

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES ADICIONANDO  
RESIDUOS DE CARTÓN, CHOTA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**Autor: JOSÉ ISMAÉL BENAVIDES CIEZA**

**Asesor: Mg. Ing. MIGUEL ÁNGEL SILVA TARRILLO**

**CHOTA – PERÚ**

**2021**



## FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNACH

### 1. DATOS DEL AUTOR:

Apellidos y nombres: Benavides Cieza José Ismaél

Código del alumno: 2014050121

Correo electrónico: 2014050121@unach.edu.pe

Teléfono: 978090871

DNI: 77675033

### 2. MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

Tesis

### 3. TÍTULO PROFESIONAL O GRADO ACADÉMICO:

Bachiller

Licenciado

Título

Magister

Segunda especialidad

Doctor

### 4. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Evaluación de ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón, Chota

### 5. FACULTAD DE: Ciencias de la Ingeniería

### 6. ESCUELA PROFESIONAL DE: Ingeniería Civil

### 7. ASESOR:

Apellidos y Nombres: Silva Tarrillo Miguel Ángel

Teléfono: 967904967

Correo electrónico: masilvat@unach.edu.pe

D.N.I: 45606229

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Autónoma de Chota publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNACH, versión digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

FIRMA: JOSÉ ISMAÉL BENAVIDES CIEZA  
DNI. 77675033

Fecha, 30 de diciembre de 2021



**COPYRIGHT @ 2021 by**

**JOSÉ ISMAÉL BENAVIDES CIEZA**

**Todos los derechos reservados**

**EVALUACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES ADICIONANDO RESIDUOS  
DE CARTÓN, CHOTA**

**POR:**

**JOSÉ ISMAÉL BENAVIDES CIEZA.**

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional  
Autónoma de Chota para optar el título de  
INGENIERO CIVIL**

**APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR**



Mg. Ing. Jane Alvarez Llanos  
Reg. CIP 78807

---

**Mg. Ing. Jane Elizabeth Álvarez Llanos  
PRESIDENTA**



---

**Mg. Ing. José Luis Silva Tarrillo  
SECRETARIO**



---

**Mg. Ing. Edwar Cieza Sánchez  
VOCAL**



## **AGRADECIMIENTOS**

*A la Universidad Nacional Autónoma de Chota por la formación brindada, gracias a todos mis docentes que fueron impartíendome conocimiento a lo largo de mi formación universitaria, a los encargados de los diferentes laboratorios, gracias a mis compañeros y amigos que de alguna u otra forma aportaron conocimiento conmigo.*

*A mis padres y hermanos que me brindaron su apoyo para la realización de mi tesis y culminación de mi carrera profesional.*

*A mi asesor Mg. Ing. Miguel Silva Tarrillo por su asesoramiento para la ejecución de la presente Tesis.*

*Muchas gracias*

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por proporcionarme fortaleza, la sabiduría e intelecto y haberme guiado para seguir adelante y conseguir mis aspiraciones.*

*A mis progenitores y hermanos, por su apoyo honesto, financiero y por alentarme siempre conseguir mis metas, los llevo en el corazón.*

*A mis maestros de la “Universidad Nacional Autónoma de Chota” por haberme guiado en mi formación de mi carrera profesional.*

*Finalmente, esta tesis va dedicada a todas las personas que emplean su tiempo en la búsqueda de nuevos conocimientos.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	xxxí
RESUMEN.....	xxxii
ABSTRACT.....	xxxiii
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema .....	3
1.3. Justificación e Importancia.....	3
1.4. Delimitación de la Investigación.....	4
1.5. Limitaciones.....	5
1.6. Objetivos.....	5
1.6.1. Objetivo General .....	5
1.6.2. Objetivos Específicos.....	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de la investigación.....	6
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	6
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	7
2.1.3. Antecedentes regionales.....	8
2.2. Bases teóricas.....	10
2.2.1. Aspectos generales .....	10
2.2.2. Residuos sólidos.....	10



2.2.3. El Cartón .....	11
2.2.4. La arcilla.....	14
2.2.5. Calidad de la materia prima en elementos cerámicos .....	18
2.2.6. Procesos de fabricación de ladrillos .....	19
2.2.7. Unidad de Albañilería .....	20
2.2.8. Tipología .....	20
2.2.9. Unidades de arcilla .....	21
2.2.10. Materia prima para la elaboración de los especímenes .....	21
2.2.11. Fabricación .....	21
2.2.12. Propiedades físicas y mecánicas.....	22
2.2.13. Clasificación de la unidad para fines estructurales .....	28
2.2.14. Limitaciones para fines estructurales .....	29
2.2.15. Propiedades de la albañilería simple .....	30
2.2.16. Mortero.....	33
2.3. Definición de términos.....	36
CAPITULO III: PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS Y VARIABLES .....	39
3.1. Hipótesis.....	39
3.2. Variables.....	39
3.2.1. Variable Independiente .....	39
3.2.2. Variable Dependiente .....	39
3.3. Operalización de variables.....	40

CAPITULO IV: MARCO METODOLOGICO .....	41
4.1. Ubicación geográfica del estudio.....	41
4.2. Unidad de análisis, población y muestra.....	43
4.2.1. Unidad de análisis .....	43
4.2.2. Unidad de observación .....	43
4.2.3. Población.....	43
4.2.4. Muestra.....	44
4.3. Tipo y descripción del diseño de investigación.....	44
4.3.1. Tipo de investigación .....	44
4.3.2. Diseño de investigación .....	45
4.3.3. Métodos de investigación.....	52
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	74
4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de información.....	75
4.5.1. Análisis de laboratorio .....	75
4.5.2. Análisis estadístico .....	75
4.5.3. Análisis comparativo.....	76
4.6. Matriz de consistencia metodológica.....	77
CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	78
5.1. Presentación de resultados.....	78
5.1.1. Clasificación de suelo según SUCS .....	78
5.1.2. Ensayos para los residuos de cartón.....	81

5.1.3. Pruebas clasificatorias para la unidad propuesta.....	84
5.1.4. Ensayos no clasificatorios para la unidad de albañilería.....	99
5.1.5. Ensayos de albañilería simple .....	111
5.1.6. Ensayo al mortero.....	118
5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados.....	122
5.2.1. Clasificación de la muestra de suelo .....	122
5.2.2. Ensayos para analizar las propiedades de los residuos de cartón.....	124
5.2.3. Análisis de las pruebas clasificatorias de la unidad .....	125
5.2.4. Análisis de las pruebas no clasificatorias de la unidad propuesta.....	131
5.2.5. Análisis de resultados de albañilería simple .....	133
5.2.6. Ensayos a los componentes del mortero .....	136
5.2.7. Análisis de costos unitarios para la fabricación de ladrillos .....	138
5.3. Contrastación de la hipótesis.....	141
CONCLUSIONES.....	142
RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS .....	144
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	145
APENDICES .....	150
Apéndice 1. Diseño de mezcla del suelo SC con adición al 1% de cartón reciclado .....	150
Apéndice 2. Diseño de mezcla del suelo SC con adición al 3% de cartón reciclado.....	151
Apéndice 3. Diseño de mezcla del suelo SC con adición al 5% de cartón reciclado.....	152



Apéndice 4. Diseño de mezcla del suelo SC con adición al 7% de cartón reciclado.....	153
Apéndice 5. Diseño de mezcla del suelo SC con adición al 10% de cartón reciclado...	154
Apéndice 6. Diseño analítico del mortero .....	155
Apéndice 7. Cálculo de la transmitancia térmica en muros con ladrillos base según Norma EM.110.....	156
Apéndice 8. Diseño de máquina trituradora de cartón .....	157
Apéndice 9. Panel fotográfico .....	159
ANEXOS.....	172
Anexo 1. Autorización para realizar ensayos en laboratorio externo .....	172
Anexo 2. Ficha técnica del cemento Portland Tipo Ico (Pacasmayo).....	173
Anexo 3. Ficha de “límites de consistencia” del suelo.....	174
Anexo 4. Ficha de “análisis granulométrico” del suelo.....	175
Anexo 5. Ficha de clasificación de suelos según SUCS.....	176
Anexo 6. Ficha de “análisis granulométrico” del cartón triturado .....	177
Anexo 7. Ficha de “contenido de humedad” del cartón triturado.....	178
Anexo 8. Ficha de “peso específico y absorción” del cartón triturado.....	179
Anexo 9. Ficha de “peso unitario y porcentaje de vacíos” del cartón triturado .....	180
Anexo 10. Ficha de “análisis granulométrico del agregado fino” .....	181
Anexo 11. Ficha de “contenido de humedad del agregado fino” .....	182
Anexo 12. Ficha de “peso específico y absorción del agregado fino” .....	183

Anexo 13. Ficha de “peso unitario y porcentaje de vacíos del agregado fino” .....	184
Anexo 14. Ficha de “variación dimensional” del ladrillo patrón .....	185
Anexo 15. Ficha de “variación dimensional” del ladrillo con adición al 1% de CR .....	186
Anexo 16. Ficha de “variación dimensional” del ladrillo con adición al 3% de CR.....	187
Anexo 17. Ficha de “variación dimensional” del ladrillo con adición al 5% de CR.....	188
Anexo 18. Ficha de “variación dimensional” del ladrillo con adición al 7% de CR.....	189
Anexo 19. Ficha de “variación dimensional” del ladrillo con adición al 10% CR .....	190
Anexo 20. Ficha de “alabeo” del ladrillo patrón .....	191
Anexo 21. Ficha de “alabeo” del ladrillo con adición al 1% de cartón reciclado .....	192
Anexo 22. Ficha de “alabeo” del ladrillo con adición al 3% de cartón reciclado .....	193
Anexo 23. Ficha de “alabeo” del ladrillo con adición al 5% de cartón reciclado .....	194
Anexo 24. Ficha de “alabeo” del ladrillo con adición al 7% de cartón reciclado .....	195
Anexo 25. Ficha de “alabeo” del ladrillo con adición al 10% de cartón reciclado .....	196
Anexo 26. Ficha de “resistencia a la compresión” del ladrillo patrón (base) .....	197
Anexo 27. Ficha de “resistencia a compresión” del ladrillo con 1% de CR .....	198
Anexo 28. Ficha de “resistencia a compresión” del ladrillo con 3% de CR .....	199
Anexo 29. Ficha de “resistencia a compresión” del ladrillo con 5% de CR .....	200

Anexo 30. Ficha de “resistencia a compresión” del ladrillo con 7% de CR .....	201
Anexo 31. Ficha de “resistencia a compresión” del ladrillo con 10% de CR .....	202
Anexo 32. Ficha de “succión, absorción y densidad” del ladrillo patrón.....	203
Anexo 33. Ficha de “succión, absorción y densidad” del ladrillo con 1% de CR.....	204
Anexo 34. Ficha de “succión, absorción y densidad” del ladrillo con 3% de CR.....	205
Anexo 35. Ficha de “succión, absorción y densidad” del ladrillo con 5% de CR.....	206
Anexo 36. Ficha de “succión, absorción y densidad” del ladrillo con 7% de CR.....	207
Anexo 37. Ficha de “succión, absorción y densidad” del ladrillo con 10% de CR.....	208
Anexo 38. Ficha de “módulo de rotura” del ladrillo patrón .....	209
Anexo 39. Ficha de “módulo de rotura” del ladrillo con 1% de CR .....	210
Anexo 40. Ficha de “módulo de rotura” del ladrillo con 3% de CR .....	211
Anexo 41. Ficha de “módulo de rotura” del ladrillo con 5% de CR .....	212
Anexo 42. Ficha de “módulo de rotura” del ladrillo con 7% de CR .....	213
Anexo 43. Ficha de “módulo de rotura” del ladrillo con 10% de CR .....	214
Anexo 44. Ficha de “eflorescencia” del ladrillo patrón.....	215
Anexo 45. Ficha de “eflorescencia” del ladrillo con 1% de CR.....	216
Anexo 46. Ficha de “eflorescencia” del ladrillo con 3% de CR.....	217
Anexo 47. Ficha de “eflorescencia” del ladrillo con 5% de CR.....	218
Anexo 48. Ficha de “eflorescencia” del ladrillo con 7% de CR.....	219
Anexo 49. Ficha de “eflorescencia” del ladrillo con 10% de CR.....	220
Anexo 50. Ficha de “resistencia en compresión de prismas” de ladrillos patrón.....	221



Anexo 51. Ficha de “resistencia en compresión de prismas” de ladrillos al 1% CR.....	222
Anexo 52. Ficha de “compresión diagonal en muretes” de ladrillos patrón .....	223
Anexo 53. Ficha de “compresión diagonal en muretes” de ladrillos con 1% de CR .....	224
Anexo 54. Ficha de “compresión de testigos” cúbicos de mortero.....	225

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relatividad entre el contenido químico de la corteza terrestre y la arcilla roja común .....	15
Tabla 2. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales .....	28
Tabla 3. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.....	29
Tabla 4. Incremento de $f'm$ y $v'm$ por edad .....	30
Tabla 5. Resistencias características de albañilería simple en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	31
Tabla 6. Factores de corrección de $f'm$ por esbeltez según Norma E.070 .....	31
Tabla 7. Factores de corrección altura / espesor para la resistencia en compresión de pilas de albañilería según NTP 399.605.....	32
Tabla 8. Abertura de tamices y uso granulométrico .....	34
Tabla 9. Tipos de mortero.....	35
Tabla 10. Matriz de operacionalización de variables en estudio.....	40
Tabla 11. Cantidad de unidades de arcilla ensayadas en laboratorio .....	44
Tabla 12. Tipo de investigación según los principales criterios.....	45
Tabla 13. Fuentes, técnicas e instrumentos para la recolección de los datos de cada variable .....	75
Tabla 14. Matriz de consistencia .....	77
Tabla 15. Resultados del ensayo de límite líquido .....	78
Tabla 16. Resultados del ensayo de límite plástico .....	79

Tabla 17. Resultados del ensayo de análisis granulométrico mediante tamizado por lavado .....	79
Tabla 18. Resultados del suelo para la fabricación de unidades artesanales.....	80
Tabla 19. Resultados del ensayo granulométrico de los residuos de cartón .....	81
Tabla 20. Resultados del ensayo de contenido de humedad de los residuos de cartón..	82
Tabla 21. Resultados del ensayo de densidad relativa (peso específico) y absorción de los residuos de cartón .....	83
Tabla 22. Resultados del ensayo de peso apisonado de los residuos de cartón.....	83
Tabla 23. Resultados del ensayo de peso suelto de los residuos de cartón .....	84
Tabla 24. Resultados del ensayo de cambio de longitud de la unidad base .....	84
Tabla 25. Resultados del ensayo de cambio de longitud del espécimen con adición al 1 % de residuos de cartón .....	85
Tabla 26. Resultados del ensayo de cambio de longitud del espécimen con adición al 3 % de residuos de cartón .....	85
Tabla 27. Resultados del ensayo de cambio de longitud del espécimen con adición al 5 % de residuos de cartón .....	86
Tabla 28. Resultados del ensayo de cambio de longitud del espécimen con adición al 7 % de residuos de cartón .....	86
Tabla 29. Resultados del ensayo de cambio de longitud del espécimen con adición al 10 % de residuos de cartón .....	87
Tabla 30. Resultados de la medida de alabeo del espécimen patrón.....	88

Tabla 31. Resultados la medida de alabeo del espécimen con adición al 1 % de residuos de cartón .....	88
Tabla 32. Resultados de la medida de alabeo del espécimen con adición al 3 % de residuos de cartón .....	89
Tabla 33. Resultados de la medida de alabeo del espécimen con adición al 5 % de residuos de cartón .....	89
Tabla 34. Resultados de la medida de alabeo del espécimen con adición al 7 % de residuos de cartón .....	90
Tabla 35. Resultados de la medida de alabeo del espécimen con adición al 10 % de residuos de cartón .....	90
Tabla 36. Resultados de “la resistencia a la compresión” del espécimen patrón .....	91
Tabla 37. Resultados de “la resistencia a compresión” del espécimen con adición al 1 % de residuos de cartón .....	91
Tabla 38. Resultados de “la de resistencia a compresión” del espécimen con adición al 3 % de residuos de cartón .....	92
Tabla 39. Resultados de “la resistencia a compresión” del espécimen con adición al 5 % de residuos de cartón .....	92
Tabla 40. Resultados de “la resistencia a compresión” del espécimen con adición al 7 % de residuos de cartón .....	92
Tabla 41. Resultados de “la resistencia a compresión” del espécimen con adición al 10 % de residuos de cartón .....	93
Tabla 42. Resultados de “esfuerzo vs deformación unitaria” de la unidad base .....	93

Tabla 43. Resultados de “esfuerzo vs deformación unitaria” del espécimen con adición al 1 % de residuos de cartón .....	94
Tabla 44. Resultados de “esfuerzo vs deformación unitaria” del espécimen con adición al 3 % de residuos de cartón .....	95
Tabla 45. Resultados de “esfuerzo vs deformación unitaria” del espécimen con adición al 5 % de residuos de cartón .....	96
Tabla 46. Resultados de “esfuerzo vs deformación unitaria” del espécimen con adición al 7 % de residuos de cartón .....	97
Tabla 47. Resultados de “esfuerzo vs deformación unitaria” del espécimen con adición al 10 % de residuos de cartón .....	98
Tabla 48. Módulos de elasticidad de unidades de arcilla adicionando residuos de cartón .....	99
Tabla 49. Resultados del ensayo de succión, absorción y densidad del ladrillo patrón. ....	100
Tabla 50. Resultados del ensayo de succión, absorción y densidad del ladrillo con adición al 1 % de residuos de cartón .....	101
Tabla 51. Resultados del ensayo de succión, absorción y densidad del ladrillo con adición al 3 % de residuos de cartón .....	102
Tabla 52. Resultados del ensayo de succión, absorción y densidad del ladrillo con adición al 5 % de residuos de cartón .....	103
Tabla 53. Resultados del ensayo de succión, absorción y densidad del ladrillo con adición al 7 % de residuos de cartón .....	104

Tabla 54. Resultados del ensayo de succión, absorción y densidad del ladrillo con adición al 10 % de residuos de cartón .....	105
Tabla 55. Resultados del ensayo de flexión del ladrillo patrón.....	106
Tabla 56. Resultados del ensayo de flexión del ladrillo con adición al 1 % de residuos de cartón .....	106
Tabla 57. Resultados del ensayo de flexión del ladrillo con adición al 3 % de residuos de cartón .....	106
Tabla 58. Resultados del ensayo de flexión del ladrillo con adición al 5 % de residuos de cartón .....	107
Tabla 59. Resultados del ensayo de flexión del ladrillo con adición al 7 % de residuos de cartón .....	107
Tabla 60. Resultados del ensayo de flexión del ladrillo con adición al 10 % de residuos de cartón .....	107
Tabla 61. Resultados del ensayo de eflorescencia del ladrillo patrón.....	108
Tabla 62. Resultados del ensayo de eflorescencia del ladrillo con adición al 1 % de residuos de cartón .....	108
Tabla 63. Resultados del ensayo de eflorescencia del ladrillo con adición al 3 % de residuos de cartón .....	109
Tabla 64. Resultados del ensayo de eflorescencia del ladrillo con adición al 5 % de residuos de cartón .....	109
Tabla 65. Resultados del ensayo de eflorescencia del ladrillo con adición al 7 % de residuos de cartón .....	110

Tabla 66. Resultados del ensayo de eflorescencia del ladrillo con adición al 10 % de residuos de cartón .....	110
Tabla 67. Resultados de “la compresión axial en pilas” de ladrillos sin adición de residuos de cartón según NTP 399.605 .....	111
Tabla 68. Resultados de “la compresión axial en pilas” de ladrillos sin adición de residuos de cartón según Norma E.070 Albañilería.....	111
Tabla 69. Resultados de “la compresión axial en pilas” de ladrillos con adición al 1 % de residuos de cartón según NTP 399.605 .....	112
Tabla 70. Resultados de “la compresión axial en pilas” de ladrillos con adición al 1 % de residuos de cartón según Norma E.070 Albañilería .....	112
Tabla 71. Resultados del “esfuerzo vs deformación unitaria en pilas” sin adición de residuos de cartón .....	113
Tabla 72. Resultados del “esfuerzo vs deformación unitaria en pilas” con adición al 1 % de residuos de cartón .....	114
Tabla 73. Resultados del “módulo de elasticidad en pilas” de ladrillos artesanales ....	114
Tabla 74. Resultados de muretes sin adición de residuos de cartón.....	115
Tabla 75. Resultados de muretes con adición al 1 % de residuos de cartón .....	115
Tabla 76. Resultados del “esfuerzo cortante vs deformación angular en muretes” sin adición de cartón reciclado .....	116
Tabla 77. Resultados del “esfuerzo cortante vs deformación angular en muretes” con adición al 1 % de cartón reciclado.....	116
Tabla 78. Resultados del “módulo de corte” de unidades con adición de cartón.....	117

Tabla 79. Resultados de granulometría de la arena gruesa para mortero .....	118
Tabla 80. Resultados de humedad de la arena para mortero .....	119
Tabla 81. Resultados de la densidad relativa y absorción de la arena para mortero ....	119
Tabla 82. Resultados del peso apisonado de la arena para mortero .....	120
Tabla 83. Resultados del peso suelto de la arena para mortero.....	120
Tabla 84. Resultados de la compresión a testigos de mortero (1:4).....	121
Tabla 85. Resultados del “esfuerzo vs deformación unitaria” a testigos de mortero (1:4) .....	121
Tabla 86. Resultado del “módulo de elasticidad” a testigos de mortero (1:4) .....	122
Tabla 87. Análisis de resultados de la variación dimensional de las unidades propuestas .....	125
Tabla 88. Resumen del alabeo de los ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón .....	128
Tabla 89. Resumen de “resistencia a compresión” promedio para cada porcentaje de adición .....	129
Tabla 90. Análisis de la humedad natural (Hn), absorción (A), absorción máxima (Am), coeficiente de saturación (CS), succión (S) y densidad (D) de los ladrillos artesanales.. .....	131
Tabla 91. Resumen de la tracción por flexión de las unidades con adición de cartón reciclado.....	132
Tabla 92. Discrepancias entre resultados prácticos y teóricos del “ <i>f<sub>m</sub></i> , <i>E<sub>m</sub></i> y <i>G<sub>m</sub></i> ” ...	135
Tabla 93. Análisis de resistencia al corte .....	136



Tabla 94. Trituración de residuos de cartón .....	138
Tabla 95. Fabricación de ladrillos artesanales sin adición de residuos de cartón .....	138
Tabla 96. Fabricación de ladrillos artesanales con adición al 1% de residuos de cartón .....	139
Tabla 97. Fabricación de ladrillos artesanales con adición al 3% de residuos de cartón .....	139
Tabla 98. Fabricación de ladrillos artesanales con adición al 5% de residuos de cartón .....	139
Tabla 99. Fabricación de ladrillos artesanales con adición al 7% de residuos de cartón .....	140
Tabla 100. Fabricación de ladrillos artesanales con adición al 10% de residuos de cartón .....	140

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Medida del cambio de longitud.....	23
Figura 2. Medida de alabeo .....	23
Figura 3. Compresión de materiales .....	24
Figura 4. Esfuerzo a la tracción .....	25
Figura 5. Esfuerzo a la compresión .....	25
Figura 6. Esfuerzo al corte.....	26
Figura 7. Acortamiento relativo a la compresión .....	26
Figura 8. Similitud entre la falla en el ensayo de corte y un sismo .....	32
Figura 9. Granulometría de la arena .....	34
Figura 10. Ubicación de los laboratorios de la Universidad Nacional Autónoma de Chota .....	41
Figura 11. Ubicación de la cantera de arcilla y horno de fabricación de ladrillos artesanales.....	42
Figura 12. Ubicación de la planta recicladora Leo .....	43
Figura 13. Ubicación de la cantera de arcilla .....	46
Figura 14. Obtención, almacén y trituración de los residuos de cartón .....	47
Figura 15. Molino triturador de arcillas y mezcla de residuos de cartón .....	48
Figura 16. Moldeo de ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón .....	49
Figura 17. Secado de las unidades de arcilla fabricadas con adición de residuos de cartón .....	49

Figura 18. Horneado de los ladrillos artesanales.....	50
Figura 19. Clasificación de los ladrillos artesanales .....	50
Figura 20. Procedimiento experimental del diseño de mezclas de arcilla – cartón – agua .....	51
Figura 21. Ensayos de laboratorio para la clasificación de suelos .....	53
Figura 22. Ensayos de análisis de los residuos de cartón .....	54
Figura 23. Ensayo de densidad, densidad relativa y absorción del cartón .....	55
Figura 24. Ensayo de peso unitario suelto y compactado de los residuos de cartón.....	57
Figura 25. Procedimiento de ensayo de variación dimensional .....	58
Figura 26. Medida de alabeo de las unidades de arcilla con adición de cartón.....	59
Figura 27. Ensayo de compresión de especímenes con adición de cartón .....	60
Figura 28. Ensayo de densidad, absorción y succión de las unidades artesanales con adición de cartón.....	63
Figura 29. Procedimiento de ensayo de flexión de los especímenes fabricados.....	65
Figura 30. Ensayo de eflorescencia de las unidades con arcilla y cartón fabricados artesanalmente .....	66
Figura 31. Ensayo a la compresión en pilas de unidades con adición de cartón.....	68
Figura 32. Ensayo de compresión diagonal en muretes de unidades artesanales.....	70
Figura 33. Ensayo de contenido de humedad y granulometría del agregado fino.....	72
Figura 34. Ensayo de peso apisonado y suelto, densidad relativa y absorción del agregado fino.....	73

Figura 35. Ensayo de compresión de testigos de mortero 1:4 (cemento: arena).....	74
Figura 36. Grafica de límite líquido .....	78
Figura 37. Curva granulométrica del suelo arcilloso.....	80
Figura 38. Carta de plasticidad de Casagrande.....	81
Figura 39. Curva granulométrica de los residuos de cartón .....	82
Figura 40. Gráfica de “esfuerzo vs deformación unitaria” de la unidad base .....	94
Figura 41. Grafica de “esfuerzo vs deformación unitaria” del espécimen con adición al 1 % de residuos de cartón.....	95
Figura 42. Grafica de “esfuerzo vs deformación unitaria” del espécimen con adición al 3 % de residuos de cartón.....	96
Figura 43. Grafica de “esfuerzo vs deformación unitaria” del espécimen con adición al 5 % de residuos de cartón.....	97
Figura 44. Grafica de “esfuerzo vs deformación unitaria” del espécimen con adición al 7 % de residuos de cartón.....	98
Figura 45. Grafica de “esfuerzo vs deformación unitaria” del espécimen con adición al 10 % de residuos de cartón.....	99
Figura 46. Grafica de “esfuerzo vs deformación unitaria de pilas” de control .....	113
Figura 47. Grafica de “esfuerzo vs deformación unitaria de pilas” con 1 % de cartón reciclado.....	114
Figura 48. Grafica del “esfuerzo cortante vs deformación angular en muretes” sin adición de cartón reciclado.....	116

Figura 49. Gráfica del “esfuerzo cortante vs deformación angular en muretes” con adición al 1 % de cartón reciclado.....	117
Figura 50. Curva granulométrica de la arena gruesa para mortero .....	118
Figura 51. Gráfica del “esfuerzo vs deformación unitaria” a testigos de mortero (1:4).....	122
Figura 52. Gráfica del cambio dimensional del largo de las unidades .....	126
Figura 53. Gráfica del cambio dimensional del ancho de las unidades.....	127
Figura 54. Gráfica del cambio dimensional del alto de las unidades .....	127
Figura 55. Grafica de concavidad y convexidad de los ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón .....	128
Figura 56. Gráfica de resistencia de los ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón .....	129
Figura 57. Gráfica de los “módulos de elasticidad” de las unidades artesanales con adición de residuos de cartón .....	130
Figura 58. Gráfica de comparación de resistencia de pilas entre la norma E.070 Albañilería y la NTP 339.605.....	133
Figura 59. Gráfica del esfuerzo cortante ( $V'm$ ) en muretes de albañilería .....	134
Figura 60. Costo unitario de la fabricación de ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón .....	141
Figura 61. Muestreo del suelo de la cantera Chilcapampa, Bambamarca.....	159
Figura 62. Ensayo de limites de consistencia.....	159
Figura 63. Ensayo “granulométrico mediante tamizado por lavado”.....	160

Figura 64. Trituración del cartón reciclado .....	160
Figura 65. “Análisis granulométrico” del cartón triturado .....	161
Figura 66. “Contenido de humedad” del cartón triturado .....	161
Figura 67. Ensayo de “peso específico y absorción” del cartón triturado.....	162
Figura 68. Ensayo de “peso suelto y apisonado” del cartón triturado.....	162
Figura 69. Preparación de la pasta de ladrillo artesanal con adiciones de cartón triturado .....	163
Figura 70. Moldeo de ladrillos artesanales con adiciones de cartón triturado .....	163
Figura 71. Secado de ladrillos artesanales con adiciones de cartón triturado .....	164
Figura 72. Quemado de ladrillos artesanales con adiciones de cartón triturado .....	164
Figura 73. Almacén y despacho de las unidades fabricadas con adiciones de cartón triturado .....	165
Figura 74. Ensayo de “variación dimensional” de los especímenes con adiciones de cartón reciclado.....	165
Figura 75. Ensayo de “alabeo” de las unidades con adiciones de cartón reciclado .....	166
Figura 76. Ensayo de compresión a los especímenes con adiciones de cartón reciclado .....	166
Figura 77. Ensayo de “absorción, densidad y succión” de los bloques de arcilla con adiciones de cartón reciclado.....	167
Figura 78. Ensayo de “módulo de rotura” de las unidades con adiciones de cartón reciclado.....	167
Figura 79. Ensayo de “eflorescencia” de los unidades planteadas .....	168

Figura 80. Ensayo de “resistencia a compresión de pilas” con adiciones de cartón reciclado.....	168
Figura 81. Ensayo de “compresión diagonal en muretes” con adiciones de cartón reciclado .....	169
Figura 82. Ensayo de “análisis granulométrico del agregado fino” para mortero.....	169
Figura 83. Ensayo de “contenido de humedad evaporable del agregado fino” para mortero .....	170
Figura 84. Ensayo de “peso específico y absorción del agregado fino” para mortero .....	170
Figura 85. Ensayo de “peso suelto y apisonado del agregado fino” para mortero .....	171
Figura 86. Ensayo de “resistencia a la compresión” de testigos de mortero .....	171

## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Deformación unitaria ( $E_u$ ).....	26
Ecuación 2. Módulo de elasticidad ( $E_m$ ) .....	27
Ecuación 3. Densidad relativa seca ( $DR_s$ ).....	55
Ecuación 4. Densidad relativa saturada de superficie seca ( $DR_{sss}$ ).....	55
Ecuación 5. Densidad relativa aparente ( $DRA$ ) .....	55
Ecuación 6. Absorción en porcentaje ( $Abs$ ) .....	55
Ecuación 7. Densidad de masa ( $M$ ).....	56
Ecuación 8. Densidad de masa de superficie seca ( $M_{ss}$ ).....	56
Ecuación 9. Porcentaje de vacíos .....	56
Ecuación 10. Largo promedio del espécimen.....	58
Ecuación 11. Ancho promedio del espécimen.....	58
Ecuación 12. Alto promedio del espécimen .....	58
Ecuación 13. Variación dimensional ( $V\%$ ) .....	58
Ecuación 14. Resistencia a la compresión ( $f_b$ ).....	60
Ecuación 15. Resistencia a la compresión característica ( $f'_b$ ) .....	60
Ecuación 16. Deformación unitaria ( $E_u$ ).....	61
Ecuación 17. Módulo de rotura ( $f'_t$ ).....	64
Ecuación 18. Resistencia a compresión axial en pilas ( $f_m$ ) .....	67
Ecuación 19. Resistencia a compresión axial característica en pilas ( $f'_m$ ).....	67
Ecuación 20. Módulo de elasticidad en pilas ( $E_m$ ).....	69
Ecuación 21. Resistencia al corte en muretes ( $V_m$ ) .....	70
Ecuación 22. Resistencia a la corte característica en muretes ( $V'_m$ ).....	70



Ecuación 23. Módulo de corte ( $G_m$ ) .....	71
Ecuación 24. Promedio ( $\bar{x}$ ).....	76
Ecuación 25. La varianza ( $S^2$ ) .....	76
Ecuación 26. Desviación estándar ( $S_n$ ) .....	76
Ecuación 27. Coeficiente de variación ( $V$ ).....	76
Ecuación 28. Coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ).....	79
Ecuación 29. Coeficiente de curvatura ( $C_c$ ).....	79
Ecuación 30. Relación del módulo de elasticidad con la resistencia a la compresión de pilas.....	135
Ecuación 31. Relación del módulo de corte con el módulo de elasticidad en muretes .....	135

## **LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS**

**ASTM** "American Society for Testing and Materials (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales"

**CP** Centro Poblado

**Cdra** Cuadra

**HP** Caballo de fuerza

**INEI** "Instituto Nacional de Estadística e Informática"

**Jr** Jiron

**MINAM** "Ministerio del ambiente"

**NTP** "Norma Técnica Peruana"

**PET** "Tereftalato de polietileno"

**PVC** Policloruro de Vinilo

**RSD** "Residuos solidos domiciliarios"

**SIGERSOL** "Sistema de Información para Gestión de Residuos Sólidos"

**SUCS** "Sistema Unificado de Clasificación de Suelos"

**UTM** "Universal Transverse Mercator (sistema de coordenadas transversal de Mercator)"

## RESUMEN

Para el desarrollo de la investigación se planteó como objetivo evaluar los ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón con la finalidad de conocer las propiedades físico mecánicas. Se empleó como método de investigación científica el medio deductivo ya que se obtuvieron conclusiones lógicas y licitas a través del tipo de investigación experimental, aplicando ensayos a la unidad de albañilería propuesta. Los resultados del ensayo a los componentes de ladrillo artesanal fueron: la muestra de suelo clasificada como arenas arcillosas de mediana plasticidad, el cartón triturado tuvo un tamaño máximo nominal de 19 mm y el peso suelto de  $80.18 \text{ kg/m}^3$ . Los resultados de resistencia a la compresión mayor fue del ladrillo patrón con  $47.07 \text{ kg/cm}^2$  y la menor del ladrillo con adición al 10% de cartón reciclado siendo  $37.59 \text{ kg/cm}^2$ . La resistencia a tracción por flexión más alta fue del ladrillo con adición al 5% de cartón reciclado  $10.38 \text{ kg/cm}^2$  y la más baja fue del ladrillo base  $8.37 \text{ kg/cm}^2$ . La resistencia a la compresión de pilas base fue  $30.88 \text{ kg/cm}^2$  y con 1% de CR fue  $30.36 \text{ kg/cm}^2$ . La resistencia a la compresión diagonal de muretes base fue de  $3.59 \text{ kg/cm}^2$  y con adición 1% de CR fue de  $3.86 \text{ kg/cm}^2$ . La resistencia a la compresión a testigos de mortero fue de  $89.99 \text{ kg/cm}^2$ . Se concluyó que las unidades de arcilla con adición de cartón reciclado fabricadas artesanalmente en Bambamarca se clasifican como bloques de arcilla cocida que podrán ser usados en la construcción de muros no portantes.

**Palabras clave:** Ladrillos artesanales, cartón reciclado, resistencia a la compresión, testigos de mortero.

## ABSTRACT

For the development of the research, the objective was to evaluate the handmade bricks by adding cardboard waste in order to know the physical-mechanical properties. The deductive method of scientific research was used, since logical and legal conclusions were obtained through the type of experimental research, applying tests to the proposed masonry unit. The results of the test to the handmade brick components were: the soil sample classified as clayey sands of medium plasticity, the crushed cardboard had a nominal maximum size of 19 mm and the loose weight of 80.18 kg/m<sup>3</sup>. The results for compressive strength were highest for the standard brick with 47.07 kg/cm<sup>2</sup> and lowest for the brick with 10% addition of recycled cardboard at 37.59 kg/cm<sup>2</sup>. The highest flexural tensile strength was of the brick with the addition of 5% recycled cardboard at 10.38 kg/cm<sup>2</sup> and the lowest was of the base brick at 8.37 kg/cm<sup>2</sup>. The compressive strength of base piles was 30.88 kg/cm<sup>2</sup> and with 1% RC was 30.36 kg/cm<sup>2</sup>. The diagonal compressive strength of base walls was 3.59 kg/cm<sup>2</sup> and with the addition of 1% RC was 3.86 kg/cm<sup>2</sup>. The compressive strength of mortar cores was 89.99 kg/cm<sup>2</sup>. It was concluded that the clay units with the addition of recycled cardboard handmade in Bambamarca are classified as fired clay blocks that can be used in the construction of non-load-bearing walls.

**Keywords:** Handmade bricks, recycled cardboard, compressive strength, mortar cores.

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

En el Perú el sistema de construcción de viviendas más utilizado, es la albañilería, por lo que el estudio de los componentes de estas estructuras es esencial para mejorar el comportamiento de las edificaciones ante los sismos. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2017) “los resultados del Censo Nacional 2017, revelan que 5 millones 637 mil 390 viviendas particulares predominan el uso de ladrillo; lo que representa el 55.8% del total de viviendas censadas” (p.297). En Cajamarca, 83 mil 293 viviendas son de material noble, es decir 22.1 % del total de viviendas comprende el uso de ladrillos, bloques de concreto o sillar con cal. Los ladrillos elaborados a base de arcilla son los más usados en la ciudad de Chota y distritos aledaños, en los últimos años se ha incrementado el uso de ladrillos, debido a la gran cantidad de fábricas de ladrillo que existen en la provincia cercada de Hualgayoc, distrito de Bambamarca que reducen significativamente el precio en las edificaciones, no obstante, sus características físico mecánicas son producto de estudio en diferentes investigaciones.

Técnicamente, todo suelo libre de materia orgánica con presencia de arena, limo y arcilla en ciertos porcentajes puede ser usado para la fabricación de ladrillos; estos elementos deben estar distribuidos de tal forma que le den a la mezcla una adecuada cohesión y composición granulométrica. “Lo ideal para que la pasta sea adecuada al moldeado de ladrillos, es que el porcentaje de arcilla pura sea superior a un 30% o la tercera parte aproximadamente” (Murillo, 2015, p. 4).

Los residuos de cartón presentan rasgos apropiados para la fabricación de muros en viviendas, ya que no son buenos transmisores de calor y son altamente cohesivos, y cuando se les comprime y deshidrata alcanzan alto grado de dureza; por lo tanto, se propone la utilización de estos residuos en industria de la construcción. “En la preparación del cartón como material de construcción se utiliza como aditivo el jugo de xerófila *Opuntia bigelovi* (choya), para mejorar su resistencia y estado físico del material” (Cervantes, 2010, p. 33).

Según El Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014), los residuos sólidos urbanos están compuestos de un 7.05%, 7.32% y 6.72% de residuos de cartón y papel en la costa, sierra y selva respectivamente; de los resultados anteriores podemos decir que en la sierra existen más desechos de cartón por lo que beneficia la viabilidad y rentabilidad de la unidad de albañilería propuesta (p. 39).

La Municipalidad Distrital de Chota almacena 12.16 ton/día de residuos sólidos en el Relleno Sanitario de la ciudad. Anualmente se generan 4547.58 ton/año del cual el 70.52% son residuos orgánicos, el 11.69% son residuos peligrosos, el 9.25% son residuos inorgánicos y el 8.55% son residuos no aprovechables (Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos [SIGERSOL], 2020).

Frente a la problemática se planteó la fabricación del ladrillo artesanal adicionando residuos de cartón, donde estos residuos fueron sometidos a una transformación en la maquina trituradora hasta obtener un tamaño uniforme, luego se realizó el diseño de mezclas a diferentes porcentajes de adición de residuos de cartón al suelo arcilloso, finalmente se obtuvo el ladrillo artesanal y se evaluó sus propiedades físico-mecánicas de acuerdo al Norma Técnica Peruana (NTP).

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el resultado de la evaluación de ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón?

## **1.3. Justificación e Importancia**

La investigación es original ya que no se ha realizado ningún estudio de la Evaluación de ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón . Se realizó la fabricación de una nueva unidad de albañilería con adición de cartón aplicando el criterio técnico y a través de los resultados se demostró el efecto del cartón reciclado sobre las propiedades del ladrillo artesanal, tales como: “módulo de rotura, la resistencia a compresión, resistencia al corte, absorción, succión” entre otras.

Con esta investigación se realizará un gran aporte teórico ya que se logró determinar el diseño de mezclas óptimo, además, se contribuye al conocimiento actual sobre el empleo la nueva unidad de albañilería como material sustentable para la construcción de muros no portantes. También tendrá una gran trascendencia en la sociedad ya que se proporcionará conocimiento en nuevas técnicas que aún no se utilizan en nuestro ámbito, dando a conocer ciertos parámetros y características que son importantes para el desarrollo individual y grupal de los estudiantes de nuestra universidad y de otras instituciones. La fabricación y comercialización de ladrillo artesanal adicionando residuos de cartón, podría tener una gran oportunidad de proyectarse a la sociedad dando a conocer, que las unidades de albañilería producidas son de una alta garantía y credibilidad.

La investigación se realizó con la finalidad de minimizar los costos de fabricación de ladrillos ya que se estaría empleando residuos de cartón con suelo arcilloso libre de

materia orgánica, esto hace que el producto sea más rentable y sustentable a la vez. Es por ello que estos ladrillos cubren algunas necesidades medioambientales en nuestra provincia de Chota ya que estaríamos contribuyendo a controlar la degradación de nuestro medio ambiente. La fabricación de la unidad artesanal añadiendo residuos de cartón compensa la necesidad de incrementar la calidad medio ambiental y revelar una nueva forma de reutilizar el cartón.

#### **1.4. Delimitación de la Investigación**

La tesis se efectuó mediante una evaluación del efecto de los residuos de cartón en las propiedades físico mecánicas del prototipo con respecto a lo que indica la Norma Estructural de Albañilería. Para su elaboración se utilizó suelo arcilloso de una cantera ubicada en Chilcapampa, con coordenadas UTM: 772833.12 m Este, 925828.85 m Sur y 2707 msnm. de altura; agua almacenada y residuos de cartón. Para asegurar una buena calidad y compactación de los ladrillos, en el proceso de producción se utilizó moldes, molino triturador de arcillas y una máquina trituradora de cartón. Los ensayos se realizaron en el “Laboratorio de Materiales y de Suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Autónoma de Chota”, además para concluir con las pruebas de resistencia de albañilería se usó el laboratorio privado “GSE Ingeniería & Construcción” y se determinó “la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción por flexión, resistencia a la compresión axial en pilas, resistencia a la compresión diagonal en muretes” del ladrillo patrón y de cada grupo de ladrillos con adición de residuos de cartón al 1%, 3%, 5% 7% y 10%, también se halló “la resistencia a compresión” de testigos de mortero. Finalmente se consiguió el diseño de mezcla óptimo de este nuevo ladrillo producido con adición de cartón verificando siempre el cumplimiento de la Norma E.070 Albañilería.



## **1.5. Limitaciones**

Los datos obtenidos de la evaluación de las propiedades físico mecánicas del ladrillo artesanal adicionando residuos de cartón , tan solo fueron de las unidades fabricadas en la cantera ubicada en la comunidad de Chilcapampa, Distrito de Bambamarca, por lo que los resultados podrán variar dependiendo de la ubicación de cantera y calidad de sus agregados, además los resultados fueron analizados según los requisitos de la Norma E.070 de Albañilería, no obstante existen otras normas tales como la EM.110 en las que se evalúa la transmitancia térmica de los materiales que conforman los muros de albañilería que sería importante estudiarlas pero que no abarca esta investigación.

## **1.6. Objetivos**

### ***1.6.1. Objetivo General***

- ✓ Evaluar los ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón con la finalidad de conocer las propiedades físico mecánicas respecto a la Norma Técnica Peruana.

### ***1.6.2. Objetivos Específicos***

- ✓ Determinar las características físico mecánicas de la unidad de albañilería y albañilería simple con la finalidad de cumplir los estándares de calidad estipulados en la norma E.070 – Albañilería.
- ✓ Comparar las propiedades físico mecánicas entre los ladrillos convencionales y los ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón.
- ✓ Obtener el diseño de mezcla óptimo de este nuevo ladrillo producido con adición de cartón con la finalidad de garantizar el cumplimiento de la norma E.070 - Albañilería.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Martínez García (2012), es su investigación “**recuperación de residuos de la industria papelera: desarrollo de materiales cerámicos**”, indicó que el empleo de los residuos generados por la fabricación del papel supone un beneficio monetario y ambiental, ya que permite reusar un material calificado como desecho en la elaboración de ladrillos cocidos, la adición de los residuos hace que el producto final presente una conductividad térmica baja, por lo que actúa como un buen dieléctrico. Los investigadores han recogido los residuos de celulosa de una industria de papel, así como los lodos procedentes de la purificación de sus aguas residuales, después han incorporado este material a la arcilla y le han dado el tamaño y forma mediante presión en máquinas extrusoras, obteniendo algunos prototipos. Los especímenes fueron de pequeñas dimensiones (1 x 3 x 6 cm), también se ha hecho pruebas con tamaños mayores y los resultados son equivalentes. Las ventajas de añadir residuos a los especímenes de ladrillos es que le aportan energía debido a la presencia de materia orgánica, esto puede ayudar a reducir el consumo de combustible y el tiempo de cocción que se requiere en su producción. La incorporación de papel en 10% a la mezcla de arcilla satisface los requisitos que pide la norma de albañilería, puesto que la resistencia a la compresión alcanzada es de 5.8 MPa sobre el área bruta de la muestra.

Cabo Laguna (2011), es su tesis “**ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción**”, propuso la elaboración de un nuevo producto, usando suelo

secundario para la elaboración de ladrillos, como aditivos comerciales se utilizan el cemento y cal hidráulica, como aditivo resistente se utilizan las cenizas de cáscaras de arroz y como aditivo estructurante las cascarillas de arroz. Finalmente se concluye que conforme se agregan las cenizas y las cáscaras de arroz, los ladrillos aumentan su resistencia. Además, con “la adición de cenizas a la mezcla se logra una disminución del 10% del aditivo cementante y se disminuye el porcentaje de absorción en un 1,1% en el caso del cemento, y en 1,5% menos en el caso de la cal hidráulica. Con respecto a los niveles de densidad, ha quedado evidente que se obtiene una disminución máxima de la densidad de 13,5% menos, con la adición de las cenizas y las cascarillas de arroz” a la mezcla.

Escudero Pelcastre (2011), en su tesis **“ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción”** analizó los elementos ecológicos a base de papel y cartón reciclado con el propósito de que se puedan usar en construcción de diferentes diseños arquitectónicos del sector público o privado. Demostró mediante ensayos de laboratorio que el promedio de vida útil de un elemento de papel y cartón reciclado es de 25 años y en términos de porcentaje la tecnología es 32% más económico que un sistema constructivo convencional, por lo tanto, es factible implementarlo en la construcción de edificaciones.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Moreno y Ponce (2017), en su tesis **“características físicas y mecánicas de la unidad de albañilería ecológica a base de papel reciclado en la ciudad de Trujillo”** planteó la construcción un nuevo material que ayude a reusar el papel reciclado pero que a la vez ya no intervenga el manejo de elementos químicos, concluyendo que los ladrillos hechos a base de papel podrán usarse para fines de tabiquería no estructural.

Moreno y Ponce (2017) concluyeron que el ladrillo optimo, tiene un diseño de mezclas con una dosificación en peso de 1 : 3 : 1.5 de cemento – papel – agua respectivamente, con un peso promedio de 1093.79 g; en un posible proceso constructivo no presenta fisuras por secado, es resistente a desplomes, no quebrándose ni dañándose, lo cual es una ventaja frente a los ladrillos de arcilla cocida que son muy frágiles y quebradizos.

### **2.1.3. Antecedentes regionales**

Fernández Burga (2018), es su tesis **“influencia de la variación de la arcilla en la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal del caserío de Agomarca, distrito Bambamarca, Cajamarca”** identifico los constituyentes del ladrillo analizando las propiedades de la arcilla, obtuvo la mezcla adecuada agregando diferentes cantidades de arcilla a la mezcla de suelo, determino la resistencia a la compresión máxima de las unidades con adición de arcilla y encontró el porcentaje con mayor resistencia. Las adiciones fueron al 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50% y 55% de arcilla, los resultados fueron: 33.18 kg/cm<sup>2</sup> con adición de 15%, 58.02 kg/cm<sup>2</sup> con adición de 25%, 73.35 kg/cm<sup>2</sup> con adición de 35%, 94.92 kg/cm<sup>2</sup> con adición de 45%, 117.27 kg/cm<sup>2</sup> con adición de 55% de arcilla. Teniendo en cuenta las consideraciones de la Norma de Albañilería Fernández (2018) determinó que la condición mas favorable es 40% de arcilla, con una resistencia de 78.28 kg/cm<sup>2</sup> (p.102).

Cruzado Portal (2017), es su tesis **“estudio de las propiedades físico mecánicas del ladrillo elaborado artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del Distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc, Departamento de Cajamarca”**; determino los aspectos superficiales y de resistencia a

cargas de las unidades artesanales en los caserios mencionados y los clasifico de acuerdo a la norma E.070 Albañilería, presentando siguientes resultados:

- ✓ Las propiedades físicas de alabeo y variación dimensional de los ladrillos de las diferentes fabricas clasifican como ladrillo tipo IV y V.
- ✓ La resistencia a presión del ladrillo elaborado manualmente en Bambamarca, se clasifica como ladrillo tipo I y Tipo II, teniendo en cuenta los valores mínimos del Ladrillo Tipo I (4.9 MPa o 50 kg/cm<sup>2</sup>) y Ladrillo Tipo II (6.9 MPa (70 kg/cm<sup>2</sup>) recomendada por la norma, La Fábrica Frutillo 2 presenta el esfuerzo más alto con 8.50 MPa o 86.65 kg/cm<sup>2</sup> y factor de variación 9.83%.
- ✓ La succión de las muestras no cumple el mínimo estipulado de 10 a 20 g/cm<sup>2</sup> - min, excepto las muestras de Frutillo 2 que si cumple teniendo una succión de 17.61 g/cm<sup>2</sup> -min.
- ✓ La absorción de las muestras es menor al 22%, por lo que cumplen los parámetros de la norma.
- ✓ El esfuerzo en pilas de ladrillo 5 fábricas superan el mínimo requerido mientras que 4 fábricas no cumplen el requisito mínimo de 3.4 MPa o 35 kg/cm<sup>2</sup>. La mayor resistencia en pilas presenta la fábrica de Agomarca con 46.64 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ La planta artesanal Frutillo 2 alcanzo la mayor resistencia al corte en muretes con 4.98 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo, ninguna cumple los requisitos mínimos de 0.5 MPa o 5.1 Kg/cm<sup>2</sup>.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Aspectos generales**

Los aspectos teóricos van alusivos a la evaluación de las unidades de arcilla cocida respecto los parámetros establecidos en la Norma E.070 Albañilería (2006), la cual indica “los requisitos mínimos para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas por muros portantes y muros no portantes” (p. 297).

El diseño de edificaciones deberá darse mediante el cálculo estructural basado por la mecánica y la resistencia de materiales., teniendo en consideración las Norma de albañilería puesto que estipula los criterios mínimos para el análisis, cálculo y diseño concerniente (Norma E.070, 2006, p. 296).

Para el procedimiento de los ensayos se tendrán en cuenta las NTP 331.017, que es donde se encuentran estipulados los requisitos mínimos para clasificar la unidad de albañilería y en la NTP 339.613, que es donde se encuentra establecidos todos los ensayos que se efectúan a la unidad de arcilla cocida con el fin de cumplir los estándares de calidad.

### **2.2.2. Residuos sólidos**

Los residuos sólidos son “sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador está obligado a disponer, esto incluye a los residuos generados por eventos naturales. En otras palabras, residuos sólidos son todas aquellas sustancias o productos que ya no necesitamos pero que algunas veces pueden ser aprovechados” (MINAM, 2016, pág. 8).

### **2.2.2.1. Ley general de residuos sólidos (ley N° 27314)**

Esta ley dispone los derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la población, hacia una adecuada gestión y manejo de los residuos sólidos, que contribuya a ejercer correctas medidas sanitarias, a favor de la preservación ambiental y del bienestar de la población. Esta ley se atribuye a las actividades, procesos y operaciones de la gestión y conducción de residuos sólidos, desde la generación hasta su eliminación, incluyendo las diferentes fuentes de generación de dichos residuos, en los ámbitos económicos, sociales y de la población.

### **2.2.2.2. Categorización de los residuos sólidos.**

Según Ley N° 27314 (2000) clasifican a los RS en los siguientes grupos: “según su origen (domiciliarios, comercial, de limpieza, hospitalario, industrial, de construcción, agropecuario y de actividades especiales), según su gestión (de ámbito municipal y de ámbito no municipal) y según su peligrosidad (peligrosos y no peligrosos)” (p. 7).

### **2.2.3. *El Cartón***

El cartón es un elemento que gracias a su textura y maleabilidad puede adoptar diferentes formas, por lo que su utilidad actualmente se ha masificado para el transporte de objetos livianos y pesados. También es un material sostenible ya que se puede reusar en la fabricación de diversos productos reciclables y biodegradables. Además, “los procesos industriales de fabricación de cartón buscan maximizar la eficiencia en el uso y consumo de materiales, así como la reducción del desperdicio y el impacto medioambiental” (Atabal, 2019).

### **2.2.3.1. Fabricación**

El proceso de fabricación se lleva a cabo utilizando fibra virgen de los árboles, mayormente de pinos que se han convertido en la principal fuente de materia prima. Luego los troncos de los árboles se destrozan en partículas pequeñas, para ser colocadas dentro de una maquina trituradora de elevada presión que descompone la lignina para juntar las fibras de madera. Después de esto, se pasa por los aparatos de corrugado que usan una gran cantidad de rodillos encargados de ondular el papel, hasta convertirlos en cartón corrugado, que unidos entre si mediante dos hojas de papel Kraft con ayuda de cola y rodillos van dando el grosor y la resistencia adecuada (Atabal, 2019).

### **2.2.3.2. Tipos**

Según Valerga (2021), estos son los diferentes tipos de cartones existentes en el mercado:

*a. Tabla de cartón.* También llamado cartón macizo, usado como paneles para el encofrado de estructuras en construcción de obras civiles.

*b. Cartón gráfico.* Es muy fino y se obtiene sobreponiendo varias capas de papel untadas en adhesivo hasta logra el espesor requerido.

*c. Cartón gris.* Fabricado a base de papel reciclado. Sus características son superficie liza, es resistente, es económico, de fácil manipulación.

*d. Cartón satinado.* Conocido como papel estucado, couché, recubierto, o satinado. Es un papel recubierto por más de una capa que le confieren calidad superior. Es usado a menudo en tarjetas, caratulas de revista, bolsas, etc.



*e. Cartoncillo.* Formado por varias capas de papel craft, de características ligero y compacto, usado en la fabricación de embalajes y envases de peso liviano.

*f. Cartón corrugado.* Llamado también cartón ondulado o acanalado. Es el más usual y más resistente, utilizado para la fabricación de embalajes de peso medio y pesado, estos pueden ser agrupados de acuerdo a su espesor.

- ✓ Cartón de una cara, es el más frágil, compuesto de una plancha y una lámina de papel. Suele emplearse en el interior de cajas para brindar amortiguación.
- ✓ Cartón de capa simple, se considera el cartón corrugado estándar. Tiene dos láminas exteriores y una central.
- ✓ Cartón de capa doble, tiene dos capas de relleno y tres líneas, lo que permite que este cartón corrugado sea muy duradero.
- ✓ Cartón de capa triple. Está compuesto por tres planchas corrugadas y cuatro líneas. Ideal para el traslado de cosas quebradizas.

### **2.2.3.3. Reciclaje y reutilización.**

Los residuos de cartón según su gestión se encuentran dentro de los residuos municipales aprovechables, por lo tanto, son reciclables ya que tienen un valor económico considerable. Según SIGERSOL (2014), “los residuos sólidos estuvieron compuestos por restos orgánicos de cocina y alimentos en un 50.43 %, seguidos por los residuos no peligrosos reaprovecharles que constituyen el 27.88 %; de este grupo el cartón representa el 3.48%” (p. 39).

