

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Resistencia a la compresión y tiempo de fraguado para
un mortero con adición de grafito y su comportamiento
mecánico en pilas empleando ladrillos artesanales,
Huancayo-2021**

Jorge Christian Chávez Poma
Jens Belt Torre Pacheco

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2021

ÍNDICE

PORTADA	1
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE.....	4
LISTA DE FIGURAS.....	12
LISTA DE TABLAS	20
RESUMEN	29
ABSTRACT	30
INTRODUCCIÓN	31
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	33
1.1. Planteamiento y formulación del problema	33
1.1.1. Planteamiento del problema.....	33
1.1.2. Formulación del problema	39
1.1.2.1. Problema general	39
1.1.2.2. Problema específico	39
1.2. Objetivos	40
1.2.1. Objetivo general.....	40
1.2.2. Objetivo específico	40
1.3. Justificación e importancia.....	40

1.3.1.	Justificación	40
1.3.1.1.	Justificación teórica	40
1.3.1.2.	Justificación practica.....	41
1.3.1.3.	Justificación Metodológica	42
1.3.2.	Importancia	42
1.4.	Hipótesis y descripción de variables	42
1.4.1.	Hipótesis	42
1.4.1.1.	Hipótesis general.....	42
1.4.1.2.	Hipótesis específicas	43
1.4.2.	Variables y operacionalización.....	43
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO		45
2.1.	Antecedentes del problema	45
2.1.1.	Antecedentes Internacionales.....	45
2.1.2.	Antecedentes Nacionales	49
2.2.	Bases Teóricas.....	53
2.2.1.	Resistencia a la compresión	53
2.2.1.1.	Resistencia del mortero	53
2.2.1.2.	Resistencia según dosificación	54
2.2.2.	Tiempo de fragua	55
2.2.2.1.	Factores que influyen en el tiempo de fraguado	55
2.2.3.	Comportamiento mecánico en pilas con ladrillos artesanales.	56

2.2.3.1.	Prismas de albañilería	56
2.2.3.2.	Formas de falla.....	57
2.2.3.3.	Módulo de Elasticidad (Em)	57
2.2.3.4.	Ladrillos artesanales.....	59
2.2.4.	Adición de grafito	64
2.2.4.1.	Grafito	64
2.2.4.2.	Componentes del grafito	65
2.2.4.3.	Características y propiedades.....	65
2.2.4.4.	Dureza del grafito.....	66
2.2.4.5.	Origen e historia.....	67
2.2.4.6.	Usos populares del grafito	67
2.2.4.7.	Producción e innovación.....	68
2.2.5.	Adherencia al cizalle.....	69
2.3.	Definición de términos básicos	70
2.3.1.	Mortero	70
2.3.2.	Componentes del mortero	70
2.3.2.1.	Cemento	71
2.3.2.2.	Cal hidratada	74
2.3.2.3.	Arena gruesa	74
2.3.2.4.	Agua.....	78
2.3.2.5.	Aditivos.....	79

2.3.3.	Propiedades a cumplir del mortero	79
2.3.4.	Uso del mortero.....	80
2.3.4.1.	Morteros Calcáreos	80
2.3.4.2.	Morteros de Cal y Cemento Portland.....	81
2.3.4.3.	Morteros de Cemento.....	82
2.3.5.	Manejabilidad del mortero.....	83
2.3.6.	Temperatura del mortero.....	84
2.3.7.	Velocidad de endurecimiento del mortero	84
2.3.8.	Contenido de aire del mortero.....	84
2.3.9.	Retención de agua en el mortero.....	85
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA		86
3.1.	Método y alcance de la investigación	86
3.1.1.	Método de la investigación	86
3.1.2.	Alcances de la investigación.....	87
3.2.	Diseño de la investigación	87
3.2.1.	Tipo de diseño de investigación.....	88
3.3.	Población y muestra	88
3.3.1.	Población.....	88
3.3.2.	Muestra	89
3.4.	Técnicas de recolección de datos	91
3.5.	Instrumentos de recolección de datos	91

3.6.	Procesamiento de datos	97
3.7.	Equipos utilizados de recolección.....	97
3.8.	Características de los materiales empleados en la investigación	99
3.8.1.	Cemento	99
3.8.2.	Agua.....	99
3.8.3.	Agregado.....	100
3.8.3.1.	Muestreo del agregado fino.....	101
3.8.3.2.	Reducción de muestras de agregados a tamaño de ensayo	103
3.8.3.3.	Ensayo de granulometría del agregado fino.....	105
3.8.3.4.	Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino	114
3.8.3.5.	Ensayo de peso unitario del agregado fino	121
3.8.3.6.	Ensayo de contenido de humedad.....	127
3.8.3.7.	Ensayo de determinación de impurezas orgánicas.....	129
3.8.4.	Grafito	132
3.8.5.	Ladrillos	135
3.8.5.1.	Muestreo de los ladrillos	136
3.8.5.2.	Ensayo de variación dimensional de unidades de albañilería.....	139
3.8.5.3.	Ensayo de alabeo de unidades de albañilería	142
3.8.5.4.	Ensayo de compresión axial de unidades de albañilería.....	144
3.8.5.5.	Ensayo de absorción de unidades de albañilería.....	148
3.9.	Diseño, elaboración y propiedades del mortero.....	151

