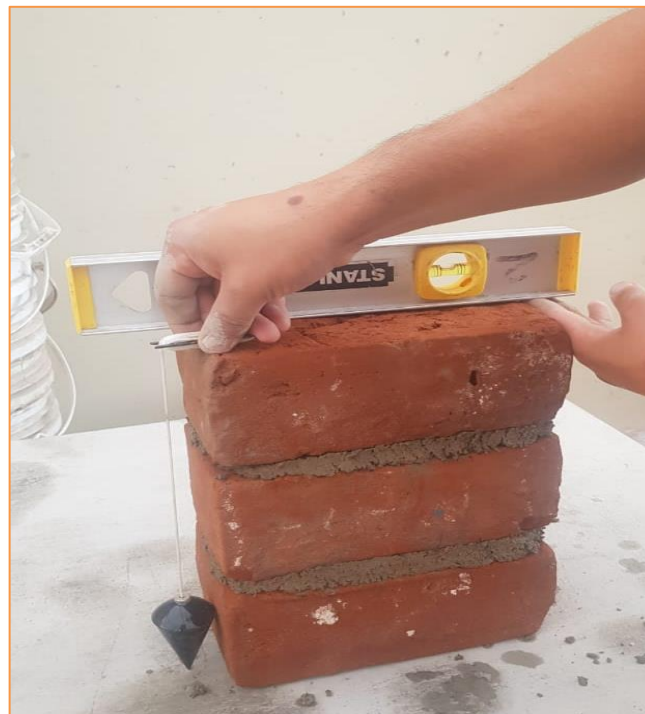
Fuente: Elaboración propia, 2019.





*Figura 41.* Unidad sometida a resistencia a la compresión.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



*Figura 42.* Plomada y nivel de una pila de albañilería.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



Figura 43. Pilas de albañilería elaboradas en proceso de curado por 28 días.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



Figura 44. Pila de albañilería fallando ante carga axial.

Fuente: Elaboración propia, 2019.





*Figura 45.* Ensayo de compresión de pilas de albañilería.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



*Figura 46.* Tomando muestra para el ensayo de granulometría.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



*Figura 47.* Ensayo de granulometría.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



*Figura 48.* Ensayo de peso específico y absorción del AF.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



*Figura 49.* Secando la muestra de agregado fino.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



*Figura 50.* Elaboración de mortero.

Fuente: Elaboración propia, 2019.



**Anexo N° 04: Certificado de ensayos.**

**CERTIFICADO**  
**DE ENSAYOS EN LABORATORIOS**

El que suscribe, Wesley John Leonardo Carrasco, hace constar por medio de la presente que los señores Bachilleres Pool Christian Gutierrez Astudillos y Sandy Pamela Loli Bocanegra, identificados con DNI 44760730 y 40845909, han realizado los ensayos de Variación Dimensional, Alabeo, Succión, Absorción, Caracterización de Agregado fino, Resistencia a Compresión Axial de Unidades y Pilas de Albañilería en las instalaciones del *Laboratorio de Concreto y Estructuras* de esta universidad, requeridos para la tesis "*Influencia de las Patologías Medioambientales que afectan a los muros de Albañilería elaborados con Ladrillos de Arcilla King Kong Artesanal en su resistencia a la Compresión Axial de las Edificaciones Unifamiliares en el Sector Taquila, Balneario Las Delicias Moche, Trujillo 2019*"; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 22 de octubre del 2019



Wesley J. Leonardo Carrasco  
Supervisor de Laboratorio

Figura 51. Certificado de ensayos.

Fuente: Universidad Privada del Norte, 2019.