“El uso de cartón y de papel reciclado como materia prima para la elaboración de pasta, ha llegado al punto que algunas papeleras dependen casi parcialmente del

papel y cartón de desecho” (Moreno y Ponce, 2017, p. 23) para la fabricación de sus productos.

#### **2.2.4. La arcilla**

La arcilla es una “roca térrea derivada de la desintegración de las rocas alúminas y de materiales antiguos silicatados y aluminosos; obtenida por procesos geológicos de envejecimiento continuo del planeta, es considerada un material corriente y bastante abundante” (Rhodes, 1990, p. 16).

Por su origen, la arcilla es un acopio sedimentario proveniente de la meteorización de las rocas. La concepción de la palabra arcilla puede ser distinto para cada alfarero, geólogo, edafólogo o fabricante de ladrillos. “La gran mayoría de las rocas que conforman la corteza terrestre están formadas de feldespato, debido a la descomposición de estas rocas es que se da origen a la formación de arcilla” (Rhodes, 1990, p. 17).

##### **2.2.4.1. Composición de la arcilla**

Está compuesta por “diferentes minerales arcillosos que esencia son silicatos de aluminio, pero también hay presente productos hidratados de la descomposición de las rocas aluminosas y silicatadas y otras sustancias como fragmentos de rocas, de óxidos hidratados, álcalis y materiales coloidales” (Mamani, 2015, p. 16)

Las arcillas se presentan en la naturaleza, derivadas de la meteorización de rocas ígneas, feldespatos, depósitos aluviales o eólicos (Tabla 1). “Es por eso que la composición química de la mayoría de las arcillas es muy similar donde los contenidos de sílice y de alúmina son los más altos dentro de la composición de los minerales” (Rhodes, 1990, p. 18).

**Tabla 1**

*Relatividad entre el contenido químico de la corteza terrestre y la arcilla roja común.*

<b>Componentes</b>	<b>Corteza Terrestre (%)</b>	<b>Arcilla Roja Común (%)</b>
SiO <sub>2</sub>	59.14	57.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.34	19.15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.88	6.70
MgO	3.49	3.08
CaO	5.08	4.26
Na <sub>2</sub> O	3.84	2.38
K <sub>2</sub> O	3.13	2.03
H <sub>2</sub> O	1.15	3.45
TiO <sub>2</sub>	1.05	0.91

*Nota.* (Rhodes, 1990, p. 18)

“La composición y naturaleza de la arcilla, determinan el uso y el valor de ésta. Es así que algunos de sus componentes tienen influencia sobre algunas de sus propiedades” (Mamani, 2015, p. 17).

#### **2.2.4.2. Características físicas de la arcilla**

“Las características de la arcilla dependen de los elementos que la conforman y de ciertas propiedades físico mecánicas como el tamaño de partículas, porosidad, absorción de agua, resistencia a la flexión” (Mamani, 2015, pp 17-18).

Según el “Sistema Unificado de Clasificación de Suelos” (SUCS, 2001), el tamaño característico de las arenas es de 4.75 mm a 0.075 mm y menor a este se consideran limos y arcillas.

“El diámetro del grano de algunos minerales como cuarzo y feldespato, se acumulan usualmente entre 2 a 0.2 micras. Particularmente tamaños menores a 0.2 micras sólo se encuentran en minerales de arcilla y algunos óxidos” (Besoain , 1985, p. 8).

### 2.2.4.3. Propiedades de las arcillas

“Las propiedades de las arcillas dependen de su mineralogía, estado físico e historia geológica y asociación con otras sustancias” (Besoain , 1985, p. 27). A continuación, se presentan las principales propiedades que nos ayudaran a entender mejor el comportamiento de la mezcla para la fabricación de ladrillos.

- “**La plasticidad**, es propiedad que tienen las arcillas al mezclarse con cierta cantidad de agua y mantenerla forma dada. Los factores que contribuyen a la plasticidad son la atracción química de partículas y el contenido de carbón en las mismas” (Rhodes, 1990, p. 21).

- **La contracción** en arcillas se da por el acortamiento del tamaño del objeto moldeado al perder humedad durante el proceso de secado. “Existen dos tipos de contracciones una por aire que se da mientras se forma la unidad y la otra por fuego, que se da durante el proceso de quemado” (Barranzuela, 2014, p. 9).

- **La refractariedad** en las arcillas, “se refiere a la resistencia a los aumentos de temperatura. La variación en el grado de refractariedad de una arcilla a otra se debe al contenido de alúmina y sílice. A mayor presencia de estos elementos esta propiedad será mayor” (Mamani, 2015, p. 21).

- **La porosidad** en las arcillas depende mucho del tamaño de grano que tenga la arcilla. Mientras más grande sea el grano la porosidad será elevada. “Por ello que se recomienda moldear objetos con arcillas de granos pequeños puesto que las partículas quedan más unidas unas con otras evitando durante la cocción la formación de cavidades provocadas por la evaporación del agua” (Barranzuela, 2014, p. 9).

- **El color** de las arcillas más etéreas es blanco, pero “generalmente, son algo grisáceas, azulejas o negras y frecuentemente, amarillas, rojas o pardas. El color lo determinan las sustancias de origen mineral y orgánico, principalmente: óxido de hierro, de cobalto, de cobre, de manganeso o pentóxido de vanadio y cobalto” (Barranzuela, 2014, p. 10).

#### **2.2.4.4. Clasificación de las arcillas**

Algunos investigadores clasifican las arcillas considerando ciertos aspectos, como el origen, la composición o la capacidad para retener agua.

##### **Por su origen:**

- Arcillas **primarias o residuales** son las que “han sido formadas en el lugar de sus rocas madres y no han sido transportadas por el agua, el viento o el glaciar, es decir derivan directamente de la degradación natural de las rocas ígneas o de los feldespatos” (Rhodes, 1990, p. 22).

“Las arcillas primarias contienen algunas impurezas, producto de la asociación de varios minerales, por ello no existen depósitos de arcilla 100% puras” (Mamani, 2015, p. 23).

- Arcillas **secundarias o sedimentarias** son aquellas han sido movidas del lugar de las rocas madres a otros depósitos secundarios fruto de la acción del viento, los glaciares y el agua. “Las arcillas transportadas por agua es la que más abunda en la Tierra. Estas arcillas son menos puras que las primarias, ya que están asociadas con porcentajes de hierro, cuarzo, mica y otras impurezas” (Rhodes, 1990, p. 22).

“Estas arcillas secundarias pueden ser usadas para aumentar la plasticidad de las arcillas primarias sin alterar su color blanco formando así caolines secundarios, los cuales tienen bajo contenido de hierro” (Rhodes, 1990, p. 23).

#### **Según su composición:**

- “Arcillas **calcáreas**, contienen alrededor de 15% de carbonato de calcio, produciendo ladrillos de color amarillento” (Gallegos y Casabonne, 2005, p. 93).

- “Arcillas **no calcáreas**, compuestas de silicato de alúmina, tienen entre 2 al 10% de óxidos de hierro y feldespato y al quemarlas generan un color rojizo o salmón” (Gallegos y Casabonne, 2005, p. 93).

#### **Según su capacidad de absorción de agua:**

- Arcillas **grasas**, son altamente plásticas, incluso para ínfimas humedades. Presentan en su composición componentes en estado coloidal, por ello pueden consumir mucha agua, al secarse padecen de grandes contracciones. “Este tipo de arcillas se moldean con facilidad, pero su gran adherencia impide el desmolde correcto del producto elaborado” (Barranzuela, 2014, p.12).

- “Arcillas **magras**, absorben poca agua y poseen una baja plasticidad. Al secarse no experimentan mucha contracción, ya que van acompañadas de abundante arena” (Barranzuela, 2014, p.12).

#### ***2.2.5. Calidad de la materia prima en elementos cerámicos***

Según Barranzuela (2014), menciono que , las particularidades y propiedades de los ladrillos son afectados por distintos factores, indicando que la composición química de la materia prima es lo más importante. También el proceso de moldeo y quemado son

distinguidos, ya que el color de los ladrillos se depende de la cantidad de hierro en la mezcla, menor al 7% genera un aspecto rojizo y mayor al 7% genera un aspecto azul oscuro. Menor al 5% origina unidades rojas o blancas, además, cuando el hierro (óxido de magnesio) es menor al 1%, proporciona una coloración amarilla (p. 14).

“El alto contenido de carbono en las unidades puede llegar a producir un aspecto negrizco, la presencia de piritas de hierro en demasía puede ocasionar la aparición de rajaduras en el producto fabricado” (Barrenzuela, 2014, p. 14).

“Existen algunos minerales tales como sílice debiendo permanecer en un rango de 50% al 60% y la cal deberá hallarse por debajo del 10%, estos valores límites evitan el agrietamiento en las unidades fabricadas” (Barrenzuela, 2014, p. 15).

“La materia prima deberá presentar ciertas condiciones en sus componentes tales como: la cal mayor al 10% producirá deformaciones de las unidades, la presencia de carbono durante la cocción generara ladrillos abultados; el porcentaje de álcalis y ácidos deberán ser inferiores al 0.2% ya que a mayores cantidades genera eflorescencia; el sulfato de calcio hará a la unidad quebradiza y con poca resistencia si no se quema adecuadamente; el óxido de magnesio mayor al 1% produciría deterioro” por dispersión y el sulfuro de hierro al oxidarse podría llevar a la decadencia de la uniformidad (Barrenzuela, 2014, p. 15).

#### **2.2.6. *Procesos de fabricación de ladrillos***

Según Bartolome, Quiun, y Silva (2018), la elaboración de ladrillos puede realizarse de tres maneras:

- **Artesanal.** Unidad elaborada mediante con operaciones manuales, presentando variación en sus dimensiones.

- **Semi Industrial.** Es la combinación de los procedimientos manuales y el uso de maquinaria básica para la fabricación de las unidades, presentando superficies niveladas.

- **Industrial.** Predominan el uso de maquinaria durante todo el proceso de fabricación de las unidades y es el mas uniforme respecto a los anteriores (p. 39).

### 2.2.7. *Unidad de Albañilería*

Estas pueden ser “ladrillos de arcilla, ladrillo sílico calcáreo y bloques; esta unidad puede ser sólida, hueca o tubular. Se considera sólido a cuya sección transversal del asiento es mayor al 75% del área bruta y tubular cuando huecos son paralelos al asiento” (Gallegos y Casabonne, 2005, p. 87).

Son ladrillos cuando pueden ser manipulados y asentados usando una mano; y bloques cuando por su peso y tamaño se emplean las dos manos. “Las unidades utilizadas en las construcciones de albañilería son principalmente formadas de arcilla, arena con cal y de concreto. Las unidades se clasifican por el porcentaje de huecos alveolos o perforaciones que tienen en su superficie de asentado” (Bartolome, 1994, p. 105).

### 2.2.8. *Tipología*

Existen tres tipos de unidades: “**sólidas o macizas** formadas por la presencia de alveolos perpendiculares a la superficie de asiento menor al 25% del área bruta o por no presentar huecos. Estas unidades se emplean para la construcción de muros portantes” (Bartolome, 1994, p. 105).

“Las **unidades huecas** son aquellas donde la superficie de asiento de asiento es menor al 75% del área bruta. En esta clase están los bloques de concreto vibrado (empleados en la albañilería armada) y también, las unidades con muchas perforaciones” (Bartolomé, 1994, p. 105).



“Las **unidades tubulares o pandereta** son las que tienen sus alveolos o perforaciones dispuestos en forma paralela a la superficie de asiento; en este tipo clasifican los ladrillos panderetas, utilizados en los tabiques” (Bartolomé, 1994, p. 105).

### **2.2.9. Unidades de arcilla**

Se llama ladrillos de arcilla, ladrillos cerámicos o bloques de cerámica, pueden ser sólidos, perforados y tubulares, la fabricación puede ser manual o industrial, por lo que la gama de productos, calidad y variabilidad son casi desmedidas. La coloración de las unidades de arcilla va regularmente desde amarillo hasta rojo (Gallegos y Casabonne, 2005, p. 92).

### **2.2.10. Materia prima para la elaboración de los especímenes**

Las mejores arcillas para fabricar ladrillos son las sedimentarias o superficiales, que contengan el 33% de arena y limo, puesto que reducen las contracciones y agrietamiento durante el secado y quemado. Las arcillas deberán ser plásticas y sus partículas deberán ser capaces de unirse cuando se calientan a altas temperaturas. Por ende, la pieza final no debe tener agrietamientos (Gallegos y Casabonne, 2005, p. 93).

### **2.2.11. Fabricación**

Este proceso es variado y de acuerdo a su manufactura pueden ser unidades artesanales, semi industriales e industriales, con una gran diversidad de apariencias, resistencias y tamaños, según Bartolomé, Quiun, y Silva (2018), el proceso de fabricación tiene las siguientes fases:

La **extracción** de la materia prima en la cantera se hace con picos, palanas y buggies en proceso artesanal y usando maquinaria pesada en el proceso industrial. luego, se zarandea el suelo usando mallas metálicas, que permite eliminar las

pedras y otras materias extrañas. La **molienda** puede ser aplastándole en el proceso artesanal o con molinos durante el proceso industrial. El **mezclado** se realiza agregando agua y arena al suelo tamizado y se deja reposar durante 24 horas o empleando máquinas dosificadoras al peso y amasadoras en el proceso industrial. El **moldeado** se efectúa artesanalmente echando con fuerza la mezcla sobre moldes o industrialmente con extrusoras y máquinas de corte. El **secado** se realiza artesanalmente colocando las unidades apiladas, o industrialmente en un horno con temperatura regulable. El **quemado** se efectúa en hornos abiertos con quemadores de leña o petróleo. Esto genera diferencias de más del 100% entre la resistencia de las unidades ubicadas en la parte baja y alta del horno. El **transporte** se da llevando los ladrillos del horno hacia el almacén de la fábrica para luego ser distribuidos. (pp. 40-44)

#### **2.2.12. Propiedades físicas y mecánicas**

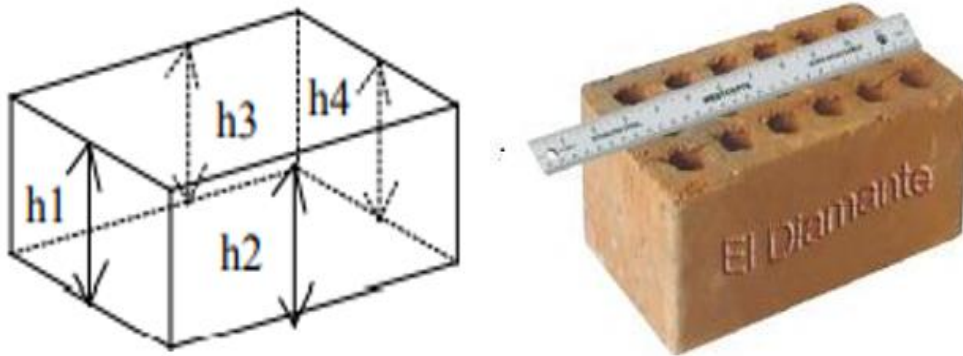
“Conocer las propiedades de las unidades es necesario, básicamente para tener una idea sobre la resistencia de la albañilería, así como de su durabilidad ante la intemperie” (Bartolomé et al., 2018, p. 55). Estas propiedades están asociadas en dos grupos; las relacionadas a la **resistencia** de la albañilería: “resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, variabilidad dimensional, alabeo y succión” y las relacionadas con la **durabilidad** de la albañilería: resistencia a la compresión, densidad, eflorescencia, absorción y coeficiente de saturación.

**A. Cambio de longitud.** Es necesario realizarla para poder clasificar la unidad y determinar el espesor de las juntas de la albañilería, puesto que por cada aumento de 3 mm en las juntas horizontales la resistencia a compresión axial y al corte disminuye en un 15%. El cálculo de la variación dimensional se realiza hallando el promedio por cada

arista, a este valor se resta de la dimensión especificada por el fabricante y se divide por la misma como se muestra en la Figura 1 (Bartolome et al., 2018, p. 57).

**Figura 1**

*Medida del cambio de longitud*

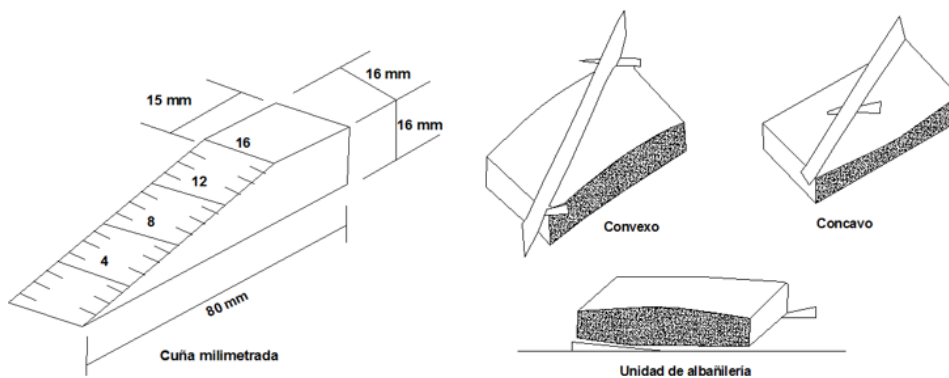


*Nota.* (Bartolomé et al., 2018, p. 57)

**B. Alabeo.** “Es la medida de la concavidad y convexidad de la unidad (Figura 2). A mayor alabeo produce mayor espesor de la junta, pudiendo producir fallas por flexión debido al peso existente en las hiladas superiores de la albañilería” (Bartolome et al., 2018, p. 58).

**Figura 2**

*Medida de alabeo*



*Nota.* (Gallegos y Casabonne, 2005, p.123)

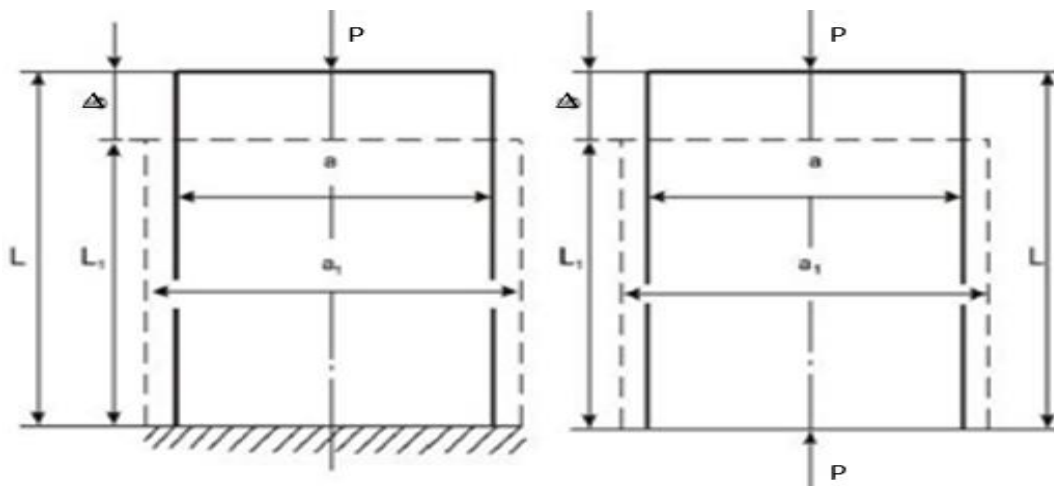
**C. Resistencia a la compresión unitaria.** Es la capacidad del material de soportar cargas axiales aplicadas sobre la superficie del asiento o área bruta, antes de aplicar la carga las

unidades deberán ser cubierta con una capa de yeso. “La resistencia unitaria se expresa como el valor de la carga de rotura dividida entre el área bruta para todo tipo de unidad sea sólida o hueca” (Bartolome et al., 2018, p. 58). Según la Norma E.070 (2006), “la resistencia característica ( $f^b$ ) es el resultado promedio menos la desviación estándar, estadísticamente significa que al menos el 84% de las unidades ensayadas tendrán una resistencia mayor al valor característico” (p. 298).

**D. Esfuerzo y Deformación.** En la Figura 3 “se muestra un caso sencillo de compresión, donde las fuerzas internas son elásticas y surgen en las secciones transversales” (Villareal, 2010, p. 4).

Figura 3

*Compresión de materiales*



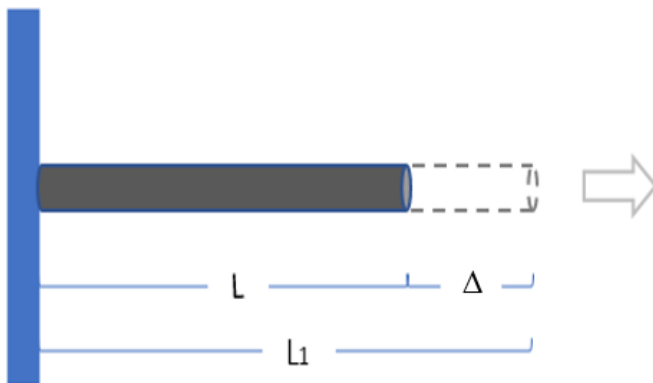
Nota. Gráfica de resistencia de materiales, (Villareal, 2010, p. 4).

**D.1. El esfuerzo.** “Es la intensidad de las fuerzas internas distribuidas que resisten un cambio en la forma del cuerpo, se necesita tanto un diseño adecuado como unos elementos que sean capaces de soportar las fuerzas y acciones a las que va a estar sometida” (Villareal, 2010, p. 4), existen tres formas esfuerzos en materiales:

- “El esfuerzo a **tracción** hace que las partículas de un material se separen entre sí, tendiendo a alargarla” (Villareal, 2010, p. 5). En la Figura 4 se ve a un objeto suspendido lateralmente con una longitud inicial ( $L$ ) y cuando se aplica una fuerza horizontal se estira cambiando de tamaño ( $L_1$ ).

**Figura 4**

*Esfuerzo a la tracción*

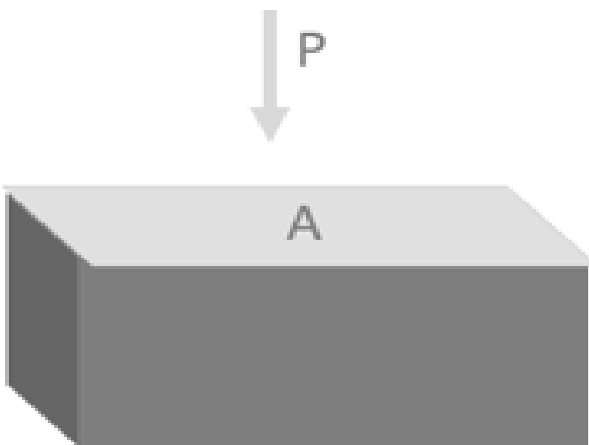


*Nota.* (Moreno y Ponce, 2017, p. 39)

- “El esfuerzo a **compresión** hace que las partículas de un elemento se aproximen o junten, tendiendo a producir acortamientos o aplastamientos” (Villareal, 2010, p. 4), es decir en la relación de la carga ( $P$ ) entre el área ( $A$ ) como se observa en la Figura 5.

**Figura 5**

*Esfuerzo a la compresión*



*Nota.* (Moreno y Ponce, 2017, p. 41)

- “El **Corte** se produce cuando se aplican fuerzas perpendiculares a la pieza, haciendo que las partículas del material tiendan a resbalar o desplazarse las unas sobre las otras” (Villareal, 2010, p. 4) como se muestra en la Figura 6.

**Figura 6**

*Esfuerzo al corte*



*Nota.* (Moreno y Ponce, 2017, p. 40)

**D.2. Deformación unitaria.** “Es el alargamiento relativo en tracción o acortamiento relativo en compresión de un elemento” (Villareal, 2010, p. 6), tal como se ve en la Figura 7, expresada mediante la ecuación 1:

$$Eu = \frac{\Delta}{L} \quad (1)$$

“Donde:”

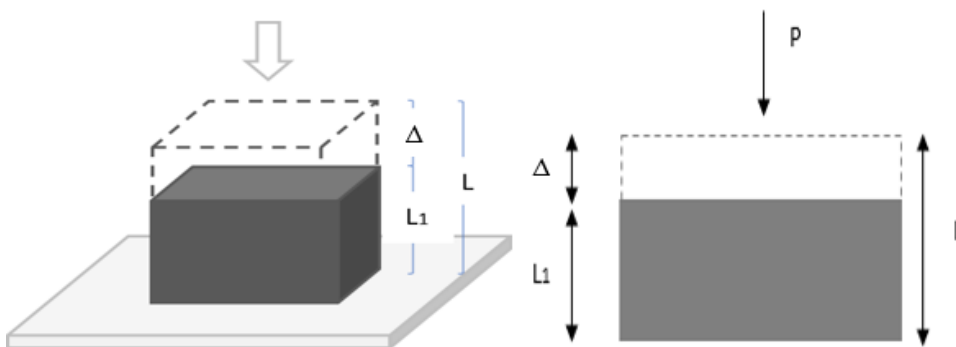
“ $\Delta = (L_1 - L) =$  “Alargamiento o acortamiento del elemento””

“ $L =$  “Longitud inicial del elemento””

“ $L_1 =$  “Longitud final del elemento””

**Figura 7**

*Acortamiento relativo a la compresión*



*Nota.* (Moreno y Ponce, 2017, p. 41).

- Al dividir el esfuerzo y la deformación unitaria obtenemos el módulo de elasticidad ( $E_m$ ), “Llamado también deformaciones lineales que puede ser alargamiento o acortamiento absoluto, cuando  $A$  y  $P$  son constantes. En tracción se considera que  $E > 0$  y en compresión  $E < 0$ .” (Villareal, 2010, p. 6), este se puede descomponer según Ecuación 2:

$$E_m = (P \times L) / (\Delta \times A) \quad (2)$$

Donde:

$P$ = Carga Axial

$L$ = Longitud inicial del elemento

$\Delta$  = Deformación lineal ( $L-L_1$ )

$A$ = Área de la sección transversal del elemento

#### ***E. Succión, Absorción, Absorción máxima, Coeficiente de saturación y Densidad.***

Según Bartolomé et al. (2018) menciona que las propiedades como: la densidad ( $D$ ) está relacionada directamente con la resistencia a compresión y para su cálculo se aplica el Principio de Arquímedes. El coeficiente de saturación ( $CS$ ) sirve para medir la durabilidad de la unidad. Del ensayo para hallar  $D$  y  $CS$  permite determinar en simultáneo el área neta ( $A_n$ ), la succión ( $S$ ) y la absorción ( $A$ ,  $A_m$ ) de la unidad. Para el cálculo de las propiedades ya mencionadas, se usan especímenes completos derivadas del ensayo de alabeo y de variación dimensional (p. 60).

***F. Resistencia a la tracción por flexión.*** El módulo de rotura, solo forma parte de una medida de calidad de la unidad. “Su aplicación debería ejecutarse cuando las unidades a utilizar procedan de diferentes fábricas, o cuando presentan alabeo alto que puedan llevar a la unidad a una falla de tracción por flexión durante el asentado” (Bartolomé et al., 2018, p. 62).

**G. Eflorescencia.** La eflorescencia se da debido a la presencia de sales (particularmente sulfatos) en la unidad o en la arena del mortero que lo debilitan químicamente, afectando su durabilidad, su adherencia con el mortero y destruyendo su superficie. Se origina cuando la unidad entra en contacto con el agua y las sales internas afloran por los poros hacia la superficie de la unidad (Bartolomé et al., 2018, p. 62).

### 2.2.13. Clasificación de la unidad para fines estructurales

Según la Norma E.070 (2006), de albañilería establece los parámetros mínimos de las muestras para ser usados en la construcción de muros portantes y de tabiquería, mostrados en la Tabla 2 (p. 247).

**Tabla 2**

*Clase de unidad de albañilería para fines estructurales*

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $f'_{b}$ mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100	Hasta 150	Mas de 150		
	mm	mm	mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P (1)	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP (2)	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

*Nota.* “(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes; (2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes” (Norma E.070, 2006, p. 297).

De acuerdo a otros autores clasificarán las unidades de arcilla cocida en 5 tipos, presentando ciertas características:

Ladrillos TIPO I, deberán tener resistencia y durabilidad muy baja; podrán ser utilizados en condiciones exiguas. Ladrillos TIPO II serán de baja resistencia y



durabilidad empleados en condiciones de servicio moderadas. Ladrillos TIPO III, presentaran mediana resistencia y durabilidad, aptos para construcciones de baja degradación. Ladrillos TIPO IV, son de alta resistencia y durabilidad, usados bajo condiciones de servicio rigurosas y construcciones en contacto con lluvias intensas, suelo y agua. Ladrillos TIPO V, poseerán una resistencia y durabilidad elevada, empleados en condiciones de servicio muy rigurosas y edificaciones expuestas al intemperismo. (NTP 331.017, 1978, p. 2)

#### **2.2.14. Limitaciones para fines estructurales**

En la tabla 3 se establecen algunas limitaciones para los ladrillos de acuerdo a su fabricación y tipología.

**Tabla 3**

*Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales*

TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a mas	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo el edificio
Sólida Artesanal	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí celdas totalmente llenas con grout	Sí celdas Parcialmente llenas con grout	Sí celdas Parcialmente llenas con grout
Hueca	No	No	Sí celdas Parcialmente llenas con grout
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

*Nota.* (Norma E.070, 2006, p. 298).

Estas condiciones podrán ser eximidas si un ingeniero estructural lo acredita. Los ladrillos artesanales podrían ser usados en construcciones mayores a 2 niveles dependiendo de anchura del muro, además su comportamiento ante el sismo podría ser elástico (Bartolomé et al., p. 63).

### 2.2.15. *Propiedades de la albañilería simple*

Los ensayos en pilas y muretes permiten verificar los valores de diseño especificados en los planos; el módulo elástico y cortante, facilitan pronosticar el comportamiento de los muros ante los movimientos y la calidad de la albañilería (Bartolomé et al., 2018, p. 80).

La norma E.070 (2006) menciona que “dependiendo de la magnitud de la obra, la elaboración de pequeños prismas de albañilería simple llamados Pilas y Muretes, construidos bajo las mismas condiciones con que se edificarán los muros reales” (p. 301). También indica que los prismas tendrán que estar una temperatura mayor a 10°C por 28 días. Si los ensayos se realizan antes del plazo mencionado podrán utilizarse los factores de corrección de la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Aumento de  $f'm$  y  $v'm$  por edad*

ESPECÍMENES	EDAD	14 DIAS	21 DIAS
Muretes	Ladillos de arcilla	1.15	1.05
	Bloques de concreto	1.25	1.05
Pilas	Ladillos de arcilla y bloques de concreto	1.1	1

*Nota.* (Norma E.070 2006, p. 301)

Cuando no se realice los realizarse ensayos de prismas se podrán usar los valores manifestados en la Tabla 5, “correspondientes a pilas y muretes edificados con mortero 1:4 cuando las muestras son de arcilla y 1: ½ : 4 cuando los elementos son sílice-cal o concreto, para otras unidades u diferentes morteros se efectuaran los ensayos pertinentes” (Norma E.070 2006, p. 301).

**Tabla 5***Resistencias características de albañilería simple en MPa (kg/cm<sup>2</sup>)*

Tipo de material	Designación	UNIDAD <i>f</i> ' <i>b</i>	PILAS <i>f</i> ' <i>m</i>	MURETES <i>v</i> ' <i>m</i>
Arcilla	King Kong Artesanal	5.4 (55)	3.4 (35)	0.5 (5.1)
	King Kong industrial	14.2 (145)	6.4 (65)	0.8 (8.1)
	Rejilla Industrial	21.1 (215)	8.3 (85)	0.9 (9.2)
Sílice – Cal	King Kong Normal	15.7 (160)	10.8 (110)	1.0 (9.7)
	Dédalo	14.2 (145)	9.3 (95)	1.0 (9.7)
	Estándar y mecano (*)	14.2 (145)	10.8 (110)	0.9 (9.2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4.9 (50)	7.3 (74)	0.8 (8.6)
		6.4 (65)	8.3 (85)	0.9 (9.2)
		7.4 (75)	9.3 (95)	1.0 (9.7)
		8.3 (85)	11.8 (120)	1.1 (10.9)

“El valor de *v*'*m* será menor que  $f'm^{1/2}$  kg/cm<sup>2</sup>; el valor *f*'*b* se proporciona sobre área bruta en unidades sin grout, mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de *f*'*c*= 140 kg/cm<sup>2</sup>” (Norma E.070 2006, p. 301)

### 2.2.15.1. Resistencia a la compresión en pilas

“El ensayo de compresión en pilas sirve para determinar la resistencia a compresión axial referida al área bruta de la sección transversal. No obstante, si se registra las deformaciones en la pila se puede determinar su módulo de elasticidad” (Bartolomé, 2018, p. 83).

La **esbeltez** se define como la relación entre la altura de la pila y su espesor, es por ello que existen factores de corrección según indican las normas técnicas en la Tabla 6 y 7 respectivamente.

**Tabla 6***Factores de corrección de *f*'*m* por esbeltez según Norma E.070”*

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

*Nota.* (Norma E.070, 2006, p. 301).

Tabla 7

*Factores de corrección altura / espesor para la resistencia en compresión de pilas de albañilería según NTP 399.605*

Eslabetez (hp/tp)	1.30	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00
Factor	0.75	0.86	1.00	1.04	1.07	1.15	1.22

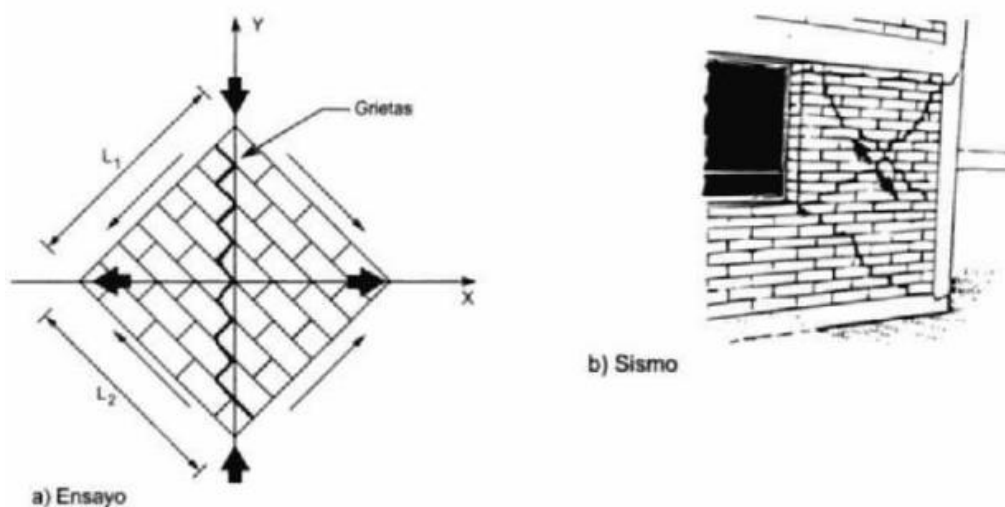
*Nota.* La relación hp/tp es la altura de la pila sobre la menor dimensión lateral (NTP 399.605, 2013, p. 15).

### 2.2.15.2. Compresión diagonal en muretes

El ensayo al corte o compresión diagonal, es la prueba más practicada para hallar la resistencia de muros de albañilería. La semejanza de la forma de falla del ensayo con la de ciertos muros de casas ante acciones sísmicas, es estudiado mediante dicho ensayo (Figura 8).

Figura 8

*Similitud entre la falla en el ensayo de corte y un sismo*



*Nota.* La falla de un muro durante un sismo es similar al “ensayo de compresión” diagonal (Gallegos y Casabonne, 2005, p. 238)

“El ensayo de compresión diagonal en los muretes de albañilería sirve para determinar la resistencia a corte y casualmente registrando las deformaciones se halla el módulo de corte” (Bartolomé et al., 2018, p.89).

### **2.2.16. Mortero**

Es la mezcla de agregado fino (arena gruesa o fina) con cemento y en ocasiones con cal, su función es adherir las unidades corrigiendo las anomalías geométricas, así como sellar las juntas frente a la entrada de aire y humedad. De los componentes del mortero el cemento proporciona resistencia, la arena estabilidad volumétrica, la cal retarda la evaporación y el agua da trabajabilidad a la mezcla. “La adherencia unidad-mortero, esta se logra cuando los solubles del cemento (básicamente la etringita) son absorbidos por la unidad, cristalizándose (como agujas) en sus poros” (Bartolomé et al., 2018, p.64).

#### **2.2.16.1. Componentes del mortero**

Según Lulichac (2015), “el mortero está compuesto por cemento portland tipo I, cal hidratada normalizada, arena gruesa y agua. El cemento y la cal funcionan como aglomerantes, mientras que la arena es un agregado inerte” (p. 32).

**a. Cemento.** “Generalmente se utiliza cemento Portland tipo I y Portland tipo II, posee peso específico de  $1500 \text{ kg/m}^3$  y se vende en bolsas de 1 pie cúbico ( $0.0283 \text{ m}^3$ ) con 42.5 kg de peso” (Bartolomé et al., 2018, p. 65).

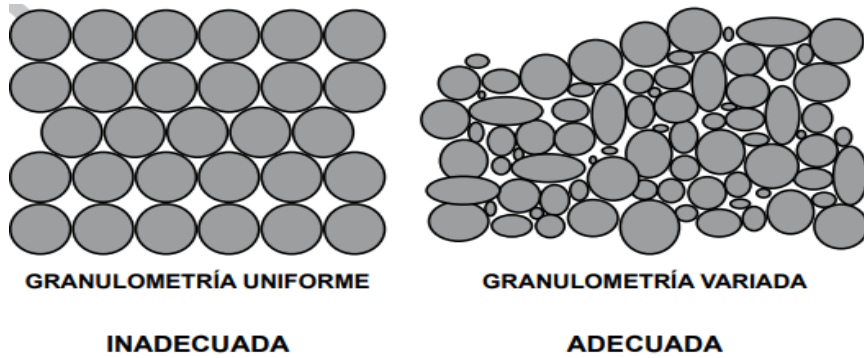
**b. Cal hidratada normalizada.** “El peso específico de la cal es de  $640 \text{ kg/m}^3$ . Al emplearse cal en el mortero endurece muy lentamente al reaccionar con el anhídrido carbónico del ambiente, en un proceso llamado carbonatación” (Bartolomé et al., 2018, p. 65).

**c. Arena gruesa.** La diversidad de tamaño de sus partículas, permiten rellenar los espacios vacíos (Figura 9) con el material cementante, formando un mortero denso y resistente a la intemperie. “La norma E.070 indica en la Tabla 8 la granulometría

requerida, similar a la de la norma ASTM D-75, caracterizada por la variedad en el tamaño de las partículas” (Bartolomé et al., 2018, p. 66).

**Figura 9**

*Granulometría de la arena*



Nota. (Bartolomé et al., 2018, p. 66).

**Tabla 8**

*Abertura de tamices y uso granulométrico*

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

Nota. (Norma E.070., 2006, p. 298).

**d. Agua.** “El agua deberá ser potable, separada de materias orgánicas y de sustancias contaminadas. El uso de agua de mar debe evadirse pues produce eflorescencia en el mortero por las sales que contiene y la corrosión del refuerzo en caso este existiese” (Bartolomé et al., 2018, p. 67).

### 2.2.16.2. Proporciones para el mortero

La Norma E.070 (2006) indica que “los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas (en estado suelto) indicadas en la Tabla 9” (p. 298).

Tabla 9

*Tipos de mortero*

TIPO	COMPONENTES			USOS
	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a ¼	3 a 3 ½	Muros portantes
P2	1	0 a ½	4 a 5	Muros portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros no portantes

Nota. (Norma E.070., 2006, p. 298).

### 2.2.16.3. Propiedades y ensayos del mortero

La **consistencia** o fluidez es la capacidad que tiene la mezcla de fluir o de ser trabajable; en tanto que la **retentividad** se define como la capacidad que tiene la mezcla de continuar estando trabajable luego de un tiempo (Bartolomé et al., 2018, p. 69).

La **fluidez** se ejecuta con un envase cónico (diámetro en su base  $D_0 = 10$  cm) donde se vacía la mezcla compactándola con un pisón en 2 capas, se recomienda que la fluidez (definida mediante la expresión  $100 (D_1 - D_0) / D_0$ ) sea del orden de 120% (Bartolomé et al., 2018, p. 69).

El experimento de **retentividad** se hace en la mesa de sacudidas, pero eliminando el agua con una cámara de vacíos durante un minuto. “En este caso, se recomienda que la relación entre el diámetro final  $D_2$  y el diámetro obtenido en la prueba de fluidez  $D_1$  sea mayor que 0.8” (Bartolomé et al., 2018, p. 70).

El **ensayo de compresión** del mortero (ASTM C-579) consiste en preparar probetas cúbicas de 5cm de lado, vaciadas en moldes metálicos, y curadas durante 28 días en agua. Es beneficioso que la resistencia a compresión del mortero y la unidad sean parecidas, a fin de evitar fallas estructurales. “Por esta razón, se recomienda utilizar mortero 1:3 ó 1:4 para edificios de 4 a 5 pisos (con unidades de alta resistencia), mientras que para edificios de 1 a 3 pisos puede usarse mortero 1:5” (Bartolomé et al., 2018, pp. 70-71).

### 2.3. Definición de términos

- ✓ **Albañilería.** “Llamada también mampostería, compuesta por unidades de albañilería asentadas con mortero o apiladas entre sí, integradas con concreto líquido” (Norma E.070, 2006, p. 296).
- ✓ **Albañilería armada.** También llamados muros armados, que son reforzados interiormente con varillas de acero colocadas verticalmente y horizontalmente integrados por concreto líquido, que es su conjunto puedan resistir los esfuerzos (Norma E.070, 2006, p. 296).
- ✓ **Albañilería confinada.** Son muros de ladrillos reforzados con estructuras de concreto armado en todo su perímetro, vaciados después de construir los muros. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel (Norma E.070, 2006, p. 296).
- ✓ **Albañilería no reforzada.** Conocida como albañilería simple no presenta refuerzo por elementos de concreto (Norma E.070, 2006, p. 296).
- ✓ **Arcilla.** Proviene del latín “argilla” (color blanco). Se llama arcilla a una gran cantidad de materiales sedimentarios de granulometría fina ( $<2\mu$ ), con propiedades



plásticas, que son refractarios y está compuesto de elementos alcalinos y alcalinotérreos (Besoain , 1985, p. 8)

- ✓ **Cartón.** Es un material fibroso con un espesor mayor a 0.3 mm, menor a este se consideran papel, posee una alta resistencia al aplastamiento y alta rigidez (Campodónico, 2002, p.116).
- ✓ **Capping (refrentado).** Es una mezcla de yeso con cemento que se aplica en la superficie de los especímenes antes de un ensayo a compresión. Capa delgada de 3 mm de espesor instalada con el fin de corregir las irregularidades que presente la albañilería (Bartolomé et al., 2018, pp. 81-82)
- ✓ **Cemento para mortero.** El cemento hidráulico, es una mezcla de cemento Portland con materiales plastificantes (tales como cal aérea o hidráulica), que fusionada con otros materiales puedan dar a la mezcla mayor tiempo de fraguado, trabajabilidad, retención de agua y durabilidad (Gallegos y Casabonne, 2005, p.130).
- ✓ **Coefficiente de transmitancia térmica.** La cantidad de calor que atraviesa por unidad de tiempo una unidad de superficie de una muestra plana de caras paralelas y espesor unitario. Se expresa en vatios por metro y grado kelvin (Norma EM.110, 2014).
- ✓ **Construcciones de albañilería.** “Son edificaciones conformadas por muros portantes de albañilería” (Norma E.070, 2006, p. 296).
- ✓ **Concreto fluido.** Llamado también grout, se aprovecha para rellenar los alvéolos o celdas de las unidades que forman un muro de albañilería armada y tiene como función integrar el refuerzo con la albañilería en un solo elemento estructural (Bartolomé et al., 2018, p. 72)
- ✓ **Granulometría.** Es la identificación del tamaño del grano de un agregado. La NTP 400.012 (2018) establece el procedimiento para esta propiedad mediante el tamizado,

obteniéndose la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices. Eventualmente se calcula la masa retenida y/o que pasa, también los porcentajes parciales y acumulados (p. 4).

- ✓ **Muestra.** “Consiste en obtener por lo menos tres prototipos contruidos del mismo material y ensayados a la misma edad” (NTP 399.605, 2013. P. 2).
- ✓ **Módulo de finura.** “Factor que se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido por 100” (NTP 400.011, 2008, p. 6).
- ✓ **Módulo de elasticidad.** Es la determinante del esfuerzo entre la determinate de la deformación unitaria (Bartolomé et al., 2018, p. 89).
- ✓ **Mortero.** “Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería” (NTP 399.621, p. 3)
- ✓ **Muro portante.** Diseñado y construido para que pueda trasferir 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, p. 296).
- ✓ **Muro no portante.** “Diseñado y construido para que únicamente lleve cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Son, por ejemplo, los parapetos y los cercos” (Norma E.070, 2006, p. 296).
- ✓ **Resistencia de materiales.** Ciencia que estudia los métodos de cálculo a la resistencia, la rigidez y la estabilidad de los elementos estructurales. “Se comprende por resistencia a la facultad de un material de oponerse a la rotura, rigidez como a la facultad de oponerse a la deformación y estabilidad como a la capacidad de mantener su condición original de equilibrio” (Villareal, 2010, p. 2).

## CAPITULO III

### PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS Y VARIABLES

#### 3.1. Hipótesis

Los ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón cumplen los parámetros físico mecánicos establecidos por la Norma E.070 y las Normas Técnicas Peruanas.

#### 3.2. Variables

##### 3.2.1. *Variable Independiente*

- Residuos de cartón. Son residuos sólidos reaprovechables producto del desecho domiciliario y de la industria. Para medir esta variable independiente (VI), se analizó sus propiedades físicas como: peso específico, absorción y granulometría. Este residuo se usó como un aditivo a la mezcla de suelo arcilloso, en diferentes proporciones, logrando fabricar un nuevo tipo de material ecológico que pueda usarse en la industria de la construcción.

##### 3.2.2. *Variable Dependiente*

- Ladrillos artesanales. Son unidades solidas que están formadas por un suelo arcilloso (32% de finos y 68% de arenas) fabricado mediante técnicas manuales, para medir esta variable dependiente (VD), se realizó un diseño de mezclas que incluye los componentes convencionales y el material adicionante, que son los “residuos de cartón”. De esta forma se evaluó sus propiedades físico mecánicas y aspectos económicos respetando siempre las exigencias de las normas técnicas.

### 3.3. Operalización de variables

Tabla 10

Matriz de operacionalización de variables en estudio

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Definición conceptual	Definición operacional	
				Indicadores	Ítem
<b>Residuos de cartón</b>	Son desechos domiciliarios y de la industria que son reaprovechables	Propiedades físicas	Son características visibles y medibles	Porcentaje de Absorción	%
				Peso específico	kg/m <sup>3</sup>
				Granulometría	mm
<b>Ladrillos artesanales</b>	Son bloques de suelo arcilloso fabricados con procedimientos manuales	Diseño de mezclas de suelo arcilloso y cartón	Permite hallar las cantidades adecuadas de los agregados	Residuos de cartón	m <sup>3</sup>
				Suelo arcilloso	m <sup>3</sup>
				Agua	m <sup>3</sup>
		Diseño del ladrillo convencional	Mezcla homogénea de arena, arcilla y suelo fino	Suelo arcilloso	m <sup>3</sup>
				Agua	m <sup>3</sup>
		Ensayos del ladrillo artesanal con adición de cartón y del ladrillo convencional	Son procedimientos establecidos en las normas técnicas que nos permiten evaluar y clasificar los ladrillos	Variación dimensional	mm, %
				Alabeo	mm
				Resistencia a la compresión	kg/cm <sup>2</sup>
				Densidad, Absorción y saturación	gr/cm <sup>3</sup> , %
				Succión	gr/cm <sup>2</sup> -min
				Módulo de rotura	MPa, kg/cm <sup>2</sup>
				Ensayo de pilas	MPa, kg/cm <sup>2</sup>
				Ensayo de muretes	MPa, kg/cm <sup>2</sup>
		Resistencia a compresión del Mortero	MPa, kg/cm <sup>2</sup>		
		Análisis de costos unitarios	Sirve para calcular los gastos que generan la producción de un grupo de ladrillos	Costo de materiales	soles (s/.)
Costo de equipos y/o herramientas	soles (s/.)				
Costo de mano de obra	soles (s/.)				

## CAPITULO IV

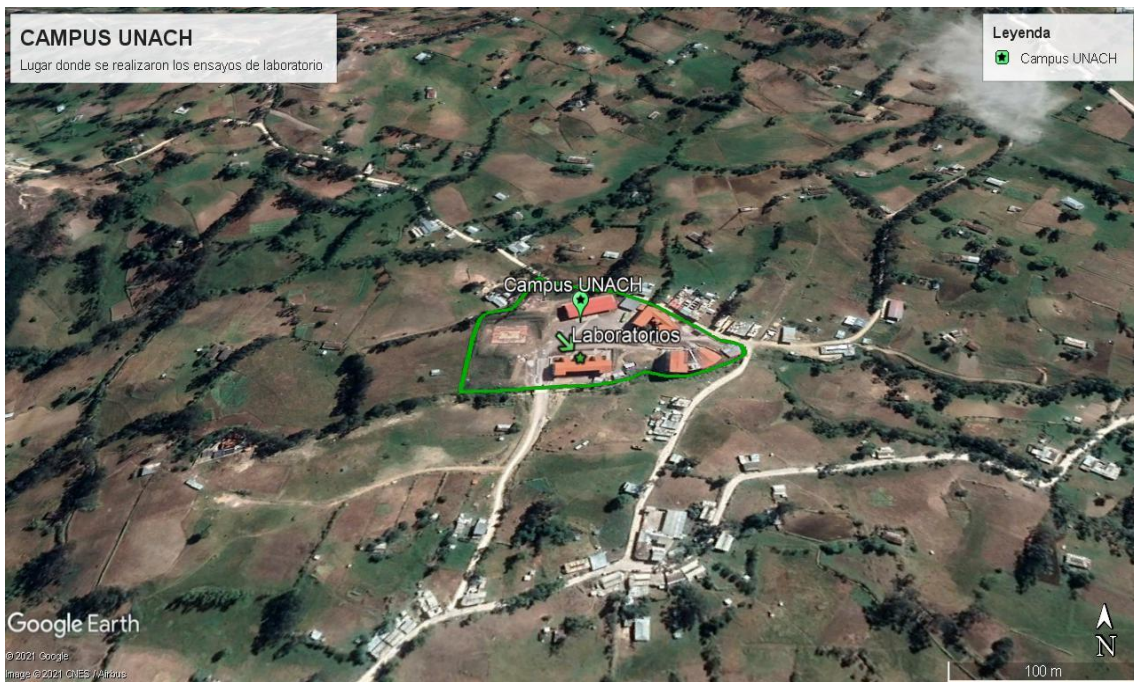
### MARCO METODOLOGICO

#### 4.1. Ubicación geográfica del estudio

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en “el laboratorio de suelos y materiales de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Chota,” ubicado en Chota en la Zona 17 M, coordenadas UTM: 761766.14m Este, 9276340.18m Sur y Altitud 2537 msnm (Figura 10).

**Figura 10**

*Ubicación de los laboratorios de la Universidad Nacional Autónoma de Chota*



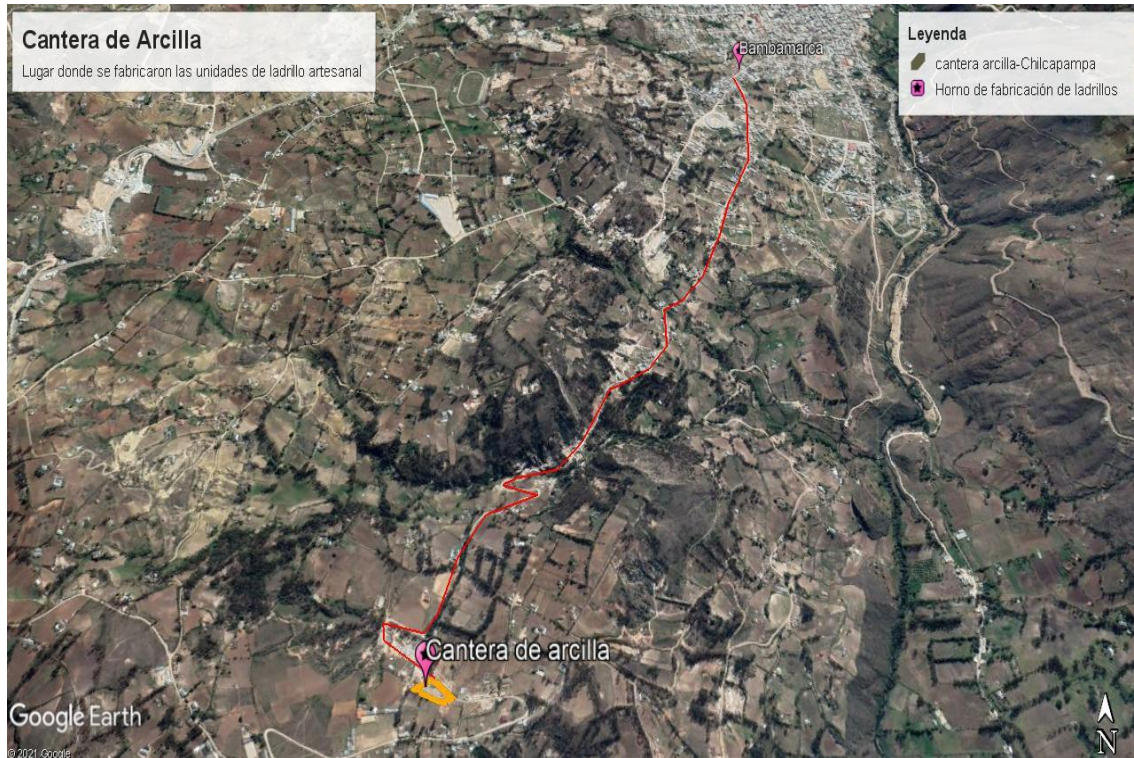
*Nota.* (Google Earth Pro, 2021)

El material arcilloso para la fabricación de los ladrillos artesanales se obtuvo de una cantera de arcilla ubicada en la comunidad de Chilcapampa, distrito de Bambamarca, cuyo propietario es el Sr. Silvestre Acuña Villega, ubicada en la Zona 17

M, coordenadas UTM: 772834.09m Este, 9258229.94m Sur y Altitud 2707 msnm., tal como de muestra en la Figura 11.

**Figura 11**

*Ubicación de la cantera de arcilla y horno de fabricación de ladrillos artesanales*



*Nota.* (Google Earth Pro, 2021)

El material reciclado de cartón para este estudio fue obtenido de la recicladora Leo (Figura 12), ubicada en Jr. Adriano Novoa cuadra 10 del distrito de Chota; en la Zona 17 M, coordenadas UTM: 759390.88m Este, 9274602.61m Sur y Altitud 2349 msnm.



**Figura 12**

***Ubicación de la planta recicladora Leo***



*Nota.* (Google Earth Pro, 2021)

## **4.2. Unidad de análisis, población y muestra**

### ***4.2.1. Unidad de análisis***

La unidad de análisis ha sido los ladrillos de arcilla con adiciones de residuos de cartón, fabricados artesanalmente en C.P. Chilcapampa, Distrito Bambamarca.

### ***4.2.2. Unidad de observación***

La unidad de observación ha sido los ladrillos de arcilla cocida, fabricados artesanalmente en el Distrito Bambamarca.

### ***4.2.3. Población***

La población está formada por todos los ladrillos artesanales producidos con suelo arcilloso de las canteras de la localidad de Chilcapampa, Bambamarca y con la adición de residuos de cartón de la provincia de Chota.

#### 4.2.4. Muestra

Determinando los diferentes diseños de mezcla al 0%, 1%, 3%, 5%, 7% y 10% de adición de residuos de cartón, se procedió a ensayar nuestros bloques cerámicos conociendo sus propiedades, la cantidad de la muestra tomada se indica en la Tabla 11.