3.9.1.1.	Diseño de mezcla de mortero patrón.....	151
3.9.1.2.	Diseño de Mezcla de mortero con 1% de grafito.....	163
3.9.1.3.	Diseño de Mezcla de mortero con 3% de grafito.....	164
3.9.1.4.	Diseño de Mezcla de mortero con 5% de grafito.....	164
3.9.1.5.	Procedimiento de mezcla para mortero con adición de grafito.....	165
3.9.1.6.	Propiedades del mortero en estado fresco.....	167
3.10.	Desarrollo de la investigación	172
3.10.1.	Desarrollo del objetivo 1	172
3.10.1.1.	Elaboración de especímenes de mortero.....	172
3.10.1.2.	Propiedades del mortero en estado endurecido.....	174
3.10.2.	Desarrollo del objetivo 2.....	180
3.10.2.1.	Tiempo de fraguado	180
3.10.3.	Desarrollo del objetivo 3.....	190
3.10.3.1.	Dimensionamiento de los prismas	190
3.10.3.2.	Esbeltez de los prismas	191
3.10.3.3.	Mortero para las pilas de albañilería	192
3.10.3.4.	Fabricación de las pilas de ladrillos	192
3.10.3.5.	Compresión axial de pilas de albañilería	199
3.10.3.6.	Formas de falla de los especímenes	206
3.10.4.	Desarrollo del objetivo 4.....	207
3.10.4.1.	Dimensionamiento de los especímenes.....	207

3.10.4.2.	Fabricación de los prismas de albañilería para resistencia al cizalle	208
3.10.4.3.	Ensayo de adherencia al cizalle para prismas de albañilería	213
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		220
4.1.	Resultados y análisis de información.....	220
4.1.1.	Resultados de caracterización de materiales.....	220
4.1.1.1.	Resultados de caracterización del agregado fino	220
4.1.1.2.	Resultados de caracterización de los ladrillos artesanales	221
4.1.2.	Resultados de propiedades en estado fresco del mortero.....	227
4.1.2.1.	Asentamiento	227
4.1.2.2.	Contenido de aire	228
4.1.3.	Resultados del objetivo 1	230
4.1.3.1.	Resistencia a la compresión	230
4.1.4.	Resultados del objetivo 2	239
4.1.4.1.	Tiempo de fragua	239
4.1.5.	Resultados del objetivo 3	258
4.1.5.1.	Resistencia a compresión axial en prismas de albañilería	258
4.1.6.	Resultados del objetivo 4	262
4.1.6.1.	Resistencia de adherencia al cizalle	262
4.1.7.	Comparación de resultados de los objetivos planteados.....	264
4.2.	Contrastación de la hipótesis.....	266
4.2.1.	Contrastación de la hipótesis específica 1	269

4.2.2.	Contrastación de la hipótesis específica 2	286
4.2.3.	Contrastación de la hipótesis específica 3	295
4.2.4.	Contrastación de la hipótesis específica 4	300
4.3.	Discusión de resultados.....	305
CONCLUSIONES		308
RECOMENDACIONES.....		310
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		320
ANEXOS		323

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sismicidad en Chile 2019 por magnitud	34
Figura 2. Consumo Per-Cápita de ladrillos para la construcción 2005-2018	37
Figura 3. Curva de peligro sísmico anual para la ciudad de Huancayo	37
Figura 4. Estado de conservación de las viviendas de Huancayo por sector	38
Figura 5. Esfuerzo a compresión	53
Figura 6. Resistencia a la Compresión del mortero Vs. A/C	54
Figura 7. Prismas de Albañilería.....	56
Figura 8. Falla ideal de una pila.....	57
Figura 9. Instrumentación y grafica P-D.....	58
Figura 10. Moldeo Artesanal	60
Figura 11. Maquina vibro- compactadora.....	61
Figura 12. Grafito en polvo.....	65
Figura 13. Dureza de Mohs.....	67
Figura 14. Principales países productores de grafito a nivel mundial en 2020.....	69
Figura 15. Detalles del ensayo de adherencia al cizalle.....	70
Figura 16. Componentes del mortero.....	71
Figura 17. Granulometría de la arena	74
Figura 18. Clasificación por la densidad del agregado	76
Figura 19. Clasificación de Morteros de Mampostería	81
Figura 20. Usos de los morteros de cemento	82
Figura 21. Ficha de características del agregado	92
Figura 22. Ficha de PUS y PUC	93
Figura 23. Ficha de peso específico	94
Figura 24. Ficha de resistencia a la compresión	95