**Tabla 11**

*Cantidad de unidades de arcilla ensayadas en laboratorio*

<b>Propiedades físico mecánicas</b>	<b>N° Unidades por prueba</b>	<b>Número de mezclas</b>	<b>Total, de especímenes</b>
Alabeo y Variación dimensional	10	6	60
Resistencia compresión	5	6	30
Densidad, absorción y succión	10	6	60
Módulo de rotura	5	6	30
Compresión de pilas	3*3	2	18
Compresión de muretes	18*3	2	108
<b>TOTAL</b>			<b>302</b>

### 4.3. Tipo y descripción del diseño de investigación

#### 4.3.1. Tipo de investigación

De acuerdo con el enfoque metodológico y al diseño de prueba de la hipótesis la investigación es de tipo “cuantitativa experimental” porque utiliza un proceso ordenado cuantificable para variar la variable dependiente “ladrillos artesanales” a partir de la adición de la variable independiente “residuos de cartón”.

Primero se describió las características del ladrillo artesanal sin adición y con adición de residuos de cartón, luego la información es procesada en base a la hipótesis y objetivos planteados. Finalmente, los resultados son cuantificados, analizados y contrastados con investigaciones anteriores. Los criterios más importantes de la investigación se indican en la tabla 12.



**Tabla 12**

*Tipo de investigación según los primordiales criterios*

<b>CRITERIO</b>	<b>TIPO DE INVESTIGACION</b>
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque metodológico	Cuantitativo
Objetivos	Correlacional
Fuente de datos	Primaria
Control del diseño de la prueba	Experimental
Temporalidad	Transversal (sincrónica)
Contexto donde sucede	Laboratorio
Intervención disciplinaria	Unidisciplinaria

#### **4.3.2. *Diseño de investigación***

##### **4.3.2.1. Materiales**

El ladrillo elaborado artesanalmente sin adición y con adición de residuos de cartón en el Caserío de Chilcapampa, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca , se requirió los siguientes materiales:

- **Materiales e insumos.** Suelo arcilloso, residuos de cartón, arena gruesa para mortero, cementos Pacasmayo Extra Forte y agua potable.
- **Equipos y herramientas:** Molino triturador de arcilla, máquina de compresión universal, balanza electrónica, horno de 1000 °C, estufa de 110 °C a 115 °C, cámara fotográfica, máquina de Casagrande, molde doble para ladrillos, moldes para testigos de mortero de 5 cm de lado, regla metálica graduada al 1 mm, recipientes de 30\*50 cm, palana, badilejo, plancha, regla metálica graduada a 1 mm, wincha, nivel manual, baldes medidores, plomada, carretilla, vernier digital graduado al 0.1 mm, poza de curado del laboratorio, equipos de protección personal, taras, mallas ASTM N° 4, 10,20, 40, 60,100 y 200.

#### 4.3.2.2. Elaboración de los especímenes

Al analizar las consecuencias ambientales que genera la industria de la construcción se planteó la fabricación del ladrillo artesanal adicionando residuos de cartón. El procedimiento de fabricación de estas nuevas unidades se sintetiza en lo siguiente: los residuos de cartón fueron sometidos a una transformación en la maquina trituradora hasta obtener un tamaño uniforme, luego se realizó el diseño de mezclas a diferentes porcentajes de adición de los residuos de cartón con el suelo arcilloso, finalmente se obtuvo las unidades artesanales y se evaluó sus propiedades físico mecánicas de acuerdo a la NTP, por lo cual se realizó las siguientes etapas:

**Etapa 1.** *Exploración de los materiales para la elaboración de las unidades de albañilería:* Se ubicó la cantera de arcilla (Figura 13), esto fue indispensable ya que fue donde se extrajo la materia prima (suelo arcilloso), que estuvo formada por arenas, arcillas, limos y restos de materia orgánica.

**Figura 13**

*Ubicación de la cantera de arcilla*



*Nota.* La veta de arcilla y horno de quemado están ubicados en el caserío de Chilcapampa, Bambamarca.

**Etapa 2. Trituración de los residuos de cartón:** Se obtuvo los residuos de cartón de la recicladora Leo ubicada en Jr. Adriano Novoa Cdra. 10, ciudad de Chota, luego se almaceno el material reciclado libre de la humedad (residuos de cartón en estado seco).

El proceso de transformación de los residuos de cartón a agregado fino, se realizó en la maquina trituradora (diseñada y fabricada durante el proceso de ejecución de esta tesis), esto nos permitió cortar con gran facilidad los residuos de cartón y dar el tamaño adecuado para realizar la mezcla con el suelo arcilloso (Figura 14). El tamaño máximo de corte de la maquina fue de 2 cm.

**Figura 14**

*Obtención, almacén y trituración de los residuos de cartón*



Nota. Se delimito el tamaño de los residuos de cartón (< 2 cm)

**Etapa 3. Preparación de las mezclas:** Una vez trasladados los materiales a la planta de fabricación de ladrillos, se extrajo el suelo de la cantera, se humedeció el suelo arcilloso con agua y posteriormente se ingresó por un molino eléctrico de 22 HP, este molino sirve para ahorrar tiempo en la preparación de la pasta de arcilla; no obstante,

la tierra fue humedecida con agua y mezclada mediante herramientas manuales, el material obtenido producto de la trituración es homogéneo, sin presencia de rocas. A la pasta obtenida se agregó los residuos de cartón previamente humedecidos en diferentes proporciones (1%, 3%, 5%, 7% y 10%), se batió la mezcla mediante procesos manuales hasta obtener una pasta homogénea (Figura 15).

**Figura 15**

*Molino triturador de arcillas y mezcla de residuos de cartón*



Nota. Realizada la pasta de se debe moldear inmediatamente para evitar pérdida de humedad de la mezcla.

**Etapa 4. Moldeo de los ladrillos sin adición y con adición de residuos de cartón:**

Preparada la mezcla para 100 ladrillos aproximadamente, inmediatamente se moldeo el ladrillo patrón (Figura 16), luego de haber preparado la mezcla con adición de residuos de cartón se moldeo señalando cada grupo con una nomenclatura específica (C1, C3, C5, C7 y C10).



**Figura 16**

*Moldeo de ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón*



Nota. El molde de ladrillos PVC, tuvo dimensiones internas de 8cm alto, 13 cm de alto y 23 cm de largo.

**Etapa 5. Secado de los ladrillos artesanales:** Después de moldear los ladrillos fueron ubicados en orden según las adiciones de cartón, durante 7 días (Figura 17).

**Figura 17**

*Secado de las unidades de arcilla fabricadas con adición de residuos de cartón*



Nota. El secado de los ladrillos se realizó sobre una superficie plana, durante las noches se cubrió con plástico.

**Etapa 6. Horneado o quemado de ladrillos:** Después de haber secado los ladrillos durante un periodo prudencial (7 días aproximadamente), se trasladó e ingreso los ladrillos fabricados al horno para su quemado por un periodo mínimo de 15 días, los ladrillos fueron colocados en la parte superior del horno para poder identificarlos

rápidamente, puesto que la capacidad total del horno oscila alrededor de 40 mil ladrillos (Figura 18).

**Figura 18**

*Horneado de los ladrillos artesanales*



*Nota.* El quemado de los ladrillos se llevó a cabo en el horno tipo bóveda.

**Etapa 7. Clasificación y despacho de las unidades de albañilería:** Terminado el quemado, se dejó enfriar al horno durante 5 días, después de esto se identificó cada uno de los grupos de ladrillos con sus respectivas adiciones (Figura 19). Finalmente se trasladó los ladrillos en un camión a la ciudad de Chota para ser analizados en “El laboratorio de Materiales de la Universidad Nacional Autónoma de Chota”.

**Figura 19**

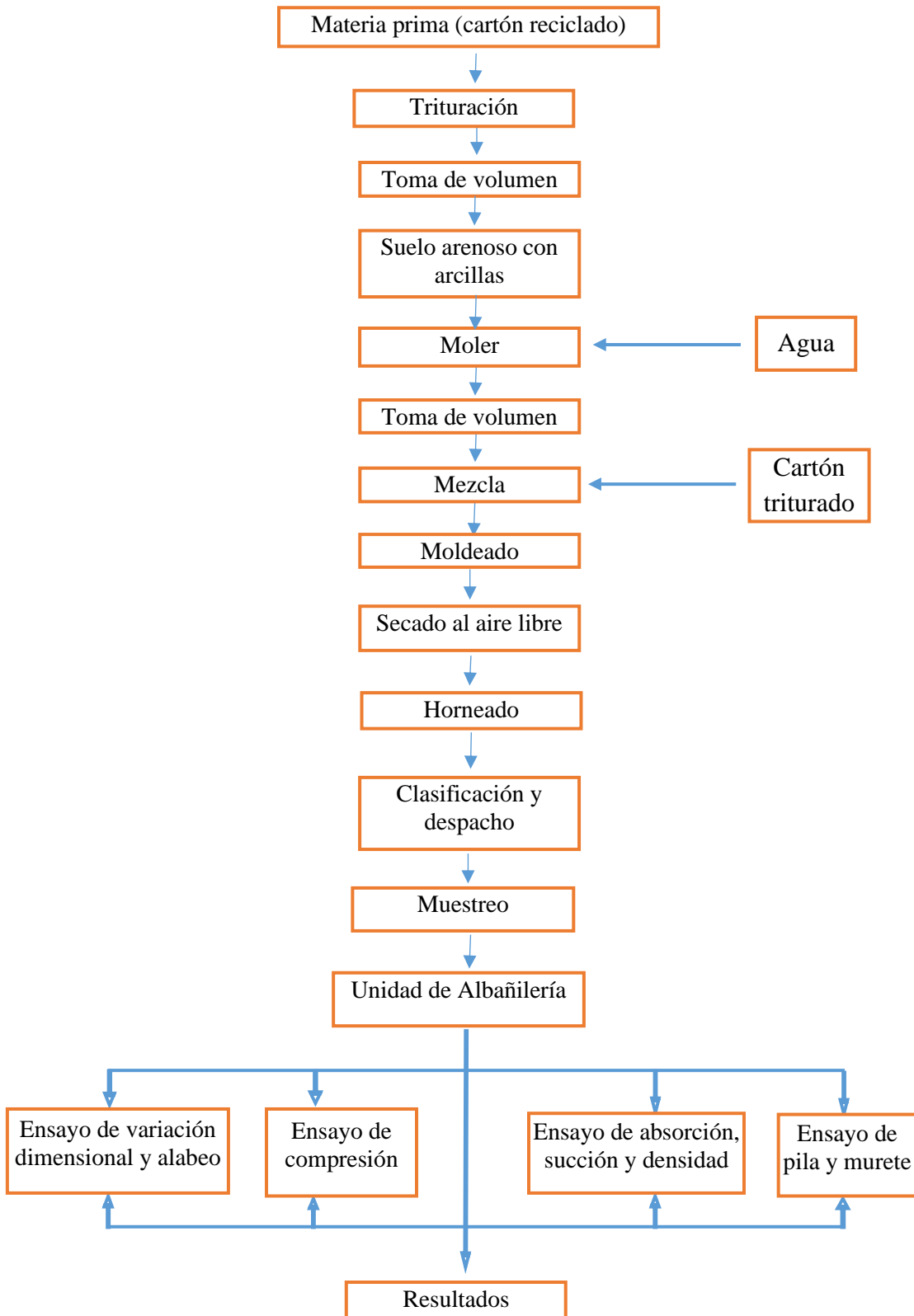
*Clasificación de los ladrillos artesanales*



*Nota.* Las unidades se ubicaron en un lugar seco y se clasificaron según su color y forma.

Figura 20

Procedimiento efectivo del diseño de mezclas de arcilla – cartón – agua



### 4.3.3. *Métodos de investigación*

#### 4.3.3.1. **Método para la clasificación de suelo (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS)**

Para conocer el tipo de suelo se desarrolló el procedimiento del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), según este ensayo se reconoce tres categorías de suelos: suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos altamente orgánicos. Luego estas categorías se subdivididas en 15 grupos de suelo, que, fundamentado en los resultados de ensayos de laboratorio, un suelo es identificado asignándosele un símbolo y nombre de grupo (NTP 339.134, 1999, p. 3).

Para clasificar el suelo de la cantera, se hizo los ensayos de laboratorio límite líquido, límite plástico y granulometría. Para realizar el **ensayo de límite líquido (LL)**, se llevó una muestra de suelo de la cantera de 500 gramos que pase el tamiz N° 40 (425  $\mu\text{m}$ ), luego se procedió a ensayar la pasta de suelo en la copa Casagrande hasta obtener un espesor de 1 cm, se realizó una ranura por el centro de la pasta y se registró el número de golpes al momento de unirse la ranura a 1.27 cm, esto se repitió 3 veces; la pasta húmeda se retiró de la copa Casagrande en una tara (cazoleta) y se pesó, luego se ingresó a la estufa durante 12 h para hallar su contenido de humedad. Los resultados registrados se representaron en una gráfica semilogarítmica N° golpes vs contenido de humedad en porcentaje, se trazó una recta a paralela al eje “Y”, a los 25 golpes, la intersección de la recta de los valores dispersos con la recta paralela, representa el valor del límite líquido (NTP 339.129, 2019, p.16).

El **ensayo de límite plástico (LP)**, se realizó de ejecutando 3 veces el método del rollito, sobre una placa de vidrio se enrolló con la mano la muestra de suelo húmeda hasta aproximadamente 3mm (Figura 21), cada muestra se pesó y se ingresó a la estufa,



para luego obtener su contenido de humedad. Con los datos registrados se determinó la humedad media de las muestras y se obtuvo el límite plástico. Finalmente, se determinó “el índice de plasticidad” (IP) que es la diferencia del LL-LP.

El “análisis granulométrico mediante tamizado por lavado” se realizó a una muestra seca de 500 gramos. Para hallar el tamaño de grano de las partículas se lavó la muestra en la malla N° 200, se secó en la estufa y se pasó por el juego de tamices ASTM N° 4, 10,20, 40, 60,100 y 200, luego se registró los porcentajes retenidos en cada tamiz y se calculó los porcentajes acumulados que pasan cada tamiz (NTP 400.018, 2018, pp. 3-8).

**Figura 21**

*Ensayos de laboratorio para la clasificación de suelos*



*Nota. Los ensayos de LL, LP y granulometría en el laboratorio de suelos de la UNACH.*

Después de esto se trazó la curva granulométrica a escala semilogarítmica (Abertura del tamiz en mm vs Porcentaje que pasa). finalmente, con ayuda de los datos anteriores y la carta de plasticidad se clasificó el suelo.

#### 4.3.3.2. Métodos de ensayo para los residuos de cartón

**A. Granulometría.** La utilizo una cierta cantidad residuos de cartón en estado seco, luego se pasó por el juego de tamices: 2'' (50 mm), 1 ½'' (37.5 mm), ¾'' (19 mm), 1/2'' (12.5 mm), 3/8'' (9.5 mm), N°4 (4,75 mm), N°8 (2.36 mm), N°16 (1.18 mm), N°30 (600 µm), N°50 (300 µm), N°100 (150 µm), calculando el porcentaje que pasa, sobre cada tamiz (Figura 22). También se halló el módulo de fineza, sumando el porcentaje acumulado retenido del cartón sobre los tamices mencionados y se dividió la adición entre 100 (NTP 400.12, 2018, pp. 9-10).

**Figura 22**

*Ensayos de análisis de los residuos de cartón*



*Nota.* El tamizado se realizó en la maquina automática Humboldt, durante un periodo de 3 minutos.

**B. Densidad y absorción.** Siguiendo el procedimiento de la NTP 400.022 (2013), se tomó una muestra del cartón y después de 24 h ± 4 h de saturación en agua fría, se retiró del agua, luego con un paño seco se quitó el agua superficial del cartón y se pesó. Después parte del cartón se colocó en la fiola para hallar su volumen. Finalmente fue secado en horno a 110 °C ± 5 °C y se registró su masa nuevamente (Figura 23). Utilizando dichos los valores fue posible determinar la densidad relativa seca (DRs),

la densidad relativa de superficie seca (DR<sub>sss</sub>), la densidad relativa aparente (DRA) y la absorción (Abs) (pp. 7-10):

$$DR_s = A / (B+S-C) \quad (3)$$

$$DR_{sss} = S / (B+S-C) \quad (4)$$

$$DRA = A / (B+A-C) \quad (5)$$

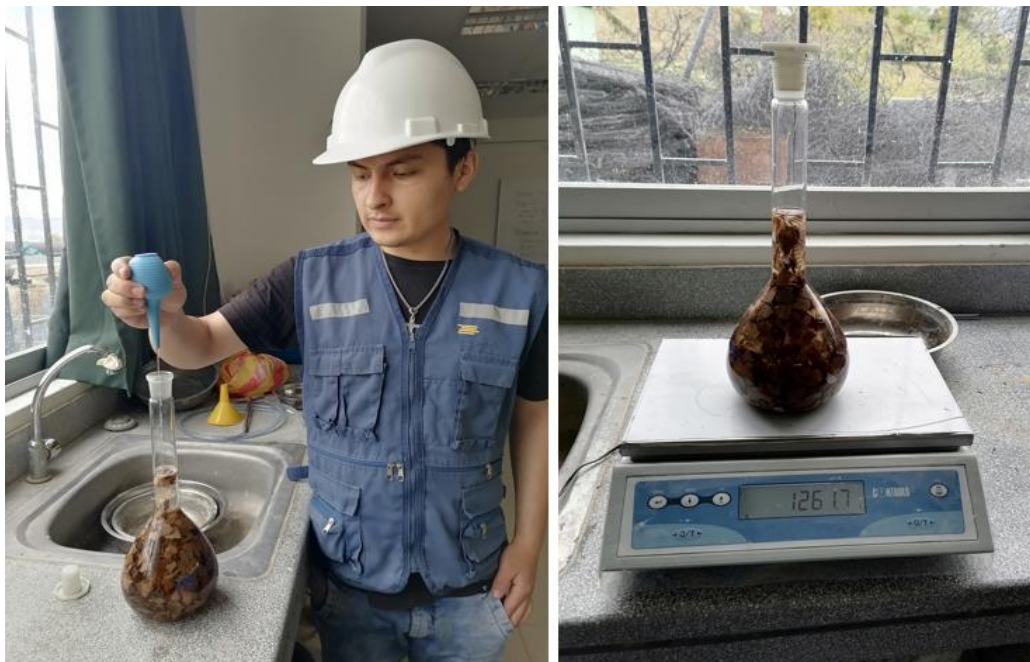
$$Abs (\%) = 100[(S-A) / A] \quad (6)$$

Donde:

- Masa de la muestra seca al horno (A)
- Masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración (B)
- Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración (C)
- Masa de la muestra saturada superficialmente seca (D)

**Figura 23**

*Ensayo de densidad, densidad relativa y absorción del cartón*



*Nota.* Los residuos de cartón fueron sumergidos 24 h en agua y después ingresados al picnómetro.

**C. Peso unitario y porcentaje de vacíos.** Siguiendo el procedimiento de la NTP 400.017 (2016), para hallar el peso apisonado se tomó una muestra seca al horno de cartón alrededor de 190 % la cantidad estipulada para llenar el molde cilíndrico en 3 capas aproximadamente, la primera capa apisonada se llenó un tercio del molde dándole 25 golpes uniformemente (Figura 24). Para las capas siguientes se repitió el procedimiento anterior hasta llenar totalmente del recipiente y se determinó su masa. Para calcular el peso suelto se llenó el material hasta la superficie del molde cilíndrico y con la varilla de acero se enraza para eliminar el desperdicio (pp. 3-6). Finalmente aplicando las Ecuaciones de este método, se calculó la densidad de masa en  $\text{kg/m}^3$  (M), la densidad de masa saturada de superficie seca en  $\text{kg/m}^3$  (Msss), y porcentaje de vacíos (% Vacíos), así:

$$M = (G-T) / V \quad (7)$$

$$M_{sss} = M[1+(A/100)] \quad (8)$$

$$\% \text{Vacíos} = 100[(S*W)-M]/(S*W) \quad (9)$$

Donde:

- Volumen del recipiente cilíndrico en  $\text{m}^3$  (V)
- Peso del molde cilíndrico en kg (T)
- Muestra seca + recipiente en kg (G)
- Porcentaje de absorción (A)
- Densidad relativa seca en  $\text{kg/m}^3$  (S)
- Densidad del agua en  $\text{kg/m}^3$  (W)

Figura 24

Ensayo de “peso unitario suelto y compactado” de los residuos de cartón



Nota. Los ensayos se realizaron el molde cilíndrico de 6 plg de diámetro por 6 plg de altura.

#### 4.3.3.3. Métodos de ensayos clasificatorios para la unidad de albañilería

Se realizó las pruebas a los especímenes con la finalidad de restringir su empleo en diseños estructurales. Conforme a la NTP 399.613 (2017), se eligió “unidades enteras representativas del lote, con color uniforme, textura y tamaño, libres de impurezas u otros materiales no asociados con el proceso de fabricación” (p. 2).

**A. Variación dimensional.** Se emplearon 10 unidades por cada grupo de adiciones, de la siguiente manera: espécimen patrón (base o de control) y los 5 grupos restantes formados con los porcentajes de adición de cartón triturado, haciendo un total de 60 unidades. La unidad seca se pesó en una balanza con aproximación a 0.1 g, luego se limpió sus las aristas para eliminar la suciedad y polvo adherido, después “se midió con una regla metálica gradada en milímetros, el largo, ancho y alto, a la mitad de las aristas que limitan cada cara, realizándose 4 medidas por cada una de las dimensiones” (Figura 25) (NTP 399.613, 2017, pp. 23-24).



Figura 25

*Procedimiento de ensayo de variación dimensional*



*Nota.* Las dimensiones fueron tomadas con ayuda de una regla en mm y un vernier.

Finalmente se calculó el valor promedio del largo, ancho y altura de cada grupo de unidades; a estos datos se restó la dimensión dada por el fabricante y luego se dividió entre la misma, el resultado se expresó en porcentaje según la Ecuación 13.

$$L = (L1 + L2 + L3 + L4) / 4 \quad (10)$$

$$A = (A1 + A2 + A3 + A4) / 4 \quad (11)$$

$$h = (h1 + h2 + h3 + h4) / 4 \quad (12)$$

$$V (\%) = \frac{100 (Df - Dprom)}{Df} \quad (13)$$

**B. Alabeo.** Se dispusieron 5 unidades por cada grupo de adiciones, acumulando un total de 30. Para el desarrollo de este ensayo se realizó de acorde a la NTP 399.613 (2017), empleando el vernier o pie de rey y una superficie plana de vidrio de 30 cm de lado. Se inicio colocando a la unidad sobre la superficie plana, para luego medir el borde y caras ya sean estos cóncavos o convexos (Figura 26). El alabeo fue el promedio de la concavidad y convexidad de toda la muestra, expresado en mm (pp. 21-23).

Figura 26

*Medida de alabeo de las unidades de arcilla con adición de cartón*



*Nota.* La muestra de ladrillos para medida de alabeo fueron unidades enteras y secas.

**C. Resistencia a la compresión.** Se utilizaron 5 unidades por cada grupo de adición de cartón, haciendo un total de 30. Cumpliendo las pautas indicadas en la NTP 399.613 (2017), se registró el peso y dimensiones de los especímenes secos, luego sobre las áreas de asiento se colocó una capa de 3 mm de yeso. Antes de ensayar los especímenes se dejó reposar el refrentado por 24 horas. Luego se colocaron los especímenes en la máquina universal aplicando una carga axial gradualmente hasta romper las unidades como se ve en la Figura 27 (pp. 5-8).

“La resistencia individual ( $f_b$ ) se expresó como el cociente de la carga en kilogramos entre el área bruta en centímetros cuadrados. La resistencia a compresión

final  $f'b$  se obtuvo restando la desviación estándar al promedio de las resistencias iniciales” (Norma E.070, 2006, p. 298).

$$fb = P/A \quad (14)$$

Donde:

- P : Máxima carga aplicada por la máquina de ensayo, kg,f o N
- A: Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen,  $\text{cm}^2$ .

$$f'b = fb - \sigma \quad (15)$$

Donde:

- $f'b$ : “Resistencia a la compresión” característica en  $\text{kg}/\text{cm}^2$
- $fb$ : “Resistencia a la compresión” del espécimen en  $\text{kg}/\text{cm}^2$
- $\sigma$ : Desviación estándar

**Figura 27**

*Ensayo de compresión de especímenes con adición de cartón*



*Nota.* El área de contacto de la unidad con los cabezales de la máquina a compresión fue completa.



Para hallar el **módulo de elasticidad (Eb)** de las unidades de arcilla cocida, se midió la altura inicial y final de cada unidad con ayuda del vernier en la máquina de compresión para después hallar su deformación. Con los datos conseguidos, se consiguió dibujar la gráfica esfuerzo vs deformación unitaria, realizando un diagrama de dispersión para cada grupo de especímenes, para ello usamos la Ecuación 16:

$$E_m = \delta / \epsilon u = P \cdot h / A \cdot \Delta \quad (16)$$

Donde:

- $\delta$ : Esfuerzo ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
- P: Fuerza atribuida (kg)
- A: Superficie de contacto a la fuerza atribuida ( $\text{cm}^2$ )
- $\epsilon u$ : Deformación Unitaria
- $\Delta$ : Deformación total en mm
- h: Altura inicial de la unidad

#### 4.3.3.4. Métodos de ensayos no clasificatorios para la unidad de albañilería

Las pruebas no clasificatorias para las unidades de arcilla artesanal, son las propiedades que pueden ser controladas en obra o durante la ejecución de un proyecto de construcción y estas son las siguientes:

##### *A. Succión, Absorción, Absorción máxima, Coeficiente de saturación y Densidad.*

Para hallar la **densidad (D)** se realizó secando el espécimen en el horno a una temperatura de  $110^\circ \text{C}$  por 24 horas y luego se pesó (W1); aplicando el principio de Arquímedes se determinó el volumen (V).

La **absorción (A)** de la unidad se realizó pesando la muestra seca, luego de haber sido puesta en la estufa (W1), luego se sumergió el espécimen en una poza de agua por 24 h, después se sacó la unidad y se pesó (W3). La **absorción máxima (Am)** se determinó registrando el peso (W1) del espécimen secado en la estufa, luego se

sumergió el espécimen en agua y se dejó hervir durante 5 horas, después se retiró la unidad del agua y se pesó (W4).

El **coeficiente de saturación** (CS) se halló registrando los pesos: peso seco (W1) y los pesos saturados W3 y W4 mencionados anteriormente. La **succión** (S) se determinó registrando el peso seco de la unidad (W1), luego en un recipiente de agua de 2000 cm<sup>2</sup>, se vertió agua a una altura de 12.5 mm de altura. Después de esto se retira la unidad y se registra su peso (W2). Se calculó el área del plano en contacto y se obtuvo mediante una fórmula la succión de la unidad (Figura 28).

“Para el cálculo de las propiedades **S, A, Am y D** se emplearon los especímenes enteros provenientes del ensayo de alabeo y de variación dimensional, según en el orden siguiente” (Bartolomé et al., 2018, p. 60)

- ✓ W<sub>0</sub> = peso en estado natural.
- ✓ W<sub>1</sub> = peso de la unidad secada en un horno a 110°C.
- ✓ W<sub>2</sub> = 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.
- ✓ W<sub>3</sub> = peso de la unidad saturada, luego de haber estado 24 horas en una poza de agua.
- ✓ W<sub>4</sub> = peso de la unidad completamente saturada, luego de haber estado durante 5 horas en agua en ebullición.
- ✓ W<sub>5</sub> = peso de la unidad sumergida totalmente en agua fría.

Realizado el registro individual de los pesos en tales condiciones de cada grupo con adiciones de cartón se calculó las propiedades mencionadas a continuación:

- ✓ Humedad natural = H<sub>n</sub> (%) = 100 ((W<sub>0</sub> - W<sub>1</sub>) / W<sub>1</sub>)

- ✓ Absorción =  $A$  (%) =  $100 ((W3 - W1) / W1)$
- ✓ Absorción máxima =  $A_m$  (%) =  $100 ((W4 - W1) / W1)$
- ✓ Coeficiente de saturación =  $CS = A / A_m$
- ✓ Succión ( $gr/200\text{ cm}^2\text{-min}$ ) =  $200 (W2 - W1) / \text{Área de la cara de asiento}$
- ✓ Volumen ( $\text{cm}^3$ ) =  $V = W4 - W5$  ... peso específico del agua =  $1\text{ gr/cm}^3$
- ✓ Área Neta =  $A_n = V / h$  ...  $h$  = altura promedio
- ✓ Densidad ( $\text{gr/cm}^3$ ),  $D = W1 / V$

**Figura 28**

*Ensayo de densidad, absorción y succión de las unidades artesanales con adición de cartón*



*Nota.* Las unidades ensayadas provenían del ensayo de variación dimensional y alabeo.

**B. Módulo de rotura.** Según la NTP 399.613 (2017), “las muestras de espécimen deben ser unidades enteras que se hayan secado y enfriado” (pp. 4-5). Se ensayaron cinco unidades enteras secas y frías por cada conjunto (6 grupos).

Se colocó el espécimen sobre una plancha de metal ( $e = 6 \text{ mm}$ ) con dos apoyos fijos de acero ( $e = 12.5 \text{ mm}$ ). La metodología del ensayo consistió en someter una carga al centro de la unidad, a una rapidez de  $1.3 \text{ mm/min}$  (Figura 29); luego se calculó el módulo ( $f't$ ) mediante la siguiente expresión, con redondeo a  $0,01 \text{ MPa}$  (NTP 399.613, 2017, pp. 4-5).

$$F't = 3W (L / 2 - x) / bd^2 \quad (17)$$

Donde:

$F't$  = Módulo de rotura del espécimen en el plano de falla, Pa.

$W$  = Máxima carga máxima con la máquina de ensayo, N.

$L$  = Distancia entre soportes, mm.

$b$  = Ancho neto (entre caras, restando los huecos) del espécimen en el plano de falla, mm.

$d$  = Espesor del espécimen en el plano de falla, mm.

$x$  = Distancia promedio desde el centro del espécimen hasta el plano de falla, medida en la dirección entre apoyos, a lo largo de la línea central de la superficie sujeta a tracción, mm.

Figura 29

*Procedimiento de ensayo de flexión de los especímenes fabricados*



*Nota.* Las unidades ensayadas se realizaron sobre la plancha con los apoyos en la máquina de compresión.

**C. Eflorescencia.** Siguiendo los métodos de ensayo de la NTP 399.613 (2017), se tomó una muestra de 10 unidades por cada variación de cartón, que se divide en dos grupos. Las primeras 5 unidades se colocó en una bandeja separadas entre si cada 5 cm parcialmente sumergidos a una altura de agua de 25.4 mm, durante 7 días. Las 5 unidades restantes se colocaron en una bandeja sin agua debidamente espaciados. Concluido los siete días se examinó el primer grupo de especímenes y luego se secó ambos conjuntos en la estufa por 24 horas (Figura 30). Posteriormente, se apreció el contraste de colores entre los vértices y la zona central y dependiendo de la aparición de manchas blancas se clasifico la unidad (pp. 18-20).

**Figura 30**

*Ensayo de eflorescencia de las unidades con arcilla y cartón fabricados artesanalmente*



*Nota.* Las unidades ensayadas fueron analizadas después de los 7 días a humedad ambiente.

#### **4.3.3.5. Métodos de ensayo de albañilería simple**

**A. Compresión axial en pilas.** Se realizó elaborando 3 pilas formadas con las muestras con adición del 1% de cartón y 3 pilas con especímenes base, el mortero tubo juntas de 13 a 18 mm de espesor con una dosificación de 1:4 (cemento: arena). Antes de construir las pilas se humedeció las unidades de arcilla cocida con agua potable. Norma E.070 (2006, p. 298), durante la construcción se controló la altura la wincha y la verticalidad con un nivel manual y plomada. Previo al ensayo en la máquina de compresión, se colocó una capa de yeso de 2 cm en la superficie de contacto para uniformizar algunas irregularidades. Este ensayo se hizo cuando los prismas consumaron los 28 días de edad.

Antes del ensayo se midió la altura (H) y el espesor efectivo (t) de la pila, luego se colocó manualmente en la máquina y se le aplicó la carga (Figura 31). Con ayuda de la wincha se registró la deformación de la pila después de aplicada la carga, para finalmente obtener “las gráficas Esfuerzo vs. Deformación unitaria.”

“El cálculo de la resistencia a compresión axial se realizó registrando la carga máxima y el área bruta referida a la sección transversal del prisma de albañilería” (NTP 399.605, 201, pp. 14-15).

$$f_m = C_{\max} / A_b \quad (18)$$

Donde:

$f_m$ : Resistencia a compresión axial (kg/cm<sup>2</sup>)

$C_{\max}$ : Fuerza máxima que resiste la pila (kg)

$A_b$ : Área bruta transversal a la fuerza (cm<sup>2</sup>)

Luego se corrigió  $f_m$  según el factor de corrección por esbeltez de la pila, expresados en la Tabla 6 y Tabla 7. Finalmente se encontró la resistencia distintiva ( $f'_m$ ) sustrayendo la desviación estándar a la resistencia inicial.

$$f'_m = f_m - \sigma \quad (19)$$

Donde:

$f_m$ : Resistencia a compresión normal (kg/cm<sup>2</sup>)

$f'_m$ : Resistencia a compresión distintiva (kg/cm<sup>2</sup>)

$\sigma$ : Desviación estándar.



Figura 31

*Ensayo a la compresión en pilas de unidades con adición de cartón*



*Nota.* Los prismas fueron ensayados a los 28 días de edad en la máquina de compresión universal.

El **módulo de elasticidad** en pilas ( $E_m$ ), se calculó con los datos del esfuerzo provenientes del ensayo a compresión de las pilas. Durante dicho ensayo se registró la altura inicial y la altura después de aplicar la carga en la máquina de compresión universal para encontrar su deformación unitaria. Después se gráfica el Esfuerzo vs deformación unitaria, haciendo un diagrama de dispersión por cada adición de cartón.

La grafica del esfuerzo vs deformación unitaria se analizó con las propiedades al 50% menos el 10% del esfuerzo dividido al 50 % menos 10% de la deformación unitaria, esto se debe a que el nivel inicial (10%) es yeso y el 50 % por la presencia



del cemento que tiene un comportamiento elástico lineal. Para ello se utiliza la Ecuación a utilizar para el cálculo del módulo de elasticidad (Em) es el siguiente:

$$Em = \frac{(P_{50\%} - P_{10\%})/A}{(E_{50\%} - E_{10\%})/L_i} = \frac{\delta}{Eu} \quad (20)$$

Donde:

P50% y P10%: Carga axial al 40%

E50% y E10%: Deformación al 40%

A: Área de la sección transversal de la pila

Li: longitud inicial de la pila

δ: 40% del esfuerzo

Eu: 40 % de la deformación Unitaria

**B. Compresión diagonal en muretes.** Se fabricó muretes de 0.65 \* 0.65 m. tres con unidades al 1% de adición de cartón y tres más con unidades base. Las juntas del murete fueron de mortero tipo P2 con proporción 1:4 de cemento y arena respectivamente.

Durante la construcción humedeció las unidades con agua debido elevada succión que poseían, además se plomo y midió todas las aristas de la estructura. Los muretes se rompieron a los 28 días desde su fabricación. Para ejecutar el ensayo se refrento los muretes con capping de yeso de 2.1 mm y se dejo reposar 22 horas, luego se trasladó y coloco el murete dentro de los ángulos de acero, aplicándose la carga, (Figura 32), se registró la altura inicial y la altura después de aplicar la carga en la máquina de compresión para después encontrar su deformación del murete y poder obtener las gráficas esfuerzo cortante vs deformación angular de dicho elemento.

“El resultado de la resistencia al corte en muretes, resultó de dividir la carga máxima entre el área diagonal comprimida” (NTP 399.621, 2004, pp. 6-7).

$$vm = Cm\acute{a}x/Ag \quad (21)$$

Donde:

$vm$ : Esfuerzo cortante ( $kg/cm^2$ )

$Cm\acute{a}x$ .: Máxima Fuerza que soporta el murete ( $kg$ )

$Ag$ : rea diagonal ( $cm^2$ )

“La resistencia característica al corte ( $v'm$ ) es el promedio de las resistencias iniciales menos una desviación estándar” (Norma E.070, 2006, p.301).

$$v'm = vm - \sigma \quad (22)$$

Donde:

$vm$ : Esfuerzo cortante inicial ( $kg/cm^2$ ).

$v'm$ : Esfuerzo cortante característico ( $kg/cm^2$ ).

$\sigma$ : Desviación estándar.

Figura 32

*Ensayo de compresión diagonal en muretes de unidades artesanales*



*Nota.* Los muretes fueron constituidos por 7 hiladas de bloques unidos con juntas de 15 a 20 mm de espesor.

Para determinar el módulo de corte ( $G_m$ ) se asume la carga aplicada al 40%, el cálculo se realiza al igual que el módulo de elasticidad en pilas descrito anteriormente. Para hallar dicho modulo se empleó la Ecuación 23:

$$G_m = \frac{[(P_{50\%} - P_{10\%})/Adiagonal]}{[(E_{h50\%} - E_{h10\%})/L_{hi} + (E_{v50\%} - E_{v10\%})/L_{vi}]} = \frac{\delta}{E_{uv} + E_{uh}} \quad (23)$$

Donde:

$P_{50\%}$  y  $P_{10\%}$ : Carga aplicada al 40%

$E_{h50\%}$  y  $E_{h10\%}$ : “Deformación Horizontal” al 40%

$E_{v50\%}$  y  $E_{v10\%}$ : “Deformación Vertical” al 40%

Adiagonal: Área diagonal

$L_{hi}$  y  $L_{vi}$ : longitud inicial Horizontal y vertical correspondientemente

$E_{uv}$ :  $E_{uv}(50\%) - E_{uv}(10\%)$ : 40% de la “deformación Vertical”

$E_{uh}$ :  $E_{uh}(50\%) - E_{uh}(10\%)$ : 40% de la “deformación Horizontal”

#### 4.3.3.6. Métodos de ensayo al mortero

**A. Métodos de ensayo del agregado fino.** La arena fue recogida de la cantera ubicada en el distrito de Conchan, provincia de Chota, departamento de Cajamarca. Según la NTP 400.010 (2011) la muestra de arena fue recolectada aplicando el método de cuarteo (pp.5-8).

De acuerdo a la NTP 400.012 (2018) se llevó acabo el análisis granulométrico pasando el agregado fino por el juego de tamices normalizado (pp. 6-10), según la NTP 400.037 (2018) se determinó el módulo de fineza, sumando los tamices normalizados y dividiéndolos entre cien (pp. 8-12), según la NTP 339.185 (2013) se determinó el contenido de humedad evaporable del agregado fino sacando la diferencia del peso

natural en cantera menos el peso seco en horno, expresado en porcentaje (Figura 33), según, (p. 6).

**Figura 33**

*Ensayo de contenido de humedad y granulometría del agregado fino*



*Nota.* El ensayo de contenido de humedad y granulometría se realizó con muestra de arena procedente de la cantera ubicada en el distrito de Conchan, provincia de Chota.

De acuerdo a la NTP 400.022 (2013) se determinó la densidad, peso específico y absorción de la arena gruesa para mortero (pp. 7-15) y finalmente conforme a la NTP 400.017 (2016) se realizó el ensayo de peso suelto y apisonado a las arenas proveniente de conchan, tal como se muestra en la Figura 34 (pp. 6-9).

Figura 34

*Ensayo de peso apisonado y suelto, densidad relativa y absorción del agregado fino*



*Nota.* La muestra tomada para realizar el ensayo de peso suelto y compactado fue 5 kg aproximadamente y para el ensayo de densidad 500 g de arena seca.

**B. Resistencia a la compresión ( $f'c$ ).** “Se encontró dividiendo la carga de rotura entre el área bruta de los testigos de mortero de 5 cm por lado (Figura 35), usando la siguiente Ecuación 14” (NTP 399.610, 2003, pp. 9-10).

“La resistencia a compresión última del mortero  $f'c$  se obtuvo restando una desviación estándar ( $\sigma$ ) al promedio de las resistencias iniciales ( $f_c$ ) de cada grupo de unidades fabricadas con la adición de cartón” (Norma E.070, 2006, p. 256).



**Figura 35**

*Ensayo de compresión de testigos de mortero 1:4 (cemento: arena)*



*Nota.* Los especímenes de mortero de 5\*5 cm fueron ensayados a los 28 días de edad.

El **módulo de elasticidad del mortero** ( $E'c$ ), se midió la atura inicial y final del mortero dentro de la máquina de compresión para encontrar su deformación unitaria, luego se bosquejo “la gráfica de esfuerzo ( $\delta$ ) vs la deformación unitaria ( $E_u$ )”, haciendo un análisis de todos los testigos del mortero. Para hallar el esfuerzo se utilizó la Ecuación 14 y para hallar la deformación unitaria del mortero la Ecuación 16:

#### **4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Todo proceso de investigación se inicia en la técnica de la observación, ya que al visualizar una situación se identifica el problema, y se comienza a buscar soluciones que satisfagan la necesidad observable. Existen diferentes técnicas para recolección de datos (Tabla 13), que permiten identificar los procesos de fabricación de ladrillo artesanal, iniciando por el estudio de suelos, la variación de proporciones y los estudios finales.

**Tabla 13***Fuentes, técnicas e instrumentos para la recopilación de los datos de cada variable*

VARIABLES	RECOLECCION DE DATOS		
	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Residuos de cartón (variable independiente)	Cartones (adición en porcentajes)	Notas de campo	Libreta y cuaderno
		Análisis documental	Libros y tesis publicadas
		Análisis de laboratorio	Protocolos
Ladrillos artesanales (variable dependiente)	Suelo arcilloso (propiedades físicas)	Notas de campo	Libreta y cuaderno
		Análisis documental	Libros y tesis publicadas
		Análisis de laboratorio	Protocolos

#### **4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de información**

Se utilizaron formatos para la recopilación de los datos en el laboratorio, los cuales fueron validados por el encargado de laboratorio y verificados por el ingeniero asesor. El procesamiento de datos se dió utilizando Hojas de Cálculo. La presentación de los datos calculados se realizó mediante tablas y figuras, de cada una de las propiedades de albañilería de las unidades artesanales sin adición y con adición de residuos de cartón.

##### **4.5.1. Análisis de laboratorio**

Se proceso la información recogida de todos los ensayos de laboratorio realizados, tanto de la clasificación de suelos como los ensayos de la unidad de albañilería y prismas de albañilería, los datos fueron ordenados a partir de la unidad base (0% de residuos de cartón) y de los porcentajes de adición al 1%, 3%, 5%, 7% y 10%. La presentación se muestra en los formatos de ensayo de laboratorio y se procesa para su presentación y evaluación en gráficas y tablas estadísticas.

##### **4.5.2. Análisis estadístico**

El análisis estadístico ha sido realizado por medio de hojas de cálculo en Excel, aplicando para ello, la desviación estándar, que es una indicación de cuan cerca están

agrupados los datos cerca del promedio. Si la desviación estándar es grande los resultados están muy esparcidos, y si la desviación estándar (S) es muy pequeña indica más uniformidad. Las Ecuaciones de las medidas descriptivas son:

El promedio:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (24)$$

La varianza:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (25)$$

Desviación Estándar:

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (26)$$

“El coeficiente de variación (V) relaciona la desviación estándar (S) con el valor promedio ( $\bar{x}$ )”, que se expresa en porcentaje.

$$V(\%) = \frac{S}{\bar{x}} * 100 \quad (27)$$

La trascendencia de este modo de presentar la variabilidad de un material de ingeniería aparece al comparar pruebas distintas de un mismo material o ensayos en diferentes materiales.

#### **4.5.3. Análisis comparativo**

El análisis comparativo consto de contrastar los datos referidos en las gráficas y tablas para lograr el fin general de la investigación. En otras palabras, se realizó el análisis comparativo para conseguir la optimización de la materia prima en un ladrillo artesanal que consiga una resistencia acorde la normatividad vigente.



## 4.6. Matriz de consistencia metodológica

Tabla 14

*Matriz de consistencia*

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Técnicas e instrumentos
	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>-Evaluar los ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón con la finalidad de conocer las propiedades físico mecánicas respecto a la Norma Técnica Peruana.</p>	<p>H1: Los ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón cumplen los parámetros físico mecánicos establecidos por la Norma E.070 y las Normas Técnicas Peruanas.</p>	<p>Técnicas:</p> <p>-Observación sistemática.</p> <p>-Análisis documental.</p> <p>-Ensayos de laboratorio</p>
¿Cuál es el resultado de la evaluación de ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón?	<p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <p>- Determinar las características físico mecánicas de la unidad de albañilería y albañilería simple con la finalidad cumplir los estándares de calidad estipulados en la norma E.070 -Albañilería.</p> <p>- Comparar las propiedades físico mecánicas entre los ladrillos convencionales y los ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón.</p> <p>- Obtener el diseño de mezcla óptimo de este nuevo ladrillo producido con adición de cartón con la finalidad de garantizar el cumplimiento de la norma E.070 –Albañilería.</p>		<p>Instrumentos:</p> <p>-Guion de observación.</p> <p>-Elementos de toma de datos y medición.</p> <p>-Formato de registro de datos. documentales.</p> <p>-Formatos de ensayos de laboratorio.</p> <p>-Formatos de experimentación.</p>

## CAPITULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1. Presentación de resultados

##### 5.1.1. Clasificación de suelo según SUCS

##### A. Límite líquido (LL) de la muestra de suelo

Tabla 15

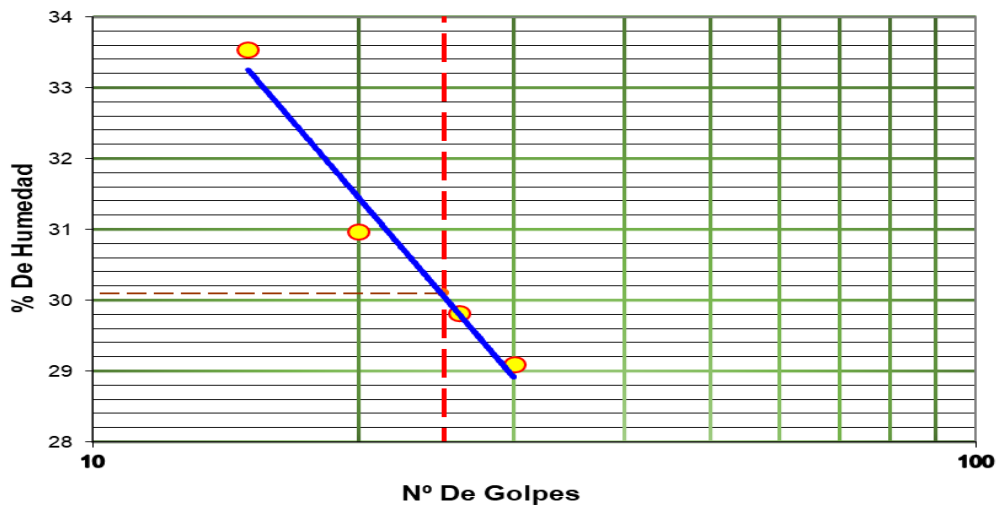
Resultados del ensayo de límite líquido

Muestra N°	1	2	3	4
Peso de la capsula	23.9	23.9	23.8	23.7
Peso capsula + suelo húmedo	49.7	55.4	52.1	66.7
Peso capsula + suelo seco	43.6	48.3	45.6	55.9
Numero de golpes	20	30	26	15
Peso suelo seco	19.7	24.4	21.8	32.2
Peso agua	6.1	7.1	6.5	10.8
% humedad	30.964	29.1	29.817	33.54

Nota. La muestra de suelo areno arcilloso fue extraída de la cantera en Chilcapampa, Bambamarca y su porcentaje de humedad promedio es de 30.85.

Figura 36

Gráfica de límite líquido



Nota. El límite líquido según la gráfica es 30.1 %, es decir la humedad óptima del suelo.

## B. Límite plástico (LP) del suelo

**Tabla 16**

*Resultados del ensayo de límite plástico*

Muestra N°	1	2	3
Peso de la capsula	12.8	13	13.1
Peso capsula + suelo húmedo	18.4	15.6	15.5
Peso capsula + suelo seco	17.8	15.2	15
Peso suelo seco	5	2.2	1.9
Peso agua	0.6	0.4	0.5
% humedad	12	18.18	26.316

*Nota.* El límite plástico promedio del suelo es 18.13 %, índice de plasticidad es la diferencia del límite líquido menos el límite plástico y su valor es 11.27%, por lo índice de plasticidad es medio.

## C. Granulometría mediante tamizado por lavado del suelo

El análisis granulométrico del suelo se realizó mediante tamizado por lavado y con los datos obtenidos se calculó el coeficiente de curvatura (Cc) y el coeficiente de uniformidad (Cu), también se halló los diámetros D10, D30 y el D60.

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (28)$$

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}} \quad (29)$$

**Tabla 17**

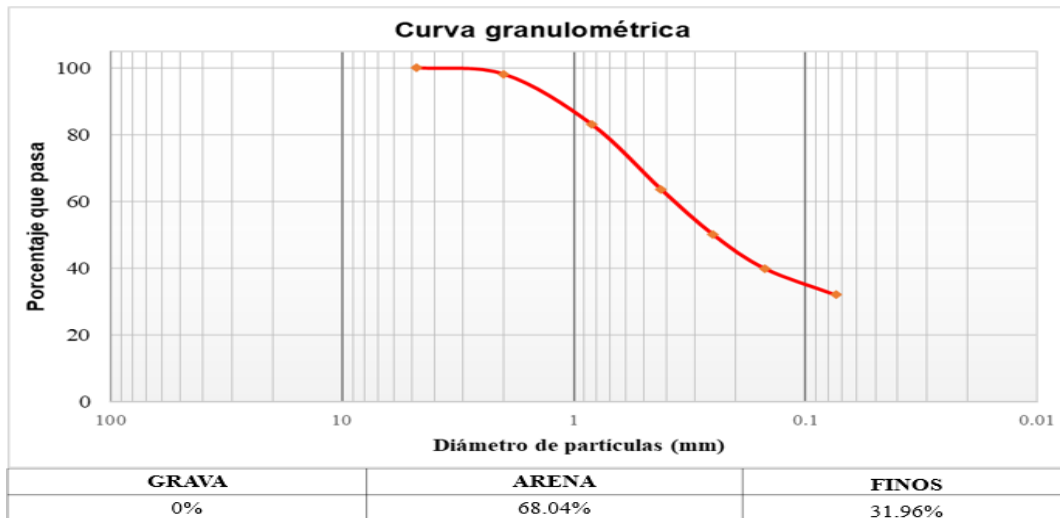
*Resultados del ensayo de “análisis granulométrico mediante tamizado por lavado”*

Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% RP	%RA	% que pasa
N° 4	4.76	0.4	0.08	0.08	99.92
N°10	2	9.8	1.96	2.04	97.96
N°20	0.84	74.6	14.92	16.96	83.04
N°40	0.42	97.5	19.5	36.46	63.54
N°60	0.25	67.8	13.56	50.02	49.98
N°100	0.15	50.5	10.1	60.12	39.88
N°200	0.074	39.6	7.92	68.04	31.96
Perdida	0	159.8	31.96	100	0
<b>Total</b>		<b>500</b>	<b>100</b>		

*Nota.* Los valores obtenidos para los coeficientes a partir de esta tabla son: Cc = 0.55 y Cu = 16.22 y para los diámetros son: D10 = 0.0232, D30 = 0.0695 y D60 = 0.3756.

**Figura 37**

*Curva granulométrica del suelo arcilloso*



*Nota.* Las partículas que son retenidas en la malla N° 4 son considerados gravas, las que pasan la malla N° 4 hasta llegar a malla N° 200 son consideradas arenas y las que pasan la malla N° 200 son finos (limos y arcillas).

#### **D. Clasificación del suelo para la fabricación de unidades de albañilería**

Con los datos obtenidos de “límite líquido y límite plástico” se ubicó el índice de plasticidad en la carta de Casagrande y se procedió a clasificar el suelo.

**Tabla 18**

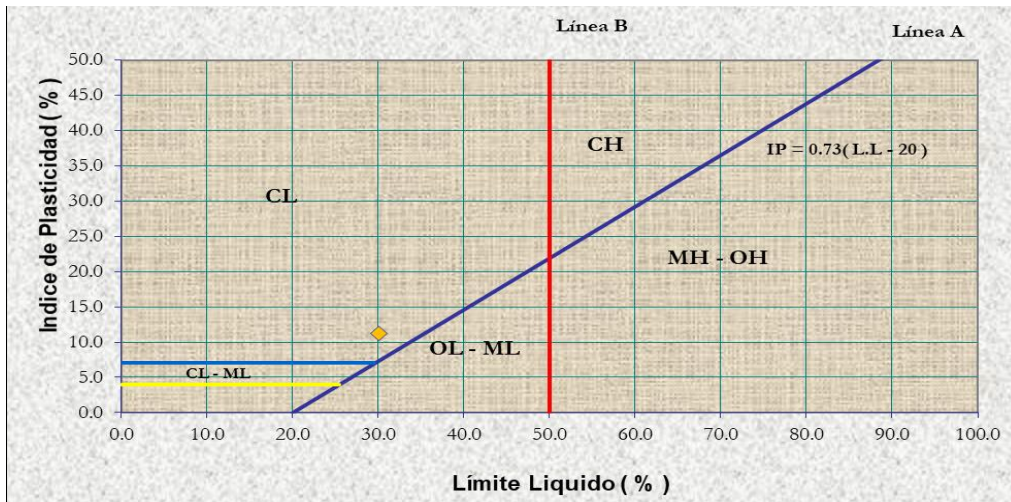
*Resultados del suelo para la fabricación de unidades artesanales*

% Que pasa la malla N° 200	31.96
% Que pasa la malla N° 4	99.92
Límite líquido (LL)	30.10%
Límite plástico (LP)	18.83%
Índice de plasticidad (IP)	11.27%
D60 = 0.3756	Cu = 16.2227
D30 = 0.0695	Cc = 0.5548
D10 = 0.0232	<b>Suelo mal graduado</b>
<b>Tipo de suelo según granulometría:</b>	<b>Suelo grueso (arena)</b>
Tipo de simbología:	Simbología normal
Tipo de suelo:	SM, SC
Suelo:	<b>SC</b>

*Nota.* Según el análisis de las partículas del suelo se clasifica como arenas arcillosas de mediana plasticidad.

Figura 38

Carta de plasticidad de Casagrande



Nota. El índice de plasticidad es el punto naranja en la gráfica, por lo que representa arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.

5.1.2. Ensayos para los residuos de cartón

A. Ensayo granulométrico de los residuos de cartón

Tabla 19

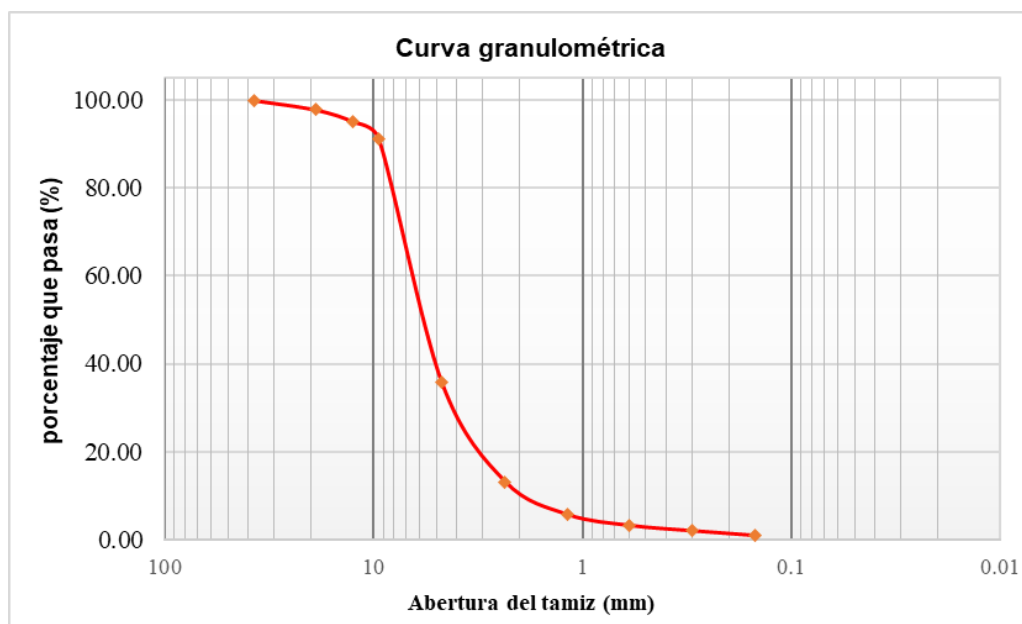
Resultados del ensayo granulométrico de los residuos de cartón

TAMIZ	Peso	%	% retenido	% que pasa
ASTM N° (mm)	retenido (g)	retenido	acumulado	acumulado
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	2.80	2.15	97.85
1/2"	12.50	3.60	2.77	95.08
3/8"	9.50	4.90	3.77	91.31
N° 4	4.75	72.10	55.46	35.85
N°8	2.36	29.50	22.69	13.15
N°16	1.18	9.80	7.54	5.62
N°30	0.60	3.20	2.46	3.15
N°50	0.30	1.60	1.23	1.92
N°100	0.15	1.40	1.08	0.85
<b>Cazoleta</b>	1.1	0.85	100.00	0.00
<b>Sumatoria</b>	130	100		
<b>Módulo de fineza</b>			5.55	

Nota. El cálculo del módulo de fineza se halló sumando el porcentaje retenido acumulado del material de cada uno de los tamices señalados en la tabla 19 y se divide la suma entre 100, los resultados del ensayo granulométrico muestran que los residuos de cartón es un agregado grueso.