Figura 25. Ficha tiempo de fragua	96
Figura 26. Cemento Andino Tipo I.....	99
Figura 27. Ubicación de la Feria Municipal de Agregados y Ladrillos.....	100
Figura 28. Agregado fino de la Cantera Orcotuna listo para ser transportado	101
Figura 29. Cantidad de muestra de campo requerida.....	102
Figura 30. Inspección del agregado fino.....	102
Figura 31. Almacenamiento de muestras de agregado fino.....	103
Figura 32. Preparación de la muestra de agregado fino.....	104
Figura 33. Cuarteo Manual de la muestra de agregado fino	104
Figura 34. Muestra para granulometría de agregado fino.....	107
Figura 35. Procedimiento manual de tamizado del agregado fino.....	107
Figura 36. Pesos retenidos de los tamices.....	108
Figura 37. Granulometría y pesos de tamices del agregado fino.....	108
Figura 38. Curva granulométrica de la Muestra 1 de agregado fino	111
Figura 39. Curva granulométrica de la Muestra 2 de agregado fino	112
Figura 40. Curva granulométrica de la Muestra 3 de agregado fino	113
Figura 41. Curva granulométrica promedio de agregado fino.....	114
Figura 42. Compactación de la muestra con el molde cónico	116
Figura 43. Introducción de la muestra de agregado en la fiola.....	116
Figura 44. Agitación manual de la fiola con la muestra de agregado fino	117
Figura 45: Extracción de la muestra de agregado fino del horno	117
Figura 46. Capacidad del recipiente según tamaño máximo nominal del agregado.....	121
Figura 47. Preparación de la muestra para el ensayo de peso unitario	122
Figura 48. Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino	122
Figura 49. Peso de la muestra de peso unitario suelto	123

Figura 50. Ensayo de peso unitario compactado del agregado fino	124
Figura 51. Peso de la muestra de peso unitario suelto	124
Figura 52. Muestras para ensayo de contenido de humedad de la arena	128
Figura 53. Muestra de agregado fino con solución de hidróxido de sodio	130
Figura 54. Ensayo de impurezas orgánicas.....	131
Figura 55. Ensayo de impurezas orgánicas.....	131
Figura 56. Grafito en polvo procesado sintéticamente	132
Figura 57. Rectificado de placas de grafito	132
Figura 58. Paquete de polvo de grafito de 1kg	133
Figura 59. Polvo de grafito de la empresa Carbón y Grafito Industrial SAC.....	133
Figura 60. Ubicación de los hornos de ladrillos artesanales de Cochas Chico.....	135
Figura 61. Horno de ladrillos artesanales de Cochas	136
Figura 62. Lote de ladrillos artesanales cocidos en el horno	137
Figura 63. Inspección del estado de los ladrillos	137
Figura 64. Muestra de ladrillos seleccionada al azar para ensayos.....	138
Figura 65. Transporte de las muestras de ladrillo para ensayos	138
Figura 66. Muestra de 10 unidades de ladrillos artesanales.....	139
Figura 67. Ensayo de variación dimensional de ladrillos artesanales.....	140
Figura 68. Ensayo de variación dimensional de ladrillos artesanales.....	142
Figura 69. Capeado de las unidades de albañilería para compresión axial.....	144
Figura 70. Colocación de la unidad de albañilería en la prensa hidráulica.....	145
Figura 71. Ensayo de compresión axial a las unidades de albañilería	145
Figura 72. Muestras de ladrillos artesanales para ensayo de compresión axial.....	146
Figura 73. Peso de la unidad de albañilería seca para ensayo de absorción	148
Figura 74. Saturación de unidades de albañilería para ensayo de absorción	149

Figura 75. Peso del ladrillo seco para ensayo de absorción.....	149
Figura 76. Composición de los materiales del mortero	153
Figura 77. Pesado de los agregados	160
Figura 78. Mezclado del mortero patrón.....	161
Figura 79. Golpeo de tolva.....	161
Figura 80. Recepción de la mezcla	162
Figura 81. Medición de asentamiento, con un Slump de 6"	163
Figura 82. Pesado del grafito	165
Figura 83. Mezcla del cemento con el grafito.....	166
Figura 84. Mezclado del mortero con adición	166
Figura 85. Recepción de mortero con adición	167
Figura 86. Ensayo de asentamiento del mortero patrón y con grafito	168
Figura 87. Colocación de muestra en la Olla de Washington.....	170
Figura 88. Compactación y enrasado de la muestra.	170
Figura 89. Olla de Washington asegurada con el medidor y manómetro.....	171
Figura 90. Elaboración de especímenes de mortero	173
Figura 91. Almacenamiento de probetas por 24 horas	173
Figura 92. Curado de probetas de mortero en poza de agua	174
Figura 93. Pesado de probetas de mortero	175
Figura 94. Colocación de probetas en el equipo	176
Figura 95. Falla de las probetas de mortero a compresión axial.....	176
Figura 96. Mezclado de mortero para ensayo de tiempo de fraguado.	180
Figura 97. Tamizado del mortero por malla N° 04	181
Figura 98. Compactado de moldes.....	181
Figura 99. Enrazado y medida de temperatura de moldes	182