**Figura 39**

*Curva granulométrica de los residuos de cartón*



*Nota.* Según la gráfica el tamaño máximo nominal del cartón triturado resulto ser de 1.905 centímetros, ya que más del 95% pasa la malla N° 3/4 (19 mm).

## **B. Contenido de humedad de los residuos de cartón**

**Tabla 20**

*Resultados del ensayo de contenido de humedad de los residuos de cartón*

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Codificación de la tara	-	RC1	RC2	RC3
B	Peso de la tara	g	147.60	124.10	130.40
C	Tara + suelo húmedo	g	247.70	224.10	230.40
D	Tara + suelo seco	g	238.40	215.10	221.60
E	Peso del suelo húmedo $W_{mh} = C - B$	g	100.10	100.00	100.00
F	Peso suelo seco $W_s = D - B$	g	90.80	91.00	91.20
W%	Porcentaje de humedad $W\% = (E - F / F) * 100$	%	10.24	9.89	9.65
G	Promedio porcentaje humedad	%		9.93	

*Nota.* Los residuos de cartón se ensayaron después de ser triturados.

## C. Densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción de los residuos de cartón

Tabla 21

*Resultados del ensayo de densidad relativa (peso específico) y absorción de los residuos de cartón*

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
A	Peso del cartón seco al horno	g	36.40	37.35	35.80	N. A
B	Peso de la fiola llenado de agua hasta la marca de calibración	g	1254.40	1254.45	1254.35	N. A
C	Peso de la fiola llena de la muestra y el agua hasta la marca de calibración	g	1264.70	1265.40	1263.90	N. A
S	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	100.00	100.10	100.00	N. A
E	Densidad relativa seca $DR_s = A / (B+S-C)$	g/cm <sup>3</sup>	0.406	0.419	0.396	0.407
F	Densidad relativa saturada de superficie seca $DR_{sss} = S / (B+S-C)$	g/cm <sup>3</sup>	1.11	1.12	1.11	1.11
G	Densidad relativa aparente $DRA = A / (B+A-C)$	g/cm <sup>3</sup>	1.39	1.41	1.36	1.39
H	Absorción $Abs(\%) = 100 * [(S-A) / A]$	%	174.73	168.01	179.33	174.02

*Nota.* La absorción resulto ser muy elevada y su densidad se compara a la de la madera.

## D. Masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos de los residuos de cartón

Tabla 22

*Resultados del ensayo de peso apisonado de los residuos de cartón*

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
V	Volumen del molde cilíndrico	m <sup>3</sup>	0.0028	0.0028	0.0028	N. A
T	Peso del molde cilíndrico	kg	1.65	1.65	1.65	N. A
G	Muestra seca + molde	kg	2.17	2.19	2.20	N. A
M	Densidad de masa $M = (G-T) / V$	kg/m <sup>3</sup>	186.95	192.48	196.35	191.93
A	Porcentaje de absorción	%	174.02	174.02	174.02	174.02
D	Densidad de masa saturada de superficie seca $M_{sss} = M[1+(A/100)]$	kg/m <sup>3</sup>	512.28	527.44	538.04	525.92
S	Densidad relativa seca	g/cm <sup>3</sup>	0.407	0.407	0.407	0.407

W	Densidad del H <sub>2</sub> O	kg/m <sup>3</sup>	997.00	997.00	997.00	997.00
%V	Porcentaje de vacíos $\%V = 100[(S*W)-M] / (S*W)$	%	53.96	52.59	51.64	52.73

*Nota.* Los resultados indican que el cartón es muy compresible mientras más se compacte.

**Tabla 23**

*Resultados del ensayo de peso suelto de los residuos de cartón*

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
V	Volumen del molde cilíndrico	m <sup>3</sup>	0.0028	0.0028	0.0028	N. A
T	Peso del molde cilíndrico	kg	1.65	1.65	1.65	N. A
G	Muestra seca + molde	kg	1.88	1.86	1.89	N. A
M	Densidad de masa $M = (G-T) / V$	kg/m <sup>3</sup>	81.26	75.21	84.06	80.18
A	Porcentaje de absorción	%	174.02	174.02	174.02	174.02
D	Densidad de masa saturada de superficie seca $M_{ss} = M[1+(A/100)]$	kg/m <sup>3</sup>	222.67	206.08	230.35	219.70
S	Densidad relativa seca	g/cm <sup>3</sup>	0.407	0.407	0.407	0.407
W	Densidad del H <sub>2</sub> O	kg/m <sup>3</sup>	997.00	997.00	997.00	997.00
%V	Porcentaje de vacíos $\%V = 100[(S*W)-M] / (S*W)$	%	79.99	81.48	79.30	80.25

*Nota.* Los vacíos del peso suelto son elevados, respecto al peso apisonado hay una diferencia de 27.52%.

### 5.1.3. Pruebas clasificatorias para la unidad propuesta

#### A. Medida del cambio de longitud

**Tabla 24**

*Resultados del ensayo de cambio de longitud de la unidad base*

Especímen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Alto (mm)				
	L1	L2	L3	L4	Lp	A1	A2	A3	A4	Ap	H1	H2	H3	H4	Hp
UB-1	217	215	217	216	216	124	124	124	125	124	73	72	74	73	73
UB-2	225	225	225	224	225	129	129	128	128	128	74	73	74	73	73
UB-3	226	225	226	226	226	130	129	129	128	129	74	72	73	74	73
UB-4	219	219	221	220	220	126	125	126	125	125	73	73	74	72	73
UB-5	229	225	225	227	227	128	129	128	128	128	73	73	74	73	73
UB-6	225	224	225	226	225	129	128	128	129	129	74	73	74	72	73
UB-7	220	221	222	221	221	126	126	126	128	127	75	74	74	75	74
UB-8	225	224	225	224	224	127	127	129	128	128	74	72	73	72	73
UB-9	221	220	222	221	221	128	126	129	127	127	75	76	74	75	75
UB-10	222	221	221	220	221	126	125	128	127	126	74	76	75	74	75



Datos del fabricante	L:	230	A:	128	H:	78
Desviación estándar	$\sigma$ :	2.28	$\sigma$ :	1.56	$\sigma$ :	0.82
Promedio del lado	L:	219.2	A:	126	H:	73.6
Cambio longitud (%)	V:	4.71	V:	1.96	V:	6.88
Coef. cambio	cv:	1.49	cv:	1.24	cv:	1.12

*Nota.* Según los datos mostrados en esta tabla la mayor variación de dimensiones se encuentra en la parte larga de la unidad de arcilla cocida.

**Tabla 25**

*Resultados del ensayo de cambio de longitud del espécimen con adición al 1 % de residuos de cartón*

Espécimen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Alto (mm)				
	L1	L2	L3	L4	Lp	A1	A2	A3	A4	Ap	H1	H2	H3	H4	Hp
U1C-1	222	215	217	216	217	123	124	124	125	124	74	73	75	74	74
U1C-2	222	225	225	224	224	126	129	128	128	127	74	72	74	73	73
U1C-3	226	215	226	223	222	129	128	128	127	128	75	73	73	74	74
U1C-4	219	219	221	228	222	126	125	126	125	125	73	73	74	72	73
U1C-5	227	223	225	227	226	128	129	126	126	127	73	72	75	73	73
U1C-6	225	224	220	227	224	129	128	128	129	129	74	74	72	75	74
U1C-7	220	221	222	221	221	126	127	127	128	127	75	73	74	75	74
U1C- 8	227	224	225	224	225	127	127	129	128	128	75	72	73	72	73
U1C-9	221	220	222	221	221	128	129	129	127	128	74	76	74	75	75
U1C-10	223	221	221	220	221	124	125	127	127	126	75	74	73	74	74

Datos del fabricante	L:	230	A:	128	H:	78
Desviación estándar	$\sigma$ :	2.43	$\sigma$ :	1.50	$\sigma$ :	0.58
Promedio del lado	L:	220	A:	125	H:	73
Cambio longitud (%)	V:	4.44	V:	2.11	V:	6.45
Coef. cambio	cv:	1.11	cv:	1.20	cv:	0.79

*Nota.* El lado con mayor variación de dimensiones del ladrillo con adición de cartón es la altura.

**Tabla 26**

*Resultados del ensayo de cambio de longitud del espécimen con adición al 3 % de residuos de cartón*

Espécimen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Alto (mm)				
	L1	L2	L3	L4	Lp	A1	A2	A3	A4	Ap	H1	H2	H3	H4	Hp
U3C- 1	221	221	221	221	221	126	125	127	127	126	74	74	75	74	74
U3C- 2	223	222	222	222	222	128	126	126	128	127	73	75	75	75	75
U3C- 3	222	223	224	223	223	125	126	125	127	126	75	74	74	75	75
U3C- 4	225	220	221	220	221	126	125	126	125	125	73	73	74	72	73
U3C- 5	224	225	224	226	225	127	127	128	128	127	73	73	74	73	73
U3C- 6	225	223	225	224	224	126	125	128	128	126	74	73	74	73	73
U3C- 7	220	221	222	221	221	126	126	127	128	127	75	74	74	75	74

U3C- 8	225	224	225	224	224	127	127	129	128	128	74	72	73	72	73
U3C- 9	221	220	222	221	221	128	129	129	127	128	75	76	74	75	75
U3C- 10	219	221	221	220	220	125	128	128	129	127	74	76	75	74	75
Datos del fabricante	L:				230	A:				128	H:				78
Desviación estándar	$\sigma$ :				1.69	$\sigma$ :				0.85	$\sigma$ :				0.82
Promedio del lado	L:				221	A:				126	H:				73
Cambio longitud (%)	V:				4.09	V:				1.64	V:				6.32
Coef. cambio	cv:				0.77	cv:				0.67	cv:				1.12

*Nota.* La variación de dimensión en las unidades de arcilla con adición al 3% de cartón es la altura con 6.32 %.

**Tabla 27**

*Resultados del ensayo de cambio de longitud del espécimen con adición al 5 % de residuos de cartón*

Espécimen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Alto (mm)				
	L1	L2	L3	L4	Lp	A1	A2	A3	A4	Ap	H1	H2	H3	H4	Hp
U5C- 1	222	221	222	220	221	126	125	127	125	126	75	75	76	75	75
U5C- 2	221	220	221	220	221	127	127	128	127	127	75	76	74	75	75
U5C- 3	221	222	221	222	222	125	126	127	126	126	74	75	75	76	75
U5C- 4	222	219	221	220	220	126	125	126	125	125	74	73	74	72	73
U5C- 5	220	223	223	223	222	128	129	128	128	128	76	73	74	73	74
U5C- 6	221	222	225	221	222	129	128	128	125	128	74	74	74	72	73
U5C-7	220	221	222	221	221	126	126	126	128	127	75	74	74	75	74
U5C- 8	219	221	222	220	221	127	127	128	128	127	74	72	76	72	73
U5C-9	221	220	222	221	221	128	126	128	127	127	75	76	74	75	75
U5C- 10	222	221	221	220	221	126	125	128	127	126	74	75	75	74	74
Datos del fabricante	L:				230	A:				128	H:				78
Desviación estándar	$\sigma$ :				0.70	$\sigma$ :				0.89	$\sigma$ :				0.74
Promedio del lado	L:				220	A:				126	H:				74
Cambio longitud (%)	V:				4.16	V:				1.71	V:				5.71
Coef. cambio	cv:				0.32	cv:				0.71	cv:				1.01

*Nota.* El lado de la unidad con mayor variación dimensional es la altura con 5.71 %.

**Tabla 28**

*Resultados del ensayo de cambio de longitud del espécimen con adición al 7 % de residuos de cartón*

Espécimen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Alto (mm)				
	L1	L2	L3	L4	Lp	A1	A2	A3	A4	Ap	H1	H2	H3	H4	Hp
U7C- 1	221	221	222	220	221	126	124	126	125	125	75	75	76	75	75
U7C- 2	221	221	221	220	221	125	128	127	126	127	74	74	75	75	75
U7C- 3	220	220	222	221	221	124	124	125	125	125	74	75	75	74	75
U7C- 4	221	220	221	220	220	126	125	126	125	125	73	75	74	75	74

U7C- 5	221	220	220	223	221	125	126	127	128	127	74	74	74	75	74
U7C- 6	220	224	220	221	221	126	126	125	126	126	74	75	74	74	74
U7C- 7	220	221	222	221	221	126	125	127	124	126	75	74	74	75	74
U7C- 8	221	221	220	220	221	124	126	125	126	125	74	72	74	74	73
U7C- 9	221	220	222	221	221	127	125	126	125	126	75	76	74	75	75
U7C- 10	222	221	221	220	221	124	125	124	126	125	74	75	75	74	74
Datos del fabricante	L:				230	A:				128	H:				78
Desviación estándar	$\sigma$ :				0.29	$\sigma$ :				0.66	$\sigma$ :				0.47
Promedio del lado	L:				221	A:				125	H:				74
Cambio longitud (%)	V:				4.12	V:				2.47	V:				5.22
Coef. cambio	cv:				0.13	cv:				0.53	cv:				0.64

*Nota.* El lado con menor variación de dimensión es el ancho de la unidad con 2.47.

**Tabla 29**

*Resultados del ensayo de cambio de longitud del espécimen con adición al 10 % de residuos de cartón*

Especimen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Alto (mm)				
	L1	L2	L3	L4	Lp	A1	A2	A3	A4	Ap	H1	H2	H3	H4	Hp
U10C- 1	221	220	222	220	221	126	125	125	125	125	74	75	75	74	75
U10C- 2	221	220	222	221	221	125	124	124	124	124	75	74	76	76	75
U10C- 3	222	221	220	221	221	124	126	125	126	125	74	75	75	74	75
U10C- 4	220	219	221	220	220	125	126	127	125	126	76	75	74	75	75
U10C- 5	221	223	223	221	222	124	125	126	126	125	74	74	75	75	75
U10C- 6	225	224	225	222	224	126	125	126	125	125	74	73	74	74	74
U10C- 7	220	221	222	221	221	125	126	127	126	126	75	74	74	73	74
U10C- 8	221	224	221	224	223	126	125	125	126	126	76	72	73	74	74
U10C- 9	221	220	222	221	221	126	125	126	124	125	75	76	74	76	75
U10C- 10	220	221	221	220	221	126	125	125	127	126	74	76	75	74	75
Datos del fabricante	L:				230	A:				128	H:				78
Desviación estándar	$\sigma$ :				1.21	$\sigma$ :				0.46	$\sigma$ :				0.61
Promedio del lado	L:				220	A:				125	H:				74
Cambio longitud (%)	V:				4.30	V:				2.44	V:				5.35
Coef. cambio	cv:				0.55	cv:				0.37	cv:				0.82

*Nota.* El borde de la unidad con más variación dimensional es la altura con 5.35 % seguido del largo con 4.30 %.

## B. Medida de alabeo

**Tabla 30**

*Resultados de la medida de alabeo del espécimen patrón*

Especimen	Concavidad (mm)			Convexidad (mm)		
	Superficie	Borde	Promedio	Superficie	Borde	Promedio
UB- 1	2.00	1.00	1.50	2.00	2.00	2.00
UB- 2	0.20	0.10	0.15	4.00	3.00	3.50
UB- 3	1.00	1.00	1.00	6.00	1.00	3.50
UB- 4	1.00	0.20	0.60	1.00	1.00	1.00
UB- 5	2.00	2.00	2.00	4.00	1.00	2.50
UB- 6	2.00	1.00	1.50	2.00	2.00	2.00
UB- 7	0.10	1.00	0.55	3.00	1.00	2.00
UB- 8	3.00	0.20	1.60	1.00	0.10	0.55
UB- 9	2.00	1.00	1.50	4.00	2.00	3.00
UB- 10	0.10	2.00	1.05	2.00	1.00	1.50
<b>Alabeo (mm)</b>			1.15			2.16

*Nota.* La convexidad es mayor que la concavidad en 1.01 mm.

**Tabla 31**

*Resultados la medida de alabeo del espécimen con adición al 1 % de residuos de cartón*

Especimen	Concavidad (mm)			Convexidad (mm)		
	Superficie	Borde	Promedio	Superficie	Borde	Promedio
U1C-1	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.50
U1C-2	1.60	1.20	1.40	4.00	2.00	3.00
U1C-3	1.50	0.20	0.85	1.20	1.00	1.10
U1C-4	2.00	1.00	1.50	1.00	3.00	2.00
U1C-5	1.20	0.10	0.65	3.00	2.00	2.50
U1C-6	1.30	1.00	1.15	1.50	0.50	1.00
U1C-7	1.00	1.00	1.00	3.50	0.50	2.00
U1C- 8	2.00	1.50	1.75	3.00	1.20	2.10
U1C-9	1.00	0.20	0.60	2.00	3.00	2.50
U1C-10	1.50	0.12	0.81	4.00	2.00	3.00
<b>Alabeo (mm)</b>			1.07			2.07

*Nota.* La convexidad es mayor que la concavidad en 1.00 mm.

**Tabla 32***Resultados de la medida de alabeo del espécimen con adición al 3 % de residuos de cartón*

Especimen	Concavidad (mm)			Convexidad (mm)		
	Superficie	Borde	Promedio	Superficie	Borde	Promedio
U3C- 1	1.90	0.20	1.05	1.50	3.00	2.25
U3C- 2	1.80	0.50	1.15	2.20	1.20	1.70
U3C- 3	2.00	0.10	1.05	1.60	1.50	1.55
U3C- 4	2.00	0.18	1.09	2.50	2.00	2.25
U3C- 5	1.50	0.15	0.83	3.00	1.50	2.25
U3C- 6	0.50	0.80	0.65	4.00	2.00	3.00
U3C- 7	0.50	2.00	1.25	2.00	1.00	1.50
U3C- 8	0.10	1.00	0.55	3.00	2.00	2.50
U3C- 9	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00
U3C- 10	2.50	0.30	1.40	2.00	0.50	1.25
<b>Alabeo (mm)</b>			1.00			2.03

*Nota.* La mayor cantidad de ladrillos presentan convexidad, siendo esta mayor que la concavidad en 1.03 milímetros.

**Tabla 33***Resultados de la medida de alabeo del espécimen con adición al 5 % de residuos de cartón*

Especimen	Concavidad (mm)			Convexidad (mm)		
	Superficie	Borde	Promedio	Superficie	Borde	Promedio
U5C- 1	1.00	0.10	0.55	2.00	1.00	1.50
U5C- 2	1.50	0.15	0.83	1.20	1.50	1.35
U5C- 3	2.00	0.80	1.40	1.50	1.50	1.50
U5C- 4	0.50	1.50	1.00	1.00	1.20	1.10
U5C- 5	0.90	0.40	0.65	1.50	2.00	1.75
U5C- 6	0.50	1.00	0.75	4.00	1.00	2.50
U5C-7	1.20	1.00	1.10	3.00	1.60	2.30
U5C- 8	1.00	1.50	1.25	2.00	1.80	1.90
U5C-9	0.70	0.50	0.60	3.00	2.00	2.50
U5C- 10	0.50	1.50	1.00	2.00	2.00	2.00
<b>Alabeo (mm)</b>			0.91			1.84

*Nota.* La convexidad es mayor que la concavidad en 0.93 mm.

**Tabla 34***Resultados de la medida de alabeo del espécimen con adición al 7 % de residuos de cartón*

Especimen	Concavidad (mm)			Convexidad (mm)		
	Superficie	Borde	Promedio	Superficie	Borde	Promedio
U7C- 1	1.50	0.15	0.83	2.20	1.00	1.60
U7C- 2	1.50	0.10	0.80	2.10	0.50	1.30
U7C- 3	2.00	0.20	1.10	1.50	0.50	1.00
U7C- 4	1.80	0.15	0.98	2.00	0.50	1.25
U7C- 5	1.50	0.25	0.88	3.00	1.00	2.00
U7C- 6	1.00	1.00	1.00	2.00	0.50	1.25
U7C- 7	1.00	0.10	0.55	3.00	3.00	3.00
U7C- 8	0.50	1.00	0.75	2.50	1.50	2.00
U7C- 9	1.00	0.50	0.75	2.20	1.00	1.60
U7C- 10	2.00	0.30	1.15	3.50	0.50	2.00
<b>Alabeo (mm)</b>			0.88			1.70

*Nota.* La convexidad es mayor que la concavidad en 0.82 mm.

**Tabla 35***Resultados de la medida de alabeo del espécimen con adición al 10 % de residuos de cartón*

Especimen	Concavidad (mm)			Convexidad (mm)		
	Superficie	Borde	Promedio	Superficie	Borde	Promedio
U10C- 1	1.50	0.10	0.80	2.00	1.50	1.75
U10C- 2	1.00	0.50	0.75	2.50	1.80	2.15
U10C- 3	1.80	0.20	1.00	2.20	1.20	1.70
U10C- 4	1.90	0.20	1.05	2.50	1.00	1.75
U10C- 5	1.70	0.10	0.90	1.50	1.00	1.25
U10C- 6	0.50	1.00	0.75	2.50	0.50	1.50
U10C- 7	1.00	1.00	1.00	2.00	0.50	1.25
U10C- 8	1.00	4.50	2.75	3.00	1.00	2.00
U10C- 9	0.50	1.00	0.75	4.00	1.50	2.75
U10C- 10	1.50	1.00	1.25	3.00	0.50	1.75
<b>Alabeo (mm)</b>			1.10			1.79

*Nota.* La convexidad es mayor que la concavidad en 0.69 mm.

### C. Resistencia a la compresión ( $f'c$ )

El cálculo de la resistencia a la compresión se halló con la fórmula dada en la NTP 399.613 (2017, p. 8) y descrito en el capítulo anterior.

**Tabla 36**

*Resultados de “la resistencia a la compresión” del espécimen patrón*

Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máx.		$f'c$	
				(KN)	Tn	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>
M-01	22.10	12.50	276.25	132.39	13.50	4.79	48.87
M-02	22.00	12.45	273.90	129.45	13.20	4.73	48.19
M-03	22.10	12.50	276.25	126.51	12.90	4.58	46.70
M-04	22.00	12.55	276.10	128.47	13.10	4.65	47.45
M-05	22.10	12.50	276.25	131.41	13.40	4.76	48.51
$f'c =$						4.70	47.94
$\sigma =$						0.09	0.87
$f'c =$						4.62	47.07
$cv (%) =$						1.82	1.82

*Nota.* Los especímenes se enteros y secos dieron un resultado promedio de 47.94 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que se considera Bloque NP (bloque usado en la construcción de muros no portantes) según indica la Norma E.070 Albañilería.

**Tabla 37**

*Resultados de “la resistencia a compresión” del espécimen con adición al 1 % de residuos de cartón*

Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máx.		$f'c$	
				(KN)	Tn	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>
M-01	22.05	12.45	274.52	121.51	12.39	4.43	45.13
M-02	22.10	12.45	275.15	125.33	12.78	4.55	46.45
M-03	22.10	12.52	276.69	128.67	13.12	4.65	47.42
M-04	22.00	12.55	276.10	126.12	12.86	4.57	46.58
M-05	22.10	12.50	276.25	126.41	12.89	4.58	46.66
$f'c =$						4.55	46.45
$\sigma =$						0.08	0.83
$f'c =$						4.47	45.62
$cv (%) =$						1.78	1.78

**Tabla 38***Resultados de “la de resistencia a compresión” del espécimen con adición al 3 % de residuos de cartón*

Especimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máx.		<i>f b</i>	
				(KN)	Tn	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>
M-01	21.90	12.40	271.56	118.66	12.10	4.37	44.56
M-02	22.00	12.45	273.90	121.60	12.40	4.44	45.27
M-03	22.10	12.40	274.04	118.17	12.05	4.31	43.97
M-04	22.00	12.55	276.10	119.45	12.18	4.33	44.11
M-05	21.90	12.50	273.75	118.56	12.09	4.33	44.16
<i>f b =</i>						4.36	44.42
$\sigma =$						0.05	0.53
<i>f 'b =</i>						4.30	43.89
<i>cv (%) =</i>						1.18	1.18

**Tabla 39***Resultados de “la resistencia a compresión” del espécimen con adición al 5 % de residuos de cartón*

Especimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máx.		<i>f b</i>	
				(KN)	Tn	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>
M-01	22.10	12.40	274.04	113.37	11.56	4.14	42.18
M-02	22.00	12.45	273.90	112.78	11.50	4.12	41.99
M-03	22.20	12.50	277.50	113.76	11.60	4.10	41.80
M-04	22.00	12.50	275.00	113.56	11.58	4.13	42.11
M-05	21.90	12.40	271.56	114.25	11.65	4.21	42.90
<i>f b =</i>						4.14	42.20
$\sigma =$						0.04	0.42
<i>f 'b =</i>						4.10	41.78
<i>cv (%) =</i>						0.99	0.99

*Nota.* Los resultados de las tablas 37, 38 y 39 indican que mientras más cantidad de residuos de cartón es agregada a la mezcla de arcilla la resistencia a compresión tiende a disminuir en relación al 4.5 %.

**Tabla 40***Resultados de “la resistencia a compresión” del espécimen con adición al 7 % de residuos de cartón*

Especimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máx.		<i>f b</i>	
				(KN)	Tn	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>
M-01	21.90	12.55	274.85	108.86	11.10	3.96	40.39
M-02	22.10	12.45	275.15	106.89	10.90	3.88	39.62
M-03	22.10	12.50	276.25	105.42	10.75	3.82	38.91
M-04	21.90	12.40	271.56	109.84	11.20	4.04	41.24
M-05	22.10	12.50	276.25	108.37	11.05	3.92	40.00



$f b =$	3.93	40.03
$\sigma =$	0.09	0.87
$f 'b =$	3.84	39.16
$cv (%) =$	2.17	2.17

*Nota.* El resultado promedio respecto de la resistencia final difiere en 0.36 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 41**

*Resultados de “la resistencia a compresión” del espécimen con adición al 10 % de residuos de cartón*

Especimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máx.		$f b$	
				(KN)	Tn	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>
M-01	22.00	12.50	275.00	101.99	10.40	3.71	37.82
M-02	22.10	12.40	274.04	105.91	10.80	3.86	39.41
M-03	22.10	12.50	276.25	104.93	10.70	3.80	38.73
M-04	22.00	12.45	273.90	101.01	10.30	3.69	37.60
M-05	22.10	12.60	278.46	103.95	10.60	3.73	38.07
				$f b =$	3.76	38.33	
				$\sigma =$	0.07	0.74	
				$f 'b =$	3.69	37.59	
				$cv (%) =$	1.93	1.93	

*Nota.* El resultado promedio respecto del resultado final difiere en 0.35 kg/cm<sup>2</sup>.

#### D. “Módulo de elasticidad (Eb)”

**Tabla 42**

*Resultados de “esfuerzo vs deformación unitaria” de la unidad base*

Especimen	Área (cm <sup>2</sup> )	Li (mm)	Lf (mm)	Def. (mm)	Def. Unit.	f b (kg/cm <sup>2</sup> )
M-01	276.25	75.50	71.65	3.85	0.0510	48.87
M-02	273.90	75.60	71.88	3.72	0.0492	48.19
M-03	276.25	75.00	71.49	3.51	0.0468	46.70
M-04	276.10	74.90	71.35	3.55	0.0474	47.45
M-05	276.25	75.00	71.22	3.78	0.0504	48.51

*Nota.* El promedio de las resistencias es 47.94 kg/cm<sup>2</sup> y la desviación estándar es 0.87.

Figura 40

Gráfica de “esfuerzo vs deformación unitaria” de la unidad base

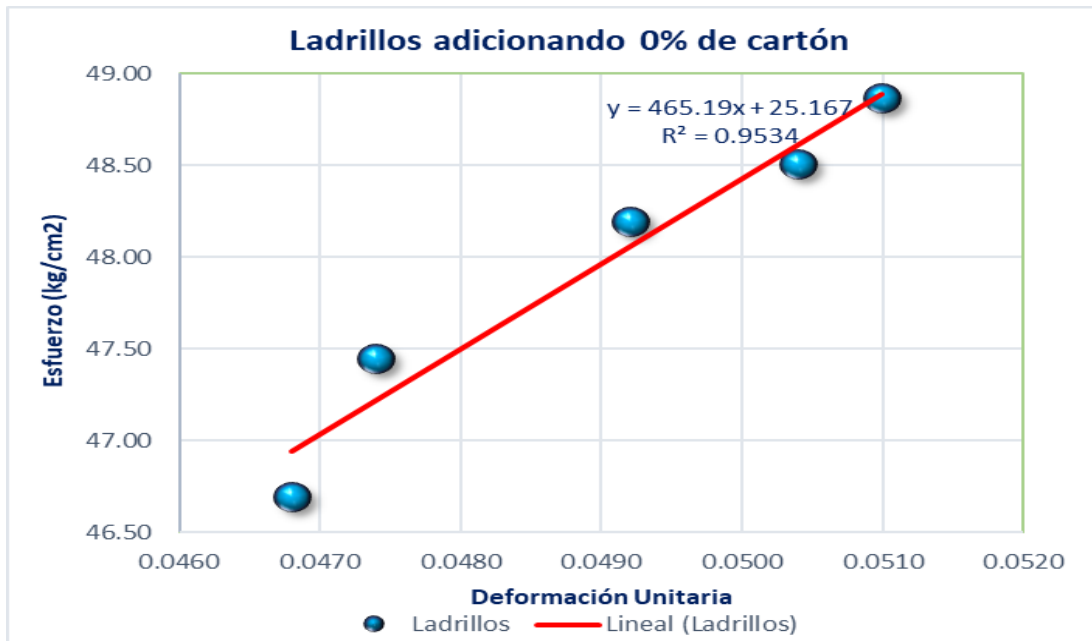


Tabla 43

Resultados de “esfuerzo vs deformación unitaria” del espécimen con adición al 1 % de residuos de cartón

Espécimen	Área (cm <sup>2</sup> )	Li (mm)	Lf (mm)	Def. (mm)	Def. Unit.	f b (kg/cm <sup>2</sup> )
M-01	274.52	75.10	71.29	3.81	0.0507	45.13
M-02	275.15	75.40	71.53	3.87	0.0513	46.45
M-03	276.69	75.50	71.47	4.03	0.0534	47.42
M-04	276.10	74.90	70.99	3.91	0.0522	46.58
M-05	276.25	75.10	71.12	3.98	0.0530	46.66

Nota. El promedio de las resistencias es 46.45 kg/cm<sup>2</sup> y la desviación estándar es 0.83.

Figura 41

Grafica de “esfuerzo vs deformación unitaria” del espécimen con adición al 1 % de residuos de cartón

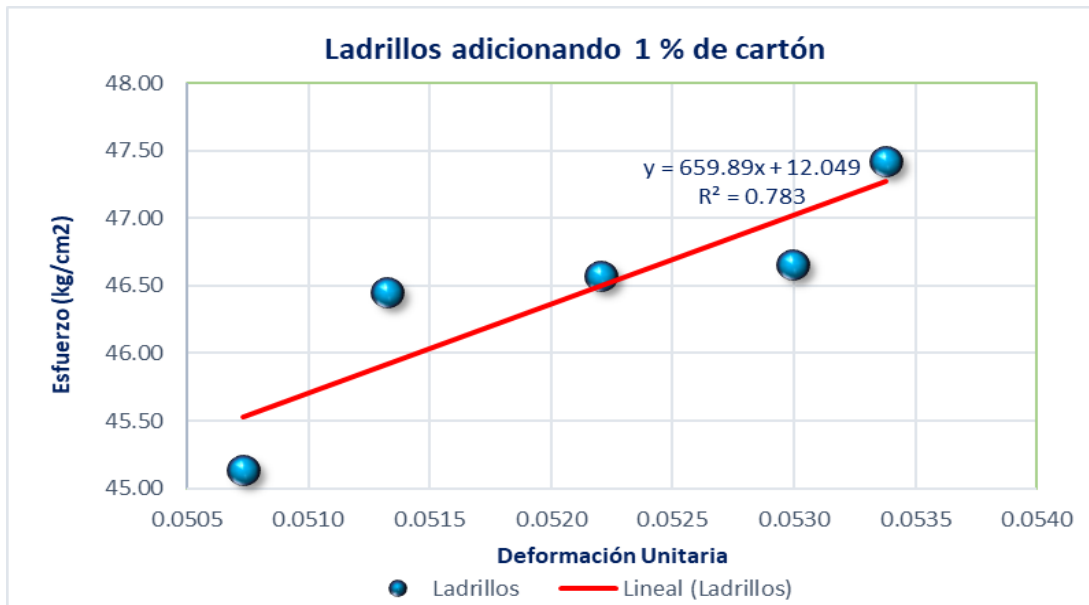


Tabla 44

Resultados de “esfuerzo vs deformación unitaria” del espécimen con adición al 3 % de residuos de cartón

Especimen	Área (cm <sup>2</sup> )	Li (mm)	Lf (mm)	Def. (mm)	Def. Unit.	f b (kg/cm <sup>2</sup> )
M-01	271.56	75.35	71.27	4.08	0.0541	44.56
M-02	273.90	75.45	71.30	4.15	0.0550	45.27
M-03	274.04	75.00	71.10	3.90	0.0520	43.97
M-04	276.10	74.90	70.94	3.96	0.0529	44.11
M-05	273.75	75.30	71.28	4.02	0.0534	44.16

Nota. El promedio de las resistencias es 44.42 kg/cm<sup>2</sup> y la desviación estándar es 0.53.

Figura 42

Grafica de “esfuerzo vs deformación unitaria” del espécimen con adición al 3 % de residuos de cartón

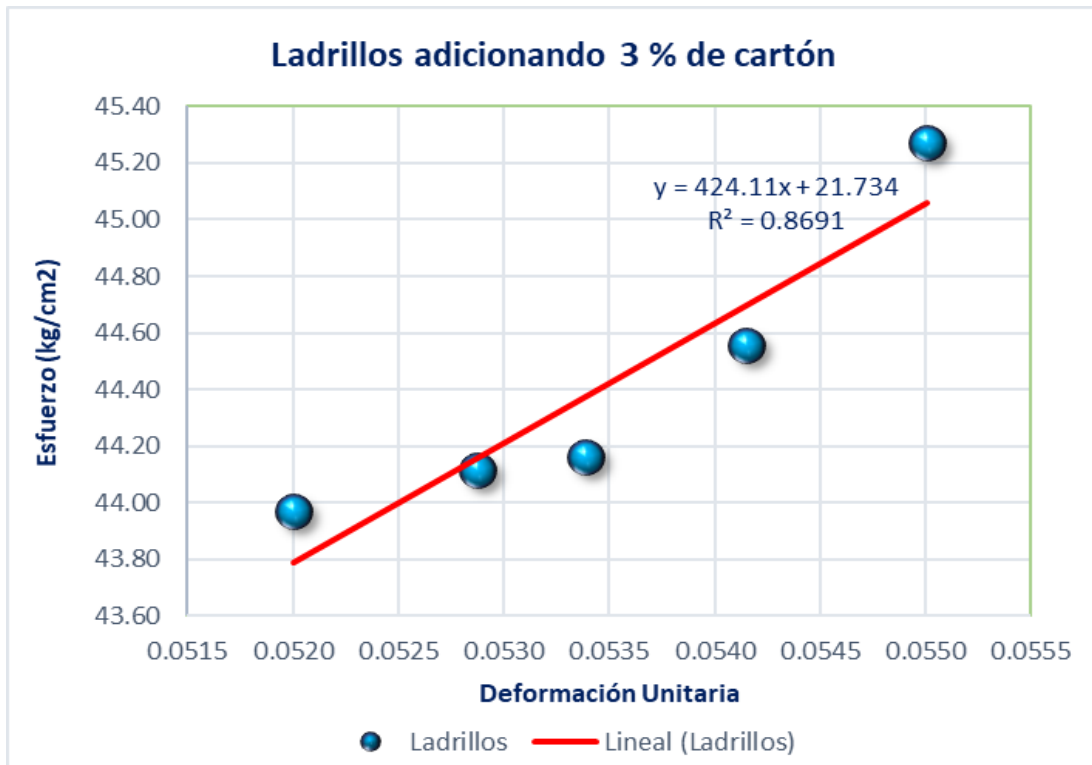


Tabla 45

Resultados de “esfuerzo vs deformación unitaria” del espécimen con adición al 5 % de residuos de cartón

Espécimen	Área (cm <sup>2</sup> )	Li (mm)	Lf (mm)	Def. (mm)	Def. Unit.	f b (kg/cm <sup>2</sup> )
M-01	274.04	75.40	71.15	4.25	0.0564	42.18
M-02	273.90	75.55	71.40	4.15	0.0549	41.99
M-03	277.50	74.80	70.75	4.05	0.0541	41.80
M-04	275.00	74.90	70.71	4.19	0.0559	42.11
M-05	271.56	75.00	70.69	4.31	0.0575	42.90

Nota. El promedio de las resistencias es 42.20 kg/cm<sup>2</sup> y la desviación estándar es 0.42.

Figura 43

Grafica de “esfuerzo vs deformación unitaria” del espécimen con adición al 5 % de residuos de cartón

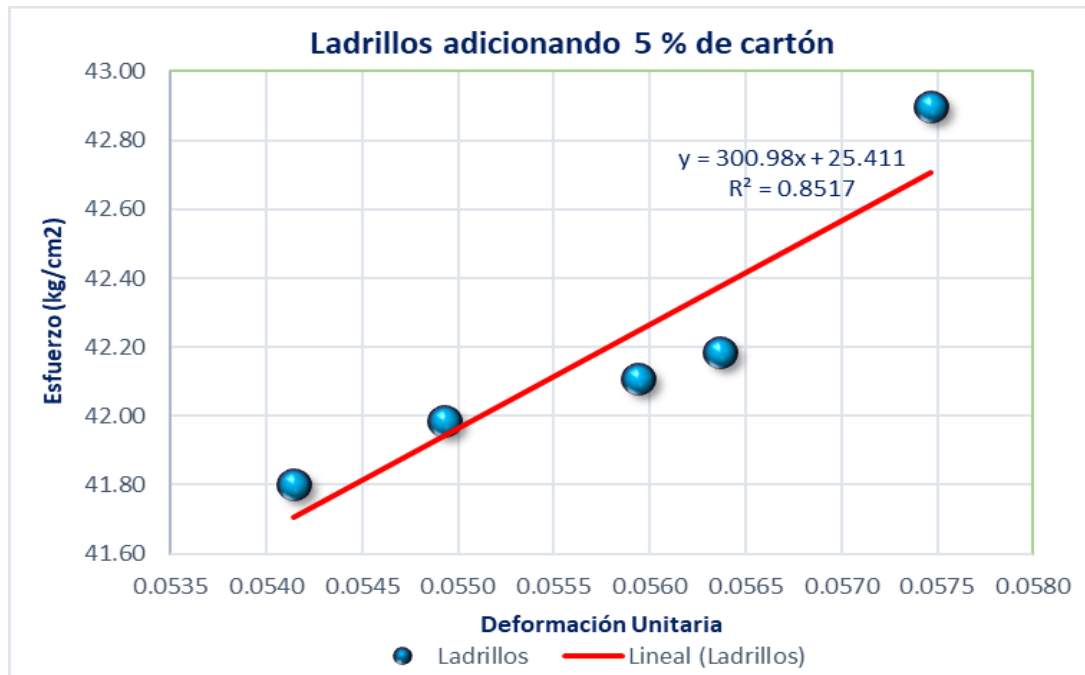


Tabla 46

Resultados de “esfuerzo vs deformación unitaria” del espécimen con adición al 7 % de residuos de cartón

Espécimen	Área (cm <sup>2</sup> )	Li (mm)	Lf (mm)	Def. (mm)	Def. Unit.	f b (kg/cm <sup>2</sup> )
M-01	274.85	74.50	70.12	4.38	0.0588	40.39
M-02	275.15	75.40	71.07	4.33	0.0574	39.62
M-03	276.25	75.30	71.05	4.25	0.0564	38.91
M-04	271.56	74.80	70.35	4.45	0.0595	41.24
M-05	276.25	75.00	70.64	4.36	0.0581	40.00

Nota. El promedio de las resistencias es 40.03 kg/cm<sup>2</sup> y la desviación estándar es 0.87.

Figura 44

Grafica de “esfuerzo vs deformación unitaria” del espécimen con adición al 7 % de residuos de cartón

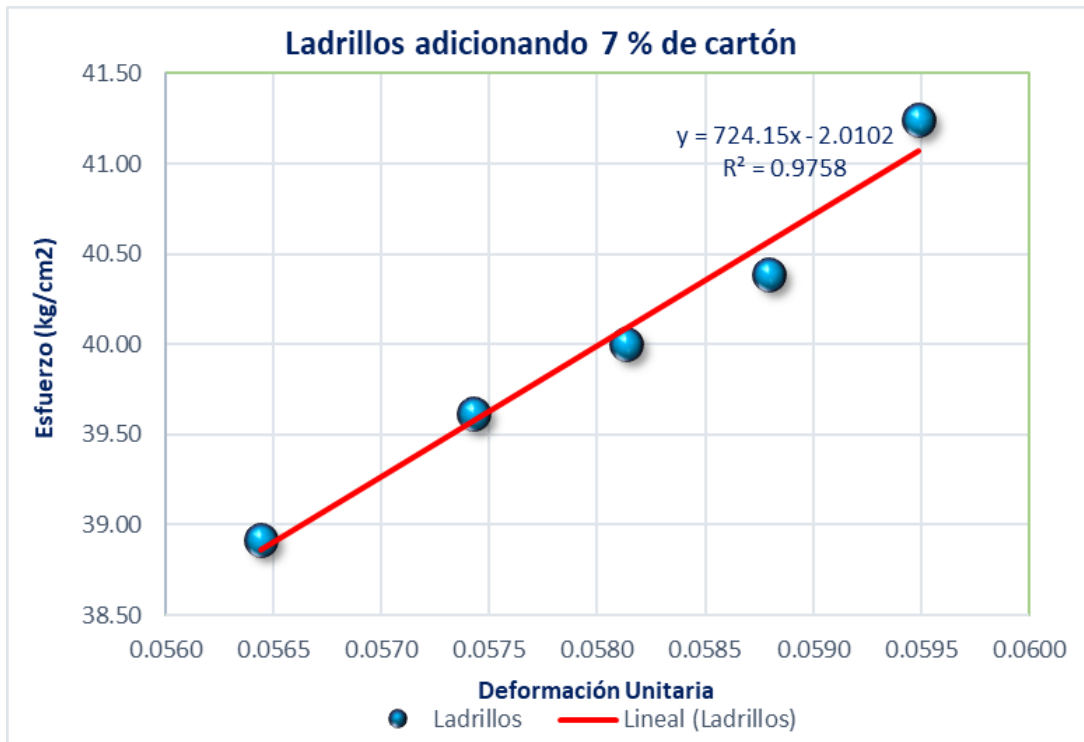


Tabla 47

Resultados de “esfuerzo vs deformación unitaria” del espécimen con adición al 10 % de residuos de cartón

Espécimen	Área (cm²)	Li (mm)	Lf (mm)	Def. (mm)	Def. Unit.	f b (kg/cm²)
M-01	275.00	75.53	71.07	4.46	0.0590	37.82
M-02	274.04	75.45	70.80	4.65	0.0616	39.41
M-03	276.25	75.35	70.80	4.55	0.0604	38.73
M-04	273.90	74.90	70.49	4.41	0.0589	37.60
M-05	278.46	75.50	71.00	4.50	0.0596	38.07

Nota. El promedio de las resistencias es 38.33 kg/cm² y la desviación estándar es 0.74.

Figura 45

Grafica de “esfuerzo vs deformación unitaria” del espécimen con adición al 10 % de residuos de cartón

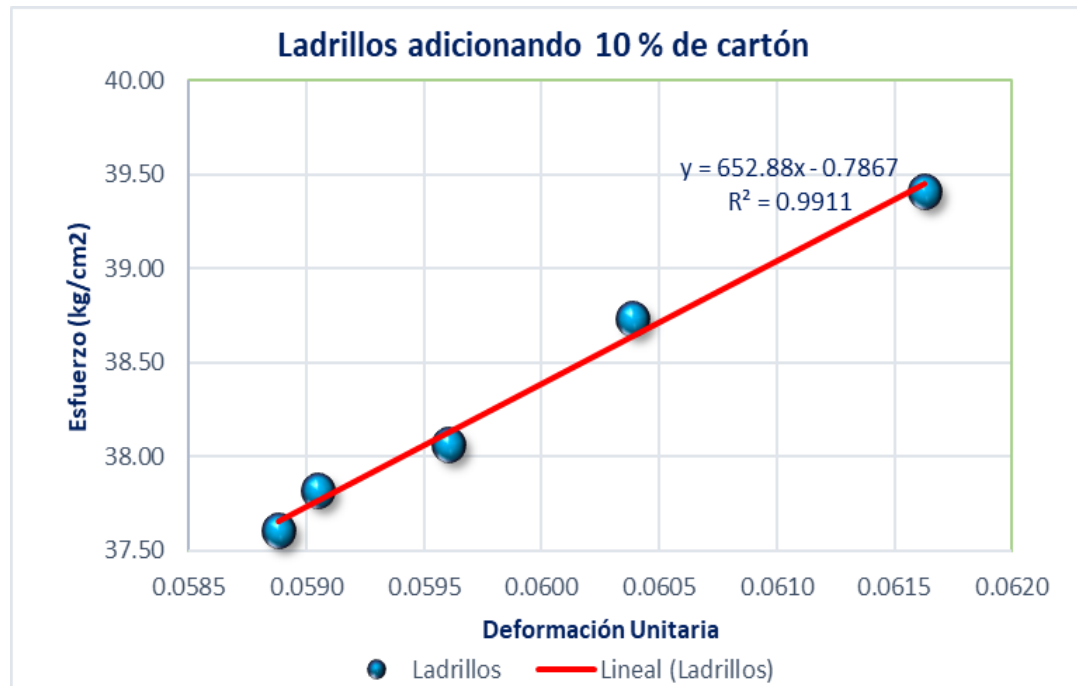


Tabla 48

Módulos de elasticidad de unidades de arcilla adicionando residuos de cartón

%	Def. Unit.	$f' b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Eu-10%	Eu-50%	$\delta$ -10% (kg/cm <sup>2</sup> )	$\delta$ -50% (kg/cm <sup>2</sup> )	Eb (kg/cm <sup>2</sup> )
0%	0.0490	47.07	0.0049	0.0245	4.71	23.5355	769.14
1%	0.0521	45.62	0.0052	0.0261	4.56	22.8105	700.15
3%	0.0535	43.89	0.0053	0.0267	4.39	21.9453	656.53
5%	0.0558	41.78	0.0056	0.0279	4.18	20.8885	599.27
7%	0.0581	39.16	0.0058	0.0290	3.92	19.5817	539.65
10%	0.0599	37.59	0.0060	0.0300	3.76	18.7936	501.92

Nota. Los módulos de elasticidad se calcularon al 10 % y 50 % del esfuerzo y deformación respectivamente, 10% al inicio por la goma de jebe de la prensa y al 50 % porque es un material elástico.

#### 5.1.4. Ensayos no clasificados para la unidad de albañilería

A. Succión (S), Absorción (A), Absorción máxima (Am), Coeficiente de saturación (CS) y Densidad (D)

**Tabla 49**

**Resultados del ensayo de succión, absorción y densidad del ladrillo patrón**

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
P0	Peso en estado natural	g	3472.8	3464.5	3481.3	N. A
P1	Peso seco en horno a 110 °C	g	3403.3	3398.2	3412.2	N. A
P2	Peso de la unidad con el asiento sumergido a 3mm de altura en agua durante 1 minuto	g	3470.9	3467.6	3478.1	N. A
P3	Peso de la unidad saturada, después de 24h sumergido en agua fría	g	3928.5	3928.4	3933.0	N. A
P4	Peso de la unidad saturada, después de 5h sumergido en agua en ebullición	g	3972.4	3973.3	3973.9	N. A
P5	Peso de la unidad sumergida totalmente en agua fría	g	1910.7	1913.0	1919.4	N. A
Hn	Humedad natural $H_n = 100[(P_0 - P_1) / P_1]$	%	2.04	1.95	2.03	2.01
A	Absorción $Abs (\%) = 100[(P_3 - P_1) / P_1]$	%	15.43	15.60	15.26	15.43
Am	Absorción máxima $A_m (\%) = 100[(P_4 - P_1) / P_1]$	%	16.72	16.92	16.46	16.70
CS	Coefficiente de Saturación $CS = A/A_m$	-	0.923	0.922	0.927	0.924
Suc	Succión $Suc = 200(P_2 - P_1)/A_n$	g/cm <sup>2</sup> -min	48.53	49.85	47.47	48.62
V	Volumen $V = P_4 - P_5$	cm <sup>3</sup>	2061.66	2060.31	2054.49	2058.82
An	Área neta $A_n = V / h_{prom}$	cm <sup>3</sup>	278.60	278.42	277.63	278.22
D	Densidad $D = P_1 / V$	g/cm <sup>3</sup>	1.65	1.65	1.66	1.65

*Nota.* La absorción máxima promedio es mayor en 1.27 % de la absorción, y su relación es 0.92.



**Tabla 50**

*Resultados del ensayo de succión, absorción y densidad del ladrillo con adición al 1 % de residuos de cartón*

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
P0	Peso en estado natural	g	3461.4	3475.7	3450.9	N. A
P1	Peso seco en horno a 110 °C	g	3387.2	3405.8	3377.5	N. A
P2	Peso de la unidad con el asiento sumergido a 3mm de altura en agua durante 1 minuto	g	3458.8	3476.2	3450.9	N. A
P3	Peso de la unidad saturada, después de 24h sumergido en agua fría	g	3923.4	3936.1	3916.6	N. A
P4	Peso de la unidad saturada, después de 5h sumergido en agua en ebullición	g	3970.6	3981.3	3966.4	N. A
P5	Peso de la unidad sumergida totalmente en agua fría	g	1917.2	1922.3	1911.5	N. A
Hn	Humedad natural $H_n = 100[(P_0 - P_1) / P_1]$	%	2.19	2.05	2.17	2.14
A	Absorción $Abs (\%) = 100[(P_3 - P_1) / P_1]$	%	15.83	15.57	15.96	15.79
Am	Absorción máxima $A_m (\%) = 100[(P_4 - P_1) / P_1]$	%	17.22	16.90	17.44	17.19
CS	Coefficiente de Saturación $CS = A/A_m$	-	0.919	0.921	0.915	0.919
Suc	Succión $Suc = 200(P_2 - P_1)/A_n$	g/cm <sup>2</sup> - min	51.61	50.60	52.87	51.69
V	Volumen $V = P_4 - P_5$	cm <sup>3</sup>	2053.35	2058.97	2054.89	2055.73
An	Área neta $A_n = V / h_{prom}$	cm <sup>3</sup>	277.48	278.24	277.69	277.80
D	Densidad $D = P_1 / V$	g/cm <sup>3</sup>	1.65	1.65	1.64	1.65

*Nota.* La absorción máxima promedio es mayor en 1.40 % de la absorción promedio, y su relación de estas es 0.919.

**Tabla 51**

*Resultados del ensayo de succión, absorción y densidad del ladrillo con adición al 3 % de residuos de cartón*

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
P0	Peso en estado natural	g	3451.2	3466.6	3435.7	N. A
P1	Peso seco en horno a 110 °C	g	3375.2	3394.4	3358.2	N. A
P2	Peso de la unidad con el asiento sumergido a 3mm de altura en agua durante 1 minuto	g	3450.1	3468.3	3434.9	N. A
P3	Peso de la unidad saturada, después de 24h sumergido en agua fría	g	3921.5	3934.8	3908.2	N. A
P4	Peso de la unidad saturada, después de 5h sumergido en agua en ebullición	g	3974.7	3986.2	3963.1	N. A
P5	Peso de la unidad sumergida totalmente en agua fría	g	1917.9	1926.3	1905.7	N. A
Hn	Humedad natural $H_n = 100[(P_0 - P_1) / P_1]$	%	2.25	2.13	2.31	2.23
A	Absorción $Abs (\%) = 100[(P_3 - P_1) / P_1]$	%	16.19	15.92	16.38	16.16
Am	Absorción máxima $A_m (\%) = 100[(P_4 - P_1) / P_1]$	%	17.76	17.43	18.01	17.74
CS	Coefficiente de Saturación $CS = A/A_m$	-	0.911	0.913	0.909	0.911
Suc	Succión $Suc = 200(P_2 - P_1)/A_n$	g/cm <sup>2</sup> - min	53.93	53.10	55.17	54.07
V	Volumen $V = P_4 - P_5$	cm <sup>3</sup>	2056.82	2059.88	2057.34	2058.02
An	Área neta $A_n = V / h_{prom}$	cm <sup>3</sup>	277.95	278.36	278.02	278.11
D	Densidad $D = P_1 / V$	g/cm <sup>3</sup>	1.64	1.65	1.63	1.64

*Nota.* La absorción máxima promedio es mayor en 1.57 % de la absorción promedio, y su relación de estas es 0.91.

**Tabla 52**

*Resultados del ensayo de succión, absorción y densidad del ladrillo con adición al 5 % de residuos de cartón*

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
P0	Peso en estado natural	g	3427.2	3439.6	3445.7	N. A
P1	Peso seco en horno a 110 °C	g	3350.2	3363.0	3372.4	N. A
P2	Peso de la unidad con el asiento sumergido a 3mm de altura en agua durante 1 minuto	g	3429.9	3441.6	3448.6	N. A
P3	Peso de la unidad saturada, después de 24h sumergido en agua fría	g	3908.5	3916.3	3921.7	N. A
P4	Peso de la unidad saturada, después de 5h sumergido en agua en ebullición	g	3967.9	3973.8	3976.7	N. A
P5	Peso de la unidad sumergida totalmente en agua fría	g	1905.4	1916.5	1919.7	N. A
Hn	Humedad natural $H_n = 100[(P_0 - P_1) / P_1]$	%	2.30	2.28	2.17	2.25
A	Absorción $Abs (\%) = 100[(P_3 - P_1) / P_1]$	%	16.67	16.45	16.29	16.47
Am	Absorción máxima $A_m (\%) = 100[(P_4 - P_1) / P_1]$	%	18.44	18.16	17.92	18.17
CS	Coefficiente de Saturación $CS = A/A_m$	-	0.904	0.906	0.909	0.906
Suc	Succión $Suc = 200(P_2 - P_1)/A_n$	g/cm <sup>2</sup> - min	57.17	56.54	54.85	56.18
V	Volumen $V = P_4 - P_5$	cm <sup>3</sup>	2062.50	2057.31	2057.06	2058.96
An	Área neta $A_n = V / h_{prom}$	cm <sup>3</sup>	278.72	278.02	277.98	278.24
D	Densidad $D = P_1 / V$	g/cm <sup>3</sup>	1.62	1.63	1.64	1.63

*Nota.* La absorción máxima promedio es mayor en 1.70 % de la absorción promedio, y su relación de estas es 0.906.