Figura 100. Penetración de los especímenes de tiempo de fraguado.....	182
Figura 101. Pila de albañilería de 3 unidades de ladrillos artesanales.....	191
Figura 102. Selección de unidades para el asentado de pilas	193
Figura 103. Elaboración de mortero para el asentado de pilas	194
Figura 104. Asentado de las pilas de ladrillos para compresión axial	194
Figura 105. Eliminación del mortero en las caras al asentar las pilas	195
Figura 106. Pilas para ensayo a compresión axial	195
Figura 107. Pilas para compresión axial con mortero patrón	196
Figura 108. Pilas para compresión axial con mortero adicionando 1% grafito.....	197
Figura 109. Pilas para compresión axial con mortero adicionando 3% grafito.....	198
Figura 110. Pilas para compresión axial con mortero adicionando 5% grafito.....	199
Figura 111. Preparación del capeado de yeso cemento para las pilas	200
Figura 112. Prismas de albañilería para ensayo de compresión axial.....	200
Figura 113. Medidas y masa de pilas para ensayo de compresión axial.....	201
Figura 114. Colocado de pila en la prensa al eje del cabezal	201
Figura 115. Ensayo de resistencia a compresión en prismas de albañilería	202
Figura 116. Pilas roturadas por compresión axial.....	202
Figura 117. Falla por aplastamiento local y pandeo de especímenes	206
Figura 118. Estructura para ensayo de resistencia de adherencia al cizalle.....	207
Figura 119. Dosificación y mezclado para ensayo de adherencia	208
Figura 120. Asentado del ladrillo para ensayo de adherencia al cizalle	209
Figura 121. Asentado de segundo ladrillo para ensayo de adherencia	209
Figura 122. Finalización de pilas para ensayo de adherencia.....	210
Figura 123. pilas para ensayo de adherencia al cizalle	210
Figura 124. Pilas para ensayo de adherencia con mortero tradicional.....	211

Figura 125. Pilas para ensayo de adherencia con mortero al 1% de grafito	211
Figura 126. Pilas para ensayo de adherencia con mortero al 3% de grafito	212
Figura 127. Pilas para ensayo de adherencia con mortero al 5% de grafito	212
Figura 128. Capeado de yeso cemento para pilas de adherencia al cizalle.....	213
Figura 129. Procedimiento de capeado para ensayo de adherencia al cizalle	213
Figura 130. Muestras para ensayo de resistencia de adherencia al cizalle	214
Figura 131. Pilas para ensayo de resistencia de adherencia al cizalle	214
Figura 132. Medidas y masa de pilas para ensayo adherencia al cizalle	215
Figura 133. Colocado de Muestra en la prensa al eje del cabezal	215
Figura 134. Ensayo de resistencia de adherencia al cizalle	216
Figura 135. Muestras roturadas por ensayo de adherencia al cizalle.....	216
Figura 136. Variación dimensional del ladrillo artesanal y la NTP 331.017.....	222
Figura 137. Variación dimensional y comparación con E.070.....	223
Figura 138. Resistencia a compresión (f_b) de ladrillos artesanales y E.070.....	224
Figura 139. Alabeo de ladrillo artesanal y de la NTE 0.70.....	225
Figura 140. Absorción máxima de ladrillos artesanales y la NTP 331.017.....	226
Figura 141. Variación del asentamiento (Slump).	227
Figura 142. Contenido de aire para las 4 dosificaciones.	229
Figura 143. Resistencia a compresión del mortero patrón en edades distintas.....	231
Figura 144. Resistencia a compresión del mortero con 1% de grafito	233
Figura 145. Resistencia a compresión del mortero con 3% de grafito	235
Figura 146. Resistencia a compresión del mortero con 5% de grafito	237
Figura 147. Evolución de resistencia a compresión de morteros.....	238
Figura 148. Tiempo vs resistencia a penetración del mortero patrón- M 01.	240
Figura 149. Tiempo vs resistencia a penetración del mortero patrón- M 02	241

Figura 150. Tiempo vs resistencia a penetración del mortero patrón- M 03.	242
Figura 151. Tiempo vs resistencia a penetración del mortero con 1% grafito-M01.....	244
Figura 152. Tiempo vs resistencia a penetración del mortero 1% de grafito-M02.....	245
Figura 153. Tiempo vs resistencia a penetración del mortero 1% de grafito-M03.....	246
Figura 154. Tiempo vs resistencia a penetración del mortero 3% de grafito-M01.....	248
Figura 155. Tiempo vs resistencia a penetración del mortero 3% de grafito-M02.....	249
Figura 156. Tiempo vs resistencia a penetración del mortero 3% de grafito-M03.....	250
Figura 157. Tiempo vs resistencia a penetración del mortero 5% de grafito-M01.....	252
Figura 158. Tiempo vs resistencia a penetración del mortero 5% de grafito-M02.....	253
Figura 159. Tiempo vs resistencia a penetración del mortero 5% de grafito-M03.....	254
Figura 160. Resumen del tiempo de fragua inicial de los morteros.....	256
Figura 161. Resumen del tiempo de fragua final de los morteros.	257
Figura 162. Resistencia a compresión de pilas para los morteros	260
Figura 163. Resistencia a adherencia al cizalle de morteros	263
Figura 164. Compra de materiales para la investigación.....	381
Figura 165. Compra de grafito a la empresa Carbón y Grafito Industrial SAC.	381
Figura 166. Laboratorio QA/QC Express donde se realizó la investigación.....	382
Figura 167. Resumen de los materiales usados en la investigación	382
Figura 168. Ensayos clasificatorios del agregado fino	383
Figura 169. Ensayo de compresión simple en unidades de albañilería.....	383
Figura 170. Mezcla del mortero.....	384
Figura 171. Ensayo de asentamiento y contenido de aire del mortero	384
Figura 172. Elaboración de probetas y resistencia a compresión	385
Figura 173. Elaboración de muestras para tiempo de fragua y penetrómetro	385
Figura 174. Recolección de datos de la penetración con agujas.....	386

Figura 175. Especímenes para ensayo de adherencia al cizalle.....	386
Figura 176. Especímenes para ensayo de compresión axial en pilas.....	387
Figura 177. Rotura de las muestras de adherencia y compresión axial	387

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Diagnóstico de Daño Sísmico en Arica	34
Tabla 2 Población y viviendas expuestas a intensidades > VIII (MM)	35
Tabla 3 Impacto en la población y viviendas en escenario de un sismo de 8.8Mw	36
Tabla 4 Variable independiente de la investigación	43
Tabla 5 Variables dependientes de la investigación	44
Tabla 6 Ensayos de unidades	63
Tabla 7 Clase de unidad de albañilería para fines estructurales	64
Tabla 8 Características del cemento Andino Tipo I.....	73
Tabla 9 Granulometría de la arena para mortero	75
Tabla 10 Clasificación de la forma de los agregados	77
Tabla 11 Textura de los agregados	78
Tabla 12 Fluidez del mortero para diversos tipos de estructuras.....	83
Tabla 13 Grupo control.....	89
Tabla 14 Grupo experimental	90
Tabla 15 Instrumentos de recolección de datos	91
Tabla 16 Granulometría del agregado fino	105
Tabla 17 Granulometría de la arena.....	106
Tabla 18 Pesos retenidos de análisis granulométrico	109
Tabla 19 Peso retenido promedio de análisis granulométrico	109
Tabla 20 Módulo de fineza del agregado fino	110
Tabla 21 Granulometría de la Muestra 1 de agregado fino	111
Tabla 22 Granulometría de la Muestra 2 de agregado fino	112
Tabla 23 Granulometría de la Muestra 3 de agregado fino	113
Tabla 24 Granulometría promedio de agregado fino.....	114

Tabla 25 Datos obtenidos del ensayo de peso específico y absorción.....	120
Tabla 26 Peso específico y absorción del agregado fino	120
Tabla 27 Peso unitario suelto del agregado fino.....	126
Tabla 28 Peso unitario compactado del agregado fino	126
Tabla 29 Contenido de humedad del agregado fino	129
Tabla 30 Equivalencias colores de la placa orgánica y colores estándar Gardner.....	131
Tabla 31 Ficha técnica del grafito de la empresa proveedora.....	134
Tabla 32 Variación dimensional (largo en mm) de ladrillos artesanales.....	140
Tabla 33 Variación dimensional (ancho en mm) de ladrillos artesanales	141
Tabla 34 Variación dimensional (altura en mm) de ladrillos artesanales	141
Tabla 35 Resultados de alabeo para los ladrillos artesanales	143
Tabla 36 Dimensiones de las muestras para compresión de ladrillos.....	147
Tabla 37 Resultados del ensayo de compresión axial de ladrillos artesanales	147
Tabla 38 Absorción de ladrillos artesanales	150
Tabla 39 Resumen de caracterización de los agregados.....	152
Tabla 40 Dosificación de materiales por m ³ de mortero.....	153
Tabla 41 Dosificación en volúmenes de los materiales por m ³ de mortero	156
Tabla 42 Diseño de mortero en volúmenes para 1m ³ , sin corrección.....	157
Tabla 43 Diseño de mortero en pesos para 1m ³ , sin corrección	158
Tabla 44 Diseño de mortero para 1m ³ , sin corrección.....	159
Tabla 45 Dosificación para 0.03 m ³ de mortero patrón.....	160
Tabla 46 Dosificación de 0.03 m ³ para mortero con 1% de grafito	163
Tabla 47 Dosificación de 0.03 m ³ para mortero con 3% de grafito	164
Tabla 48 Dosificación de 0.03 m ³ para mortero con 5% de grafito	165
Tabla 49 Asentamiento de mortero patrón y con grafito	169

Tabla 50 Contenido de aire de mortero patrón y experimental	171
Tabla 51 Numero de capas según espécimen	172
Tabla 52 Resistencia a la compresión del mortero Patrón.....	177
Tabla 53 Resistencia a la compresión del mortero con 1% de grafito.....	178
Tabla 54 Resistencia a la compresión del mortero con 3% de grafito.....	178
Tabla 55 Resistencia a la compresión del mortero con 5% de grafito.....	179
Tabla 56 Tiempo fragua para mortero patrón- M01	184
Tabla 57 Tiempo fragua para mortero patrón- M02	184
Tabla 58 Tiempo fragua para mortero patrón- M03	185
Tabla 59 Tiempo fragua para mortero con grafito al 1%- M01.....	185
Tabla 60 Tiempo fragua para mortero con grafito al 1%- M02.....	186
Tabla 61 Tiempo fragua para mortero con grafito al 1%- M03.....	186
Tabla 62 Tiempo fragua para mortero con grafito al 3%- M01.....	187
Tabla 63 Tiempo fragua para mortero con grafito al 3%- M02.....	187
Tabla 64 Tiempo fragua para mortero con grafito al 3%- M03.....	188
Tabla 65 Tiempo fragua para mortero con grafito al 5%- M01.....	188
Tabla 66 Tiempo fragua para mortero con grafito al 5%- M02.....	189
Tabla 67 Tiempo fragua para mortero con grafito al 5%- M03.....	189
Tabla 68 Factores de corrección por esbeltez	192
Tabla 69 Pilas para ensayo de compresión axial	193
Tabla 70 Dosificación para elaboración de pilas mortero de patrón	196
Tabla 71 Dosificación para pilas con mortero al 1% grafito	197
Tabla 72 Dosificación para pilas con mortero al 3% grafito	198
Tabla 73 Dosificación para pilas con mortero al 5% grafito	199
Tabla 74 Dimensiones de pilas con mortero patrón.....	204