**Tabla 53**

*Resultados del ensayo de succión, absorción y densidad del ladrillo con adición al 7 % de residuos de cartón*

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
P0	Peso en estado natural	g	3431.4	3423.9	3415.7	N. A
P1	Peso seco en horno a 110 °C	g	3355.7	3346.5	3336.7	N. A
P2	Peso de la unidad con el asiento sumergido a 3mm de altura en agua durante 1 minuto	g	3434.8	3427.0	3417.7	N. A
P3	Peso de la unidad saturada, después de 24h sumergido en agua fría	g	3915.0	3912.3	3905.6	N. A
P4	Peso de la unidad saturada, después de 5h sumergido en agua en ebullición	g	3973.9	3973.0	3968.7	N. A
P5	Peso de la unidad sumergida totalmente en agua fría	g	1910.4	1911.1	1906.6	N. A
Hn	Humedad natural $Hn = 100[(P0-P1) / P1]$	%	2.26	2.31	2.37	2.31
A	Absorción $Abs (\%) = 100[(P3-P1) / P1]$	%	16.67	16.91	17.05	16.87
Am	Absorción máxima $Am (\%) = 100[(P4-P1) / P1]$	%	18.42	18.72	18.94	18.69
CS	Coefficiente de Saturación $CS = A/Am$	-	0.905	0.903	0.900	0.903
Suc	Succión $Suc = 200(P2-P1)/An$	g/cm <sup>2</sup> -min	56.70	57.76	58.16	57.54
V	Volumen $V = P4-P5$	cm <sup>3</sup>	2063.49	2061.91	2062.08	2062.49
An	Área neta $An = V / h_{prom}$	cm <sup>3</sup>	278.85	278.64	278.66	278.72
D	Densidad $D = P1 / V$	g/cm <sup>3</sup>	1.63	1.62	1.62	1.62

*Nota.* La absorción máxima promedio es mayor en 1.82 % de la absorción promedio, y su relación de estas es 0.903.

**Tabla 54**

*Resultados del ensayo de succión, absorción y densidad del ladrillo con adición al 10 % de residuos de cartón*

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
P0	Peso en estado natural	g	3424.8	3405.9	3413.7	N. A
P1	Peso seco en horno a 110 °C	g	3347.9	3325.2	3334.0	N. A
P2	Peso de la unidad con el asiento sumergido a 3mm de altura en agua durante 1 minuto	g	3429.8	3410.1	3417.4	N. A
P3	Peso de la unidad saturada, después de 24h sumergido en agua fría	g	3917.2	3904.1	3909.5	N. A
P4	Peso de la unidad saturada, después de 5h sumergido en agua en ebullición	g	3980.8	3970.0	3974.2	N. A
P5	Peso de la unidad sumergida totalmente en agua fría	g	1905.1	1891.4	1898.3	N. A
Hn	Humedad natural $H_n = 100[(P_0 - P_1) / P_1]$	%	2.30	2.43	2.39	2.37
A	Absorción $Abs (\%) = 100[(P_3 - P_1) / P_1]$	%	17.01	17.41	17.26	17.22
A m	Absorción máxima $A_m (\%) = 100[(P_4 - P_1) / P_1]$	%	18.91	19.39	19.20	19.17
CS	Coefficiente de Saturación $CS = A/A_m$	-	0.900	0.898	0.899	0.899
Su c	Succión $Suc = 200(P_2 - P_1)/A_n$	$g/cm^2$ -min	58.45	60.44	59.50	59.46
V	Volumen $V = P_4 - P_5$	$cm^3$	2075.70	2078.51	2075.88	2076.70
An	Área neta $A_n = V / h_{prom}$	$cm^3$	280.50	280.88	280.52	280.63
D	Densidad $D = P_1 / V$	$g/cm^3$	1.61	1.60	1.61	1.61

*Nota.* La absorción máxima promedio es mayor en 1.94 % de la absorción promedio, y su relación de estas es 0.89.

## B. Resistencia a tracción por flexión ( $f'_{t}$ ) o módulo de ruptura

**Tabla 55**

*Resultados del ensayo de flexión del ladrillo patrón*

Espécimen	P (kg)	L (cm)	b (cm)	h (cm)	$f'_{tb}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
M-01	245.00	18.00	12.35	7.50	9.52
M-02	220.00	18.00	12.45	7.55	8.37
M-03	210.00	18.00	12.40	7.40	8.35
M-04	230.00	18.00	12.50	7.45	8.95
M-05	240.00	18.00	12.55	7.40	9.43

*Nota.* La resistencia por flexión promedio es de 8.92 kg/cm<sup>2</sup>, la desviación estándar es 0.56, por lo que la resistencia a flexión final es 8.37 kg/cm<sup>2</sup> y el coeficiente de variación de estas resistencias es de 6.26 %.

**Tabla 56**

*Resultados del ensayo de flexión del ladrillo con adición al 1 % de residuos de cartón*

Espécimen	P (kg)	L (cm)	b (cm)	h (cm)	$f'_{tb}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
M-01	270.00	18.00	12.55	7.35	10.75
M-02	260.00	18.00	12.45	7.55	9.89
M-03	285.00	18.00	12.52	7.40	11.22
M-04	275.00	18.00	12.65	7.45	10.58
M-05	255.00	18.00	12.50	7.40	10.06

*Nota.* La resistencia por flexión promedio es de 10.50 kg/cm<sup>2</sup>, la desviación estándar es 0.54, por lo que la resistencia a flexión final es 9.96 kg/cm<sup>2</sup> y el coeficiente de variación de estas resistencias es de 5.12 %.

**Tabla 57**

*Resultados del ensayo de flexión del ladrillo con adición al 3 % de residuos de cartón*

Espécimen	P (kg)	L (cm)	b (cm)	h (cm)	$f'_{tb}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
M-01	260.00	18.00	12.55	7.50	9.94
M-02	298.00	18.00	12.45	7.55	11.34
M-03	280.00	18.00	12.52	7.40	11.03
M-04	290.00	18.00	12.60	7.45	11.20
M-05	275.00	18.00	12.50	7.35	11.00

*Nota.* La resistencia por flexión promedio es de 10.90 kg/cm<sup>2</sup>, la desviación estándar es 0.55, por lo que la resistencia a flexión final es 10.35 kg/cm<sup>2</sup> y el coeficiente de variación de estas resistencias es de 5.06 %.

**Tabla 58***Resultados del ensayo de flexión del ladrillo con adición al 5 % de residuos de cartón*

Espécimen	P (kg)	L (cm)	b (cm)	h (cm)	f'tb (kg/cm <sup>2</sup> )
M-01	285.00	18.00	12.55	7.50	10.90
M-02	270.00	18.00	12.45	7.35	10.84
M-03	300.00	18.00	12.52	7.40	11.81
M-04	265.00	18.00	12.50	7.45	10.31
M-05	276.00	18.00	12.65	7.40	10.76

*Nota.* La resistencia por flexión promedio es de 10.92 kg/cm<sup>2</sup>, la desviación estándar es 0.55, por lo que la resistencia a flexión final es 10.38 kg/cm<sup>2</sup> y el coeficiente de variación de estas resistencias es de 5.02%.

**Tabla 59***Resultados del ensayo de flexión del ladrillo con adición al 7 % de residuos de cartón*

Espécimen	P (kg)	L (cm)	b (cm)	h (cm)	f'tb (kg/cm <sup>2</sup> )
M-01	260.00	18.00	12.55	7.50	9.94
M-02	255.00	18.00	12.45	7.55	9.70
M-03	240.00	18.00	12.52	7.40	9.45
M-04	265.00	18.00	12.50	7.45	10.31
M-05	250.00	18.00	12.50	7.40	9.86

*Nota.* La resistencia por flexión promedio es de 9.85 kg/cm<sup>2</sup>, la desviación estándar es 0.32, por lo que la resistencia a flexión final es 9.54 kg/cm<sup>2</sup> y el coeficiente de variación de estas resistencias es de 3.23 %.

**Tabla 60***Resultados del ensayo de flexión del ladrillo con adición al 10 % de residuos de cartón*

Espécimen	P (kg)	L (cm)	b (cm)	h (cm)	f'tb (kg/cm <sup>2</sup> )
M-01	240.00	18.00	12.55	7.50	9.18
M-02	235.00	18.00	12.45	7.55	8.94
M-03	250.00	18.00	12.52	7.40	9.85
M-04	225.00	18.00	12.50	7.45	8.76
M-05	260.00	18.00	12.50	7.40	10.26

*Nota.* La resistencia por flexión promedio es de 9.40 kg/cm<sup>2</sup>, la desviación estándar es 0.63, por lo que la resistencia a flexión final es 8.76 kg/cm<sup>2</sup> y el coeficiente de variación de estas resistencias es de 6.74 %.

### C. Eflorescencia

Las unidades fueron valoradas de acuerdo a tres criterios: unidades no eflorescentes, unidades ligeramente eflorescentes y unidades eflorescentes.

**Tabla 61**

*Resultados del ensayo de eflorescencia del ladrillo patrón*

Espécimen	Grupos	Superficie		Borde Largo		Borde Corto		Clasificación
		S1	S2	B1	B2	B3	B4	
L1	Contacto	0	1	1	1	2	1	6
L2	con agua	0	0	1	1	0	0	2
L3	a una	0	1	1	2	1	1	6
L4	altura de	0	0	0	0	0	1	1
L5	25.4 mm	0	0	0	0	0	0	0
L6		0	0	1	1	0	0	2
L7	Sin	0	0	0	0	0	0	0
L8	contacto	0	0	1	0	0	0	1
L9	con agua	0	0	0	0	0	0	0
L10		0	0	0	0	1	0	1

*Nota.* En el primer grupo de ladrillos en contacto con agua existen dos unidades ligeramente eflorescentes y en el grupo de ladrillos sin contacto con agua las unidades no presentan eflorescencia.

**Tabla 62**

*Resultados del ensayo de eflorescencia del ladrillo con adición al 1 % de residuos de cartón*

Espécimen	Grupos	Superficie		Borde Largo		Borde Corto		Clasificación
		S1	S2	B1	B2	B3	B4	
L1	Contacto	0	0	1	1	1		3
L2	con agua	0	0	1	1	0	0	2
L3	a una	0	0	1	1	1	1	4
L4	altura de	0	0	0	0	0	1	1
L5	25.4 mm	0	0	0	0	0	0	0
L6		0	0	1	0	0	0	1
L7	Sin	0	0	0	0	0	0	0
L8	contacto	0	0	1	0	0	0	1
L9	con agua	0	0	1	1	0	0	2
L10		0	0	0	0	1	0	1

*Nota.* En el primer grupo de ladrillos en contacto con agua las unidades no presentan eflorescencia y en el grupo de ladrillos sin contacto con agua las unidades no presentan eflorescencia.



**Tabla 63***Resultados del ensayo de eflorescencia del ladrillo con adición al 3 % de residuos de cartón*

Espécimen	Grupos	Superficie		Borde Largo		Borde Corto		Clasificación
		S1	S2	B1	B2	B3	B4	
L1	Contacto	0	0	1	0	0	1	2
L2	con agua	0	0	1	0	0	0	1
L3	a una	0	0	1	1	1	0	3
L4	altura de	0	1	0	0	0	1	2
L5	25.4 mm	0	0	1	0	0	0	1
L6		0	0	1	1	0	0	2
L7	Sin	0	0	0	0	0	0	0
L8	contacto	0	0	1	0	0	0	1
L9	con agua	0	0	0	0	0	0	0
L10		0	0	0	0	1	0	1

*Nota.* En el primer grupo de ladrillos en contacto con agua las unidades no presentan eflorescencia y en el grupo de ladrillos sin contacto con agua las unidades no presentan eflorescencia.

**Tabla 64***Resultados del ensayo de eflorescencia del ladrillo con adición al 5 % de residuos de cartón*

Espécimen	Grupos	Superficie		Borde Largo		Borde Corto		Clasificación
		S1	S2	B1	B2	B3	B4	
L1	Contacto	0	0	0	1	1	0	2
L2	con agua	0	1	1	1	0	0	3
L3	a una	0	0	1	1	1	1	4
L4	altura de	0	1	0	0	0	1	2
L5	25.4 mm	0	0	1	2	2	1	6
L6		0	0	0	0	0	0	0
L7	Sin	0	0	0	0	0	0	0
L8	contacto	0	0	1	0	0	0	1
L9	con agua	0	0	0	0	0	0	0
L10		0	0	0	1	0	0	1

*Nota.* En el primer grupo de ladrillos en contacto con agua existen una unidad ligeramente eflorescente y en el grupo de ladrillos sin contacto con agua las unidades no presentan eflorescencia.

**Tabla 65***Resultados del ensayo de eflorescencia del ladrillo con adición al 7 % de residuos de cartón*

Espécimen	Grupos	Superficie		Borde Largo		Borde Corto		Clasificación
		S1	S2	B1	B2	B3	B4	
L1	Contacto	0	0	0	0	0	0	0
L2	con agua	0	0	1	0	0	0	1
L3	a una	0	0	1	2	0	1	4
L4	altura de	0	0	0	0	0	1	1
L5	25.4 mm	0	0	0	1	1	0	2
L6		0	0	0	0	0	0	0
L7	Sin	0	0	0	1	0	0	1
L8	contacto	0	0	1	0	0	0	1
L9	con agua	0	0	0	0	0	0	0
L10		0	0	1	0	1	0	2

*Nota.* En el primer grupo de ladrillos en contacto con agua las unidades no presentan eflorescencia y en el grupo de ladrillos sin contacto con agua las unidades no presentan eflorescencia.

**Tabla 66***Resultados del ensayo de eflorescencia del ladrillo con adición al 10 % de residuos de cartón*

Espécimen	Grupos	Superficie		Borde Largo		Borde Corto		Clasificación
		S1	S2	B1	B2	B3	B4	
L1	Contacto	0	0	1	1	1	1	4
L2	con agua	0	0	1	1	0	0	2
L3	a una	0	0	1	2	2	1	6
L4	altura de	0	1	2	1	2	1	7
L5	25.4 mm	0	0	0	0	0	0	0
L6		0	0	1	0	0	0	1
L7	Sin	0	0	0	1	0	0	1
L8	contacto	0	0	0	0	0	0	0
L9	con agua	0	0	0	1	1	0	2
L10		0	0	0	0	0	1	1

*Nota.* En el primer grupo de ladrillos en contacto con agua existen dos unidades ligeramente eflorescentes y en el grupo de ladrillos sin contacto con agua las unidades no presentan eflorescencia.

### 5.1.5. Ensayos de albañilería simple

#### A. Compresión axial en pilas

El cálculo de la resistencia en pilas de albañilería se realizó haciendo uso de la fórmula de presión (esfuerzo es igual a carga sobre el área). Las pilas para este ensayo fueron construidas con tres unidades solidas sobrepuestas con juntas de mortero 1:4 (relación cemento y arena respectivamente). “Para hallar la resistencia final se utilizó los factores de corrección de la NTP 399.605 y la Norma E.070 Albañilería” (NTP 399.605, 2013, p.12).

Tabla 67

Resultados de “la compresión axial en pilas” de ladrillos sin adición de residuos de cartón según NTP 399.605

Espec.	Dimensiones			Esbeltez	P máx.	Área	$f_m$	Factor	$f_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )
	L (mm)	t (mm)	H (mm)						
M-1	222.00	125.50	265.50	2.12	8.52	278.61	30.58	1.01	30.86
M-2	223.00	126.50	263.00	2.08	8.76	282.10	31.05	1.02	31.53
M-3	221.00	125.00	264.50	2.12	8.48	276.25	30.70	1.02	31.25
$f_m =$									31.21
$\sigma =$									0.33
$f'm =$									30.88
$cv (%) =$									1.07

Tabla 68

Resultados de “la compresión axial en pilas” de ladrillos sin adición de residuos de cartón según Norma E.070

Albañilería

Espec.	Dimensiones			Esbeltez	P máx.	Área	$f_m$	Factor	$f_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )
	L (mm)	t (mm)	H (mm)						
M-1	222.00	125.50	265.50	2.12	8.52	278.61	30.58	0.75	22.82
M-2	223.00	126.50	263.00	2.08	8.76	282.10	31.05	0.74	23.01
M-3	221.00	125.00	264.50	2.12	8.48	276.25	30.70	0.75	22.91
$f_m =$									22.91
$\sigma =$									0.09
$f'm =$									22.82
$cv (%) =$									0.41

**Tabla 69**

*Resultados de “la compresión axial en pilas” de ladrillos con adición al 1 % de residuos de cartón según NTP*

399.605

Espec.	Dimensiones			Esbeltez	P máx.	Área	$f m$	Factor	$f m$	
	L (mm)	t (mm)	H (mm)						(kg/cm <sup>2</sup> )	
	L (mm)	t (mm)	H (mm)	H/t	Ton	cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Corrección	Corregido	
M-1	221.00	126.00	262.50	2.08	8.65	278.46	31.06	1.01	31.27	
M-2	224.00	124.50	266.50	2.14	8.36	278.88	29.97	1.01	30.31	
M-3	220.00	125.00	265.00	2.12	8.44	275.00	30.67	1.01	30.97	
									$f m =$	30.85
									$\sigma =$	0.49
									$f 'm =$	30.36
									cv (%) =	1.59

**Tabla 70**

*Resultados de “la compresión axial en pilas” de ladrillos con adición al 1 % de residuos de cartón según Norma*

E.070 Albañilería

Espec.	Dimensiones			Esbeltez	P máx.	Área	$f m$	Factor	$f m$	
	L (mm)	t (mm)	H (mm)						(kg/cm <sup>2</sup> )	
	L (mm)	t (mm)	H (mm)	H/t	Ton	cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Corrección	Corregido	
M-1	221.00	126.00	262.50	2.08	8.65	278.46	31.06	0.74	23.04	
M-2	224.00	124.50	266.50	2.14	8.36	278.88	29.97	0.75	22.47	
M-3	220.00	125.00	265.00	2.12	8.44	275.00	30.67	0.75	22.91	
									$f m =$	22.81
									$\sigma =$	0.30
									$f 'm =$	22.51
									cv (%) =	1.30

## B. Módulo de elasticidad en pilas (Em)

Se realizó hallando las deformaciones de los prismas de albañilería (construidas con especímenes de arcilla al 0 % y 1% de adición de residuos de cartón). Solo se ensayó estos porcentajes de adición porque la resistencia de pilas está relacionada con la resistencia por unidad de estos especímenes por lo que su comportamiento de en los resultados fue decreciendo mientras se agrega más cantidad de residuos de cartón.

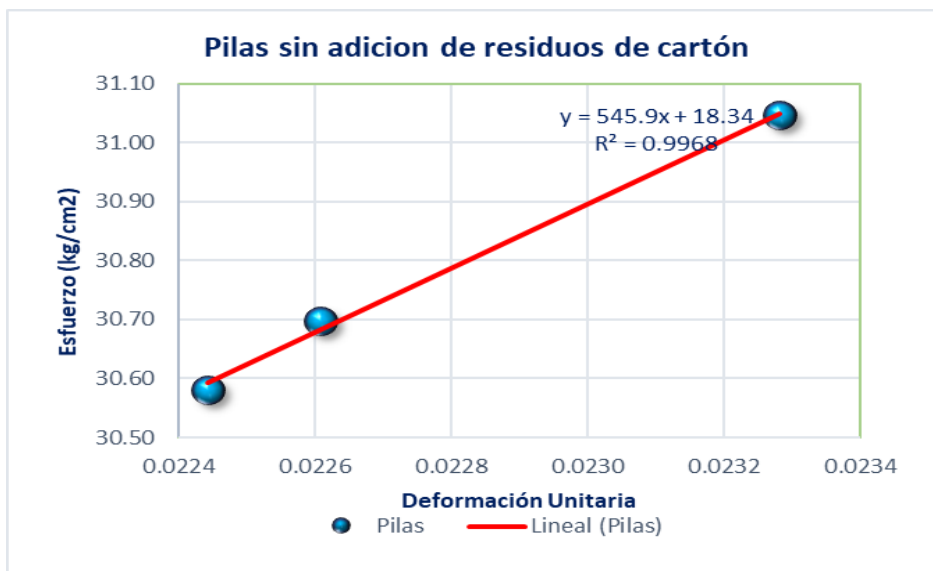
Tabla 71

Resultados del “esfuerzo vs deformación unitaria en pilas” sin adición de residuos de cartón

Espécimen	Área (cm <sup>2</sup> )	Hi (mm)	Hf (mm)	Def. (mm)	Def. Unit.	fm (kg/cm <sup>2</sup> )
M-01	278.61	265.50	259.54	5.96	0.0224	30.58
M-02	282.10	263.00	256.88	6.12	0.0233	31.05
M-03	276.25	264.50	258.52	5.98	0.0226	30.70
<i>fm</i> =						30.77
$\sigma$ =						0.24
<i>f'm</i> =						30.53
cv (%) =						0.79

Figura 46

Gráfica de “esfuerzo vs deformación unitaria de pilas” de control



**Tabla 72**

*Resultados del “esfuerzo vs deformación unitaria en pilas” con adición al 1 % de residuos de cartón*

Espécimen	Área (cm <sup>2</sup> )	Hi (mm)	Hf (mm)	Def. (mm)	Def. Unit.	<i>f<sub>m</sub></i> (kg/cm <sup>2</sup> )	
M-01	278.46	262.50	256.31	6.19	0.0236	31.06	
M-02	278.88	266.50	260.51	5.99	0.0225	29.97	
M-03	275.00	265.00	258.95	6.05	0.0228	30.67	
						<i>f<sub>m</sub></i> =	30.57
						σ =	0.55
						<i>f' m</i> =	30.02
						cv (%) =	1.81

**Figura 47**

*Grafica de “esfuerzo vs deformación unitaria de pilas” con 1 % de cartón reciclado*



**Tabla 73**

*Resultados del “módulo de elasticidad en pilas” de ladrillos artesanales*

%	Def. Unit.	<i>f' m</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	Eu-10%	Eu-50%	δ-10% (kg/cm <sup>2</sup> )	δ-50% (kg/cm <sup>2</sup> )	Em (kg/cm <sup>2</sup> )
0%	0.0228	30.53	0.0023	0.0114	3.05	15.2660	1340.41
1%	0.0230	30.02	0.0023	0.0115	3.00	15.0088	1307.24

*Nota.* Se calculo el módulo de elasticidad con valores al 10 % y 50 % de la deformación unitaria y el esfuerzo aplicado porque el refrentado con yeso absorbe el 10 % y la elasticidad de las juntas con mortero absorben el 50 % de estas propiedades.

### C. Compresión diagonal en muretes

Los muretes de albañilería fueron elaborados siguiendo los pasos establecidos en la NTP 399.621 (2005), por lo cual se respetó el tamaño mínimo del murete siendo estos superior a 600 mm de lado, se realizó tres muertes por cada adición de residuos de cartón y también se tomó 5 muestras del mortero empleado para la construcción de estos muretes. El ensayo de resistencia al corte de estos bloques se realizó a los 28 días juntamente con los testigos del mortero.

**Tabla 74**

*Resultados de muretes sin adición de residuos de cartón*

Murete	Extensiones			C máx.	Área	Vm
	L (mm)	L (mm)	t (mm)	kg	cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
M-1	685.00	638.00	127.00	4273.00	840.11	3.60
M-2	650.00	630.00	125.00	4350.00	800.00	3.84
M-3	665.00	625.00	126.00	4250.00	812.70	3.70
Vm =						3.71
(σ) =						0.12
V 'm =						3.59
cv (%) =						3.36

*Nota.* El modo de falla en este murete fue por tracción diagonal, por lo que indica una buena adherencia de la unidad mortero.

**Tabla 75**

*Resultados de muretes con adición al 1 % de residuos de cartón*

Murete	Extensiones			C máx.	Área	Vm
	L (mm)	L (mm)	t (mm)	kg	cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
M-1	640.00	600.00	124.00	4199.00	768.80	3.86
M-2	650.00	605.00	126.50	4400.00	793.79	3.92
M-3	655.00	610.00	125.00	4425.00	790.63	3.96
Vm =						3.91
(σ) =						0.05
V 'm =						3.86
cv (%) =						1.23

*Nota.* El modo de falla de este murete fue por Cizalle (corte-fricción).

## D. Cálculo del módulo de corte (Gm)

Tabla 76

Resultados del “esfuerzo cortante vs deformación angular en muretes” sin adición de cartón reciclado

Murete	$\Delta H$ (mm)	$\Delta V$ (mm)	g (mm)	$\Upsilon$ (mm/mm)	$V_m$ kg/cm <sup>2</sup>
M-01	1.49	4.95	936.09	0.0069	3.5960
M-02	1.55	5.05	905.21	0.0073	3.8443
M-03	1.48	5.00	912.61	0.0071	3.6972

Nota. Las deformaciones angulares resultaron ser típicas que no superan los 6 mm.

Figura 48

Grafica del “esfuerzo cortante vs deformación angular en muretes” sin adición de cartón reciclado



Tabla 77

Resultados del “esfuerzo cortante vs deformación angular en muretes” con adición al 1 % de cartón reciclado

Espécimen	$\Delta H$ (mm)	$\Delta V$ (mm)	g (mm)	$\Upsilon$ (mm/mm)	$V_m$ kg/cm <sup>2</sup>
M-01	1.58	5.18	877.27	0.0077	3.8615
M-02	1.60	5.35	887.99	0.0078	3.9189
M-03	1.77	5.40	895.06	0.0080	3.9570

Nota. Las deformaciones angulares tienden a subir en cuanto aumenta la resistencia al corte. La variación vertical ( $\Delta V$ ) es mayor a la deformación horizontal ( $\Delta H$ ), la longitud de medición (g) es la medida de la altura ubicada entre los cabezales de la máquina a compresión del murete.



Figura 49

Gráfica del “esfuerzo cortante vs deformación angular en muretes” con adición al 1 % de cartón reciclado

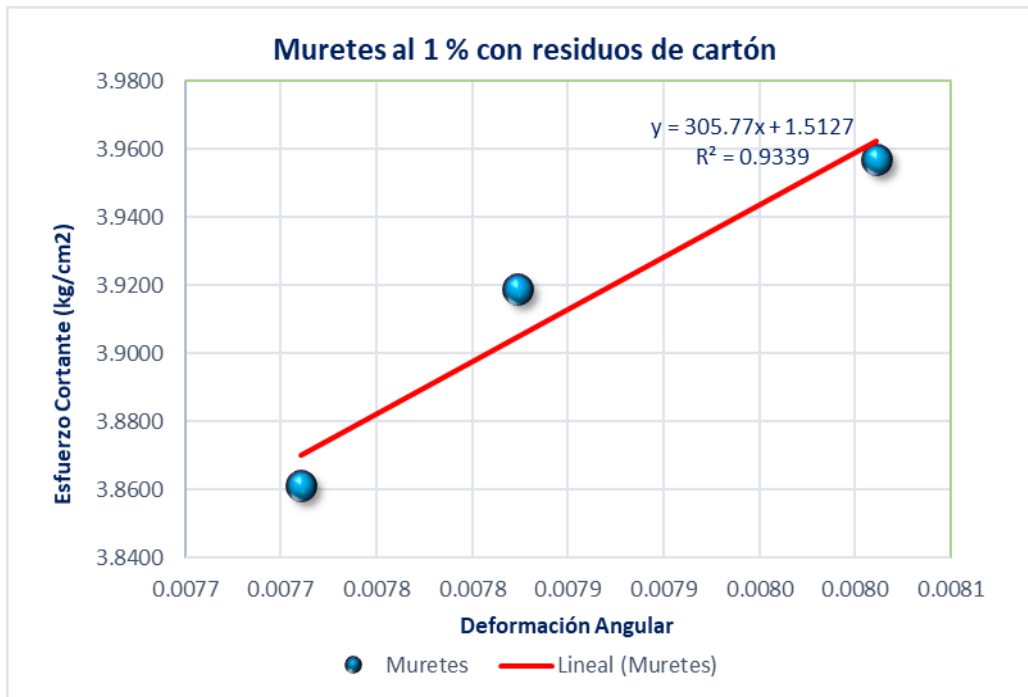


Tabla 78

Resultados del “módulo de corte” de unidades con adición de cartón

Muestra	V 'm-50% (kg/cm <sup>2</sup> )	Υ -50% mm/mm	V 'm-10% (kg/cm <sup>2</sup> )	Υ -10% mm/mm	G (kg/cm <sup>2</sup> )	G (MPa)
0%	1.79	0.004	0.36	0.001	506.00	49.62
1%	1.93	0.004	0.39	0.001	492.38	48.29

Nota. El módulo de corte (módulo de rigidez), es mayor en las unidades sin adición de residuos de cartón (conformado por ladrillos patrón) respecto a los ladrillos con adición al 1% de residuos de cartón.

### 5.1.6. Ensayo al mortero

#### A. Granulometría del agregado fino para mortero

Tabla 79

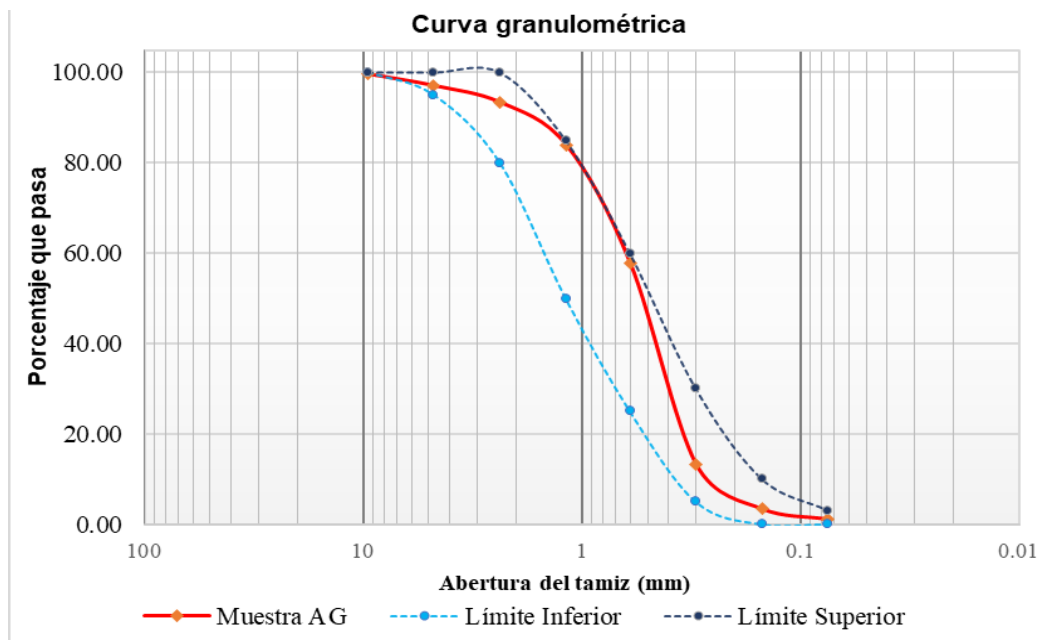
Resultados de granulometría de la arena gruesa para mortero

MALLA	Peso retenido	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa acumulado	Huso granulométrico NTP 400.037
ASTM N° (mm)	(g)				
3/8"	9.50	7.10	0.36	99.64	100
N° 4	4.75	50.10	2.57	97.07	95 a 100
N°8	2.36	72.00	3.69	93.37	80 a 100
N°16	1.18	182.60	9.36	84.01	50 a 85
N°30	0.60	511.30	26.22	57.79	25 a 60
N°50	0.30	868.20	44.52	13.27	5 a 30
N°100	0.15	192.20	9.86	3.41	0 a 10
N°200	0.08	45.50	2.33	1.08	0 a 3
<b>Cazoleta</b>	21.00	1.08	100.00	0.00	
<b>Sumatoria</b>	1950.00	100			
<b>Módulo de fineza</b>			2.51		

Nota. Los resultados del tamaño del grano muestran que las arenas cumplen el uso granulométrico.

Figura 50

Curva granulométrica de la arena gruesa para mortero



Nota. "El tamaño máximo nominal" de las arenas para mortero resulto ser de 9.5 milímetros.

## B. Contenido de humedad del agregado fino para mortero

Tabla 80

*Resultados de humedad de la arena para mortero*

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o tara	-	R1	R2	R3
B	Peso del recipiente	g	921.50	914.70	917.24
C	Recipiente + suelo húmedo	g	2992.20	2792.70	1992.70
D	Recipiente + suelo seco	g	2885.40	2702.70	1939.10
E	Peso del suelo húmedo $W_{mh} = C - B$	g	2070.70	1878.00	1075.46
F	Peso suelo seco $W_s = D - B$	g	1963.90	1788.00	1021.86
W%	Porcentaje de humedad $W\% = (E-F / F) * 100$	%	5.44	5.03	5.25
G	Promedio porcentaje humedad	%		5.24	

*Nota.* El agregado fino para mortero presento una humedad evaporable de 5.03 % al 5.44 %.

## C. Densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino

Tabla 81

*Resultados de la densidad relativa y absorción de la arena para mortero*

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
A	Peso de la arena seca al horno	g	491.8	492.3	491.4	N. A
B	Peso del densímetro llenado de agua hasta la altura de calibración	g	1254.4	1254.4	1254.4	N. A
C	Peso del densímetro lleno de arena y agua hasta la altura de calibración	g	1552.1	1552.4	1551.7	N. A
S	Peso de la arena saturada superficialmente seca	g	500	500	500	N. A
E	Densidad relativa seca $DR_s = A/(B+S-C)$	g/cm <sup>3</sup>	2.43	2.44	2.42	2.43
F	Densidad relativa saturada de superficie seca $DR_{sss} = S/(B+S-C)$	g/cm <sup>3</sup>	2.47	2.48	2.47	2.47
G	Densidad relativa aparente $DRA = A/(B+A-C)$	g/cm <sup>3</sup>	2.53	2.53	2.53	2.53
H	Absorción $Abs(\%) = 100[(S-A)/A]$	%	1.67	1.56	1.75	1.66

*Nota.* La densidad de las arenas para mortero en base seca es de 2.43 g/cm<sup>3</sup>, y en base húmeda es de 2.53 g/cm<sup>3</sup>, por lo que hay un incremento de 3.95% en condiciones de saturación.

## D. Masa por unidad de volumen o peso unitario y los vacíos de las arenas para mortero

**Tabla 82**

*Resultados del peso apisonado de la arena para mortero*

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
V	Volumen del molde cilíndrico	m <sup>3</sup>	0.0028	0.0028	0.0028	N. A
T	Peso del molde cilíndrico	kg	1.65	1.64	1.65	N. A
G	Muestra seca + molde	kg	5.94	5.98	5.97	N. A
M	Densidad de masa $M = (G-T) / V$	kg/m <sup>3</sup>	1540.85	1560.56	1552.57	1551.33
A	Porcentaje de absorción	%	1.66	1.66	1.66	1.66
D	Densidad de masa saturada de superficie seca $M_{ss} = M[1+(A/100)]$	kg/m <sup>3</sup>	1566.43	1586.47	1578.35	1577.09
S	Densidad relativa seca	g/cm <sup>3</sup>	2.43	2.43	2.43	2.43
W	Densidad del agua	kg/m <sup>3</sup>	997.50	997.50	997.50	997.50
%V	Porcentaje de vacíos $\%V = 100[(S*W)-M] / (S*W)$	%	36.48	35.67	36.00	36.05

*Nota.* Los moldes empleados fueron de 6'' x 6'', la densidad relativa seca se tomó el g/cm<sup>3</sup>, que al multiplicar con el valor del agua se convierte en kg/m<sup>3</sup>.

**Tabla 83**

*Resultados del peso suelto de la arena para mortero*

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
V	Volumen del molde cilíndrico	m <sup>3</sup>	0.0028	0.0028	0.0028	N. A
T	Peso del molde cilíndrico	kg	1.65	1.64	1.65	N. A
G	Muestra seca + molde	kg	5.73	5.71	5.72	N. A
M	Densidad de masa $M = (G-T) / V$	kg/m <sup>3</sup>	1466.38	1465.23	1464.05	1465.22
A	Porcentaje de absorción	%	1.66	1.66	1.66	1.66
D	Densidad de masa saturada de superficie seca $M_{ss} = M[1+(A/100)]$	kg/m <sup>3</sup>	1490.73	1489.56	1488.36	1489.55
S	Densidad relativa seca	g/cm <sup>3</sup>	2.43	2.43	2.43	2.43
W	Densidad del agua	kg/m <sup>3</sup>	997.50	997.50	997.50	997.50
%V	Porcentaje de vacíos $\%V = 100[(S*W)-M] / (S*W)$	%	39.55	39.60	39.65	39.60

*Nota.* El porcentaje de vacíos de peso suelto tiene una variación de 3.55 % respecto al peso apisonado.

## E. Resistencia a la compresión de testigos de mortero

Tabla 84

Resultados de la compresión a testigos de mortero (1:4)

Mortero	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máx.		$f_c$	
				(KN)	Tn	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>
M-01	5.10	5.04	25.66	25.49	2.60	9.93	101.30
M-02	5.06	5.03	25.43	22.90	2.34	9.00	91.82
M-03	5.07	5.05	25.56	23.75	2.42	9.29	94.76
M-04	5.08	5.05	25.64	24.16	2.46	9.42	96.09
M-05	5.05	5.02	25.32	22.12	2.26	8.74	89.08
$f_c =$						9.28	94.61
$\sigma =$						0.45	4.62
$f'c =$						8.82	89.99
$cv (\%) =$						4.88	4.88

Nota. Los testigos se realizaron al momento de preparar la mezcla de mortero para la construcción de los muretes con ladrillos artesanales, sus dimensiones fueron de 50 mm de lado.

## F. Módulo de elasticidad del mortero

Tabla 85

Resultados del "esfuerzo vs deformación unitaria" a testigos de mortero (1:4)

Espécimen	Área (cm <sup>2</sup> )	Li (mm)	Lf (mm)	Def. (mm)	Def. Unit.	$fb$ (kg/cm <sup>2</sup> )
M-01	25.66	50.95	49.09	1.86	0.0365	101.30
M-02	25.43	50.59	48.86	1.73	0.0342	91.82
M-03	25.56	50.66	48.89	1.77	0.0349	94.76
M-04	25.64	50.75	48.95	1.80	0.0355	96.09
M-05	25.32	50.48	48.77	1.71	0.0339	89.08

Nota. La deformación unitaria tiende a disminuir conforme el esfuerzo disminuye.

Figura 51

Gráfica del “esfuerzo vs deformación unitaria” a testigos de mortero (1:4)

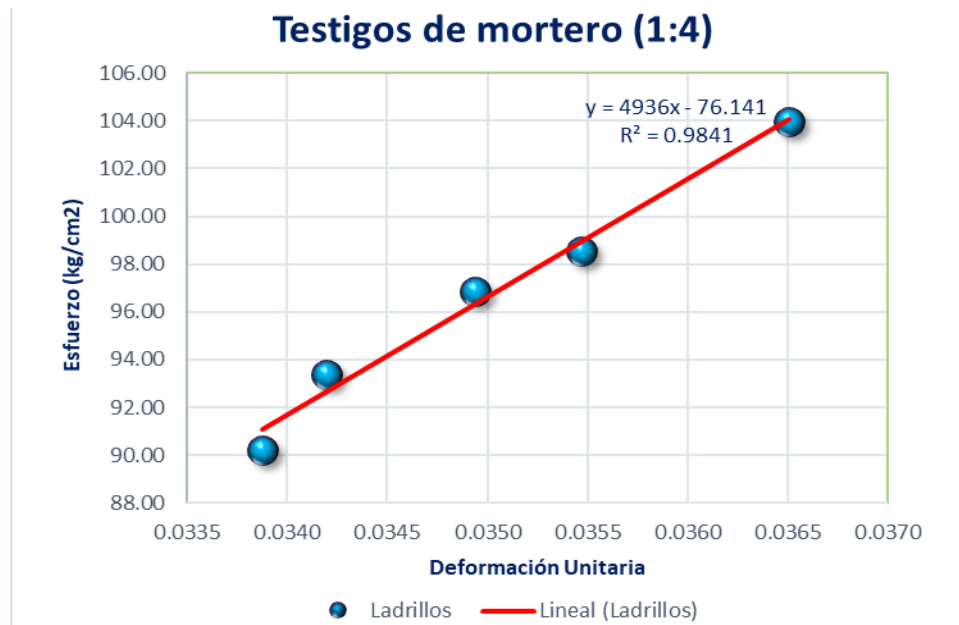


Tabla 86

Resultado del “módulo de elasticidad” a testigos de mortero (1:4)

Def. Unit.	$f'_{b}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Eu- 10%	Eu- 50%	$\delta$ -10% (kg/cm <sup>2</sup> )	$\delta$ -50% (kg/cm <sup>2</sup> )	Eb (kg/cm <sup>2</sup> )
0.0350	91.38	0.0035	0.0175	9.14	45.6908	2088.90

Nota. El módulo de elasticidad se calculó con valores de 10 % y 50 %, puesto que el esfuerzo al inicio es despreciable debido al capping y al 50 % porque el contenido de cemento que es un material elástico.

## 5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

### 5.2.1. Clasificación de la muestra de suelo

#### A. Limite líquido y límite plástico

El límite líquido de la muestra de suelo obtenida de la cantera en Chilcapampa, Bambamarca para la fabricación de ladrillo artesanal dio como resultado 30.1 % de humedad (Tabla 15) y su límite plástico promedio nos dio 18.13% de humedad (Tabla 16), por lo tanto, el índice de plasticidad fue de 11.27 %, esto indica que la muestra de suelo es medianamente plástica.

## **B. Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado**

Según el análisis granulométrico (Tabla 17), la muestra de suelo presenta 31.96 % de partículas finas, también se determinó el porcentaje de arena 68.04 % y grava cero por ciento. Las partículas que son retenidas en la malla N° 4 son considerados gravas, las que pasan la malla N° 4 hasta llegar a malla N° 200 son consideradas arenas y las que pasan la malla N° 200 son finos (limos y arcillas). Mediante este ensayo se determinó el coeficiente de curvatura ( $C_c = 0.55$ ) y el coeficiente de uniformidad ( $C_u = 16.22$ ), para hallar los coeficientes mencionados se halló previamente los diámetros característicos  $D_{10} = 0.0232$  mm,  $D_{30} = 0.0695$  mm y  $D_{60} = 0.3756$  mm, estos diámetros hicieron referencia al “X” porcentaje acumulado de suelo que pasa a través de las aberturas del tamiz.

## **C. Identificación de tipo de suelo**

Para clasificar el suelo se calculó el límite líquido, límite plástico e índice plástico y granulometría. Como más del 50% de la muestra fue retenido en la malla N° 200 (75- $\mu$ m), se realizó el procedimiento para la clasificación de suelos de grano grueso (Tabla 18).

La NTP 339.134 indica: “Si más del 12% de la muestra pasa la malla N° 200 (75- $\mu$ m), el suelo deberá ser considerado de grano grueso con finos. Los finos son catalogados como arcillosos o limosos en base a su ubicación en la carta de plasticidad” (1999, p. 13). Según su ubicación del suelo en la carta de plasticidad (Figura 38), resulto ser arcillas de baja plasticidad y según su análisis granulométrico es un suelo arenoso con presencia de finos, finalmente se concluye que la muestra de suelo para la fabricación de ladrillos es suelo arenoso con arcillas (areno-arcilloso).

## **5.2.2. Ensayos para analizar las propiedades de los residuos de cartón**

### **A. Análisis granulométrico de los residuos de cartón**

En la Tabla 19, el porcentaje retenido en la malla N°4 (4.75 mm) es de 72.10 %, esto significa que el material analizado se comporta como un agregado grueso, esto se contrasta con el módulo de fineza que fue 5.55, ya que el rango del módulo de fineza de un agregado fino esta entre 2.3 a 3.1 según NTP 400.037 (2018, p. 9). Según la curva granulométrica (Figura 39), el tamaño del cartón triturado varía desde 2.36 a 19 mm, donde la mayor cantidad de partículas se encuentran pasando el tamiz N° 3/8 (9.5 mm). Esta prueba nos permitió delimitar el tamaño de las partículas trituradas del CR.

### **B. Contenido de humedad de los residuos de cartón**

En la tabla 20, el contenido de humedad de los residuos de cartón es de 9.93%, esto depende básicamente de la humedad ambiental y del lugar donde fueron almacenados, este valor nos permite reducir el consumo de agua durante la mezcla con el suelo arcilloso para la fabricación de las unidades de albañilería. Ver Apéndice 1 al 5.

### **C. Densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción de los residuos de cartón**

En la Tabla 21, se analizó la densidad relativa seca dando un valor de 0.407 g/cm<sup>3</sup>, esta densidad es comparable a la de la madera pino, es decir tiene relación directa ya que los cartones son fabricados con pulpa de madera. La absorción es muy elevada ya que aumenta en un 65 % su peso en relación al estado seco de la muestra, por lo que el control de agua durante la mezcla con las arcillas es muy importante para realizar una pasta homogénea que se pueda moldear fácilmente y no ocasionar deformaciones de la unidad durante el desmolde.



## D. “Masa por unidad de volumen o peso unitario” y los vacíos de los residuos de cartón

El peso unitario apisonado (densidad de masa apisonada), dio 191.93 kg/ m<sup>3</sup> (Tabla 22), esto indica que el material es muy liviano, pudiendo disminuir el peso de las unidades de arcilla fabricadas con este material reciclado. El porcentaje de vacíos apisonado resulto ser mayor al 50 % por lo que es muy importante mezclar la mezcla uniformemente, y ejercer presión durante el moldeo de las unidades de arcilla con adición de estos residuos.

En la Tabla 23, se calculó la densidad de masa suelta que dio 80.18 kg/ cm<sup>3</sup>, también se halló el porcentaje de vacíos dando un valor de 80.25% esto indica que es muy esponjoso y tener mucho cuidado al momento de moldear los ladrillos artesanales porque pueden generar vacíos en su interior.

### 5.2.3. *Análisis de las pruebas clasificatorias de la unidad*

#### A. Análisis del cambio en las dimensiones

Tabla 87

*Análisis de resultados de la variación dimensional de las unidades propuestas*

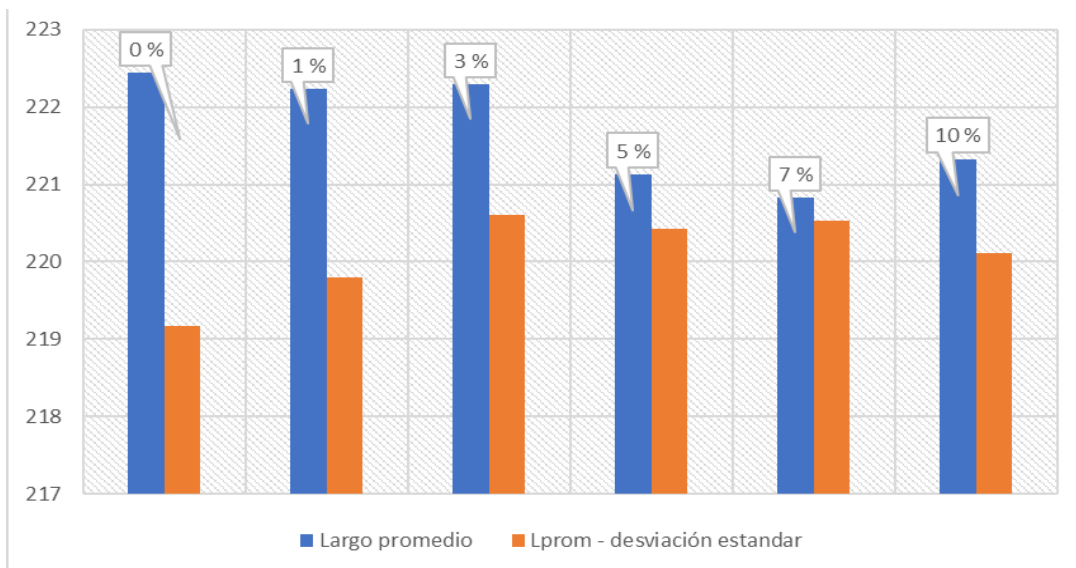
Muestra	Lado	Medidas de	Desviación	Dimensión	Variación	Coefficiente
		fabricante	Estándar	Promedio	Dimensional	Variación
		(mm)	(σ)	(mm)	(V%)	(c.v.%)
0%	Largo	230	3.28	219.16	4.71	1.49
	Ancho	128	1.56	125.48	1.96	1.24
	Alto	78	0.82	72.63	6.88	1.12
1%	Largo	230	2.43	219.80	4.44	1.11
	Ancho	128	1.50	125.30	2.11	1.20
	Alto	78	0.58	72.97	6.45	0.79
3%	Largo	230	1.69	220.60	4.09	0.77
	Ancho	128	0.85	125.90	1.64	0.67
	Alto	78	0.82	73.07	6.32	1.12

5%	Largo	230	0.70	220.43	4.16	0.32
	Ancho	128	0.89	125.82	1.71	0.71
	Alto	78	0.74	73.55	5.71	1.01
7%	Largo	230	0.29	220.54	4.12	0.13
	Ancho	128	0.66	124.84	2.47	0.53
	Alto	78	0.47	73.92	5.22	0.64
10%	Largo	230	1.21	220.12	4.30	0.55
	Ancho	128	0.46	124.87	2.44	0.37
	Alto	78	0.61	73.83	5.35	0.82

*Nota.* Los datos analizados son los promedios de la evaluación individual de las unidades.

**Figura 52**

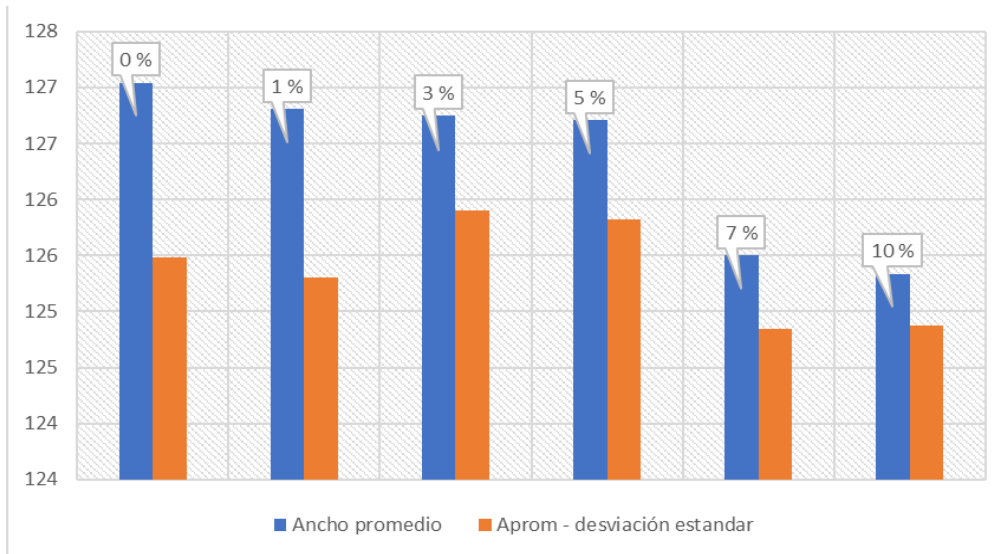
*Gráfica del cambio dimensional del largo de las unidades*



*Nota.* La unidad con menos variación dimensional del borde largo es al 7 % de residuos de cartón.

**Figura 53**

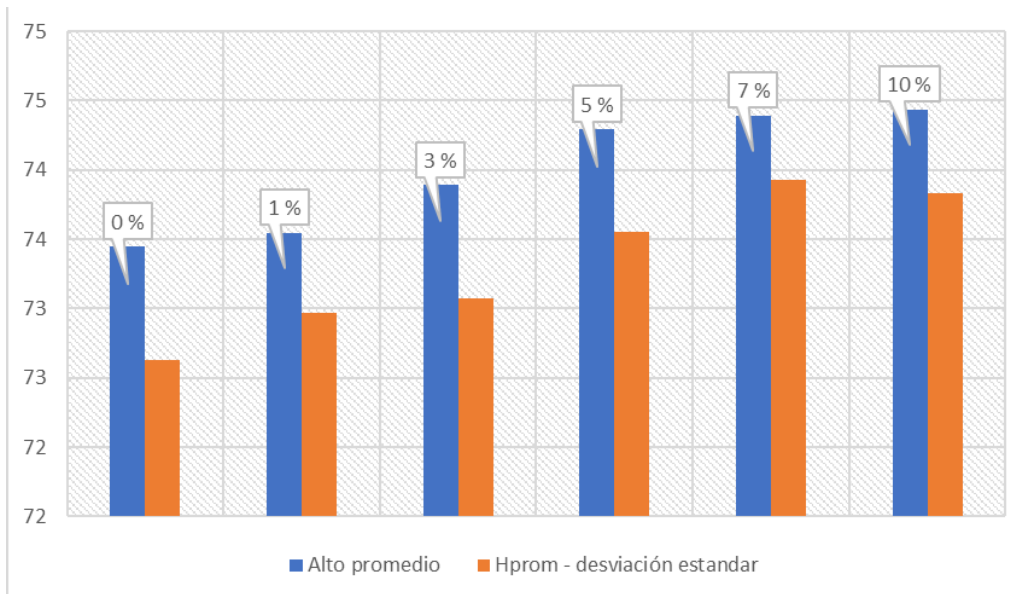
**Gráfica del cambio dimensional del ancho de las unidades**



*Nota.* Las unidades con adición al 3% de cartón tienen menor variación dimensional de su anchura.

**Figura 54**

**Gráfica del cambio dimensional del alto de las unidades**



*Nota.* Las unidades con adición al 7% de cartón tienen menor variación de su altura.

De los datos en la Tabla 87, se estima que el espécimen con mayor variación en sus tres dimensiones es el ladrillo patrón (0% de residuos de cartón) y el que menor variación tuvo es el ladrillo con adición al 7% de residuos de cartón.

## B. Análisis de la “medida de Alabeo”

Tabla 88

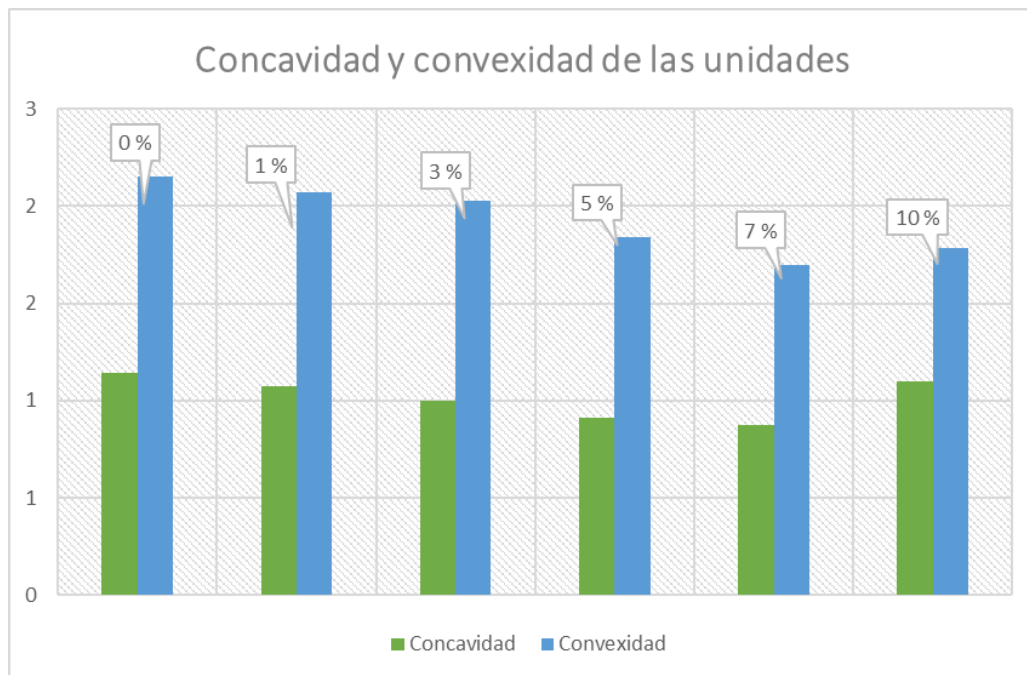
*Resumen del alabeo de los ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón*

Muestra	Alabeo (mm)	
	Concavidad	Convexidad
0%	1.15	2.16
1%	1.07	2.07
3%	1.00	2.03
5%	0.91	1.84
7%	0.88	1.70
10%	1.10	1.79

*Nota.* Las unidades analizadas presentan mayor convexidad.