Tabla 75 Dimensiones de pilas con mortero adicionando 1% de grafito	204
Tabla 76 Dimensiones de pilas con mortero adicionando 3% de grafito	204
Tabla 77 Dimensiones de pilas con mortero adicionando 5% de grafito	204
Tabla 78 Compresión axial para pilas con mortero patrón	205
Tabla 79 Compresión axial para pilas con mortero adicionando 1% grafito.....	205
Tabla 80 Compresión axial para pilas con mortero adicionando 3% grafito.....	205
Tabla 81 Compresión axial para pilas con mortero adicionando 5% grafito.....	205
Tabla 82 Tipos de falla observados en pilas sometidas a compresión.....	206
Tabla 83 Pilas para ensayo de resistencia de adherencia al cizalle.....	207
Tabla 84 Dimensión de pilas con mortero patrón para ensayo de adherencia.....	218
Tabla 85 Dimensión de pilas con mortero al 1% de grafito para adherencia	218
Tabla 86 Dimensión de pilas con mortero al 3% de grafito para adherencia	218
Tabla 87 Dimensión de pilas con mortero al 5% de grafito para adherencia	218
Tabla 88 Adherencia para pilas con mortero patrón	219
Tabla 89 Adherencia para pilas con mortero adicionando 1% de grafito.....	219
Tabla 90 Adherencia para pilas con mortero adicionando 3% de grafito.....	219
Tabla 91 Adherencia para pilas con mortero adicionando 5% de grafito.....	219
Tabla 92 Impurezas orgánicas del agregado fino.	220
Tabla 93 Variación dimensional de ladrillos artesanales.....	221
Tabla 94 Resistencia a compresión axial de ladrillo artesanal.	224
Tabla 95 Alabeo de los ladrillos artesanales.....	225
Tabla 96 Absorción máxima de ladrillos artesanales	226
Tabla 97 Asentamientos del mortero para mortero patrón y experimental	227
Tabla 98 Contenido de aire promedio para las dosificaciones de mortero	228
Tabla 99 Resistencia a compresión de mortero patrón con edad de 03 días.....	230

Tabla 100 Resistencia a compresión de mortero patrón con edad de 07 días.....	230
Tabla 101 Resistencia a compresión de mortero patrón con edad de 14 días.....	231
Tabla 102 Resistencia a compresión de mortero patrón con edad de 28 días.....	231
Tabla 103 Resistencia a compresión de mortero al 1% de grafito a 03 días.	232
Tabla 104 Resistencia a compresión de mortero al 1% de grafito a 07 días.	232
Tabla 105 Resistencia a compresión de mortero al 1% de grafito a 14 días.	233
Tabla 106 Resistencia a compresión de mortero al 1% de grafito a 28 días.	233
Tabla 107 Resistencia a compresión de mortero al 3% de grafito a 03 días.	234
Tabla 108 Resistencia a compresión de mortero al 3% de grafito a 07 días.	234
Tabla 109 Resistencia a compresión de mortero al 3% de grafito a 14 días.	235
Tabla 110 Resistencia a compresión de mortero al 3% de grafito a 28 días.	235
Tabla 111 Resistencia a compresión de mortero al 5% de grafito a 03 días.	236
Tabla 112 Resistencia a compresión de mortero con al 5% de grafito a 07 días.....	236
Tabla 113 Resistencia a compresión de mortero al 5% de grafito a 14 días.	237
Tabla 114 Resistencia a compresión de mortero al 5% de grafito a 28 días.	237
Tabla 115 Determinación del tiempo de Fragua del mortero patrón-Muestra 01.....	239
Tabla 116 Determinación del tiempo de Fragua del mortero patrón-Muestra 02.....	240
Tabla 117 Determinación del tiempo de Fragua del mortero patrón-Muestra 03.....	242
Tabla 118 Tiempo de Fragua del mortero con 1% de grafito-Muestra 01.....	243
Tabla 119 Tiempo de Fragua del mortero con 1% de grafito-Muestra 02.....	244
Tabla 120 Tiempo de Fragua del mortero con 1% de grafito-Muestra 03.....	246
Tabla 121. Tiempo de Fragua del mortero con 3% de grafito-Muestra 01.....	247
Tabla 122 Tiempo de Fragua del mortero con 3% de grafito-Muestra 02.....	249
Tabla 123 Tiempo de Fragua del mortero con 3% de grafito-Muestra 03.....	250
Tabla 124 Tiempo de Fragua del mortero con 5% de grafito-Muestra 01.....	251