Figura 55

*Grafica de concavidad y convexidad de los ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón*



*Nota.* La unidad con mayor alabeo es el ladrillo patrón, puesto que tiene mayor concavidad y convexidad.

Las unidades con mayor concavidad es el ladrillo patrón, por lo que la adición de los residuos de cartón disminuye esta deformación. Las unidades con menor concavidad son las con adición al 7 % de residuos de cartón. Las unidades con mayor convexidad

es el ladrillo patrón y las con menor convexidad son las unidades con adición al 7 % de residuos de cartón. Finalmente, los residuos de cartón al 7 % de adición, disminuyen el alabeo de la unidad.

### C. “Resistencia a la compresión” de las unidades propuestas

La resistencia a compresión de las unidades de arcilla cocida con adición de cartón resulto mayor el ladrillo patrón, seguido del porcentaje con adición al 1%. Mientras más se adiciona residuos de cartón la unidad tiende a bajar su resistencia, por lo que su uso es recomendable para muros no portantes o de tabiquería según indica la norma E.070 de albañilería.

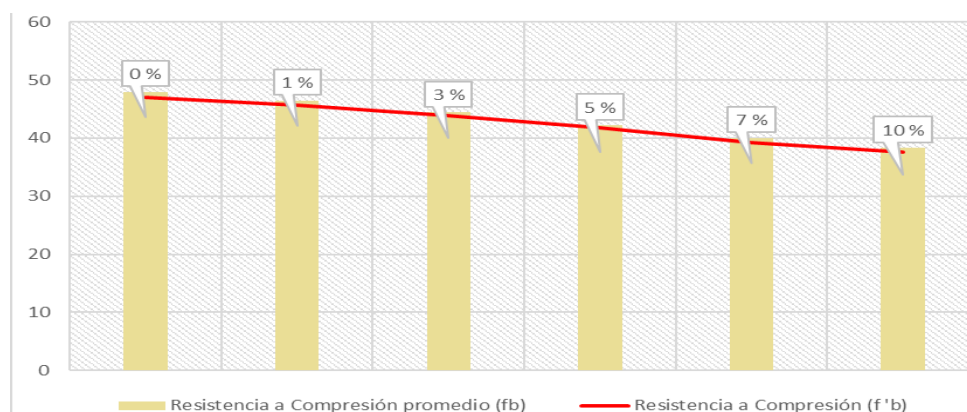
**Tabla 89**

*Resumen de “resistencia a compresión” promedio para cada porcentaje de adición*

Muestra	Resistencia a Compresión promedio (fb)		Desviación estándar ( $\sigma$ )		Resistencia a Compresión (f 'b)		Coeficiente de variación (c.v %) )
	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	
0%	4.70	47.94	0.09	0.87	4.62	47.07	1.82
1%	4.55	46.45	0.08	0.83	4.47	45.62	1.78
3%	4.36	44.42	0.05	0.53	4.30	43.89	1.18
5%	4.14	42.20	0.04	0.42	4.10	41.78	0.99
7%	3.93	40.03	0.09	0.87	3.84	39.16	2.17
10%	3.76	38.33	0.07	0.74	3.69	37.59	1.93

**Figura 56**

*Gráfica de resistencia de los ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón*



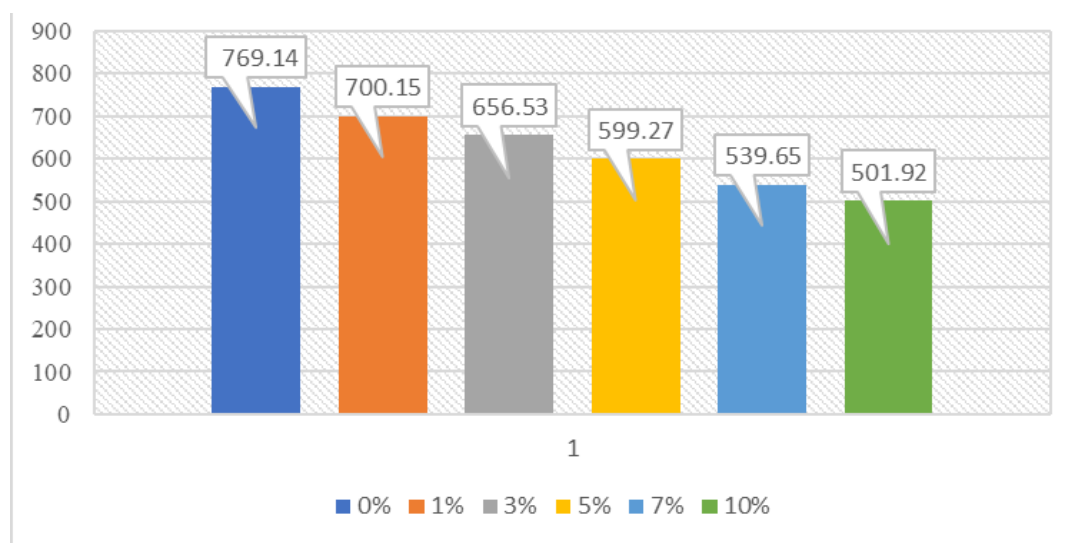
*Nota.* La unidad con mayor resistencia fue el ladrillo patrón y el con la menor fue el ladrillo con 10% de CR.

#### D. “Módulo de elasticidad” de las unidades con adición de residuos de cartón

Mediante la tabla 48, se indica el resultado de las deformaciones y esfuerzos al 10 % y 50 % respectivamente, esta reducción del 10% de las deformaciones y esfuerzos se realiza debido a que al inicio del ensayo se coloca el neopreno en ambas caras de la unidad y el 50% debido a que el material es elástico.

Figura 57

Gráfica de los “módulos de elasticidad” de las unidades artesanales con adición de residuos de cartón



Nota. El módulo de elasticidad tiende a ser menor conforme se adiciona más residuos de cartón.

Según el análisis de los resultados de las pruebas clasificatorias de “alabeo, variación dimensional y resistencia a la compresión” de las unidades de control y con adiciones de cartón reciclado, se clasifican como “Bloque NP según la norma peruana Albañilería,” para su uso en la construcción de muros no portantes o de tabiquería ya que superan el mínimo de 20 kg/cm<sup>2</sup>; no obstante, según Gallegos y Casabonne (2005, p. 126), clasifica a las unidades de arcilla con fines estructurales con resistencias mayores a 4 MPa (40 kg/cm<sup>2</sup>), por lo que las unidades fabricadas con adición de cartón podrían ser clasificadas como ladrillos Tipo I usados en la construcción de muros portantes.

#### 5.2.4. *Análisis de las pruebas no clasificatorias de la unidad propuesta*

##### **A. Humedad natural (Hn), absorción (A), absorción máxima (Am), coeficiente de saturación (CS), succión (S) y densidad (D) de las unidades artesanales**

El análisis de estas propiedades es importante ya que está relacionada con la durabilidad de la unidad, en la Tabla 90 se analizó los promedios de las diferentes propiedades del ladrillo patrón y con adición de residuos de cartón.

**Tabla 90**

*Análisis de la humedad natural (Hn), absorción (A), absorción máxima (Am), coeficiente de saturación (CS), succión (S) y densidad (D) de los ladrillos artesanales*

<b>Muestra</b>	<b>Humedad natural (Hn)</b>	<b>Absorción (A)</b>	<b>Absorción máxima (Am)</b>	<b>Coeficiente de saturación (CS)</b>	<b>Succión (S)</b>	<b>Densidad (D)</b>
0%	2.01	15.43	16.70	0.924	48.618	1.65
1%	2.14	15.79	17.19	0.919	51.692	1.65
3%	2.23	16.16	17.74	0.911	54.07	1.64
5%	2.25	16.47	18.17	0.906	56.18	1.63
7%	2.31	16.87	18.69	0.903	57.54	1.62
10%	2.37	17.22	19.17	0.899	59.46	1.61

*Nota.* La absorción de las unidades es menor al 22% por lo que cumplen la Norma E.070.

La **humedad natural** como se indica en la Tabla 90, tiende a aumentar mientras se adiciona mayor cantidad de residuos de cartón esto es debido a que la absorción del cartón es mayor al 100%.

La **absorción** de las unidades fabricadas con residuos de cartón aumenta gradualmente conforme se adiciona este material, la **absorción máxima** dio un resultado mayor en relación a la absorción superior en 1% aproximadamente esto es debido a que la absorción se saturo las unidades por 24 horas y para la absorción máxima se hirvió durante 5 h, esto indica que las arcillas se expanden y almacenan mayor cantidad de agua en estado de ebullición, en relación al agua fría. El **coeficiente de saturación**

relaciona estas dos propiedades mencionadas por lo que a mayor separación de estas el coeficiente tiende a cero.

La **succión** de las unidades, también aumenta conforme se adiciona mayor cantidad de residuos de cartón, esto indica que deben ser remojadas 30 minutos antes del asentado, es importante regarlos con agua ya que mejorara la adherencia de la unidad mortero.

La **densidad** de los ladrillos disminuye conforme se adiciona los residuos de cartón, esto es debido a que los residuos de cartón tienen una densidad baja de  $0.410 \text{ g/cm}^3$  aproximadamente y los componentes del suelo superan el  $1.5 \text{ g/cm}^3$ .

## B. Análisis de la tracción por flexión a las unidades propuestas

Tabla 91

*Resumen de la tracción por flexión de las unidades con adición de cartón reciclado*

Espec.	Módulo de rotura (ftb)		Desviación estándar		Módulo de rotura (ft)		Factor de variación
	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	
0%	0.88	8.92	0.05	0.56	0.82	8.37	6.26
1%	1.03	10.50	0.05	0.54	0.98	9.96	5.12
3%	1.07	10.90	0.05	0.55	1.01	10.35	5.06
5%	1.07	10.92	0.05	0.55	1.02	10.38	5.02
7%	0.97	9.85	0.03	0.32	0.94	9.54	3.23
10%	0.92	9.40	0.06	0.63	0.86	8.76	6.74

*Nota.* La resistencia a tracción por flexión mínima fue  $8.37 \text{ kg/cm}^2$  y una máxima de  $10.38 \text{ kg/cm}^2$ .

Esta propiedad indica que las unidades con adición de cartón son mejores en calidad respecto al ladrillo base, agregando el 5% la unidad alcanza la mayor resistencia a la rotura, el ladrillo base es el menor de todos los especímenes ensayados con adición de cartón reciclado por lo que la adición de estos residuos mejora su calidad de la unidad de arcilla cocida fabricada artesanalmente en Bambamarca.



### C. Eflorescencia de las unidades fabricadas artesanalmente

Según la Tabla 61, el ladrillo patrón presenta dos unidades ligeramente eflorescentes de un grupo de 10. El ladrillo con adición de residuos de cartón al 1 %, 3 % y 7 % son unidades no eflorescentes, por lo que no presentan manchas de sal en las superficies. El ladrillo con adición al 5 % de residuos de cartón presentó una unidad ligeramente eflorescente y el ladrillo con 10 % de adición de residuos de cartón presentó dos unidades ligeramente eflorescentes, por lo tanto, del análisis grupal las unidades son no eflorescentes.

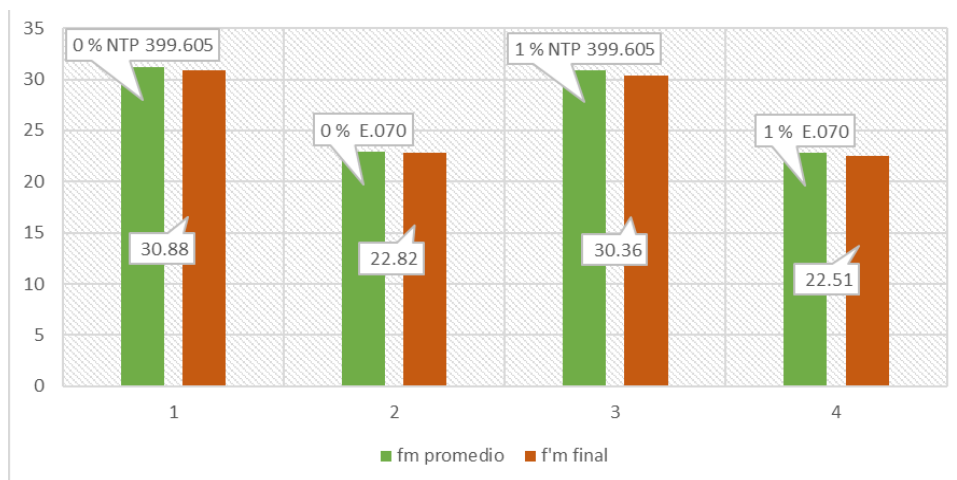
#### 5.2.5. Análisis de resultados de albañilería simple

##### A. “Compresión axial en pilas”

En la Tabla 67 se analizó las pilas según la NTP 399.605 y en la Tabla 68 se analizó según la Norma E.070 Albañilería, construidas con ladrillos artesanales sin adición de residuos de cartón. En la Tabla 69 se analizó las pilas según la NTP 399.605 y en la Tabla 70 se analizó según la Norma E.070 Albañilería, construidas con ladrillos artesanales con adición al 1 % de residuos de cartón.

Figura 58

Gráfica de comparación de resistencia de pilas entre la norma E.070 Albañilería y la NTP 399.605



La variación de resistencias según los factores de corrección de cada norma varía en 26.11 % por lo que se analizó ambas. La norma E.070 Albañilería da resultados más bajos respecto a la NTP 399.605, la resistencia mínima de 35 kg/cm<sup>2</sup> no cumple ninguna de las pilas ensayadas, aplicable solo para muros portantes.

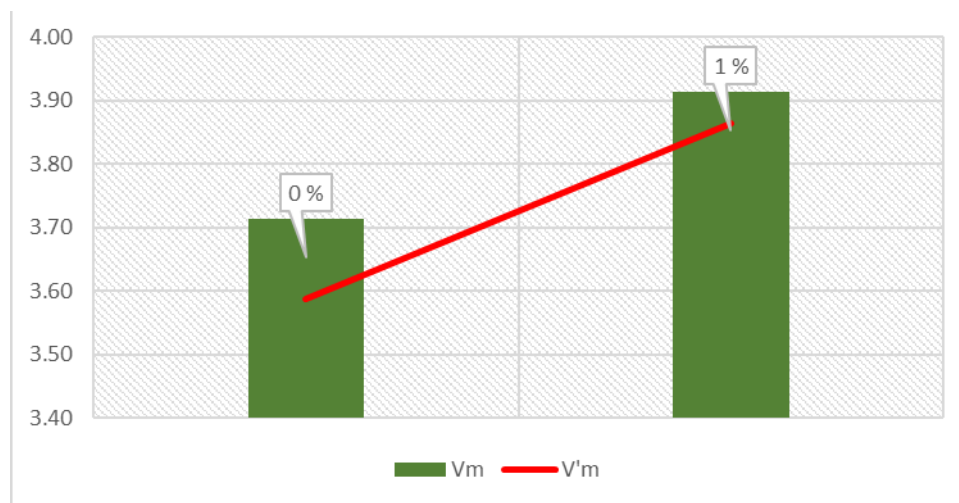
### B. “Módulo de elasticidad en pilas”

En la Tabla 73, se muestran los módulos del ladrillo patrón y ladrillo con adición de residuos de cartón, mostrando una reducción respecto al ladrillo patrón, por lo que su comportamiento ante sismos sería baja y presentaría fallas considerables si se usa en muros portantes.

### C. “Compresión diagonal en muretes”

Figura 59

Gráfica del esfuerzo cortante ( $V'm$ ) en muretes de albañilería



El esfuerzo cortante de los muretes construidos con ladrillos adicionando residuos de cartón al 1% es más elevado que el construido con ladrillo base (patrón) en un 7.16 %, sin embargo, los muretes ensayados no cumplen la Norma E.070, ya que no superan el 5.1 kg/cm<sup>2</sup> que establece la norma mencionada, aplicable solo para muros portantes.

#### D. “Módulo de corte en muretes”

El módulo de rigidez se detalló en la Tabla 78, donde se puede analizar que el murete constituido con residuos de cartón es menor en un 3.67 % respecto al murete constituido con ladrillos base (patrón).

#### E. Análisis del cálculo de pilas y muretes de albañilería

Para estudiar los resultados de estas pruebas usando unidades artesanales con adición de cartón reciclado en el caserío de Chilcapampa, distrito de Bambamarca, se tuvo consideración la norma de estructuras de albañilería, ya que en esta relaciona el “módulo de elasticidad ( $E_m$ ) con la resistencia a la compresión ( $f'm$ )” según Ecuación 30:

$$E_m = 500 * f' m \quad (30)$$

También, dicha norma, relaciona el módulo de corte ( $G_m$ ) en muretes con el módulo de elasticidad ( $E_m$ ) de las pilas, de la siguiente manera:

$$G_m = 0.4 * E_m \quad (31)$$

En la Tabla 92, consta las discrepancias entre los resultados prácticos y teóricos del  $f'm$ ,  $E_m$  y  $G_m$ .

Tabla 92

*Discrepancias entre resultados prácticos y teóricos del “ $f'm$ ,  $E_m$  y  $G_m$ ”*

Muestra	Pruebas de laboratorio			Según Norma de Albañilería		Variación entre el cálculo práctico y teórico	
	$f' m$ kg/cm <sup>2</sup>	$E_m$ kg/cm <sup>2</sup>	$G_m$ kg/cm <sup>2</sup>	$E_m$ kg/cm <sup>2</sup>	$G_m$ kg/cm <sup>2</sup>	$E_m$ (%)	$G_m$ (%)
0 %	30.53	1340.41	506.00	15266.02	536.16	91.22	5.63
1 %	30.02	1307.24	492.38	15008.81	522.90	91.29	5.84

Existe una relación creciente entre la resistencia del murete con la resistencia de la pila y para alcances al diseño, se debe usar el valor menor de  $v'm$  ó  $\sqrt{f'm}$ . Según la Tabla 93, el  $v'm$  ensayado es menor que el teórico  $\sqrt{f'm}$ .

**Tabla 93**

*Análisis de resistencia al corte*

Muestra	V 'm Ensayo	f 'm ensayo	V'm max. $\sqrt{f'm}$	V'm diseño
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0%	3.59	30.53	5.53	3.59
1%	3.86	30.02	5.48	3.86

Para el diseño de muros de albañilería se debe tener en cuenta que  $v'm$  diseño  $\leq v'm$  de actuante, con la finalidad de impedir que los muros se fisuren durante la propagación de un sismo, ya que son constantes en nuestro territorio peruano.

#### 5.2.6. *Ensayos a los componentes del mortero*

##### **A. “Análisis granulométrico del agregado fino” para mortero**

En la Tabla 79, se muestra los resultados del análisis granulométrico de las arenas para mortero, estas según el porcentaje que pasa acumulado cumplen el uso granulométrico establecido en la NTP 400.037 (2018, pp. 8-9), también cumple que el menos del 5% es retenido en la malla N°200 (75µm). El módulo de fineza también se encuentra dentro de los parámetros establecidos por dicha norma técnica ( $2.3 < MF < 3.1$ ).

##### **B. “Contenido de humedad del agregado fino” para mortero**

El contenido de humedad del agregado fino dependió de las condiciones ambientales en las que se extrajo de la cantera, este valor nos permitirá corregir la humedad durante el diseño de mezcla para el mortero.

### **C. “Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino” para mortero**

En la Tabla 81, se muestra los valores para la densidad relativa seca  $2.43 \text{ g/cm}^3$ , densidad relativa saturada  $2.47 \text{ g/cm}^3$ , densidad relativa aparente  $2.53 \text{ g/cm}^3$  y absorción  $1.66 \%$ . Estos valores indican que la muestra de arena obtenida es buena ya que su absorción es baja y su densidad relativa es alta, por lo que, a mayor densidad del agregado, este tendrá mayor resistencia.

### **D. “Análisis del peso unitario y vacíos del agregado fino” para mortero**

En la Tabla 82, se determinó el peso apisonado del agregado fino para mortero (arena gruesa), en la cual se halló la densidad de masa apisonada siendo  $1551.33 \text{ kg/ m}^3$  y en la Tabla 83 se determinó la densidad de masa suelta siendo  $1489.55 \text{ kg/ m}^3$ , que dividiéndole con el valor de la densidad de agua  $997.5$  lo convertimos en  $\text{g/cm}^3$ , estos valores resultan  $1.55 \text{ g/cm}^3$  y  $1.49 \text{ g/cm}^3$  densidad apisonada y suelta respectivamente.

### **E. “Resistencia a la compresión” de testigos de mortero**

Los testigos de mortero fueron especímenes cúbicos de  $50 \text{ mm}$  de lado según establece la NTP 334.051 (2013, p. 4) estos fueron ensayados a los 28 días de edad y su resistencia promedio a compresión fue  $89.99 \text{ kg /cm}^2$ , esto nos indica que es un mortero tipo II según N-CMT-2-01-0004 (2001, p. 4).

### **F. “Módulo de elasticidad” del mortero**

Los módulos de elasticidad fueron calculados a partir de las deformaciones (Tabla 85) y el esfuerzo aplicado. Para el cálculo del módulo de elasticidad se redujo al  $10 \%$  y  $50 \%$  las deformaciones y esfuerzos (Tabla 86) respectivamente, dando un valor de

2088.90 kg/cm<sup>2</sup>. Según Gallegos y Casabonne (2005) dice que “a menor altura del testigo del mortero se obtiene mayor resistencia, asimismo, que un decrecimiento del 69% en la resistencia del mortero solo afecta en un 10% a la resistencia a la compresión de la albañilería” (pp. 131).

### 5.2.7. Análisis de costos unitarios para la fabricación de ladrillos

**Tabla 94**

*Trituración de residuos de cartón*

Costo unitario directo por:	kg			<b>0.21</b>
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio s/.	Parcial s/.
<b>Mano de Obra</b>				
Operario	hh	0.0083	11.25	0.09
Peón	hh	0.0042	8.75	0.04
<b>Materiales</b>				
Trasporte del cartón reciclado	m <sup>3</sup>	0.0010	50.00	0.05
<b>Equipos</b>				
Herramientas manuales	%mo	3.0000	0.13	0.00
Máquina trituradora de cartón	hm	0.0052	5.00	0.03

*Nota.* El rendimiento de la trituración del cartón reciclado fue de 192 kg por día, equivalente a un metro cubico de RC.

**Tabla 95**

*Fabricación de ladrillos artesanales sin adición de residuos de cartón*

Costo unitario directo por:	m <sup>3</sup>			<b>175.10</b>
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio s/.	Parcial s/.
<b>Mano de Obra</b>				
Operario	hh	1.6722	11.25	18.81
Peón	hh	5.0167	8.75	43.90
<b>Materiales</b>				
Cocción de ladrillos	glb	1.0000	75.00	75.00
Suelo arenoso-arcilloso	m <sup>3</sup>	1.0600	20.00	21.20
Agua puesta en fabrica	m3	0.1870	5.00	0.94
<b>Equipos</b>				
Herramientas manuales	%mo	3.0000	62.71	1.88
Molino triturador de arcillas	hm	1.3378	10.00	13.38

*Nota.* El rendimiento en metros cúbicos de pasta de ladrillos fue de 2.392 por día.

**Tabla 96****Fabricación de ladrillos artesanales con adición al 1% de residuos de cartón**

Costo unitario directo por:	m <sup>3</sup>			<b>175.23</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio s/.</b>	<b>Parcial s/.</b>
<b>Mano de Obra</b>				
Operario	hh	1.6722	11.25	18.81
Peón	hh	5.0167	8.75	43.90
<b>Materiales</b>				
Cocción de ladrillos	glb	0.9990	75.00	74.93
Suelo arenoso-arcilloso	m <sup>3</sup>	1.0500	20.00	21.00
Agua puesta en fabrica	m <sup>3</sup>	0.1870	5.00	0.94
Residuos de cartón	m <sup>3</sup>	0.0100	40.32	0.40
<b>Equipos</b>				
Herramientas manuales	%mo	3.0000	62.71	1.88
Molino triturador de arcillas	hm	1.3378	10.00	13.38

*Nota.* El rendimiento en metros cúbicos de pasta de ladrillos con adición al 1% de residuos de cartón fue 2.392 por día, equivalente a fabricar 1000 unidades de ladrillos por día.

**Tabla 97****Fabricación de ladrillos artesanales con adición al 3% de residuos de cartón**

Costo unitario directo por:	m <sup>3</sup>			<b>173.46</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio s/.</b>	<b>Parcial s/.</b>
<b>Mano de Obra</b>				
Operario	hh	1.6722	11.25	18.81
Peón	hh	5.0167	8.75	43.90
<b>Materiales</b>				
Cocción de ladrillos	glb	0.9700	75.00	72.75
Suelo arenoso-arcilloso	m <sup>3</sup>	1.0300	20.00	20.60
Agua puesta en fabrica	m <sup>3</sup>	0.1870	5.00	0.94
Residuos de cartón	m <sup>3</sup>	0.0300	40.32	1.21
<b>Equipos</b>				
Herramientas manuales	%mo	3.0000	62.71	1.88
Molino triturador de arcillas	hm	1.3378	10.00	13.38

*Nota.* El rendimiento en metros cúbicos de pasta de ladrillos con adición al 3% de residuos de cartón fue 2.392 por día.

**Tabla 98****Fabricación de ladrillos artesanales con adición al 5% de residuos de cartón**

Costo unitario directo por:	m <sup>3</sup>			<b>172.37</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio s/.</b>	<b>Parcial s/.</b>
<b>Mano de Obra</b>				
Operario	hh	1.6722	11.25	18.81
Peón	hh	5.0167	8.75	43.90
<b>Materiales</b>				
Cocción de ladrillos	glb	0.9500	75.00	71.25
Suelo arenoso-arcilloso	m <sup>3</sup>	1.0100	20.00	20.20

Agua puesta en fabrica	m <sup>3</sup>	0.1870	5.00	0.94
Residuos de cartón	m <sup>3</sup>	0.0500	40.32	2.02
<b>Equipos</b>				
Herramientas manuales	%mo	3.0000	62.71	1.88
Molino triturador de arcillas	hm	1.3378	10.00	13.38

*Nota.* El rendimiento en metros cúbicos de pasta de ladrillos con adición al 5% de residuos de cartón fue 2.392 por día, equivalente a fabricar 1000 unidades de ladrillos diariamente.

**Tabla 99**

*Fabricación de ladrillos artesanales con adición al 7% de residuos de cartón*

Costo unitario directo por:	m <sup>3</sup>			<b>171.28</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio s/.</b>	<b>Parcial s/.</b>
<b>Mano de Obra</b>				
Operario	hh	1.6722	11.25	18.81
Peón	hh	5.0167	8.75	43.90
<b>Materiales</b>				
Cocción de ladrillos	glb	0.9300	75.00	69.75
Suelo arenoso-arcilloso	m <sup>3</sup>	0.9900	20.00	19.80
Agua puesta en fabrica	m <sup>3</sup>	0.1870	5.00	0.94
Residuos de cartón	m <sup>3</sup>	0.0700	40.32	2.82
<b>Equipos</b>				
Herramientas manuales	%mo	3.0000	62.71	1.88
Molino triturador de arcillas	hm	1.3378	10.00	13.38

*Nota.* La cantidad de ladrillos por metro cubico es de aproximadamente 418 unidades.

**Tabla 100**

*Fabricación de ladrillos artesanales con adición al 10% de residuos de cartón*

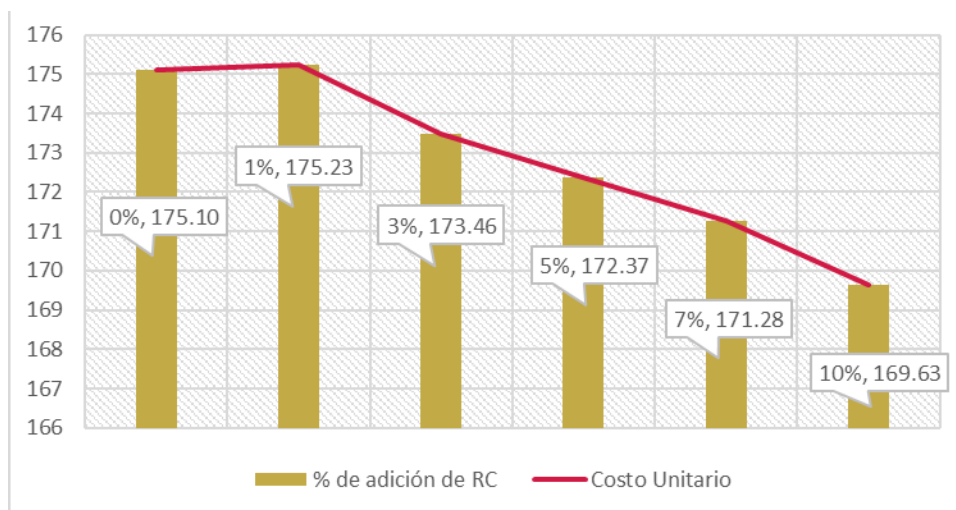
Costo unitario directo por:	m <sup>3</sup>			<b>169.23</b>
<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio s/.</b>	<b>Parcial s/.</b>
<b>Mano de Obra</b>				
Operario	hh	1.6722	11.25	18.81
Peón	hh	5.0167	8.75	43.90
<b>Materiales</b>				
Cocción de ladrillos	glb	0.9000	75.00	67.50
Suelo arenoso-arcilloso	m <sup>3</sup>	0.9600	20.00	19.20
Agua puesta en fabrica	m <sup>3</sup>	0.1870	5.00	0.94
Residuos de cartón	m <sup>3</sup>	0.1000	40.32	4.03
<b>Equipos</b>				
Herramientas manuales	%mo	3.0000	62.71	1.88
Molino triturador de arcillas	hm	1.3378	10.00	13.38

*Nota.* El rendimiento en metros cúbicos de pasta de ladrillos con adición al 10% de residuos de cartón fue 2.392 por día, equivalente a fabricar 1000 unidades de ladrillos artesanales por día.



Figura 60

Costo unitario de la fabricación de ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón



Nota. El costo al 1% es más elevado que el resto de adiciones, y respecto al costo de fabricación del ladrillo patrón con el ladrillo adicionando residuos de cartón (RC) al 3%, 5%, 7% y 10% es menor, por ende, resulta más económico adicionar residuos de cartón superiores al 3%.

### 5.3. Contrastación de la hipótesis.

El análisis de las propiedades físico-mecánicas de los prototipos con adiciones de cartón fabricadas en el Centro Poblado Chilcapampa, distrito de Bambamarca, se clasifican como Bloque NP, ya que superan la resistencia a compresión mínima de  $20 \text{ kg/cm}^2$ , que podrán ser usados en la construcción de muros no portantes o de tabiquería según indica la Norma E.070 Albañilería (2006); no obstante, según Gallegos y Casabonne (2005, p. 126), cataloga a las unidades de arcilla con fines estructurales con resistencias mayores a  $4 \text{ MPa}$  ( $40 \text{ kg/cm}^2$ ), por lo que las unidades fabricadas con adición de cartón podrían ser clasificadas como ladrillos Tipo I usados en la construcción de muros portantes.

## CONCLUSIONES

1) Se evaluó las propiedades las unidades de arcilla cocida adicionando residuos de cartón y se concluyó que los ensayos clasificatorios de “alabeo, variación dimensional y resistencia a la compresión” si cumple los requisitos de la Norma E.070 Albañilería puesto que su variación dimensional es menor a 7%, alabeo menor a 8 mm y resistencia a compresión supera los 20 kg/cm<sup>2</sup>, estipulado en dicha norma, por lo que la unidad se clasifica como Bloque NP que podrán ser empleados en la construcción de muros no portantes o de tabiquería. De los ensayos no clasificatorios se concluye que la absorción cumple lo reglamentado en la norma peruana, ya que las unidades ensayadas no superan el 22 % de absorción y la eflorescencia de las unidades es muy baja, siendo clasificadas como unidades no eflorescentes.

2) Se determinó todas las propiedades a la unidad propuesta de acuerdo a la NTP 399.613, concluyendo que estas unidades podrán ser utilizadas en muros que no conlleven a resistir cargas de niveles superiores de una edificación, es decir en divisiones, cercos y parapetos. También se determinó las propiedades de albañilería simple en pilas y muretes, concluyendo que el esfuerzo en pilas no cumple lo reglamentado en la norma E.070 Albañilería, ya que no superan los 35 kg/cm<sup>2</sup>, del mismo modo los resultados del esfuerzo cortante en muretes no cumplen lo estipulado en dicha norma, puesto que no superan los 5.1 kg/cm<sup>2</sup>. Los requisitos mínimos de pila y murete estipulados en dicha Norma solo se aplican para la construcción de muros portantes.

3) Los resultados de las propiedades del ladrillo patrón, respecto del ladrillo con adición de cartón, es superior en la resistencia a compresión, densidad y succión. Sin embargo, el ladrillo con adición de cartón es mejor en alabeo, variación dimensional,

módulo de rotura y eflorescencia, también su densidad es menor por lo que es más liviano y fácil de manejar a una mano al momento del asentado. De los ensayos de albañilería simple se concluye que el ladrillo patrón es mejor en la resistencia en pilas, no obstante, el ladrillo con adición de residuos de cartón al 1%, es más alto en el esfuerzo cortante en muretes respecto al elaborado con ladrillo patrón (base).

4) Del análisis de las propiedades clasificatorias y no clasificatorias de los ladrillos artesanales adicionando residuos de cartón se concluye que el ladrillo con adición de residuos de cartón al 1% tiene mejor comportamiento y resultados más elevados respecto a las demás adiciones, por lo que representaría el diseño de mezcla óptima en esta investigación. Del análisis de costos unitarios, se concluyó que las unidades con adición al 3%, 5%, 7% y 10 % resultan más económicas, ya que el valor de fabricación disminuye respecto al del ladrillo base, esto indica que el ladrillo más económico es agregando 10% de cartón reciclado.

## RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

- 1) Se recomienda que el cartón sea triturado a un tamaño menor a 4.75 mm y se clasifique como agregado fino y a partir de esto surja una nueva investigación.
- 2) Se recomienda comprimir con fuerza la masa de suelo al momento del moldeo para evitar la generación de vacíos en el interior de la unidad.
- 3) Se recomienda tamizar el suelo con la malla N° 200 para adicionar finos a la pasta de suelo areno arcilloso, para así conseguir más del 40% de finos y 60 % de arenas, que permitiría aumentar la resistencia de las unidades artesanales en el C.P. Chilcapampa, Bambamarca.
- 4) Se recomienda que el análisis de las propiedades físico mecánicas del ladrillo artesanal se haga con especímenes ubicados en diferentes niveles en el horno durante el periodo de quemado, para que los datos sean más exactos.
- 5) Se recomienda hacer un control de temperatura durante el periodo de quemado en el nivel inicial intermedio y superior del horno para que la cocción de las unidades sea uniforme.
- 6) Se recomienda saturar completamente las unidades en agua antes del asentado durante 20 minutos aproximadamente, también se debe ejercer presión sobre las juntas al momento de asentar el ladrillo, ya que esto aumentara la adherencia unidad - mortero.
- 7) Se recomienda realizar el análisis químico a la muestra de suelo, para determinar su composición química y sea posible clasificarla.
- 8) Se recomienda realizar el cálculo en laboratorio del coeficiente de transmitancia térmica de las unidades de arcilla con las adiciones de cartón.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arquíñigo Trujillo, 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]. Repositorio Institucional - Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Atabal, F. (2019). *¿Cómo se hace el cartón?*. Cartones Malagueños, S.L. <https://www.cartonajes-malaga.com/es/como-se-hace-el-carton/>
- Bartolomé, A. S. (1994). *Construcciones de albañilería*. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Bartolomé, A. S., Quiun, D., & Silva, W. (2018). *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería*. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Besoain , E. (1985). *Mineralogía de arcillas de suelos*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA.
- Cabo Laguna, M. (2011). *Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción* [Tesis de Pregrado, Universidad Pública de Navarra]. <https://academica-e.unavarra.es/handle/2454/4504>.
- Campodónico Bustíos, J. (2002). *Análisis del reciclaje de papel y cartón en la ciudad de Chiclayo* [Tesis de Pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional PIRHUA – Universidad de Piura.

- Cervantes, L. A. (2010). Una construcción elaborada con muros de papel y cartón comprimidos más otros residuos valorizables. *Universidad de Guanajuato*, 31-39.  
<http://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/viewFile/78/65>
- Cruzado Portal J. W. (2017). Estudio de las propiedades físico – mecánicas del ladrillo elaborado artesanalmente en los caseríos: El Frutillo, La Lúcumá, Agomarca y Mayhuasi del Distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc, Departamento de Cajamarca. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional de Cajamarca.
- Escudero Pelcastre, M. N. (2011). *Materiales Ecológicos a Base de Papel y Cartón Reciclado* [Tesis de pregrado, Instituto Politécnico Nacional].  
<https://es.scribd.com/document/419805308/Materiales-Ecologicos-a-Base-de-Papel-y-Carton-Reciclado>
- Fernández Burga W. (2018). Influencia de la variación de la arcilla en la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal del caserío de Agomarca, distrito Bambamarca, Cajamarca-2018 [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27363>
- Gallegos , H., & Casabonne, C. (2005). *Albañilería Estructural*. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Lescano, J. (2014). Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura [Tesis de Pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional PIRHUA – Universidad de Piura.

- Mamani Ruiz, R. C. (2015). *Estudio y Evaluacion de Formulacionde Mezclas para la Obtencion de Ladrillos en la Ciudad de Cuzco* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Agustin]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2918>
- Martínez, C. (2012). *Recuperación de residuos de la industria papelera: desarrollo de materiales cerámicos*. ScienceDirect.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378382011003705>
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Aprende a prevenir los efectos del mercurio módulo 2: residuos y áreas verdes*. Editorial Ministerio del Ambiente - MINAM.  
<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/aprende-prevenir-efectos-mercurio-modulo-2-residuos-areas-verdes>
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Sexto informe nacional de residuos sólidos de la gestión del ámbito municipal y no municipal 2013*. Evaluación y Gestión Ambiental. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/residuos>
- Moreno Palacios, L. A., & Ponce Vargas, K. D. (2017). *Características físicas y mecánicas de la unidad de albañilería ecológica a base de papel reciclado en la ciudad de Trujillo* [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego].  
[http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/3593/1/RE\\_ING.CIVIL\\_LINDA.MORENO\\_KEVIN.PONCE\\_CHARACTERISTICAS.FISICAS\\_DATOS.PDF](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/3593/1/RE_ING.CIVIL_LINDA.MORENO_KEVIN.PONCE_CHARACTERISTICAS.FISICAS_DATOS.PDF)
- Murillo Salas, E. M. (2015). *Proyecto de una planta industrial de ladrillos ecológicos del tipo suelo-cemento en Arequipa* [ Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Ingeniería].[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI\\_5f38321febf8cfc48e3b89716ee71c7/Description](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_5f38321febf8cfc48e3b89716ee71c7/Description)
- Norma E.070 (2006). *Albañilería*. Diario Oficial el Peruano: Normas Legales.

- Norma EM.110 (2014). *Confort térmico y lumínico con eficiencia energética*. Diario Oficial el Peruano: Normas Legales.
- NTP 331.017 (1978). *Ladrillos de arcilla usados en albañilería requisitos*. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI.
- NTP 339.129 (2019). *Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos*. Dirección de Normalización - INACAL.
- NTP 339.134 (1999). *Método para clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)*. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI.
- NTP 339.185 (2013). *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI.
- NTP 399.605 (2013). *Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería*. Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI.
- NTP 399.610 (2003). *Especificación normalizada para morteros*. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales- INDECOPI.
- NTP 399. 613 (2017). *Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*. Dirección de Normalización - INACAL.
- NTP 399.621 (2004). *Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería*. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI.



NTP 400.012 (2018). *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.*

Dirección de Normalización - INACAL.

NTP 400.017 (2016). *Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso Unitario) y vacíos de los agregados.*

Dirección de Normalización - INACAL.

NTP 400.018 (2018). *Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) por lavado en agregados.* Dirección de Normalización - INACAL.

NTP 400.022 (2013). *Método de ensayo normalizado para la densidad, peso específico y absorción del agregado fino.* Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI.

NTP 400.037 (2018). *Agregados para concreto: Requisitos.* Dirección de Normalización - INACAL.

Rhodes, D. (1990). *Arcilla y vidriado para el ceramista.* Madrid: CEAC.

SIGERSOL. (2020). *Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos.*

Ministerio del Ambiente - MINAM.

<https://sites.google.com/minam.gob.pe/dgrs/p%C3%A1gina-principal>

Valerga, A. (3 de Febrero de 2021). *Tipos de cartones: no serás el mismo después de leer esta guía.* Crehana. <https://www.crehana.com/pe/blog/craft/tipos-cartones-usos/>

Villareal Castro, G. (2010). *Resistencia de materiales.* Lima. [https://www.academia.edu/5330097/RESISTENCIA\\_DE\\_MATERIALES](https://www.academia.edu/5330097/RESISTENCIA_DE_MATERIALES)

## APENDICES

### Apéndice 1. Diseño de mezcla del suelo SC con adición al 1% de cartón reciclado

#### Unidades de arcilla con 1% de cartón reciclado

Densidad del suelo SC	1650.00	kg/m <sup>3</sup>
Contenido de humedad del cartón	9.93	%
Peso suelto del cartón	80.18	kg/m <sup>3</sup>
Relación de agua - suelo SC	0.12	Adim.
Agua	0.12*Suelo SC	

El 10% de la cantidad del suelo se sustituye por una cuantificación equivalente de cartón en volumen

$$\rho = \frac{m}{v} \quad V_{\text{suelo}} = \frac{M_{\text{suelo}}}{\rho_{\text{suelo}}} = \frac{1 \text{ kg}}{1650 \text{ kg/m}^3}$$

$$v_{\text{suelo}} = 0.0006061 \text{ m}^3$$

El 10% del volumen del suelo areno-arcilloso es:

$$10\% v_{\text{suelo}} = \frac{V_{\text{suelo}}}{100} = 0.00006061 \text{ m}^3$$

Ahora se sustituirán el 10% del volumen de suelo en volumen de cartón reciclado

$$\begin{aligned} M_{cr} &= \rho_{cr} * V_{cr} \\ M_{cr} &= 80.18 \text{ kg/m}^3 * 0.00006061 \text{ m}^3 \\ M_{cr} &= 0.0004859 \text{ kg} \\ M_{cr} &= 0.49 \text{ g} \end{aligned}$$

#### Cantidad de los materiales en la mezcla

Elemento	Cantidad	Unidad
Suelo SC	999.51	g
cartón reciclado	0.49	g
Agua	119.94	ml
Agua efectiva	119.89	ml

0.0004862

#### Proporción de los materiales en la mezcla

Proporción
Suelo SC : Cartón : Agua
"1 : 0.00049 : 0.1199"

## Apéndice 2. Diseño de mezcla del suelo SC con adición al 3% de cartón reciclado

### Unidades de arcilla con 3% de cartón reciclado

Densidad del suelo SC	1650.00	kg/m <sup>3</sup>
Contenido de humedad del cartón	9.93	%
Peso suelto del cartón	80.18	kg/m <sup>3</sup>
Relación de agua - suelo SC	0.12	Adim.
Agua	0.12*Suelo SC	

El 10% de la cantidad del suelo se sustituye por una cuantificación equivalente de cartón en volumen

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$V \text{ suelo} = \frac{M \text{ suelo}}{\rho \text{ suelo}} = \frac{1 \text{ kg}}{1650 \text{ kg/m}^3}$$

$$v \text{ suelo} = 0.0006061 \text{ m}^3$$

El 10% del volumen del suelo areno-arcilloso es:

$$10\% v \text{ suelo} = \frac{V \text{ suelo}}{33.333333} = 0.0000182 \text{ m}^3$$

Ahora se sustituirán el 10% del volumen de suelo en volumen de cartón reciclado

$$M_{cr} = \rho_{cr} * V_{cr}$$

$$M_{cr} = 80.18 \text{ kg/m}^3 * 0.0000182 \text{ m}^3$$

$$M_{cr} = 0.0014578 \text{ kg}$$

$$M_{cr} = 1.46 \text{ g}$$

Cantidad de los materiales en la mezcla

Elemento	Cantidad	Unidad
Suelo SC	998.54	g
cartón reciclado	1.46	g
Agua	119.83	ml
Agua efectiva	119.68	ml

0.0014599

Proporción de los materiales en la mezcla

Proporción
Suelo SC : Cartón : Agua
"1 : 0.001462 : 0.1198

### Apéndice 3. Diseño de mezcla del suelo SC con adición al 5% de cartón reciclado

#### Unidades de arcilla con 5% de cartón reciclado

Densidad del suelo SC	1650.00	kg/m <sup>3</sup>
Contenido de humedad del cartón	9.93	%
Peso suelto del cartón	80.18	kg/m <sup>3</sup>
Relación de agua - suelo SC	0.12	Adim.
Agua	0.12*Suelo SC	

El 10% de la cantidad del suelo se sustituye por una cuantificación equivalente de cartón en volumen

$$\rho = \frac{m}{v} \quad V \text{ suelo} = \frac{M \text{ suelo}}{\rho \text{ suelo}} = \frac{1 \text{ kg}}{1650 \text{ kg/m}^3}$$

$$v \text{ suelo} = 0.0006061 \text{ m}^3$$

El 10% del volumen del suelo areno-arcilloso es:

$$10\% v \text{ suelo} = \frac{V \text{ suelo}}{20} = 0.0000303 \text{ m}^3$$

Ahora se sustituirán el 10% del volumen de suelo en volumen de cartón reciclado

$$\begin{aligned} M_{cr} &= \rho_{cr} * V_{cr} \\ M_{cr} &= 80.18 \text{ kg/m}^3 * 0.0000303 \text{ m}^3 \\ M_{cr} &= 0.0024297 \text{ kg} \\ M_{cr} &= 2.43 \text{ g} \end{aligned}$$

#### Cantidad de los materiales en la mezcla

Elemento	Cantidad	Unidad
Suelo SC	997.57	g
cartón reciclado	2.43	g
Agua	119.71	ml
Agua efectiva	119.47	ml

0.0024356

#### Proporción de los materiales en la mezcla

Proporción
Suelo SC : Cartón : Agua
"1 : 0.002436": 0.11976

#### Apéndice 4. Diseño de mezcla del suelo SC con adición al 7% de cartón reciclado

##### Unidades de arcilla con 7% de cartón reciclado

Densidad del suelo SC	1650.00	kg/m <sup>3</sup>
Contenido de humedad del cartón	9.93	%
Peso suelto del cartón	80.18	kg/m <sup>3</sup>
Relación de agua - suelo SC	0.12	Adim.
Agua	0.12*Suelo SC	

El 10% de la cantidad del suelo se sustituye por una cuantificación equivalente de cartón en volumen

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$V \text{ suelo} = \frac{M \text{ suelo}}{\rho \text{ suelo}} = \frac{1 \text{ kg}}{1650 \text{ kg/m}^3}$$

$$v \text{ suelo} = 0.0006061 \text{ m}^3$$

El 10% del volumen del suelo areno-arcilloso es:

$$10\% v \text{ suelo} = \frac{V \text{ suelo}}{14.285714} = 0.0000424 \text{ m}^3$$

Ahora se sustituirán el 10% del volumen de suelo en volumen de cartón reciclado

$$M_{cr} = \rho_{cr} * V_{cr}$$

$$M_{cr} = 80.18 \text{ kg/m}^3 * 0.0000424 \text{ m}^3$$

$$M_{cr} = 0.0034016 \text{ kg}$$

$$M_{cr} = 3.40 \text{ g}$$

##### Cantidad de los materiales en la mezcla

Elemento	Cantidad	Unidad
Suelo SC	996.60	g
cartón reciclado	3.40	g
Agua	119.59	ml
Agua efectiva	119.25	ml

0.0034132

##### Proporción de los materiales en la mezcla

Proporción
Suelo SC : Cartón : Agua
"1 : 0.003412" : 0.11966

## Apéndice 5. Diseño de mezcla del suelo SC con adición al 10% de cartón reciclado

### Unidades de arcilla con 10% de cartón reciclado

Densidad del suelo SC	1650.00	kg/m <sup>3</sup>
Contenido de humedad del cartón	9.93	%
Peso suelto del cartón	80.18	kg/m <sup>3</sup>
Relación de agua - suelo SC	0.12	Adim.
Agua	0.12*Suelo SC	

El 10% de la cantidad del suelo se sustituye por una cuantificación equivalente de cartón en volumen

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$V \text{ suelo} = \frac{M \text{ suelo}}{\rho \text{ suelo}} = \frac{1 \text{ kg}}{1650 \text{ kg/m}^3}$$

$$v \text{ suelo} = 0.0006061 \text{ m}^3$$

El 10% del volumen del suelo areno-arcilloso es:

$$10\% v \text{ suelo} = \frac{V \text{ suelo}}{10} = 0.0000606 \text{ m}^3$$

Ahora se sustituirán el 10% del volumen de suelo en volumen de cartón reciclado

$$M_{cr} = \rho_{cr} * V_{cr}$$

$$M_{cr} = 80.18 \text{ kg/m}^3 * 0.0000606 \text{ m}^3$$

$$M_{cr} = 0.0048594 \text{ kg}$$

$$M_{cr} = 4.86 \text{ g}$$

### Cantidad de los materiales en la mezcla

Elemento	Cantidad	Unidad
Suelo SC	995.14	g
cartón reciclado	4.86	g
Agua	119.42	ml
Agua efectiva	118.93	ml

0.0048831

### Proporción de los materiales en la mezcla

Proporción
Suelo SC : Cartón : Agua
"1 : 0.004883": 0.1195

## Apéndice 6. Diseño analítico del mortero

<b>Cemento Portland Tipo Ico (Pacasmayo) NTP 334.090</b>			
	Peso específico	3.00	g/cm <sup>3</sup>
	Contenido de aire	4.00	
	Módulo de finura	2.50	
<b>Característica del agregado fino</b>			
	Peso específico de masa	2.43	g/cm <sup>3</sup>
	Peso unitario suelto seco	1465.22	kg/m <sup>3</sup>
	Peso unitario compactado seco	1551.33	kg/m <sup>3</sup>
	Contenido de humedad (%)	5.24	%
	Absorción (%)	1.66	%
	Módulo de fineza	2.51	
<b>Agua potable</b>			
	Peso específico	1.00	g/cm <sup>3</sup>
<b>Mortero según E.070 y ASTM 270</b>			
	Dosificación Tipo P2 o S	1.00	4
<b>Volumen aparente de los materiales</b>			
	Cemento	1.00	pie <sup>3</sup>
	Agregado fino	4.00	pie <sup>3</sup>
	Relación A/C	0.90	
	Agua	0.90 x C	
<b>Cantidad de materiales en base a una bolsa de cemento (secos)</b>			
	Cemento	42.50	Kg
	A. fino	165.96	Kg
	Agua de diseño	38.25	Litros
<b>Volumen absoluto de de los materiales sin aire incorporado</b>			
	Cemento	0.014	m <sup>3</sup>
	Agregado fino	0.068	m <sup>3</sup>
	Agua	0.038	m <sup>3</sup>
	$\Sigma =$	<b>0.121</b>	
	Aire 3.5 % Olla Washington	0.004	m <sup>3</sup>
	<b>Volumen total</b>	<b>0.125</b>	m <sup>3</sup>
	Volumen del mortero sin aire	0.965	m <sup>3</sup>

<b>Factor cemento o bolsas por m3 de mortero</b>			
	Factor cemento	7.99	Bolsas
<b>Materiales de diseño por m3</b>			
	Cemento	339.75	kg
	Agregado fino	1326.72	kg
	Agua	305.78	Litros
<b>Materiales corregidos por humedad</b>			
	Cemento	339.75	kg
	Arena a humedad natural	1396.24	kg
	Agua efectiva	258.28	Litros
<b>Proporción en peso de los materiales C : A : Agua</b>			
	Cemento	1.00	
	Agregado fino	4.11	
	Agua	0.76	
<b>Proporción en volumen - mezcla en obra (pies 3)</b>			
	Cemento	7.99	pie3
	Arena	33.65	pie3
	Agua	258.28	Litros
<b>Proporción de los materiales en volumen</b>			
	Cemento	1.00	
	Agregado fino	4.21	
	Agua	32.31	
<b>Materiales por tanda</b>			
	Lado de los epecímenes	5.00	cm
	Volumen	0.00	m3
	Volumen para 5 especímenes	0.00	m3
<b>Proporciones en peso de la muestra patrón</b>			
	Cemento	0.21	kg
	Agregado fino	0.87	kg
	Agua	0.16	Litros



## Apéndice 7. Cálculo de la transmitancia térmica en muros con ladrillos base según

### Norma EM.110

#### Paso 1.

Datos del proyecto: unidades de arcilla cocida fabricadas artesanalmente

Ubicación geográfica: distrito Chota, provincia Chota, departamento Cajamarca

Zona bioclimática: 4

#### Paso 2.

Identificación de la transmitancia térmica máxima en muros (U): 2.36 W/m<sup>2</sup> K

#### Paso 3.

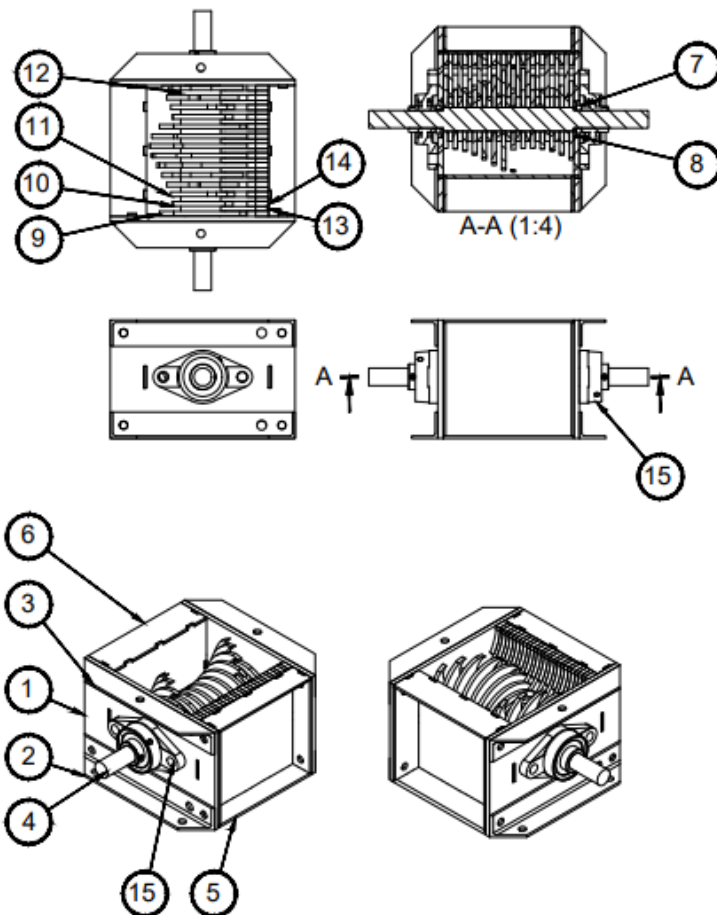
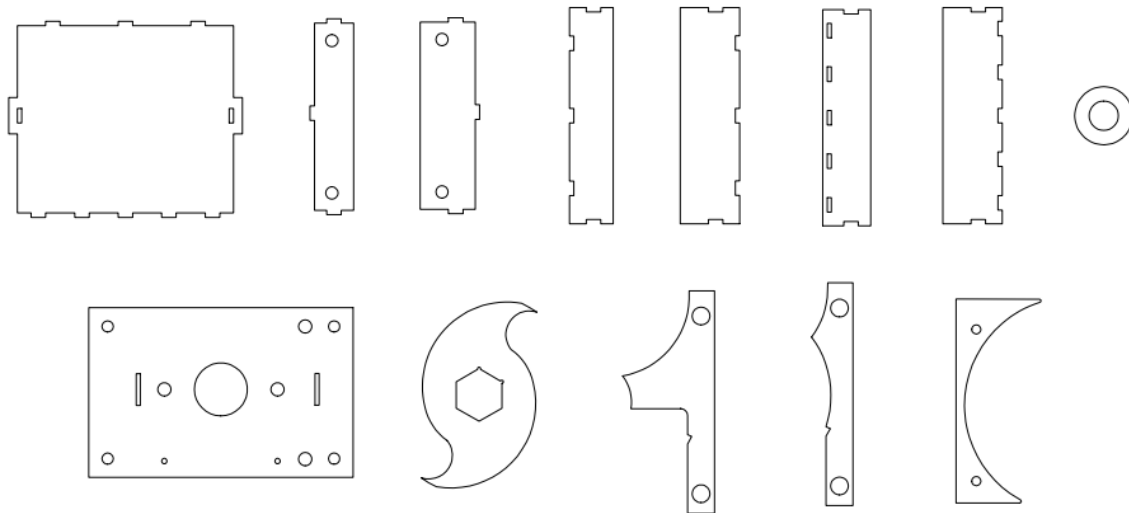
Envolvente Tipo 1A

#### Paso 4.

Elementos	Espesor (m)	Cantidad	RST/RCA (W/m <sup>2</sup> K)	Coef. de transmitancia térmica k (W/m <sup>2</sup> K)	S1	U1	S1*U1
<b>Resistencias superficiales</b>							
Resistencia superficial externa (Rse)			0.11				
Resistencia superficial interna (Rsi)			0.06				
<b>Muros sin cámara de aire: Composición del muro</b>							
Material 1	0.125			0.84	0.4	2.45	0.98
Material 2	0.125			1.4			
Transmitancia térmica final $\sum S_i * U_i / \sum S_i$							2.45

Características higrométricas de la unidad de albañilería convencional					
Material	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente de transmisión térmica K (W/m K)	Transmitancia térmica U (W/m <sup>2</sup> K)	Calor específico Cp (J/kg °C)	Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua (Adimensional)
<b>SUELOS</b>					
Arcillas y limos	1200-1800	1.5	-----	1970-2500	50
<b>MADERA</b>					
Madera pino	435-520	0.15	-----	1600	20
<b>MANMOSTERÍA</b>					
Bloque de arcilla	1700	0.84	-----	800	10
<b>MORTEROS</b>					
Cemento-arena	2000	1.4	-----	1000	10

## Apéndice 8. Diseño de máquina trituradora de cartón



15	2	Soporte	Steel
14	14	Cuchillo fijo de trituración 6 mm	Steel
13	13	Cuchillo fijo de trituración 5 mm	Steel
12	13	Espaciador de cuchillo triturador 6 mm	Steel
11	4	Cuchillo triturador 35 mm	Steel
10	5	Cuchillo triturador 25 mm	Steel
9	5	Cuchillo triturador 15 mm	Steel
8	2	Separador de cojinetes de trituración 3 mm	Steel
7	2	Separador de cojinetes de trituración 6 mm	Steel
6	1	Encadre izquierdo de la caja de trituración	Steel
5	1	Encadre derecho de la caja de trituración	Steel
4	1	Eje de trituración	Steel
3	1	Soporte superior de la caja de trituración	Steel
2	1	Soporte inferior de la caja de trituración	Steel
1	1	Placa lateral de caja de trituración	Steel
Item	Cant.	Descripción	Material
Lista de Partes			

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>		
TESIS: EVALUACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES ADICIONANDO RESIDUOS DE CARTÓN, CHOTA		
BACHILLER: JOSÉ ISMAEL BENAVIDES CIEZA		LAMINA:
ASESOR: ING. MIGUEL ÁNGEL SILVA TARRILLO		<b>P-1</b>
DIRECCIÓN: CHOTA - CAJAMARCA	DESCRIPCIÓN: DISEÑO DE MÁQUINA TRITURADORA	
ESCALA: 1/100	ESPECIALIDAD: MECÁNICAS	FECHA: 10/06/2021

## Apéndice 9. Panel fotográfico

Figura 61

*Muestreo del suelo de la cantera Chilcapampa, Bambamarca*



*Nota.* Se recogió una muestra típica de 20 kg y se llevó al laboratorio de suelos para su análisis.