Tabla 125 Tiempo de Fragua del mortero con 5% de grafito-Muestra 02.....	252
Tabla 126 Tiempo de Fragua del mortero con 5% de grafito-Muestra 03.....	254
Tabla 127 Resumen del tiempo de fragua inicial y final de los morteros.....	255
Tabla 128 Compresión de pilas de albañilería con mortero patrón a 28 días	258
Tabla 129 Compresión pilas de albañilería con mortero al 1% grafito a 28 días	259
Tabla 130 Compresión de pilas de albañilería con mortero de 3% grafito a 28 días	259
Tabla 131 Compresión de pilas de albañilería con mortero de 5% grafito a 28 días	260
Tabla 132 Resistencia de adherencia al cizalle del mortero patrón.	262
Tabla 133 Resistencia de adherencia del mortero al 1% de grafito.	262
Tabla 134 Resistencia de adherencia del mortero al 3% de grafito.	262
Tabla 135 Resistencia de adherencia del mortero al 5% de grafito.	263
Tabla 136 Comparación de resultados de resistencia a compresión.	264
Tabla 137 Comparación de resultados de tiempo de fragua.	264
Tabla 138 Comparación de resultados de compresión axial en pilas.	265
Tabla 139 Comparación de resultados de resistencia de adherencia al cizalle.	265
Tabla 140 Datos de resistencia a compresión para software SPSS V.25.....	269
Tabla 141 Estadísticos de resistencia a compresión del mortero a 3 días	270
Tabla 142 Prueba de normalidad para compresión del mortero 3 días.....	270
Tabla 143 Prueba Levene y t Student de compresión al 1% de grafito a 3 días.....	271
Tabla 144 Prueba Levene y t Student de compresión al 3% de grafito a 3 días.....	272
Tabla 145 Prueba Levene y t Student de compresión al 5% de grafito a 3 días.....	273
Tabla 146 Estadísticos de resistencia a compresión del mortero a 7 días	274
Tabla 147 Prueba de normalidad para compresión del mortero 7 días.....	274
Tabla 148 Prueba Levene y t Student de compresión al 1% de grafito a 7 días.....	275
Tabla 149 Prueba Levene y t Student de compresión al 3% de grafito a 7 días.....	276

Tabla 150 Prueba Levene y t Student de compresión al 5% de grafito a 7 días	277
Tabla 151 Estadísticos de resistencia a compresión del mortero a 14 días	278
Tabla 152 Prueba de normalidad para compresión del mortero 14 días	278
Tabla 153 Prueba Levene y t Student de compresión al 1% de grafito a 14 días	279
Tabla 154 Prueba Levene y t Student de compresión al 3% de grafito a 14 días	280
Tabla 155 Prueba Levene y t Student de compresión al 5% de grafito a 14 días	281
Tabla 156 Estadísticos de resistencia a compresión del mortero a 28 días	282
Tabla 157 Prueba de normalidad para compresión del mortero 28 días	282
Tabla 158 Prueba Levene y t Student de compresión al 1% de grafito a 28 días	283
Tabla 159 Prueba Levene y t Student de compresión al 3% de grafito a 28 días	284
Tabla 160 Prueba Levene y t Student de compresión al 5% de grafito a 28 días	285
Tabla 161 Datos de tiempo de fraguado del mortero para el software SPSS V.25	286
Tabla 162 Estadísticos descriptivos de tiempo de fragua inicial del mortero.....	287
Tabla 163 Prueba de normalidad para tiempo de fraguado inicial	287
Tabla 164 Prueba Levene y t Student de tiempo de fragua inicial con 1% grafito.....	288
Tabla 165 Prueba Levene y t Student de tiempo de fragua inicial con 3% grafito.....	289
Tabla 166 Prueba Levene y t Student de tiempo de fragua inicial con 5% grafito.....	290
Tabla 167 Estadísticos descriptivos de tiempo de fraguado final del mortero	291
Tabla 168 Prueba de normalidad para compresión del mortero 14 días.....	291
Tabla 169 Prueba Levene y t Student de tiempo de fragua final con 1% grafito	292
Tabla 170 Prueba Levene y t Student de tiempo de fragua final con 3% grafito	293
Tabla 171 Prueba Levene y t Student de tiempo de fragua final con 5% grafito	294
Tabla 172 Resistencia a compresión en pilas para software SPSS V.25	295
Tabla 173 Estadísticos de resistencia a compresión de pilas a 28 días.....	296
Tabla 174 Prueba de normalidad para compresión en pilas a 28 días	296