Figura 62

*Ensayo de límites de consistencia*



*Nota.* Los materiales y equipos para hallar los límites de consistencia fueron capsula de porcelana, espátula, tara, acanalador, lámina de vidrio, Copa Casagrande y agua.



**Figura 63**

**Ensayo “granulométrico mediante tamizado por lavado”**



*Nota.* Se preparo 500 g de muestra de suelo seco y se lavó en la malla N° 200, luego el suelo retenido en el tamiz se secó y puso al horno para registrar su peso, finalmente se zarandeó por el juego de tamices y se clasifico la muestra.

**Figura 64**

**Trituración del cartón reciclado**



*Nota.* Se preparo el cartón en tiras de 15 cm de ancho aproximadamente y se introdujo a la máquina trituradora, para darle el tamaño adecuado (1.93 cm aproximadamente).

**Figura 65**

**“Análisis granulométrico” del cartón triturado**



*Nota.* Se peso 130 g de cartón seco y se introdujo al juego de tamices para hallar su módulo de finura dando 5.55.

**Figura 66**

**“Contenido de humedad” del cartón triturado**



*Nota.* Se tomo la muestra de cartón registrando su peso natural y se dejó por 24 h en el horno a temperatura de 105 °C, después se anotó su peso seco y se calculó el contenido de humedad de tres muestras representativas resultando 9.93 por ciento.



**Figura 67**

*Ensayo de “peso específico y absorción” del cartón triturado*



*Nota.* Se saturó la muestra por 24 h en agua fría luego se removió el agua y se introdujo al picnómetro.

**Figura 68**

*Ensayo de “peso suelto y apisonado” del cartón triturado*



*Nota.* La muestra de cartón seca se introdujo al molde cilíndrico y se apisono en tres capas y se registró su peso.

**Figura 69**

*Preparación de la pasta de ladrillo artesanal con adiciones de cartón triturado*



### **Mezcla del suelo con el cartón triturado**

*Nota.* Se preparó la pasta del suelo areno-arcilloso con ayuda del molino eléctrico y después se agregó el cartón triturado mezclándolo mediante procedimientos manuales.

**Figura 70**

*Moldeo de ladrillos artesanales con adiciones de cartón triturado*



### **Moldeo de ladrillos**

*Nota.* Preparada la pasta suelo con cartón se moldeó los ladrillos artesanales sobre una mesa de superficie plana, se colocó periódico en la parte inferior del molde para impedir que la masa se pegue en la mesa y poder desmoldar los ladrillos con facilidad en el piso.



**Figura 71**

*Secado de ladrillos artesanales con adiciones de cartón triturado*



*Nota.* El secado de los ladrillos se realizó en una superficie plana por 3 días y luego se ubicó en columnas sobrepuestos unos sobre de otros en perfil dejando aberturas entre estos para que puedan secar uniformemente por 3 días más.

**Figura 72**

*Quemado de ladrillos artesanales con adiciones de cartón triturado*



*Nota.* Después del secado, las unidades fueron introducidas en el horno para su quemado durante 15 días.



Figura 73

*Almacén y despacho de las unidades fabricadas con adiciones de cartón triturado*



Nota. Se ordeno por grupos de acuerdo a su adición de cartón en un lugar seco.

Figura 74

*Ensayo de “variación dimensional” de los especímenes con adiciones de cartón reciclado*



Nota. La medida del cambio de longitudes de las unidades se midió con pie de rey (vernier), de las tres dimensiones largo, ancho y altura en milímetros.



Figura 75

Ensayo de "alabeo" de las unidades con adiciones de cartón reciclado



Medida de la concavidad y convexidad de las unidades artesanales

Nota. Se midió las deformaciones en las superficies de la unidad por concavidad y convexidad con ayuda del vernier digital y una regla metálica.

Figura 76

Ensayo de compresión a los especímenes con adiciones de cartón reciclado



Rotura y modo de falla de unidades de albañilería

Nota. El modo de falla fue tipo cónico y corte en la mayoría de las unidades ensayadas.

**Figura 77**

**Ensayo de “absorción, densidad y succión” de los bloques de arcilla con adiciones de cartón reciclado**



*Nota.* Las unidades fueron saturadas por 24 h para la absorción en agua fría y 5 h más en agua en ebullición para encontrar la absorción máxima. Para la hallar densidad de las unidades se sumergieron en agua y con un péndulo sujeto a la balanza se pudo registrar su peso. La succión se realizó en un recipiente con agua a una altura de 13 mm.

**Figura 78**

**Ensayo de “módulo de rotura” de las unidades con adiciones de cartón reciclado**



**Flexión de los ladrillos artesanales con adición de cartón reciclado**

*Nota.* Para hallar el módulo de rotura se usaron tres varillas de acero liso diámetro ½ plg y 15 cm de largo, se señaló el eje central del ladrillo y de los laterales a 2.5 cm del borde con un marcador.



**Figura 79**

*Ensayo de “eflorescencia” de las unidades planteadas*



*Nota.* El análisis de la eflorescencia de las unidades resulto ser no eflorescentes, esto debido a la baja presencia de sales.

**Figura 80**

*Ensayo de “resistencia a compresión de pilas” con adiciones de cartón reciclado*



*Nota.* Las pilas antes del ensayo se colocó una capa de yeso de 4 mm aproximadamente, después de 24 h se ensayaron las muestras y su modo de falla fue ideal ya que corta unidad - mortero (efecto Poisson).

**Figura 81**

*Ensayo de “compresión diagonal en muretes” con adiciones de cartón reciclado*



*Nota.* El modo de falla indica que la adherencia unidad mortero es media, puesto que presenta falla escalonada, sin embargo, también presenta falla por tracción diagonal que es la ideal, ya que rompe a la vez unidad – mortero.

**Figura 82**

*Ensayo de “análisis granulométrico del agregado fino” para mortero*



*Nota.* Durante el análisis granulométrico se usó juego de tamices, balanza, recipiente, estufa y arena gruesa.



**Figura 83**

*Ensayo de “contenido de humedad evaporable del agregado fino” para mortero*



*Nota.* El contenido de humedad resulto ser importante para subsanar la cantidad de agua durante el diseño de mezcla.

**Figura 84**

*Ensayo de “peso específico y absorción del agregado fino” para mortero*



*Nota.* Para el ensayo se utilizaron picnómetro (fiola), recipientes, tamiz N°200, estufa, balanza digital, gotero, arena gruesa y agua.

**Figura 85**

*Ensayo de “peso suelto y apisonado del agregado fino para mortero”*



**Peso suelto y apisonado del agregado fino para mortero**

*Nota.* El peso suelto es importante para el diseño de mezclas para mortero.

**Figura 86**

*Ensayo de “resistencia a la compresión” de testigos de mortero*



**Rotura y modo de falla de testigos de mortero**

*Nota.* La rotura de testigos cúbicos de mortero de 5 cm de lado en proporción 1:4 alcanzó los 100 kg/cm<sup>2</sup>.

## ANEXOS

### Anexo 1. Autorización para realizar ensayos en laboratorio externo



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**COORDINACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
*"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de la Independencia"*



Chota, 05 de julio del 2021

#### CARTA N°131-2021-UNACH-C(E)FCI-LAON

**Señor** : José Ismael Benavides Cieza  
Egresado de la EPIC-UNACH

**Asunto** : Autorización concedida

**Referencia** : FUT N° 438 – solicitud de cambio de laboratorio

Me dirijo a usted para expresarle mi saludo cordial y manifestarle que cuenta con mi autorización para llevar a cabo sus ensayos en el laboratorio "GSE laboratorio ingeniería y construcción " cito en I Jr. Cajamarca N° 792 de la ciudad de Chota, quedando bajo su responsabilidad trabajar bajo las condiciones de bioseguridad y presentar los documentos que expresan los resultados encontrados, en papel membretado con el logo de la empresa, debidamente firmados por el responsable técnico del laboratorio y visado por el dueño y/o representante legal de la empresa,

Sin otro particular, le expreso las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

  
Ing. Dr. Luis Alberto Orbegoso Navarro  
Coordinador (e) de la FCI  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA



## Anexo 2. Ficha técnica del cemento Portland Tipo Ico (Pacasmayo)



# Cemento Portland tipo ICo

## Requisitos Normalizados

NTP 334.090

### REQUERIMIENTOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADO
SO <sub>3</sub>	Máximo	4.0	%	NTP 334.086	1.2
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	2.5

### REQUERIMIENTOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADO
Contenido de aire	Máximo	12.0	%	NTP 334.048	4
<b>Finura</b>					
Superficie específica	-	-	cm <sup>2</sup> /g	NTP 334.002	4350
Retenido M325	-	-	%	NTP 334.045	2.5
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.06
Contracción en autoclave	Máximo	0.20	%	NTP 334.004	-
<b>Resistencia a la compresión</b>					
3 días	Mínimo	13.0 (1890)	MPa (psi)	NTP 334.051	25.8 (3740)
7 días	Mínimo	20.0 (2900)	MPa (psi)	NTP 334.051	31.5 (4570)
28 días	Mínimo	25.0 (3630)	MPa (psi)	NTP 334.051	36.6 (5310)
<b>Tiempo de Fraguado Vicat</b>					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	255
Fraguado final	Máximo	420	Minutos	NTP 334.006	360

### VENTAJAS



Presentaciones: Bolsas de 42.5 kg, granel y big bag de 1TM.



Fecha de vencimiento: para aprovechar de mejor manera sus propiedades




Fecha y hora de envasado: para que utilices el cemento más fresco


El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.090

**Pacasmayo**

Anexo 3. Ficha de “límites de consistencia” del suelo

	<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>		
	<b>PROTOCOLO</b>		
	<b>ENSAYO:</b> LÍMITES DE CONSISTENCIA <b>NORMA:</b> NTP 339.129 / ASTM D4318 <b>TESIS:</b> Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota	<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b> 001-2020-JIBC/UNACH	
<b>CALICATA:</b> 1	<b>ESTRATO:</b> 2	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Suelo arcilloso
<b>UBICACIÓN:</b>	Bambamarca	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	Plomo
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	14/02/2020	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	17/02/2020

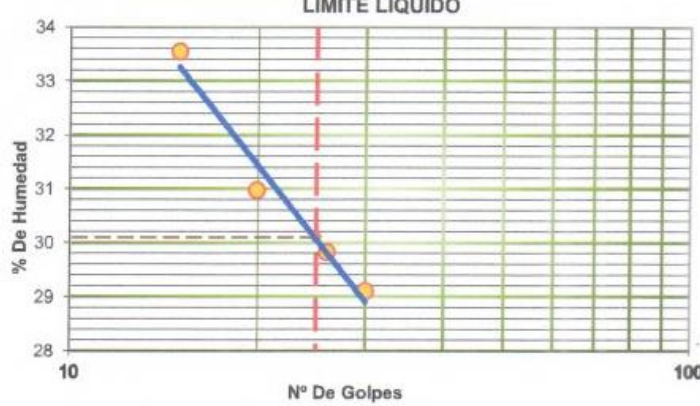
LÍMITE LÍQUIDO					OBSERVACIONES: 
Muestra N°	1	2	3	4	
Peso de la capsula (g)	23.9	23.9	23.8	23.7	
Peso capsula + suelo húmedo (g)	49.7	55.4	52.1	66.7	
Peso capsula + suelo seco (g)	43.6	48.3	45.6	55.9	
Numero de golpes	20	30	26	15	
Peso suelo seco (g)	19.7	24.4	21.8	32.2	
Peso agua (g)	6.1	7.1	6.5	10.8	
Contenido de humedad (%)	30.964	29.1	29.817	33.54	

LÍMITE PLÁSTICO				RESULTADOS:  LÍMITE LÍQUIDO <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">30.10 %</span>  LÍMITE PLÁSTICO <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">18.83 %</span>  ÍNDICE PLÁSTICO <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">11.27 %</span>
Muestra N°	1	2	3	
Peso de la capsula (g)	12.8	13	13.1	
Peso capsula + suelo húmedo (g)	18.4	15.6	15.5	
Peso capsula + suelo seco (g)	17.8	15.2	15	
Peso suelo seco (g)	5	2.2	1.9	
Peso agua (g)	0.6	0.4	0.5	
Contenido de humedad (%)	12	18.18	26.316	




**LÍMITE LÍQUIDO**



OBSERVACIONES:

<b>TESISTA</b> 	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b> UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA  Walter Márquez Vásquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	<b>ASESOR</b>  MIGUEL SILVA TARRILLO INGENIERO CIVIL CIP 157762
NOMBRE: José Ismaél Benavides Cieza	NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia	NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo
FECHA:	FECHA:	FECHA:

**Anexo 4. Ficha de “análisis granulométrico” del suelo**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA					
PROTOCOLO					
ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO			CÓDIGO DEL DOCUMENTO: 002-2020-JIBC/UNACH		
NORMA: NTP 400.018 / ASTM D421					
TESIS: Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota					
CALICATA:	1	ESTRATO:	2	TIPO DE MATERIAL:	Suelo arcilloso
UBICACIÓN:	Bambamarca	COLOR DE MATERIAL:	Plomo		
FECHA DE MUESTREO:	14/02/2020	FECHA DE ENSAYO:	18/02/2020		

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa acumulado
Nº 4	4.76	0.40	0.08	0.08	99.92
Nº10	2.00	9.80	1.96	2.04	97.96
Nº20	0.84	74.60	14.92	16.96	83.04
Nº40	0.42	97.50	19.50	36.46	63.54
Nº60	0.25	67.80	13.56	50.02	49.98
Nº100	0.15	50.50	10.10	60.12	39.88
Nº200	0.08	39.60	7.92	68.04	31.96
Perdida	0.00	159.80	31.96	100	0
<b>Total</b>		<b>500</b>	<b>100</b>		

**Curva granulométrica**

GRAVA	ARENA	FINOS
0%	68.04%	31.96%

<b>D60 =</b>	0.3756	<b>Cu =</b>	16.22
<b>D30 =</b>	0.0695	<b>Cc =</b>	0.55
<b>D10 =</b>	0.0232		

**OBSERVACIONES:**

TESISTA	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza FECHA:	 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA Ing. Walter Vásquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia FECHA:	 MIGUEL SILVA TARRILLO INGENIERO CIVIL CIP: 157782 NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo FECHA:

**Anexo 5. Ficha de clasificación de suelos según SUCS**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA			
PROTOCOLO			
<b>ENSAYO:</b>	CLASIFICACIÓN DE SUELO SEGÚN SUCS	<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>	
<b>NORMA:</b>	NTP 339.134	003-2020-JIBC/UNACH	
<b>TESIS:</b>	Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota		
<b>CALICATA:</b>	1	<b>ESTRATO:</b>	2
<b>UBICACIÓN:</b>	Bambamarca	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Suelo arcilloso
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	14/02/2020	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	Plomo
		<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	19/02/2020

% Que Pasa la Malla N° 200	31.96	D60 =	0.3756	Cu =	16.223
% Que Pasa la Malla N° 4	99.92	D30 =	0.07	Cc =	0.555
Límite Líquido (LL)	30.1 %	D10 =	0.02	<b>Suelo Mal Graduado</b>	
Límite Plástico (LP)	18.83 %				
Índice de Plasticidad (IP)	11.27 %				
<b>Tipo de Suelo Según Granulometría :</b>		<b>Suelo Grueso</b>			
		Arena			
<b>Tipo de Simbología :</b>		Simbología Normal			
<b>Tipo de Suelo :</b>		SM , SC			
<b>Suelo :</b>		SC			

<b>Características del Suelo:</b>	SC	Son arenas arcillosas de mediana plasticidad
-----------------------------------	----	--

**Carta de Plasticidad de Casagrande**

The chart plots the Plasticity Index (IP) on the y-axis (0.0 to 50.0) against the Liquid Limit (LL) on the x-axis (0.0 to 100.0). A vertical red line (Línea B) is at LL=50.0. A diagonal blue line (Línea A) is defined by the equation  $IP = 0.73(LL - 20)$ . The chart is divided into regions: CL (top left), CH (top right), MH-OH (middle right), and OL-ML (bottom). A data point is plotted at LL=30.1% and IP=11.27%, which falls within the OL-ML region.


**OBSERVACIONES:**

TESISTA	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA <b>Walter Manuel Vásquez Tapia</b> RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza	NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia	NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo
FECHA:	FECHA:	FECHA:






Anexo 6. Ficha de “análisis granulométrico” del cartón triturado

LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA					
PROTOCOLO					
		ENSAYO: ANALISIS GRANULOMÉTRICO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: 004-2020-JIBC/UNACH	
		NORMA: NTP 400.012 / ASTM C136			
		TESIS: Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota			
TIPO DE MATERIAL: Residuos de cartón		UBICACIÓN: Chota			
FECHA DE MUESTREO: 14/02/2020		FECHA DE ENSAYO: 20/02/2020			
Método secado: Horno 110 ± 5 °C			Muestra: 130 gramos aproximadamente		
TAMIZ		Peso retenido (g)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa acumulado
ASTM N°	(mm)				
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	2.80	2.15	2.15	97.85
1/2"	12.50	3.60	2.77	4.92	95.08
3/8"	9.50	4.90	3.77	8.69	91.31
N° 4	4.75	72.10	55.46	64.15	35.85
N°8	2.36	29.50	22.69	86.85	13.15
N°16	1.18	9.80	7.54	94.38	5.62
N°30	0.60	3.20	2.46	96.85	3.15
N°50	0.30	1.60	1.23	98.08	1.92
N°100	0.15	1.40	1.08	99.15	0.85
Cazoleta		1.1	0.85	100.00	0.00
Sumatoria		130	100		
Módulo de fineza				5.55	





*Nota.* Para calcular el módulo de fineza, se suma el porcentaje retenido acumulado del material de cada uno de los siguientes tamices y se divide la suma entre 100: 150 µm (N° 100); 300 µm (N° 50); 600 µm (N° 30); 1,18 mm (N° 16); 2,36 mm (N° 8); 4,75 mm (N° 4); 9,5 mm (3/8 de pulgada); 19,0 mm (3/4 de pulgada); 37,5 mm (1 1/2 pulgada) y mayores; incrementando en la relación 2 a 1.

$$MF = \frac{\sum \% \text{retenido acumulado} (1\ 1/2" + 3/4" + 1/2" + 3/8" + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$


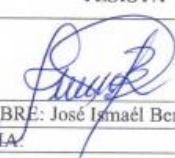
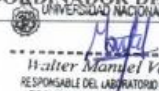

**OBSERVACIONES:**

TESISTA	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 Ing. Walter Vásquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	 Ing. Miguel Silva Tarrillo INGENIERO CIVIL
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza	NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia	NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo
FECHA:	FECHA:	FECHA:

**Anexo 7. Ficha de “contenido de humedad” del cartón triturado**

	<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>				
	<b>PROTOCOLO</b>				
	ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD			<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b> 005-2020-JIBC/UNACH	
	NORMA: NTP 339.185:2013 / ASTM C 566-13				
TESIS: Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota					
TIPO DE MATERIAL: Residuos de cartón		PROCEDENCIA: Chota			
FECHA DE MUESTREO: 14/02/2020		FECHA DE ENSAYO: 20/02/2020			
<u>Método secado:</u> Horno 110 ± 5 °C		<u>Muestra:</u> 100 gramos aproximadamente			
<b>ID</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
A	Identificación del recipiente o tara	-	R1	R2	R3
B	Peso del recipiente	g	147.60	124.10	130.40
C	Recipiente + suelo húmedo	g	247.70	224.10	230.40
D	Recipiente + suelo seco	g	238.40	215.10	221.60
E	Peso del suelo húmedo W <sub>mh</sub> = C - B	g	100.10	100.00	100.00
F	Peso suelo seco W <sub>s</sub> = D - B	g	90.80	91.00	91.20
<b>W%</b>	Porcentaje de humedad W% = (E-F / F) * 100	%	10.24	9.89	9.65
<b>G</b>	Promedio porcentaje humedad	%	9.93		
$\%W = \frac{W_{mh} - W_s}{W_s} * 100$					
NOTA. El material ensayado fueron los residuos de cartón después de ser triturados.					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<b>TESISTA</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>		<b>ASESOR</b>		
	 Walter Mangel Vásquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		 Miguel Silva Tarrillo INGENIERO CIVIL CIP: 157762		
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza	NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia		NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo		
FECHA:	FECHA:		FECHA:		

Anexo 8. Ficha de “peso específico y absorción” del cartón triturado





LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA						
PROTOCOLO						
		ENSAYO: DENSIDAD Y ABSORCIÓN	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: 006-2020-JIBC/UNACH			
		NORMA: NTP 400.022:2013 / ASTM C128:2012				
		TESIS: Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota				
TIPO DE MATERIAL:	Residuos de cartón	UBICACIÓN:	Chota			
FECHA DE MUESTREO:	17/06/2020	FECHA DE ENSAYO:	21/06/2020			
<u>Método secado:</u>		<u>Muestra:</u>				
Horno 110 ± 5 °C		100 gramos aproximadamente				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
A	Masa de la muestra seca al horno	g	36.40	37.35	35.80	N. A
B	Masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración	g	1254.40	1254.45	1254.35	N. A
C	Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración	g	1264.70	1265.40	1263.90	N. A
S	Masa de la muestra saturada superficialmente seca	g	100.00	100.10	100.00	N. A
E	Densidad relativa seca $DR_s = A/(B+S-C)$	g/cm <sup>3</sup>	0.406	0.419	0.396	0.407
F	Densidad relativa saturada de superficie seca $DR_{ss} = S/(B+S-C)$	g/cm <sup>3</sup>	1.11	1.12	1.11	1.11
G	Densidad relativa aparente $DRA = A/(B+A-C)$	g/cm <sup>3</sup>	1.39	1.41	1.36	1.39
H	Absorción $Abs(\%) = 100[(S-A)/A]$	%	174.73	168.01	179.33	174.02
N. A: NO APLICA						
OBSERVACIONES:						
TESISTA		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
		 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Walter Manuel Vásquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA INGENIERÍA CIVIL C.P. 157762		
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza		NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia		NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo		
FECHA:		FECHA:		FECHA:		

## Anexo 9. Ficha de “peso unitario y porcentaje de vacíos” del cartón triturado


LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA						
PROTOCOLO						
<b>ENSAYO:</b> PESO UNITARIO Y PORCENTAJE DE VACÍOS		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b> 007-2020-JIBC/UNACH				
<b>NORMA:</b> NTP 400.017:2016 / ASTM C29						
<b>TESIS:</b> Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota						
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Residuos de cartón	<b>UBICACIÓN:</b>	Chota			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	17/02/2020	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	21/02/2020			
<b>Método secado:</b> Horno 110 ± 5 °C			<b>Muestra:</b> Hasta 200% del volumen del recipiente			
<b>Peso Apisonado</b>						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
V	Volumen del molde cilíndrico	m <sup>3</sup>	0.0028	0.0028	0.0028	N. A
T	Peso del molde cilíndrico	kg	1.65	1.65	1.65	N. A
G	Muestra seca + molde	kg	2.17	2.19	2.20	N. A
M	Densidad de masa $M = (G-T) / V$	kg/m <sup>3</sup>	186.95	192.48	196.35	191.93
A	Porcentaje de absorción	%	174.02	174.02	174.02	174.02
D	Densidad de masa saturada de superficie seca $M_{ss} = M[1+(A/100)]$	kg/m <sup>3</sup>	512.28	527.44	538.04	525.92
S	Densidad relativa seca	g/cm <sup>3</sup>	0.407	0.407	0.407	0.407
W	Densidad del agua	kg/m <sup>3</sup>	998.00	998.00	998.00	998.00
%V	Porcentaje de vacíos $\%V_{vacíos} = 100[(S*W)-M] / (S*W)$	%	53.96	52.59	51.64	52.73
<b>Peso suelto</b>						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
V	Volumen del molde cilíndrico	m <sup>3</sup>	0.0028	0.0028	0.0028	N. A
T	Peso del molde cilíndrico	kg	1.65	1.65	1.65	N. A
G	Muestra seca + molde	kg	1.88	1.86	1.89	N. A
M	Densidad de masa $M = (G-T) / V$	kg/m <sup>3</sup>	81.26	75.21	84.06	80.18
A	Porcentaje de absorción	%	174.02	174.02	174.02	174.02
D	Densidad de masa saturada de superficie seca $M_{ss} = M[1+(A/100)]$	kg/m <sup>3</sup>	222.67	206.08	230.35	219.70
S	Densidad relativa seca	g/cm <sup>3</sup>	0.407	0.407	0.407	0.407
W	Densidad del agua	kg/m <sup>3</sup>	998.00	998.00	998.00	998.00
%V	Porcentaje de vacíos $\%V_{vacíos} = 100[(S*W)-M] / (S*W)$	%	79.99	81.48	79.30	80.25
N. A: NO APLICA						
<b>OBSERVACIONES:</b>						
<b>TESISTA</b>		<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>		<b>ASESOR</b>		
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza		NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia		NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo		
FECHA:		FECHA:		FECHA:		



**Anexo 10. Ficha de “análisis granulométrico del agregado fino”**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA						
PROTOCOLO						
		ENSAYO: ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: 001-2021-JIBC/UNACH		
		NORMA: NTP 400.012 / NTP 400.037 / ASTM C136				
		TESIS: Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota				
TIPO DE MATERIAL:		Arena gruesa	CANTERA:	Conchan 1	UBICACIÓN:	Conchan, Chota
FECHA DE MUESTREO:		10/06/2021	FECHA DE ENSAYO:		15/06/2021	
<u>Método secado:</u>			<u>Muestra:</u> (Mínimo 500 g)			
Horno 110 ± 5 °C			1950 gramos			
TAMIZ	Peso retenido	Porcentaje	Porcentaje retenido	Porcentaje que	Huso granulométrico	
ASTM N°	(mm)	(g)	retenido	acumulado	pasa acumulado	NTP 400.037
3/8"	9.50	7.10	0.36	0.36	99.64	100
N° 4	4.75	50.10	2.57	2.93	97.07	95 a 100
N°8	2.36	72.00	3.69	6.63	93.37	80 a 100
N°16	1.18	182.60	9.36	15.99	84.01	50 a 85
N°30	0.60	511.30	26.22	42.21	57.79	25 a 60
N°50	0.30	868.20	44.52	86.73	13.27	5 a 30
N°100	0.15	192.20	9.86	96.59	3.41	0 a 10
N°200	0.08	45.50	2.33	98.92	1.08	0 a 3
<b>Cazoleta</b>		21.00	1.08	100.00	0.00	
<b>Sumatoria</b>		1950.00	100			
<b>Módulo de fineza</b>			2.51			
<p><i>Nota 1.</i> El agregado fino no debe tener más del 45 % que pasa en alguna malla y retenida en la siguiente malla consecutiva, y su módulo de fineza no debe ser menor de 2,3 ni mayor de 3,1</p> <p><i>Nota 2.</i> Para calcular el módulo de fineza, se suma el porcentaje retenido acumulado del material de cada uno de los siguientes tamices y se divide la suma entre 100: 150 µm (N° 100); 300 µm (N° 50); 600 µm (N° 30); 1,18 mm (N° 16); 2,36 mm (N° 8); 4,75 mm (N° 4); 9,5 mm (3/8 de pulgada) y mayores; incrementando en la relación 2 a 1.</p> $MF = \frac{\sum \% \text{retenido acumulado} (3/8" + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$						
<b>OBSERVACIONES:</b>						
<b>TESISTA</b>		<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>		<b>ASESOR</b>		
		 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Walter Manuel Vásquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS INGENIERO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		 INGENIERO CIVIL MIGUEL SILVA TARRILLO		
NOMBRE: José Ismaél Benavides Cieza		NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia		NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo		
FECHA: 15/06/2021		FECHA: 15/06/2021		FECHA: 15/06/2021		

**Anexo 11. Ficha de “contenido de humedad del agregado fino”**




	<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>				
	<b>PROTOCOLO</b>				
	<b>ENSAYO:</b> CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS <b>NORMA:</b> NTP 339.185:2013 / ASTM C 566-13 <b>TESIS:</b> Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota	<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b> 002-2021-JIBC/UNACH			
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Arena gruesa	<b>CANTERA:</b>	Conchan 1	<b>UBICACIÓN:</b>	Conchan, Chota
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	10/06/2021	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	15/06/2021		
<u>Método secado:</u>		<u>Muestra:</u>			
Horno 110 ± 5 °C		Mínimo 500 gramos			
<b>ID</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
A	Identificación del recipiente o tara	-	R1	R2	R3
B	Peso del recipiente	g	921.50	914.70	917.24
C	Recipiente + suelo húmedo	g	2992.20	2792.70	1992.70
D	Recipiente + suelo seco	g	2885.40	2702.70	1939.10
E	Peso del suelo húmedo W <sub>mh</sub> = C - B	g	2070.70	1878.00	1075.46
F	Peso suelo seco W <sub>s</sub> = D - B	g	1963.90	1788.00	1021.86
<b>W%</b>	Porcentaje de humedad W% = (E - F / F) * 100	%	5.44	5.03	5.25
<b>G</b>	Promedio porcentaje humedad	%	5.24		

$$\%W = \frac{W_{mh} - W_s}{W_s} * 100$$

NOTA. Materia hace mención tanto al agregado grueso como al agregado fino para concretos



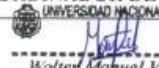

**OBSERVACIONES:**

<b>TESISTA</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b> <small>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</small>	<b>ASESOR</b>
 NOMBRE: Jose Ismael Benavides Cieza FECHA: 15/06/2021	 Walter Manuel Vásquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS T.S.U. A PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia FECHA: 15/06/2021	 Miguel Ángel SILVA TARRILLO INGENIERO CIVIL NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo FECHA: 15/06/2021

**Anexo 12. Ficha de “peso específico y absorción del agregado fino”**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA						
PROTOCOLO						
<b>ENSAYO:</b> DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b> 003-2021-JIBC/UNACH				
<b>NORMA:</b> NTP 400.022:2013 / ASTM C128:2012						
<b>TESIS:</b> Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota						
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Arena gruesa	<b>CANTERA:</b>	Conchan 1	<b>UBICACIÓN:</b>	Conchan, Chota	
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	10/06/2021	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	16/06/2021			
<u>Método secado:</u>		<u>Muestra:</u>				
Horno 110 ± 5 °C		500 gramos				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
A	Masa de la muestra seca al horno	g	491.8	492.3	491.4	N. A
B	Masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración	g	1254.4	1254.4	1254.4	N. A
C	Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración	g	1552.1	1552.4	1551.7	N. A
S	Masa de la muestra saturada superficialmente seca	g	500	500	500	N. A
E	Densidad relativa seca $DR_s = A/(B+S-C)$	g/cm <sup>3</sup>	2.43	2.44	2.42	2.43
F	Densidad relativa saturada de superficie seca $DR_{sss} = S/(B+S-C)$	g/cm <sup>3</sup>	2.47	2.48	2.47	2.47
G	Densidad relativa aparente $DRA = A/(B+A-C)$	g/cm <sup>3</sup>	2.53	2.53	2.53	2.53
H	Absorción $Abs(\%) = 100[(S-A)/A]$	%	1.67	1.56	1.75	1.66
N. A: NO APLICA						
<b>OBSERVACIONES:</b>						
<b>TESISTA</b>		<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>		<b>ASESOR</b>		
		 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Walter Manuel Vásquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		 Miguel Ángel SILVA TARRILLO INGENIERO CIVIL		
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza		NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia		NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo		
FECHA: 16/06/2021		FECHA: 16/06/2021		FECHA: 16/06/2021		

**Anexo 13. Ficha de “peso unitario y porcentaje de vacíos del agregado fino”**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA						
PROTOCOLO						
	ENSAYO:	PESO UNITARIO Y PORCENTAJE DE VACÍOS DE LOS AGREGADOS	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: 004-2021-JIBC/UNACH			
	NORMA:	NTP 400.017:2016 / ASTM C29				
	TESIS:	Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota				
TIPO DE MATERIAL:	Arena gruesa	CANTERA:	Conchan I	UBICACIÓN:	Conchan, Chota	
FECHA DE MUESTREO:	10/06/2021	FECHA DE ENSAYO:	16/06/2021			
Método secado: Horno 110 ± 5 °C		Muestra: Hasta 200% del volumen del recipiente				
<b>Peso Apisonado</b>						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
V	Volumen del molde cilíndrico	m <sup>3</sup>	0.0028	0.0028	0.0028	N. A
T	Peso del molde cilíndrico	kg	1.65	1.64	1.65	N. A
G	Muestra seca + molde	kg	5.94	5.98	5.97	N. A
M	Densidad de masa $M = (G-T) / V$	kg/m <sup>3</sup>	1540.85	1560.56	1552.57	1551.33
A	Porcentaje de absorción	%	1.66	1.66	1.66	1.66
D	Densidad de masa saturada de superficie seca $M_{ss} = M[1+(A/100)]$	kg/m <sup>3</sup>	1566.43	1586.47	1578.35	1577.09
S	Densidad relativa seca	g/cm <sup>3</sup>	2.43	2.43	2.43	2.43
W	Densidad del agua	kg/m <sup>3</sup>	998.00	998.00	998.00	998.00
%V	Porcentaje de vacíos $\%V_{vacíos} = 100[(S*W)-M] / (S*W)$	%	36.48	35.67	36.00	36.05
<b>Peso suelto</b>						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
V	Volumen del molde cilíndrico	m <sup>3</sup>	0.0028	0.0028	0.0028	N. A
T	Peso del molde cilíndrico	kg	1.65	1.64	1.65	N. A
G	Muestra seca + molde	kg	5.73	5.71	5.72	N. A
M	Densidad de masa $M = (G-T) / V$	kg/m <sup>3</sup>	1466.38	1465.23	1464.05	1465.22
A	Porcentaje de absorción	%	1.66	1.66	1.66	1.66
D	Densidad de masa saturada de superficie seca $M_{ss} = M[1+(A/100)]$	kg/m <sup>3</sup>	1490.73	1489.56	1488.36	1489.55
S	Densidad relativa seca	g/cm <sup>3</sup>	2.43	2.43	2.43	2.43
W	Densidad del agua	kg/m <sup>3</sup>	998.00	998.00	998.00	998.00
%V	Porcentaje de vacíos $\%V_{vacíos} = 100[(S*W)-M] / (S*W)$	%	39.55	39.60	39.65	39.60
N. A: NO APLICA						
OBSERVACIONES:						
TESISTA		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
		 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Walter Manuel Vasquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		 Miguel Silva Tarrillo INGENIERO CIVIL N° 157782		
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza		NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia		NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo		
FECHA: 16/06/2021		FECHA: 16/06/2021		FECHA: 16/06/2021		



**Anexo 14. Ficha de “variación dimensional” del ladrillo patrón**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA														
PROTOCOLO														
ENSAYO: VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBANILERÍA										CÓDIGO DEL DOCUMENTO: 005-2021-JIBC/UNACH				
NORMA: NTP 399.613:2017 / NTP 399.605:2013														
TESIS: Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota														
TIPO DE MATERIAL: Ladrillos artesanales					UBICACIÓN: Chilcapampa, Bambamarca									
FECHA DE MUESTREO: 10/12/2020					FECHA DE ENSAYO: 06/07/2021									

Muestra: 10 ladrillos de arcilla sin adición de residuos de cartón

Especímen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Alto (mm)				
	L1	L2	L3	L4	Lprom	A1	A2	A3	A4	Aprom	H1	H2	H3	H4	Hprom
ladrillo 1	217	215	217	216	216	124	124	124	125	124	73	72	74	73	73
ladrillo 2	225	225	225	224	225	129	129	128	128	128	74	73	74	73	73
ladrillo 3	226	225	226	226	226	130	129	129	128	129	74	72	73	74	73
ladrillo 4	219	219	221	220	220	126	125	126	125	125	73	73	74	72	73
ladrillo 5	229	225	225	227	227	128	129	128	128	128	73	73	74	73	73
ladrillo 6	225	224	225	226	225	129	128	128	129	129	74	73	74	72	73
ladrillo 7	220	221	222	221	221	126	126	126	128	127	75	74	74	75	74
ladrillo 8	225	224	225	224	224	127	127	129	128	128	74	72	73	72	73
ladrillo 9	221	220	222	221	221	128	126	129	127	127	75	76	74	75	75
ladrillo 10	222	221	221	220	221	126	125	128	127	126	74	76	75	74	75
Medidas del fabricante (mm)	L:				230	A:				128	H:				78
Desviación estándar ( $\sigma$ )	$\sigma$ :				3.28	$\sigma$ :				1.56	$\sigma$ :				0.82
Dimensión promedio (mm)	L:				219.16	A:				125.48	H:				72.63
Variación dimensional (V%)	V:				4.71	V:				1.96	V:				6.88
Coefficiente de variación (c.v.%)	cv:				1.49	cv:				1.24	cv:				1.12

Nota. Las unidades serán enteras y secas, representativas en tamaño y color de cada lote.

**OBSERVACIONES:**

TESISTA	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Walter Manuel Vásquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	 Miguel Silva Tarrillo INGENIERO CIVIL
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza	NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia	NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo
FECHA: 06/07/2021	FECHA: 06/07/2021	FECHA: 06/07/2021

**Anexo 15. Ficha de “variación dimensional” del ladrillo con adición al 1% de CR**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA														
PROTOCOLO														
ENSAYO: VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA										CÓDIGO DEL DOCUMENTO: 006-2021-JIBC/UNACH				
NORMA: NTP 399.613:2017 / NTP 399.605:2013														
TESIS: Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota														
TIPO DE MATERIAL: Ladrillos artesanales					UBICACIÓN: Chilcapampa, Bambamarca									
FECHA DE MUESTREO: 10/12/2020					FECHA DE ENSAYO: 06/07/2021									

**Muestra:** 10 ladrillos de arcilla con adición al 1% de residuos de cartón

Especimen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Alto (mm)				
	L1	L2	L3	L4	Lprom	A1	A2	A3	A4	Aprom	H1	H2	H3	H4	Hprom
ladrillo 1	222	215	217	216	217	123	124	124	125	124	74	73	75	74	74
ladrillo 2	222	225	225	224	224	126	129	128	128	127	74	72	74	73	73
ladrillo 3	226	215	226	223	222	129	128	128	127	128	75	73	73	74	74
ladrillo 4	219	219	221	228	222	126	125	126	125	125	73	73	74	72	73
ladrillo 5	227	223	225	227	226	128	129	126	126	127	73	72	75	73	73
ladrillo 6	225	224	220	227	224	129	128	128	129	129	74	74	72	75	74
ladrillo 7	220	221	222	221	221	126	127	127	128	127	75	73	74	75	74
ladrillo 8	227	224	225	224	225	127	127	129	128	128	75	72	73	72	73
ladrillo 9	221	220	222	221	221	128	129	129	127	128	74	76	74	75	75
ladrillo 10	223	221	221	220	221	124	125	127	127	126	75	74	73	74	74
Medidas del fabricante (mm)	L:				230	A:				128	H:				78
Desviación estándar ( $\sigma$ )	$\sigma$ :				2.43	$\sigma$ :				1.50	$\sigma$ :				0.58
Dimensión promedio (mm)	L:				220	A:				125	H:				73
Variación dimensional (V%)	V:				4.44	V:				2.11	V:				6.45
Coefficiente de variación (c.v.%)	cv:				1.11	cv:				1.20	cv:				0.79

*Nota.* Las unidades serán enteras y secas, representativas en tamaño y color de cada lote.

**OBSERVACIONES:**

TESISTA	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Walter Manuel Vásquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	 MIGUEL SILVA TARRILLO INGENIERO CIVIL CIV 157782
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza FECHA: 06/07/2021	NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia FECHA: 06/07/2021	NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo FECHA: 06/07/2021

**Anexo 16. Ficha de “variación dimensional” del ladrillo con adición al 3% de CR**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA														
PROTOCOLO														
ENSAYO: VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA										CÓDIGO DEL DOCUMENTO: 007-2021-JIBC/UNACH				
NORMA: NTP 399.613:2017 / NTP 399.605:2013														
TESIS: Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota														
TIPO DE MATERIAL: Ladrillos artesanales					UBICACIÓN: Chilcapampa, Bambamarca									
FECHA DE MUESTREO: 10/12/2020					FECHA DE ENSAYO: 06/07/2021									

Muestra: 10 ladrillos de arcilla con adición al 3% de residuos de cartón

Especimen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Alto (mm)				
	L1	L2	L3	L4	Lprom	A1	A2	A3	A4	Aprom	H1	H2	H3	H4	Hprom
ladrillo 1	221	221	221	221	221	126	125	127	127	126	74	74	75	74	74
ladrillo 2	223	222	222	222	222	128	126	126	128	127	73	75	75	75	75
ladrillo 3	222	223	224	223	223	125	126	125	127	126	75	74	74	75	75
ladrillo 4	225	220	221	220	221	126	125	126	125	125	73	73	74	72	73
ladrillo 5	224	225	224	226	225	127	127	128	128	127	73	73	74	73	73
ladrillo 6	225	223	225	224	224	126	125	128	128	126	74	73	74	73	73
ladrillo 7	220	221	222	221	221	126	126	127	128	127	75	74	74	75	74
ladrillo 8	225	224	225	224	224	127	127	129	128	128	74	72	73	72	73
ladrillo 9	221	220	222	221	221	128	129	129	127	128	75	76	74	75	75
ladrillo 10	219	221	221	220	220	125	128	128	129	127	74	76	75	74	75
Medidas del fabricante (mm)	L: 230					A: 128					H: 78				
Desviación estándar ( $\sigma$ )	$\sigma$ : 1.69					$\sigma$ : 0.85					$\sigma$ : 0.82				
Dimensión promedio (mm)	L: 221					A: 126					H: 73				
Variación dimensional (V%)	V: 4.09					V: 1.64					V: 6.32				
Coefficiente de variación (c.v.%)	cv: 0.77					cv: 0.67					cv: 1.12				






Nota. Las unidades serán enteras y secas, representativas en tamaño y color de cada lote.

**OBSERVACIONES:**

TESISTA	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Walter Manuel Vásquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	 MIGUEL ÁNGEL SILVA TARRILLO INGENIERO CIVIL
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza FECHA: 06/07/2021	NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia FECHA: 06/07/2021	NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo FECHA: 06/07/2021


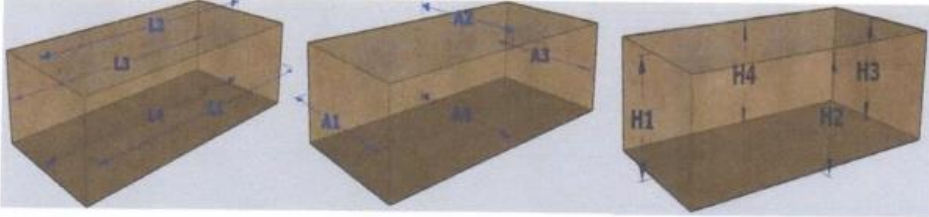





**Anexo 17. Ficha de “variación dimensional” del ladrillo con adición al 5% de CR**

	<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>														
	<b>PROTOCOLO</b>														
ENSAYO: VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA						CÓDIGO DEL DOCUMENTO: 008-2021-JIBC/UNACH									
NORMA: NTP 399.613:2017 / NTP 399.605:2013															
TESIS: Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota															
TIPO DE MATERIAL: Ladrillos artesanales				UBICACIÓN: Chilcapampa, Bambamarca											
FECHA DE MUESTREO: 10/12/2020				FECHA DE ENSAYO: 06/07/2021											
<p>Muestra: 10 ladrillos de arcilla con adición al 5% de residuos de cartón</p> <div style="text-align: center;">  </div>															
Especímen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Alto (mm)				
	L1	L2	L3	L4	Lprom	A1	A2	A3	A4	Aprom	H1	H2	H3	H4	Hprom
ladrillo 1	222	221	222	220	221	126	125	127	125	126	75	75	76	75	75
ladrillo 2	221	220	221	220	221	127	127	128	127	127	75	76	74	75	75
ladrillo 3	221	222	221	222	222	125	126	127	126	126	74	75	75	76	75
ladrillo 4	222	219	221	220	220	126	125	126	125	125	74	73	74	72	73
ladrillo 5	220	223	223	223	222	128	129	128	128	128	76	73	74	73	74
ladrillo 6	221	222	225	221	222	129	128	128	125	128	74	74	74	72	73
ladrillo 7	220	221	222	221	221	126	126	126	128	127	75	74	74	75	74
ladrillo 8	219	221	222	220	221	127	127	128	128	127	74	72	76	72	73
ladrillo 9	221	220	222	221	221	128	126	128	127	127	75	76	74	75	75
ladrillo 10	222	221	221	220	221	126	125	128	127	126	74	75	75	74	74
Medidas del fabricante (mm)	L: 230					A: 128					H: 78				
Desviación estándar ( $\sigma$ )	$\sigma$ : 0.70					$\sigma$ : 0.89					$\sigma$ : 0.74				
Dimensión promedio (mm)	L: 220					A: 126					H: 74				
Variación dimensional (V%)	V: 4.16					V: 1.71					V: 5.71				
Coefficiente de variación (c.v.%)	cv: 0.32					cv: 0.71					cv: 1.01				
<p><i>Nota.</i> Las unidades serán enteras y secas, representativas en tamaño y color de cada lote.</p>															
<b>OBSERVACIONES:</b>															
<b>TESISTA</b>				<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>				<b>ASESOR</b>							
				 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Walter Vásquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				 MIGUEL SILVA TARRILLO INGENIERO CIVIL							
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza				NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia				NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo							
FECHA: 06/07/2021				FECHA: 06/07/2021				FECHA: 06/07/2021							




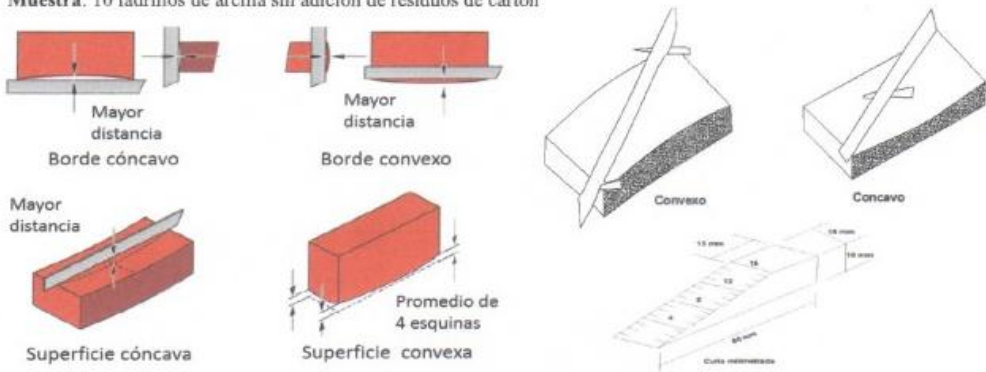

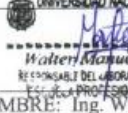

**Anexo 18. Ficha de “variación dimensional” del ladrillo con adición al 7% de CR**

	<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>														
	<b>PROTOCOLO</b>														
	ENSAYO: VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA						CÓDIGO DEL DOCUMENTO: 009-2021-JIBC/UNACH								
	NORMA: NTP 399.613:2017 / NTP 399.605:2013														
TESIS: Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota															
TIPO DE MATERIAL: Ladrillos artesanales				UBICACIÓN: Chilcapampa, Bambamarca											
FECHA DE MUESTREO: 10/12/2020				FECHA DE ENSAYO: 06/07/2021											
<p><b>Muestra:</b> 10 ladrillos de arcilla con adición al 7% de residuos de cartón</p> <div style="text-align: center;">  </div>															
Especímen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Alto (mm)				
	L1	L2	L3	L4	Lprom	A1	A2	A3	A4	Aprom	H1	H2	H3	H4	Hprom
ladrillo 1	221	221	222	220	221	126	124	126	125	125	75	75	76	75	75
ladrillo 2	221	221	221	220	221	125	128	127	126	127	74	74	75	75	75
ladrillo 3	220	220	222	221	221	124	124	125	125	125	74	75	75	74	75
ladrillo 4	221	220	221	220	220	126	125	126	125	125	73	75	74	75	74
ladrillo 5	221	220	220	223	221	125	126	127	128	127	74	74	74	75	74
ladrillo 6	220	224	220	221	221	126	126	125	126	126	74	75	74	74	74
ladrillo 7	220	221	222	221	221	126	125	127	124	126	75	74	74	75	74
ladrillo 8	221	221	220	220	221	124	126	125	126	125	74	72	74	74	73
ladrillo 9	221	220	222	221	221	127	125	126	125	126	75	76	74	75	75
ladrillo 10	222	221	221	220	221	124	125	124	126	125	74	75	75	74	74
Medidas del fabricante (mm)	L:				230	A:				128	H:				78
Desviación estándar ( $\sigma$ )	$\sigma$ :				0.29	$\sigma$ :				0.66	$\sigma$ :				0.47
Dimensión promedio (mm)	L:				221	A:				125	H:				74
Variación dimensional (V%)	V:				4.12	V:				2.47	V:				5.22
Coefficiente de variación (c.v.%)	cv:				0.13	cv:				0.53	cv:				0.64
<p><i>Nota.</i> Las unidades serán enteras y secas, representativas en tamaño y color de cada lote.</p>															
<b>OBSERVACIONES:</b>															
<b>TESISTA</b>				<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>				<b>ASESOR</b>							
															
<small>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</small> <b>Ing. Walter Vásquez Tapia</b> <small>RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</small> <small>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</small>				<small>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</small> <b>Ing. Miguel Silva Tarrillo</b> <small>INGENIERO CIVIL</small> <small>CIP. 157782</small>											
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza				NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia				NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo							
FECHA: 06/07/2021				FECHA: 06/07/2021				FECHA: 06/07/2021							

Anexo 19. Ficha de “variación dimensional” del ladrillo con adición al 10% CR


LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA															
PROTOCOLO															
ENSAYO: VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA										CÓDIGO DEL DOCUMENTO: 010-2021-JIBC/UNACH					
NORMA: NTP 399.613:2017 / NTP 399.605:2013															
TESIS: Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota															
TIPO DE MATERIAL: Ladrillos artesanales					UBICACIÓN: Chilcapampa, Bambamarca										
FECHA DE MUESTREO: 10/12/2020					FECHA DE ENSAYO: 06/07/2021										
Muestra: 10 ladrillos de arcilla con adición al 10 % de residuos de cartón															
Especímen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Alto (mm)				
	L1	L2	L3	L4	Lprom	A1	A2	A3	A4	Aprom	H1	H2	H3	H4	Hprom
ladrillo 1	221	220	222	220	221	126	125	125	125	125	74	75	75	74	75
ladrillo 2	221	220	222	221	221	125	124	124	124	124	75	74	76	76	75
ladrillo 3	222	221	220	221	221	124	126	125	126	125	74	75	75	74	75
ladrillo 4	220	219	221	220	220	125	126	127	125	126	76	75	74	75	75
ladrillo 5	221	223	223	221	222	124	125	126	126	125	74	74	75	75	75
ladrillo 6	225	224	225	222	224	126	125	126	125	125	74	73	74	74	74
ladrillo 7	220	221	222	221	221	125	126	127	126	126	75	74	74	73	74
ladrillo 8	221	224	221	224	223	126	125	125	126	126	76	72	73	74	74
ladrillo 9	221	220	222	221	221	126	125	126	124	125	75	76	74	76	75
ladrillo 10	220	221	221	220	221	126	125	125	127	126	74	76	75	74	75
Medidas del fabricante (mm)	L: 230				A: 128					H: 78					
Desviación estándar ( $\sigma$ )	$\sigma$ : 1.21				$\sigma$ : 0.46					$\sigma$ : 0.61					
Dimensión promedio (mm)	L: 220				A: 125					H: 74					
Variación dimensional (V%)	V: 4.30				V: 2.44					V: 5.35					
Coefficiente de variación (c.v.%)	cv: 0.55				cv: 0.37					cv: 0.82					
<p><i>Nota.</i> Las unidades serán enteras y secas, representativas en tamaño y color de cada lote.</p>															
OBSERVACIONES:															
TESISTA					COORDINADOR DE LABORATORIO					ASESOR					
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza					NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia					NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo					
FECHA: 06/07/2021					FECHA: 06/07/2021					FECHA: 06/07/2021					

## Anexo 20. Ficha de “alabeo” del ladrillo patrón

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA						
PROTOCOLO						
	ENSAYO:	MEDIDA DE ALABEO DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
	NORMA:	NTP 399.613:2017			011-2021-JIBC/UNACH	
TESIS:	Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota					
TIPO DE MATERIAL:	Ladrillos artesanales	UBICACIÓN:	Chilcapampa, Bambamarca			
FECHA DE MUESTREO:	10/12/2020	FECHA DE ENSAYO:	07/07/2021			
<p><b>Muestra:</b> 10 ladrillos de arcilla sin adición de residuos de cartón</p> 						
Especímen	Concavidad (mm)			Convexidad (mm)		
	Superficie	Borde	Promedio	Superficie	Borde	Promedio
Ladrillo 1	2.00	1.00	1.50	2.00	2.00	2.00
Ladrillo 2	0.20	0.10	0.15	4.00	3.00	3.50
Ladrillo 3	1.00	1.00	1.00	6.00	1.00	3.50
Ladrillo 4	1.00	0.20	0.60	1.00	1.00	1.00
Ladrillo 5	2.00	2.00	2.00	4.00	1.00	2.50
Ladrillo 6	2.00	1.00	1.50	2.00	2.00	2.00
Ladrillo 7	0.10	1.00	0.55	3.00	1.00	2.00
Ladrillo 8	3.00	0.20	1.60	1.00	0.10	0.55
Ladrillo 9	2.00	1.00	1.50	4.00	2.00	3.00
Ladrillo 10	0.10	2.00	1.05	2.00	1.00	1.50
<b>Alabeo (mm)</b>			<b>1.15</b>			<b>2.16</b>
<p><i>Nota.</i> Los especímenes se ensayarán tal cual se los recibe, únicamente se eliminará con una escobilla el polvo adherido a las superficies.</p>						
<b>OBSERVACIONES:</b>						
<b>TESISTA</b>		<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>		<b>ASESOR</b>		
		 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Walter Manuel Vásquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Esc. de INGENIERÍA CIVIL		 MIGUEL SILVA TARRILLO		
NOMBRE: José Asmaél Benavides Cieza		NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia		NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo		
FECHA: 07/07/2021		FECHA: 07/07/2021		FECHA: 07/07/2021		

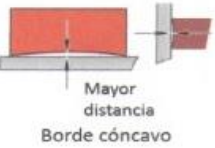


**Anexo 21. Ficha de “alabeo” del ladrillo con adición al 1% de cartón reciclado**

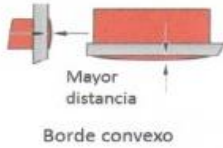
	<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>					
	<b>PROTOCOLO</b>					
<b>ENSAYO:</b>	MEDIDA DE ALABEO DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>				
<b>NORMA:</b>	NTP 399.613:2017	012-2021-JIBC/UNACH				
<b>TESIS:</b>	Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota					
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Ladrillos artesanales	<b>UBICACIÓN:</b>	Chilcapampa, Bambamarca			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	10/12/2020	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	07/07/2021			

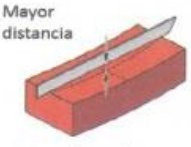
**Muestra:** 10 ladrillos de arcilla con adición al 1 % de residuos de cartón



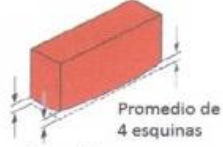
Mayor distancia  
Borde cóncavo



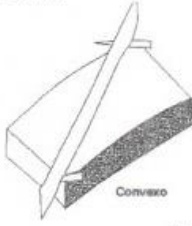
Mayor distancia  
Borde convexo



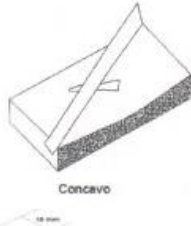
Mayor distancia  
Superficie cóncava



Promedio de 4 esquinas  
Superficie convexa



Convexo



Concavo

Especímen	Concavidad (mm)			Convexidad (mm)		
	Superficie	Borde	Promedio	Superficie	Borde	Promedio
Ladrillo 1	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.50
Ladrillo 2	1.60	1.20	1.40	4.00	2.00	3.00
Ladrillo 3	1.50	0.20	0.85	1.20	1.00	1.10
Ladrillo 4	2.00	1.00	1.50	1.00	3.00	2.00
Ladrillo 5	1.20	0.10	0.65	3.00	2.00	2.50
Ladrillo 6	1.30	1.00	1.15	1.50	0.50	1.00
Ladrillo 7	1.00	1.00	1.00	3.50	0.50	2.00
Ladrillo 8	2.00	1.50	1.75	3.00	1.20	2.10
Ladrillo 9	1.00	0.20	0.60	2.00	3.00	2.50
Ladrillo 10	1.50	0.12	0.81	4.00	2.00	3.00
<b>Alabeo (mm)</b>			<b>1.07</b>			<b>2.07</b>




  

*Nota.* Los especímenes se ensayarán tal cual se los recibe, únicamente se eliminará con una escobilla el polvo adherido a las superficies.