Tabla 175 Prueba Levene y t Student de resistencia en pilas al 1% grafito a 28 días	297
Tabla 176 Prueba Levene y t Student de resistencia en pilas al 3% grafito a 28 días	298
Tabla 177 Prueba Levene y t Student de resistencia en pilas al 5% grafito a 28 días	299
Tabla 178 Datos de resistencia de adherencia al cizalle para SPSS V.25	300
Tabla 179 Estadísticos de resistencia de adherencia al cizalle a 28 días	301
Tabla 180 Prueba de normalidad para adherencia al cizalle a 28 días.....	301
Tabla 181 Prueba Levene y t Student de adherencia al 1% de grafito a 28 días	302
Tabla 182 Prueba Levene y t Student de adherencia al 3% de grafito a 28 días	303
Tabla 183 Prueba Levene y t Student de adherencia al 5% de grafito a 28 días	304
Tabla 184 Resultados de las propiedades del mortero con adición de fibras de carbono.....	311
Tabla 185 Variación porcentual del mortero con fibras de carbono respecto al patrón	311
Tabla 186 Resultados de las propiedades del mortero con adición de grafito.....	311
Tabla 187 Variación porcentual del mortero con grafito respecto al patrón	312
Tabla 188 Costo del Mortero Patrón.....	313
Tabla 189 Costo del mortero con 1% de Grafito	313
Tabla 190 Costo del mortero con 3% de Grafito	313
Tabla 191 Costo del mortero con 5% de Grafito	313
Tabla 192 Costo del Mortero Patrón (0% de fibra de carbono).....	314
Tabla 193 Costo del mortero con 0.33% de fibra de carbono	314
Tabla 194 Costo del mortero con 0.66% de fibra de carbono	314
Tabla 195 Costo del mortero con 1.00% de fibra de carbono	314
Tabla 196 Cantidad de materiales del Mortero patrón para 1m ² de muro	316
Tabla 197 Cantidad de materiales del Mortero con 1% de grafito para 1m ² de muro	316
Tabla 198 Cantidad de materiales del Mortero con 3% de grafito para 1m ² de muro	316
Tabla 199 Cantidad de materiales del Mortero con 5% de grafito para 1m ² de muro	316

Tabla 200	Análisis de precios unitarios del muro con mortero patrón	317
Tabla 201	Análisis de precios unitarios del muro con mortero al 1% de grafito.....	318
Tabla 202	Análisis de precios unitarios del muro con mortero al 3% de grafito.....	318
Tabla 203	Análisis de precios unitarios del muro con mortero al 5% de grafito.....	319

RESUMEN

La presente investigación tiene como propósito evaluar la diferencia entre un mortero tradicional y un mortero con adición de grafito, específicamente la resistencia a la compresión, tiempo de fraguado y comportamiento mecánico de pilas de albañilería con ladrillos artesanales. Se aplicó el diseño cuasi experimental, para ello se usó probetas de 10 cm x 20 cm para someterlos a ensayos de compresión axial, tres muestras para el ensayo de tiempo de fragua y pilas de 3 ladrillos artesanales para la obtención de respuestas a compresión y adherencia al cizalle. Los testigos se elaboraron para un mortero patrón y 3 dosificaciones de grafito los cuales fueron de 1%, 3% y 5%, en relación al peso del cemento.

El desarrollo de la presente investigación comenzó con el análisis de las propiedades físicas del agregado fino y de las unidades de ladrillo, con los resultados de caracterización se diseñó la dosificación del mortero patrón, al cual se le adicionó las proporciones de grafito. Se determinó la resistencia a la compresión axial, tiempo de fraguado, asentamiento y contenido de aire del mortero, así como la resistencia de adherencia al cizalle y resistencia a compresión axial de las pilas de ladrillo. Los resultados evidencian una mejora en la mayoría de las propiedades físico-mecánicas del mortero.

En conclusión, el grafito favorece las propiedades del mortero; la dosis más óptima, que ofrece el mejor comportamiento frente al mortero patrón, es la de 1% de grafito, la cual incrementa los valores de tiempo de fragua y resistencia a compresión del mortero en 10.60% y 19.74%; mientras que la resistencia a compresión axial y adherencia al cizalle de las pilas incrementan en 22.37% y 12.45% respectivamente.

Palabras clave: Grafito, mortero patrón, resistencia, compresión axial, adherencia al cizalle.

ABSTRACT

The present research aims to evaluate the difference between a traditional mortar and a mortar with added graphite, specifically the resistance to compression, setting time and mechanical behavior of masonry piles with artisan bricks. The quasi-experimental design was applied, for this, 10 cm x 20 cm specimens were used to subject them to axial compression tests, three samples for the setting time test and stacks of 3 artisan bricks to obtain responses to compression and adherence to the shear. The controls were made for a standard mortar and 3 graphite dosages which were 1%, 3% and 5%, in relation to the weight of the cement.

The development of the present investigation began with the analysis of the physical properties of the aggregates and of the brick units, with the characterization results the dosage of the standard mortar was designed, to which the proportions of graphite were added. The resistance to axial compression, setting time, settlement and air content of the mortar, as well as the resistance of adherence to shear and resistance to axial compression of the brick piles were determined. The results show an improvement in most of the physical-mechanical properties of the mortar.

In conclusion, graphite favors the properties of mortar; the most optimal dose, which offers the best performance against the standard mortar, is that of 1% graphite, which increases the values of setting time and compressive strength of the mortar by 10.60% and 19.74%; while the resistance to axial compression and adherence to shear of the piles increased by 22.37% and 12.45% respectively.

Keywords: Graphite, standard mortar, strength, axial compression, shear bond.