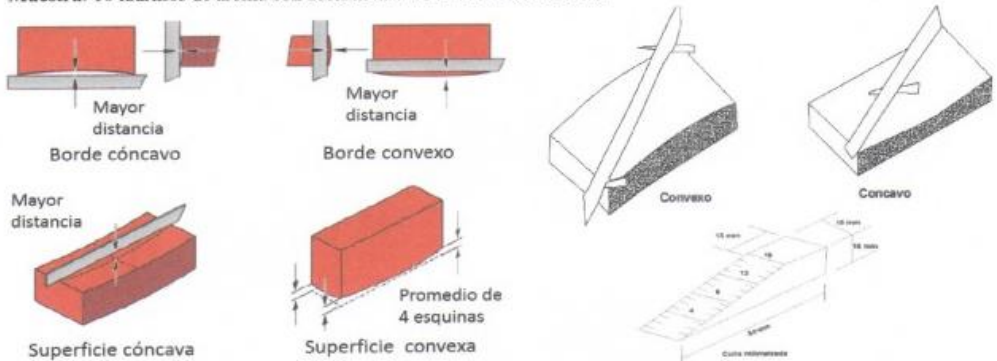



  

**OBSERVACIONES:**

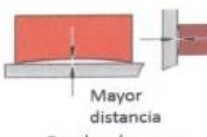
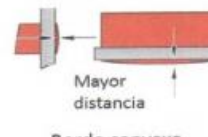

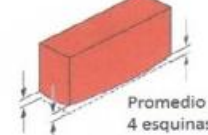
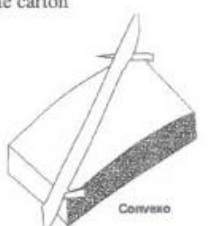
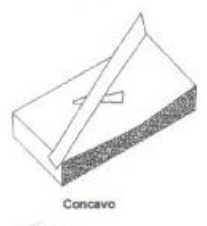




  

<b>TESISTA</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b> UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA	<b>ASESOR</b>
 NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza FECHA: 07/07/2021	 NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia FECHA: 07/07/2021	 NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo FECHA: 07/07/2021

Anexo 22. Ficha de “alabeo” del ladrillo con adición al 3% de cartón reciclado


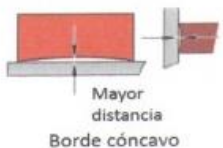


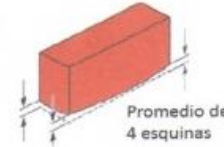
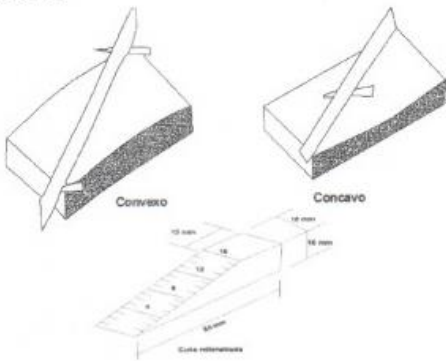

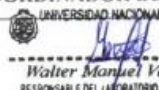

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA																																																																																											
PROTOCOLO																																																																																											
ENSAYO:	MEDIDA DE ALABEO DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA																																																																																										
NORMA:	NTP 399.613:2017																																																																																										
TESTIS:	Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota																																																																																										
TIPO DE MATERIAL:	Ladrillos artesanales																																																																																										
FECHA DE MUESTREO:	10/12/2020																																																																																										
UBICACIÓN:	Chilcapampa, Bambamarca																																																																																										
FECHA DE ENSAYO:	07/07/2021																																																																																										
<p><b>Muestra:</b> 10 ladrillos de arcilla con adición al 3 % de residuos de cartón</p> 																																																																																											
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Especímen</th> <th colspan="3">Concavidad (mm)</th> <th colspan="3">Convexidad (mm)</th> </tr> <tr> <th>Superficie</th> <th>Borde</th> <th>Promedio</th> <th>Superficie</th> <th>Borde</th> <th>Promedio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Ladrillo 1</td><td>1.90</td><td>0.20</td><td>1.05</td><td>1.50</td><td>3.00</td><td>2.25</td></tr> <tr><td>Ladrillo 2</td><td>1.80</td><td>0.50</td><td>1.15</td><td>2.20</td><td>1.20</td><td>1.70</td></tr> <tr><td>Ladrillo 3</td><td>2.00</td><td>0.10</td><td>1.05</td><td>1.60</td><td>1.50</td><td>1.55</td></tr> <tr><td>Ladrillo 4</td><td>2.00</td><td>0.18</td><td>1.09</td><td>2.50</td><td>2.00</td><td>2.25</td></tr> <tr><td>Ladrillo 5</td><td>1.50</td><td>0.15</td><td>0.83</td><td>3.00</td><td>1.50</td><td>2.25</td></tr> <tr><td>Ladrillo 6</td><td>0.50</td><td>0.80</td><td>0.65</td><td>4.00</td><td>2.00</td><td>3.00</td></tr> <tr><td>Ladrillo 7</td><td>0.50</td><td>2.00</td><td>1.25</td><td>2.00</td><td>1.00</td><td>1.50</td></tr> <tr><td>Ladrillo 8</td><td>0.10</td><td>1.00</td><td>0.55</td><td>3.00</td><td>2.00</td><td>2.50</td></tr> <tr><td>Ladrillo 9</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>2.00</td><td>2.00</td><td>2.00</td></tr> <tr><td>Ladrillo 10</td><td>2.50</td><td>0.30</td><td>1.40</td><td>2.00</td><td>0.50</td><td>1.25</td></tr> <tr> <td><b>Alabeo (mm)</b></td> <td></td> <td></td> <td><b>1.00</b></td> <td></td> <td></td> <td><b>2.03</b></td> </tr> </tbody> </table>	Especímen	Concavidad (mm)			Convexidad (mm)			Superficie	Borde	Promedio	Superficie	Borde	Promedio	Ladrillo 1	1.90	0.20	1.05	1.50	3.00	2.25	Ladrillo 2	1.80	0.50	1.15	2.20	1.20	1.70	Ladrillo 3	2.00	0.10	1.05	1.60	1.50	1.55	Ladrillo 4	2.00	0.18	1.09	2.50	2.00	2.25	Ladrillo 5	1.50	0.15	0.83	3.00	1.50	2.25	Ladrillo 6	0.50	0.80	0.65	4.00	2.00	3.00	Ladrillo 7	0.50	2.00	1.25	2.00	1.00	1.50	Ladrillo 8	0.10	1.00	0.55	3.00	2.00	2.50	Ladrillo 9	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	Ladrillo 10	2.50	0.30	1.40	2.00	0.50	1.25	<b>Alabeo (mm)</b>			<b>1.00</b>			<b>2.03</b>
Especímen	Concavidad (mm)			Convexidad (mm)																																																																																							
	Superficie	Borde	Promedio	Superficie	Borde	Promedio																																																																																					
Ladrillo 1	1.90	0.20	1.05	1.50	3.00	2.25																																																																																					
Ladrillo 2	1.80	0.50	1.15	2.20	1.20	1.70																																																																																					
Ladrillo 3	2.00	0.10	1.05	1.60	1.50	1.55																																																																																					
Ladrillo 4	2.00	0.18	1.09	2.50	2.00	2.25																																																																																					
Ladrillo 5	1.50	0.15	0.83	3.00	1.50	2.25																																																																																					
Ladrillo 6	0.50	0.80	0.65	4.00	2.00	3.00																																																																																					
Ladrillo 7	0.50	2.00	1.25	2.00	1.00	1.50																																																																																					
Ladrillo 8	0.10	1.00	0.55	3.00	2.00	2.50																																																																																					
Ladrillo 9	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00																																																																																					
Ladrillo 10	2.50	0.30	1.40	2.00	0.50	1.25																																																																																					
<b>Alabeo (mm)</b>			<b>1.00</b>			<b>2.03</b>																																																																																					
<p><i>Nota.</i> Los especímenes se ensayarán tal cual se los recibe, únicamente se eliminará con una escobilla el polvo adherido a las superficies.</p>																																																																																											
OBSERVACIONES:																																																																																											
TESISTA	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR																																																																																									
 NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza FECHA: 07/07/2021	 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Walter Manuel Vásquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia FECHA: 07/07/2021	 Miguel Silva Tarrillo INGENIERO CIVIL NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo FECHA: 07/07/2021																																																																																									

**Anexo 23. Ficha de “alabeo” del ladrillo con adición al 5% de cartón reciclado**





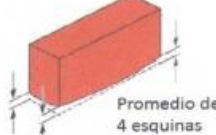
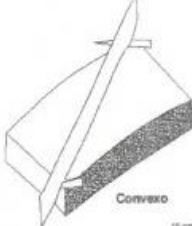
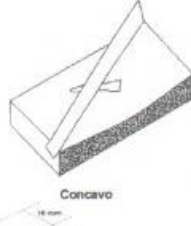



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA																																																																																																
PROTOCOLO																																																																																																
<b>ENSAYO:</b>	MEDIDA DE ALABEO DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>																																																																																														
<b>NORMA:</b>	NTP 399.613:2017	014-2021-JIBC/UNACH																																																																																														
<b>TESIS:</b>	Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota																																																																																															
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Ladrillos artesanales	<b>UBICACIÓN:</b>	Chíicapampa, Bambamarca																																																																																													
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	10/12/2020	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	07/07/2021																																																																																													
<p><b>Muestra:</b> 10 ladrillos de arcilla con adición al 5 % de residuos de cartón</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>Mayor distancia Borde cóncavo</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Mayor distancia Borde convexo</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Mayor distancia Superficie cóncava</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Promedio de 4 esquinas Superficie convexa</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Convexo</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Concavo</p> </div> </div>																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Especimen</th> <th colspan="3">Concavidad (mm)</th> <th colspan="3">Convexidad (mm)</th> </tr> <tr> <th>Superficie</th> <th>Borde</th> <th>Promedio</th> <th>Superficie</th> <th>Borde</th> <th>Promedio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Ladrillo 1</td><td>1.00</td><td>0.10</td><td>0.55</td><td>2.00</td><td>1.00</td><td>1.50</td></tr> <tr><td>Ladrillo 2</td><td>1.50</td><td>0.15</td><td>0.83</td><td>1.20</td><td>1.50</td><td>1.35</td></tr> <tr><td>Ladrillo 3</td><td>2.00</td><td>0.80</td><td>1.40</td><td>1.50</td><td>1.50</td><td>1.50</td></tr> <tr><td>Ladrillo 4</td><td>0.50</td><td>1.50</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>1.20</td><td>1.10</td></tr> <tr><td>Ladrillo 5</td><td>0.90</td><td>0.40</td><td>0.65</td><td>1.50</td><td>2.00</td><td>1.75</td></tr> <tr><td>Ladrillo 6</td><td>0.50</td><td>1.00</td><td>0.75</td><td>4.00</td><td>1.00</td><td>2.50</td></tr> <tr><td>Ladrillo 7</td><td>1.20</td><td>1.00</td><td>1.10</td><td>3.00</td><td>1.60</td><td>2.30</td></tr> <tr><td>Ladrillo 8</td><td>1.00</td><td>1.50</td><td>1.25</td><td>2.00</td><td>1.80</td><td>1.90</td></tr> <tr><td>Ladrillo 9</td><td>0.70</td><td>0.50</td><td>0.60</td><td>3.00</td><td>2.00</td><td>2.50</td></tr> <tr><td>Ladrillo 10</td><td>0.50</td><td>1.50</td><td>1.00</td><td>2.00</td><td>2.00</td><td>2.00</td></tr> <tr> <td><b>Alabeo (mm)</b></td> <td></td> <td></td> <td><b>0.91</b></td> <td></td> <td></td> <td><b>1.84</b></td> </tr> </tbody> </table>							Especimen	Concavidad (mm)			Convexidad (mm)			Superficie	Borde	Promedio	Superficie	Borde	Promedio	Ladrillo 1	1.00	0.10	0.55	2.00	1.00	1.50	Ladrillo 2	1.50	0.15	0.83	1.20	1.50	1.35	Ladrillo 3	2.00	0.80	1.40	1.50	1.50	1.50	Ladrillo 4	0.50	1.50	1.00	1.00	1.20	1.10	Ladrillo 5	0.90	0.40	0.65	1.50	2.00	1.75	Ladrillo 6	0.50	1.00	0.75	4.00	1.00	2.50	Ladrillo 7	1.20	1.00	1.10	3.00	1.60	2.30	Ladrillo 8	1.00	1.50	1.25	2.00	1.80	1.90	Ladrillo 9	0.70	0.50	0.60	3.00	2.00	2.50	Ladrillo 10	0.50	1.50	1.00	2.00	2.00	2.00	<b>Alabeo (mm)</b>			<b>0.91</b>			<b>1.84</b>
Especimen	Concavidad (mm)			Convexidad (mm)																																																																																												
	Superficie	Borde	Promedio	Superficie	Borde	Promedio																																																																																										
Ladrillo 1	1.00	0.10	0.55	2.00	1.00	1.50																																																																																										
Ladrillo 2	1.50	0.15	0.83	1.20	1.50	1.35																																																																																										
Ladrillo 3	2.00	0.80	1.40	1.50	1.50	1.50																																																																																										
Ladrillo 4	0.50	1.50	1.00	1.00	1.20	1.10																																																																																										
Ladrillo 5	0.90	0.40	0.65	1.50	2.00	1.75																																																																																										
Ladrillo 6	0.50	1.00	0.75	4.00	1.00	2.50																																																																																										
Ladrillo 7	1.20	1.00	1.10	3.00	1.60	2.30																																																																																										
Ladrillo 8	1.00	1.50	1.25	2.00	1.80	1.90																																																																																										
Ladrillo 9	0.70	0.50	0.60	3.00	2.00	2.50																																																																																										
Ladrillo 10	0.50	1.50	1.00	2.00	2.00	2.00																																																																																										
<b>Alabeo (mm)</b>			<b>0.91</b>			<b>1.84</b>																																																																																										
<p><i>Nota.</i> Los especímenes se ensayarán tal cual se los recibe, únicamente se eliminará con una escobilla el polvo adherido a las superficies.</p>																																																																																																
<b>OBSERVACIONES:</b>																																																																																																
<b>TESISTA</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>		<b>ASESOR</b>																																																																																													
	 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA  Walter Vásquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		 MIGUEL SILVA TARRILLO INGENIERO CIVIL																																																																																													
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza	NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia		NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo																																																																																													
FECHA: 07/07/2021	FECHA: 07/07/2021		FECHA: 07/07/2021																																																																																													



**Anexo 24. Ficha de “alabeo” del ladrillo con adición al 7% de cartón reciclado**





	<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA</b>																																																																																															
	<b>PROTOCOLO</b>																																																																																															
	ENSAYO:	MEDIDA DE ALABEO DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: 015-2021-JIBC/UNACH																																																																																													
	NORMA:	NTP 399.613:2017																																																																																														
TESIS: Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota																																																																																																
TIPO DE MATERIAL:	Ladrillos artesanales	UBICACIÓN:	Chilcapampa, Bambamarca																																																																																													
FECHA DE MUESTREO:	10/12/2020	FECHA DE ENSAYO:	07/07/2021																																																																																													
<p><b>Muestra:</b> 10 ladrillos de arcilla con adición al 7 % de residuos de cartón</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>Mayor distancia Borde cóncavo</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Mayor distancia Borde convexo</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Mayor distancia Superficie cóncava</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Promedio de 4 esquinas Superficie convexa</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Convexo Concavo</p> </div> </div>																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Especímen</th> <th colspan="3">Concavidad (mm)</th> <th colspan="3">Convexidad (mm)</th> </tr> <tr> <th>Superficie</th> <th>Borde</th> <th>Promedio</th> <th>Superficie</th> <th>Borde</th> <th>Promedio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Ladrillo 1</td><td>1.50</td><td>0.15</td><td>0.83</td><td>2.20</td><td>1.00</td><td>1.60</td></tr> <tr><td>Ladrillo 2</td><td>1.50</td><td>0.10</td><td>0.80</td><td>2.10</td><td>0.50</td><td>1.30</td></tr> <tr><td>Ladrillo 3</td><td>2.00</td><td>0.20</td><td>1.10</td><td>1.50</td><td>0.50</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Ladrillo 4</td><td>1.80</td><td>0.15</td><td>0.98</td><td>2.00</td><td>0.50</td><td>1.25</td></tr> <tr><td>Ladrillo 5</td><td>1.50</td><td>0.25</td><td>0.88</td><td>3.00</td><td>1.00</td><td>2.00</td></tr> <tr><td>Ladrillo 6</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>2.00</td><td>0.50</td><td>1.25</td></tr> <tr><td>Ladrillo 7</td><td>1.00</td><td>0.10</td><td>0.55</td><td>3.00</td><td>3.00</td><td>3.00</td></tr> <tr><td>Ladrillo 8</td><td>0.50</td><td>1.00</td><td>0.75</td><td>2.50</td><td>1.50</td><td>2.00</td></tr> <tr><td>Ladrillo 9</td><td>1.00</td><td>0.50</td><td>0.75</td><td>2.20</td><td>1.00</td><td>1.60</td></tr> <tr><td>Ladrillo 10</td><td>2.00</td><td>0.30</td><td>1.15</td><td>3.50</td><td>0.50</td><td>2.00</td></tr> <tr> <td><b>Alabeo (mm)</b></td> <td></td> <td></td> <td><b>0.88</b></td> <td></td> <td></td> <td><b>1.70</b></td> </tr> </tbody> </table>							Especímen	Concavidad (mm)			Convexidad (mm)			Superficie	Borde	Promedio	Superficie	Borde	Promedio	Ladrillo 1	1.50	0.15	0.83	2.20	1.00	1.60	Ladrillo 2	1.50	0.10	0.80	2.10	0.50	1.30	Ladrillo 3	2.00	0.20	1.10	1.50	0.50	1.00	Ladrillo 4	1.80	0.15	0.98	2.00	0.50	1.25	Ladrillo 5	1.50	0.25	0.88	3.00	1.00	2.00	Ladrillo 6	1.00	1.00	1.00	2.00	0.50	1.25	Ladrillo 7	1.00	0.10	0.55	3.00	3.00	3.00	Ladrillo 8	0.50	1.00	0.75	2.50	1.50	2.00	Ladrillo 9	1.00	0.50	0.75	2.20	1.00	1.60	Ladrillo 10	2.00	0.30	1.15	3.50	0.50	2.00	<b>Alabeo (mm)</b>			<b>0.88</b>			<b>1.70</b>
Especímen	Concavidad (mm)			Convexidad (mm)																																																																																												
	Superficie	Borde	Promedio	Superficie	Borde	Promedio																																																																																										
Ladrillo 1	1.50	0.15	0.83	2.20	1.00	1.60																																																																																										
Ladrillo 2	1.50	0.10	0.80	2.10	0.50	1.30																																																																																										
Ladrillo 3	2.00	0.20	1.10	1.50	0.50	1.00																																																																																										
Ladrillo 4	1.80	0.15	0.98	2.00	0.50	1.25																																																																																										
Ladrillo 5	1.50	0.25	0.88	3.00	1.00	2.00																																																																																										
Ladrillo 6	1.00	1.00	1.00	2.00	0.50	1.25																																																																																										
Ladrillo 7	1.00	0.10	0.55	3.00	3.00	3.00																																																																																										
Ladrillo 8	0.50	1.00	0.75	2.50	1.50	2.00																																																																																										
Ladrillo 9	1.00	0.50	0.75	2.20	1.00	1.60																																																																																										
Ladrillo 10	2.00	0.30	1.15	3.50	0.50	2.00																																																																																										
<b>Alabeo (mm)</b>			<b>0.88</b>			<b>1.70</b>																																																																																										
<p><i>Nota.</i> Los especímenes se ensayarán tal cual se los recibe, únicamente se eliminará con una escobilla el polvo adherido a las superficies.</p>																																																																																																
<b>OBSERVACIONES:</b>																																																																																																
<b>TESISTA</b>		<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>		<b>ASESOR</b>																																																																																												
		 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Walter Vásquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		 MIGUEL SILVA TARRILLO INGENIERO CIVIL																																																																																												
NOMBRE: José Imaél Benavides Cieza		NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia		NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo																																																																																												
FECHA: 07/07/2021		FECHA: 07/07/2021		FECHA: 07/07/2021																																																																																												

Anexo 25. Ficha de “alabeo” del ladrillo con adición al 10% de cartón reciclado


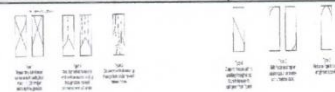


LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA																																																																																																
PROTOCOLO																																																																																																
	<b>ENSAYO:</b> MEDIDA DE ALABEO DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA <b>NORMA:</b> NTP 399.613:2017	<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b> 016-2021-JIBC/UNACH																																																																																														
<b>TESIS:</b> Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota																																																																																																
<b>TIPO DE MATERIAL:</b> Ladrillos artesanales		<b>UBICACIÓN:</b> Chilcapampa, Bambamarca																																																																																														
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 10/12/2020		<b>FECHA DE ENSAYO:</b> 07/07/2021																																																																																														
<p><b>Muestra:</b> 10 ladrillos de arcilla con adición al 10 % de residuos de cartón</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>Mayor distancia Borde cóncavo</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Mayor distancia Borde convexo</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Mayor distancia Superficie cóncava</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Promedio de 4 esquinas Superficie convexa</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Convexo</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Concavo</p> </div> </div>																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Especímen</th> <th colspan="3">Concavidad (mm)</th> <th colspan="3">Convexidad (mm)</th> </tr> <tr> <th>Superficie</th> <th>Borde</th> <th>Promedio</th> <th>Superficie</th> <th>Borde</th> <th>Promedio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Ladrillo 1</td><td>1.50</td><td>0.10</td><td>0.80</td><td>2.00</td><td>1.50</td><td>1.75</td></tr> <tr><td>Ladrillo 2</td><td>1.00</td><td>0.50</td><td>0.75</td><td>2.50</td><td>1.80</td><td>2.15</td></tr> <tr><td>Ladrillo 3</td><td>1.80</td><td>0.20</td><td>1.00</td><td>2.20</td><td>1.20</td><td>1.70</td></tr> <tr><td>Ladrillo 4</td><td>1.90</td><td>0.20</td><td>1.05</td><td>2.50</td><td>1.00</td><td>1.75</td></tr> <tr><td>Ladrillo 5</td><td>1.70</td><td>0.10</td><td>0.90</td><td>1.50</td><td>1.00</td><td>1.25</td></tr> <tr><td>Ladrillo 6</td><td>0.50</td><td>1.00</td><td>0.75</td><td>2.50</td><td>0.50</td><td>1.50</td></tr> <tr><td>Ladrillo 7</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>2.00</td><td>0.50</td><td>1.25</td></tr> <tr><td>Ladrillo 8</td><td>1.00</td><td>4.50</td><td>2.75</td><td>3.00</td><td>1.00</td><td>2.00</td></tr> <tr><td>Ladrillo 9</td><td>0.50</td><td>1.00</td><td>0.75</td><td>4.00</td><td>1.50</td><td>2.75</td></tr> <tr><td>Ladrillo 10</td><td>1.50</td><td>1.00</td><td>1.25</td><td>3.00</td><td>0.50</td><td>1.75</td></tr> <tr> <td><b>Alabeo (mm)</b></td> <td></td> <td></td> <td><b>1.10</b></td> <td></td> <td></td> <td><b>1.79</b></td> </tr> </tbody> </table>							Especímen	Concavidad (mm)			Convexidad (mm)			Superficie	Borde	Promedio	Superficie	Borde	Promedio	Ladrillo 1	1.50	0.10	0.80	2.00	1.50	1.75	Ladrillo 2	1.00	0.50	0.75	2.50	1.80	2.15	Ladrillo 3	1.80	0.20	1.00	2.20	1.20	1.70	Ladrillo 4	1.90	0.20	1.05	2.50	1.00	1.75	Ladrillo 5	1.70	0.10	0.90	1.50	1.00	1.25	Ladrillo 6	0.50	1.00	0.75	2.50	0.50	1.50	Ladrillo 7	1.00	1.00	1.00	2.00	0.50	1.25	Ladrillo 8	1.00	4.50	2.75	3.00	1.00	2.00	Ladrillo 9	0.50	1.00	0.75	4.00	1.50	2.75	Ladrillo 10	1.50	1.00	1.25	3.00	0.50	1.75	<b>Alabeo (mm)</b>			<b>1.10</b>			<b>1.79</b>
Especímen	Concavidad (mm)			Convexidad (mm)																																																																																												
	Superficie	Borde	Promedio	Superficie	Borde	Promedio																																																																																										
Ladrillo 1	1.50	0.10	0.80	2.00	1.50	1.75																																																																																										
Ladrillo 2	1.00	0.50	0.75	2.50	1.80	2.15																																																																																										
Ladrillo 3	1.80	0.20	1.00	2.20	1.20	1.70																																																																																										
Ladrillo 4	1.90	0.20	1.05	2.50	1.00	1.75																																																																																										
Ladrillo 5	1.70	0.10	0.90	1.50	1.00	1.25																																																																																										
Ladrillo 6	0.50	1.00	0.75	2.50	0.50	1.50																																																																																										
Ladrillo 7	1.00	1.00	1.00	2.00	0.50	1.25																																																																																										
Ladrillo 8	1.00	4.50	2.75	3.00	1.00	2.00																																																																																										
Ladrillo 9	0.50	1.00	0.75	4.00	1.50	2.75																																																																																										
Ladrillo 10	1.50	1.00	1.25	3.00	0.50	1.75																																																																																										
<b>Alabeo (mm)</b>			<b>1.10</b>			<b>1.79</b>																																																																																										
<p><i>Nota.</i> Los especímenes se ensayarán tal cual se los recibe, únicamente se eliminará con una escobilla el polvo adherido a las superficies.</p>																																																																																																
<b>OBSERVACIONES:</b>																																																																																																
<b>TESISTA</b>		<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>		<b>ASESOR</b>																																																																																												
																																																																																																
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza FECHA: 07/07/2021		NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia FECHA: 07/07/2021		NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo FECHA: 07/07/2021																																																																																												






**Anexo 26. Ficha de “resistencia a la compresión” del ladrillo patrón (base)**

		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO										
		RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA										
		NORMA NTP 399.604										
SOLICITANTE: JOSÉ ISMAÉL BENAVIDES CIEZA		PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES ADICIONANDO RESIDUOS DE CARTÓN, CHOTA"									Fecha: 09-08-2021	
ELEMENTO (s)		LADRILLO PATRON (BASE)										
f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )		ADITIVO 1										
ITEM	ELEMENTO	FECHA DE	EDAD	FECHA DE ROTURA	ANCHO	LARGO	PESO	TIPO DE ROTURA (*)	CARGA	CARGA	ÁREA	CARGA
	ESTRUCTURA	MUESTREO	(días)		(CM)	(CM)	(kg)	(*)	(KN)	(KG)	(mm <sup>2</sup> )	(GK/CM <sup>2</sup> )
1	LADRILLO PATRON (BASE)	11-jun.-21	28	9-jul.-21	12.50	22.10	3562	5	132.39	13499.81	276.3	48.9
2	LADRILLO PATRON (BASE)	11-jun.-21	28	9-jul.-21	12.45	22.00	3562	3	129.45	13200.02	273.9	48.2
3	LADRILLO PATRON (BASE)	11-jun.-21	28	9-jul.-21	12.50	22.10	3526	6	126.51	12900.22	276.3	46.7
4	LADRILLO PATRON (BASE)	11-jun.-21	28	9-jul.-21	12.55	22.00	3582	5	128.47	13100.09	276.1	47.4
5	LADRILLO PATRON (BASE)	11-jun.-21	28	9-jul.-21	12.50	22.10	3512	3	131.41	13399.88	276.3	48.5
<b>PROMEDIO:</b>												<b>47.9</b>
OBSERVACIONES: LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA, FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE								(*) TIPO DE ROTURA ASTM C39				
												
 Erlin Clavo Rimarachin LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO				 Gerentes Rimarachin Rimarachin INGENIEROS								





**Anexo 27. Ficha de “resistencia a compresión” del ladrillo con 1% de CR**

		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO										
		RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA										
		NORMA NTP 399.604										
SOLICITANTE: JOSÉ ISMAÉL BENAVIDES CIEZA				PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES ADICIONANDO RESIDUOS DE CARTÓN, CHOTA"							Fecha: 09-08-2021	
ELEMENTO (s)		LADRILLO CON ADICION AL 1% DE CARTON RECICLADO										
f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )		ADITIVO 1										
ITEM	ELEMENTO	FECHA DE	EDAD	FECHA DE ROTURA	ANCHO	LARGO	PESO	TIPO DE ROTURA (*)	CARGA	CARGA	ÁREA	CARGA
	ESTRUCTURA	MUESTREO	(días)		(CM)	(CM)			(kg)	(KN)	(KG)	(mm <sup>2</sup> )
1	LADRILLO CON ADICION AL 1% DE CARTON RECICLADO	11-jun.-21	28	9-jul.-21	12.45	22.05	3501	3	121.51	12390.37	274.5	45.1
2	LADRILLO CON ADICION AL 1% DE CARTON RECICLADO	11-jun.-21	28	9-jul.-21	12.45	22.10	3512	5	125.33	12779.90	275.1	46.4
3	LADRILLO CON ADICION AL 1% DE CARTON RECICLADO	11-jun.-21	28	9-jul.-21	12.52	22.10	3523	6	128.67	13120.48	276.7	47.4
4	LADRILLO CON ADICION AL 1% DE CARTON RECICLADO	11-jun.-21	28	9-jul.-21	12.55	22.00	3512	4	126.12	12860.46	276.1	46.6
5	LADRILLO CON ADICION AL 1% DE CARTON RECICLADO	11-jun.-21	28	9-jul.-21	12.50	22.10	3563	6	126.41	12890.03	276.3	46.7
<b>PROMEDIO:</b>												<b>46.4</b>
OBSERVACIONES: LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA, FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE								(*) TIPO DE ROTURA 				
								ASTM C39				
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">  <p>LABORATORIO INGENIERIA &amp; CONSTRUCCION SAC Erlin Clavo Rimarachin LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>LABORATORIO INGENIERIA &amp; CONSTRUCCION SAC Geremias Rimarachin Rimarachin INTE GSE</p> </div> </div>												

**Anexo 28. Ficha de “resistencia a compresión” del ladrillo con 3% de CR**





GSE LABORATORIO DE INGENIERIA & CONSTRUCCION		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO										
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA												
NORMA NTP 399.604												
SOLICITANTE: JOSÉ ISMAÉL BENAVIDES CIEZA				PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES ADICIONANDO RESIDUOS DE CARTÓN, CHOTA"								Fecha: 09-08-2021
ELEMENTO (s)		LADRILLO CON ADICION AL 3% DE CARTON RECICLADO										
f'c (Kg/cm2)		ADITIVO 1										
ITEM	ELEMENTO	FECHA DE	EDAD	FECHA DE ROTURA	ANCHO	LARGO	PESO	TIPO DE ROTURA (*)	CARGA	CARGA	ÁREA	CARGA
	ESTRUCTURA	MUESTREO	(días)		(CM)	(CM)	(kg)		(KN)	(KG)	(mm2)	gK/CM2
1	LADRILLO CON ADICION AL 3% DE CARTON RECICLADO	11-jun.-21	28	9-jul.-21	12.40	21.90	3470	5	118.66	12099.76	271.6	44.6
2	LADRILLO CON ADICION AL 3% DE CARTON RECICLADO	11-jun.-21	28	9-jul.-21	12.45	22.00	3466	6	121.60	12399.55	273.9	45.3
3	LADRILLO CON ADICION AL 3% DE CARTON RECICLADO	11-jun.-21	28	9-jul.-21	12.40	22.10	3450	3	118.17	12049.79	274.0	44.0
4	LADRILLO CON ADICION AL 3% DE CARTON RECICLADO	11-jun.-21	28	9-jul.-21	12.55	22.00	3452	4	119.45	12180.32	276.1	44.1
5	LADRILLO CON ADICION AL 3% DE CARTON RECICLADO	11-jun.-21	28	9-jul.-21	12.50	21.90	3426	5	118.56	12089.56	273.8	44.2
<b>PROMEDIO:</b>												<b>44.4</b>
OBSERVACIONES: LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA, FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE								(*) TIPO DE ROTURA ASTM C39 				
 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC Erlin Clavo Kimbachi LABORATORISTA SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO				 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC Geremias Rimarachin Kimbachi INGENIERO EN GEOTECNIA								

**Anexo 29. Ficha de “resistencia a compresión” del ladrillo con 5% de CR**

		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO										
		RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA										
		NORMA NTP 399.604										
SOLICITANTE: JOSÉ ISMAÉL BENAVIDES CIEZA				PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES ADICIONANDO RESIDUOS DE CARTÓN, CHOTA"							Fecha: 09-08-2021	
ELEMENTO (s)		LADRILLO CON ADICION AL 5% DE CARTON RECICLADO										
F <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )		ADITIVO 1										
ITEM	ELEMENTO	FECHA DE	EDAD	FECHA DE ROTURA	ANCHO	LARGO	PESO	TIPO DE ROTURA (*)	CARGA	CARGA	ÁREA	CARGA
	ESTRUCTURA	MUESTREO	(dias)		(CM)	(CM)	(kg)		(KN)	(KG)	(mm <sup>2</sup> )	GR/CM <sup>2</sup>
1	LADRILLO CON ADICION AL 5% DE CARTON RECICLADO	11-jun-21	28	9-jul-21	12.40	22.10	3430	3	113.37	11560.34	274.0	42.2
2	LADRILLO CON ADICION AL 5% DE CARTON RECICLADO	11-jun-21	28	9-jul-21	12.45	22.00	3432	5	112.78	11500.18	273.9	42.0
3	LADRILLO CON ADICION AL 5% DE CARTON RECICLADO	11-jun-21	28	9-jul-21	12.50	22.20	3412	4	113.76	11600.11	277.5	41.8
4	LADRILLO CON ADICION AL 5% DE CARTON RECICLADO	11-jun-21	28	9-jul-21	12.50	22.00	3426	6	113.56	11579.71	275.0	42.1
5	LADRILLO CON ADICION AL 5% DE CARTON RECICLADO	11-jun-21	28	9-jul-21	12.40	21.90	3440	3	114.25	11650.07	271.6	42.9
<b>PROMEDIO:</b>											<b>42.2</b>	
OBSERVACIONES: LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA, FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE								(*)				
								TIPO DE ROTURA				
								ASTM C39				
 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC Erlin Clavo Rimarachin LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO				 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC Geremias Rimarachin INGENIERO								



**Anexo 30. Ficha de “resistencia a compresión” del ladrillo con 7% de CR**

		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO										
		RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA										
		NORMA NTP 399.604										
SOLICITANTE: JOSÉ ISMAÉL BENAVIDES CIEZA				PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES ADICIONANDO RESIDUOS DE CARTÓN, CHOTA"							Fecha: 09-08-2021	
ELEMENTO (s)		LADRILLO CON ADICION AL 7% DE CARTON RECICLADO										
f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )		ADITIVO 1										
ITEM	ELEMENTO	FECHA DE MUESTREO	EDAD (dias)	FECHA DE ROTURA	ANCHO (CM)	LARGO (CM)	PESO (kg)	TIPO DE ROTURA (*)	CARGA (KN)	CARGA (KG)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	CARGA (GK/CM <sup>2</sup> )
	ESTRUCTURA	MUESTREO										
1	LADRILLO CON ADICION AL 7% DE CARTON RECICLADO	11-jun-21	28	9-jul-21	12.55	21.90	3430	5	108.86	11100.45	274.8	40.4
2	LADRILLO CON ADICION AL 7% DE CARTON RECICLADO	11-jun-21	28	9-jul-21	12.45	22.10	3412	6	106.89	10899.57	275.1	39.6
3	LADRILLO CON ADICION AL 7% DE CARTON RECICLADO	11-jun-21	28	9-jul-21	12.50	22.10	3420	3	105.42	10749.68	276.3	38.9
4	LADRILLO CON ADICION AL 7% DE CARTON RECICLADO	11-jun-21	28	9-jul-21	12.40	21.90	3415	4	109.84	11200.38	271.6	41.2
5	LADRILLO CON ADICION AL 7% DE CARTON RECICLADO	11-jun-21	28	9-jul-21	12.50	22.10	3418	5	108.37	11050.49	276.3	40.0
<b>PROMEDIO:</b>											<b>40.0</b>	
OBSERVACIONES: LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA, FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE								(*) TIPO DE ROTURA 				
								ASTM C39				
 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC Erlin Clavo Rimarachin LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO				 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC Geremias Rimarachin ENTE CEEER								

**Anexo 31. Ficha de “resistencia a compresión” del ladrillo con 10% de CR**

GSE		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO										
GSE		RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA										
GSE		NORMA NTP 399.604										
SOLICITANTE: JOSÉ ISMAÉL BENAVIDES CIEZA		PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES ADICIONANDO RESIDUOS DE CARTÓN, CHOTA"									Fecha: 09-08-2021	
ELEMENTO (s)		LADRILLO CON ADICION AL 10% DE CARTON RECICLADO										
F <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )		ADITIVO 1										
ITEM	ELEMENTO	FECHA DE	EDAD	FECHA DE ROTURA	ANCHO	LARGO	PESO	TIPO DE ROTURA (*)	CARGA	CARGA	ÁREA	CARGA
	ESTRUCTURA	MUESTREO	(días)		(CM)	(CM)	(kg)		(KN)	(KG)	(mm <sup>2</sup> )	KG/CM <sup>2</sup>
1	LADRILLO CON ADICION AL 10% DE CARTON RECICLADO	11-jun.-21	28	9-jul.-21	12.50	22.00	3405	3	101.99	10399.92	275.0	37.8
2	LADRILLO CON ADICION AL 10% DE CARTON RECICLADO	11-jun.-21	28	9-jul.-21	12.40	22.10	3406	6	105.91	10799.64	274.0	39.4
3	LADRILLO CON ADICION AL 10% DE CARTON RECICLADO	11-jun.-21	28	9-jul.-21	12.50	22.10	3410	5	104.93	10699.71	276.3	38.7
4	LADRILLO CON ADICION AL 10% DE CARTON RECICLADO	11-jun.-21	28	9-jul.-21	12.45	22.00	3425	3	101.01	10299.99	273.9	37.6
5	LADRILLO CON ADICION AL 10% DE CARTON RECICLADO	11-jun.-21	28	9-jul.-21	12.60	22.10	3408	6	103.95	10599.78	278.5	38.1
<b>PROMEDIO:</b>											<b>38.3</b>	
OBSERVACIONES: LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA, FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE								(*) TIPO DE ROTURA ASTM C39				
LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC Erlin Clavo Kimarichin LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO								LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC Geremías Rimara Kimarichin ENTE JEFE				

**Anexo 32. Ficha de “succión, absorción y densidad” del ladrillo patrón**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA						
PROTOCOLO						
<b>ENSAYO:</b>		SUCCIÓN, ABSORCIÓN Y DENSIDAD DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA			<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>	
<b>NORMA:</b>		NTP 399.613:2017			017-2021-JIBC/UNACH	
<b>TESIS:</b>		Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota				
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>		Ladrillos artesanales	<b>UBICACIÓN:</b>		Chilcapampa, Bambamarca	
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>		10/12/2020	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>		09/07/2021	
<u>Método secado:</u>			<u>Muestra:</u>			
Horno 110 ± 5 °C			3 ladrillos sin adición de residuos de cartón			
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
P0	Peso en estado natural	g	3472.8	3464.5	3481.3	N. A
P1	Peso seco en horno a 110 °C	g	3403.3	3398.2	3412.2	N. A
P2	Peso de la unidad con el asiento sumergido a 3mm de altura en agua durante 1 minuto	g	3470.9	3467.6	3478.1	N. A
P3	Peso de la unidad saturada, después de 24h sumergido en agua fría	g	3928.5	3928.4	3933.0	N. A
P4	Peso de la unidad saturada, después de 5h sumergido en agua en ebullición	g	3972.4	3973.3	3973.9	N. A
P5	Peso de la unidad sumergida totalmente en agua fría	g	1910.7	1913.0	1919.4	N. A
Hn	Humedad natural $H_n = 100[(P_0 - P_1) / P_1]$	%	2.04	1.95	2.03	2.01
A	Absorción $Abs (\%) = 100[(P_3 - P_1) / P_1]$	%	15.43	15.60	15.26	15.43
Am	Absorción máxima $A_m (\%) = 100[(P_4 - P_1) / P_1]$	%	16.72	16.92	16.46	16.70
CS	Coefficiente de Saturación $CS = A / A_m$	-	0.923	0.922	0.927	0.924
Suc	Succión $Suc = 200(P_2 - P_1) / A_n$	g/cm <sup>2</sup> -min	48.53	49.85	47.47	48.62
V	Volumen $V = P_4 - P_5$	cm <sup>3</sup>	2061.66	2060.31	2054.49	2058.82
An	Área neta $A_n = V / h_{prom}$	cm <sup>2</sup>	278.60	278.42	277.63	278.22
D	Densidad $D = P_1 / V$	g/cm <sup>3</sup>	1.65	1.65	1.66	1.65
N. A: NO APLICA						
<b>OBSERVACIONES:</b>						
<b>TESISTA</b>		<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>		<b>ASESOR</b>		
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza		NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia		NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo		
FECHA: 09/07/2021		FECHA: 09/07/2021		FECHA: 09/07/2021		

**Anexo 33. Ficha de “succión, absorción y densidad” del ladrillo con 1% de CR**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA						
PROTOCOLO						
<b>ENSAYO:</b> SUCCIÓN, ABSORCIÓN Y DENSIDAD DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA		<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b> 018-2021-JIBC/UNACH				
<b>NORMA:</b> NTP 399.613:2017						
<b>TESIS:</b> Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota						
<b>TIPO DE MATERIAL:</b> Ladrillos artesanales		<b>UBICACIÓN:</b> Chilcapampa, Bambamarca				
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 10/12/2020		<b>FECHA DE ENSAYO:</b> 12/07/2021				
<u>Método secado:</u>			<u>Muestra:</u>			
Horno 110 ± 5 °C			3 ladrillos con adición al 1 % de residuos de cartón			
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
P0	Peso en estado natural	g	3461.4	3475.7	3450.9	N. A
P1	Peso seco en horno a 110 °C	g	3387.2	3405.8	3377.5	N. A
P2	Peso de la unidad con el asiento sumergido a 3mm de altura en agua durante 1 minuto	g	3458.8	3476.2	3450.9	N. A
P3	Peso de la unidad saturada, después de 24h sumergido en agua fría	g	3923.4	3936.1	3916.6	N. A
P4	Peso de la unidad saturada, después de 5h sumergido en agua en ebullición	g	3970.6	3981.3	3966.4	N. A
P5	Peso de la unidad sumergida totalmente en agua fría	g	1917.2	1922.3	1911.5	N. A
Hn	Humedad natural $H_n = 100[(P_0 - P_1) / P_1]$	%	2.19	2.05	2.17	2.14
A	Absorción $Abs (\%) = 100[(P_3 - P_1) / P_1]$	%	15.83	15.57	15.96	15.79
Am	Absorción máxima $A_m (\%) = 100[(P_4 - P_1) / P_1]$	%	17.22	16.90	17.44	17.19
CS	Coefficiente de Saturación $CS = A / A_m$	-	0.919	0.921	0.915	0.919
Suc	Succión $Suc = 200(P_2 - P_1) / A_n$	g/cm <sup>2</sup> -min	51.61	50.60	52.87	51.69
V	Volumen $V = P_4 - P_5$	cm <sup>3</sup>	2053.35	2058.97	2054.89	2055.73
An	Área neta $A_n = V / h_{prom}$	cm <sup>2</sup>	277.48	278.24	277.69	277.80
D	Densidad $D = P_1 / V$	g/cm <sup>3</sup>	1.65	1.65	1.64	1.65
N. A: NO APLICA						
<b>OBSERVACIONES:</b>						
<b>TESISTA</b>		<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b> UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		<b>ASESOR</b>		
NOMBRE: Jose Ismael Benavides Cieza		NOMBRE: Ing. Walter Vasquez Tapia		NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo		
FECHA: 12/07/2021		FECHA: 12/07/2021		FECHA: 12/07/2021		



**Anexo 34. Ficha de “succión, absorción y densidad” del ladrillo con 3% de CR**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA						
PROTOCOLO						
<b>ENSAYO:</b>		SUCCIÓN, ABSORCIÓN Y DENSIDAD DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA			<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>	
<b>NORMA:</b>		NTP 399.613:2017			019-2021-JIBC/UNACH	
<b>TESIS:</b>		Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota				
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>		Ladrillos artesanales	<b>UBICACIÓN:</b>		Chilcapampa, Bambamarca	
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>		10/12/2020	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>		13/07/2021	
<u>Método secado:</u>			<u>Muestra:</u>			
Horno 110 ± 5 °C			3 ladrillos con adición al 3 % de residuos de cartón			
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
P0	Peso en estado natural	g	3451.2	3466.6	3435.7	N. A
P1	Peso seco en horno a 110 °C	g	3375.2	3394.4	3358.2	N. A
P2	Peso de la unidad con el asiento sumergido a 3mm de altura en agua durante 1 minuto	g	3450.1	3468.3	3434.9	N. A
P3	Peso de la unidad saturada, después de 24h sumergido en agua fría	g	3921.5	3934.8	3908.2	N. A
P4	Peso de la unidad saturada, después de 5h sumergido en agua en ebullición	g	3974.7	3986.2	3963.1	N. A
P5	Peso de la unidad sumergida totalmente en agua fría	g	1917.9	1926.3	1905.7	N. A
Hn	Humedad natural $H_n = 100[(P_0 - P_1) / P_1]$	%	2.25	2.13	2.31	2.23
A	Absorción $Abs (\%) = 100[(P_3 - P_1) / P_1]$	%	16.19	15.92	16.38	16.16
Am	Absorción máxima $A_m (\%) = 100[(P_4 - P_1) / P_1]$	%	17.76	17.43	18.01	17.74
CS	Coefficiente de Saturación $CS = A / A_m$	-	0.911	0.913	0.909	0.911
Suc	Succión $Suc = 200(P_2 - P_1) / A_n$	g/cm <sup>2</sup> -min	53.93	53.10	55.17	54.07
V	Volumen $V = P_4 - P_5$	cm <sup>3</sup>	2056.82	2059.88	2057.34	2058.02
An	Área neta $A_n = V / h_{prom}$	cm <sup>2</sup>	277.95	278.36	278.02	278.11
D	Densidad $D = P_1 / V$	g/cm <sup>3</sup>	1.64	1.65	1.63	1.64
N. A: NO APLICA						
<b>OBSERVACIONES:</b>						
<b>TESISTA</b>		<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b> UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		<b>ASESOR</b>		
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza		NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia		NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo		
FECHA: 13/07/2021		FECHA: 13/07/2021		FECHA: 13/07/2021		

**Anexo 35. Ficha de “succión, absorción y densidad” del ladrillo con 5% de CR**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA						
PROTOCOLO						
<b>ENSAYO:</b>		SUCCIÓN, ABSORCIÓN Y DENSIDAD DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA			<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>	
<b>NORMA:</b>		NTP 399.613:2017			020-2021-JIBC/UNACH	
<b>TESIS:</b>		Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota				
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>		Ladrillos artesanales	<b>UBICACIÓN:</b>		Chilcapampa, Bambamarca	
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>		10/12/2020	<b>FECHA DE ENSAYO:</b>		14/07/2021	
<u>Método secado:</u>			<u>Muestra:</u>			
Horno 110 ± 5 °C			3 ladrillos con adición al 5 % de residuos de cartón			
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
P0	Peso en estado natural	g	3427.2	3439.6	3445.7	N. A.
P1	Peso seco en horno a 110 °C	g	3350.2	3363.0	3372.4	N. A.
P2	Peso de la unidad con el asiento sumergido a 3mm de altura en agua durante 1 minuto	g	3429.9	3441.6	3448.6	N. A.
P3	Peso de la unidad saturada, después de 24h sumergido en agua fría	g	3908.5	3916.3	3921.7	N. A.
P4	Peso de la unidad saturada, después de 5h sumergido en agua en ebullición	g	3967.9	3973.8	3976.7	N. A.
P5	Peso de la unidad sumergida totalmente en agua fría	g	1905.4	1916.5	1919.7	N. A.
Hn	Humedad natural Hn = 100[(P0-P1) / P1]	%	2.30	2.28	2.17	2.25
A	Absorción Abs (%) = 100[(P3-P1) / P1]	%	16.67	16.45	16.29	16.47
Am	Absorción máxima Am (%) = 100[(P4-P1) / P1]	%	18.44	18.16	17.92	18.17
CS	Coefficiente de Saturación CS = A/Am	-	0.904	0.906	0.909	0.906
Suc	Succión Suc = 200(P2-P1)/An	g/cm <sup>2</sup> -min	57.17	56.54	54.85	56.18
V	Volumen V = P4-P5	cm <sup>3</sup>	2062.50	2057.31	2057.06	2058.96
An	Área neta An = V / hprom	cm <sup>2</sup>	278.72	278.02	277.98	278.24
D	Densidad D = P1 / V	g/cm <sup>3</sup>	1.62	1.63	1.64	1.63
N. A.: NO APLICA						
<b>OBSERVACIONES:</b>						
<b>TESISTA</b>		<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>		<b>ASESOR</b>		
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza		NOMBRE: Walter Manuel Vasquez Tapia		NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo		
FECHA: 14/07/2021		FECHA: 14/07/2021		FECHA: 14/07/2021		

Anexo 36. Ficha de “succión, absorción y densidad” del ladrillo con 7% de CR

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA						
PROTOCOLO						
ENSAYO:		SUCCIÓN, ABSORCIÓN Y DENSIDAD DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:		NTP 399.613-2017			021-2021-JIBC/UNACH	
TESIS:		Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota				
TIPO DE MATERIAL:		Ladrillos artesanales		UBICACIÓN:		Chilcapampa, Bambamarca
FECHA DE MUESTREO:		10/12/2020		FECHA DE ENSAYO:		15/07/2021
<u>Método secado:</u>			<u>Muestra:</u>			
Horno 110 ± 5 °C			3 ladrillos con adición al 7 % de residuos de cartón			
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
P0	Peso en estado natural	g	3431.4	3423.9	3415.7	N. A
P1	Peso seco en horno a 110 °C	g	3355.7	3346.5	3336.7	N. A
P2	Peso de la unidad con el asiento sumergido a 3mm de altura en agua durante 1 minuto	g	3434.8	3427.0	3417.7	N. A
P3	Peso de la unidad saturada, después de 24h sumergido en agua fría	g	3915.0	3912.3	3905.6	N. A
P4	Peso de la unidad saturada, después de 5h sumergido en agua en ebullición	g	3973.9	3973.0	3968.7	N. A
P5	Peso de la unidad sumergida totalmente en agua fría	g	1910.4	1911.1	1906.6	N. A
Hn	Humedad natural $H_n = 100[(P_0 - P_1) / P_1]$	%	2.26	2.31	2.37	2.31
A	Absorción $Abs (\%) = 100[(P_3 - P_1) / P_1]$	%	16.67	16.91	17.05	16.87
Am	Absorción máxima $A_m (\%) = 100[(P_4 - P_1) / P_1]$	%	18.42	18.72	18.94	18.69
CS	Coefficiente de Saturación $CS = A / A_m$	-	0.905	0.903	0.900	0.903
Suc	Succión $Suc = 200(P_2 - P_1) / A_n$	g/cm <sup>2</sup> -min	56.70	57.76	58.16	57.54
V	Volumen $V = P_4 - P_5$	cm <sup>3</sup>	2063.49	2061.91	2062.08	2062.49
An	Área neta $A_n = V / h_{prom}$	cm <sup>2</sup>	278.85	278.64	278.66	278.72
D	Densidad $D = P_1 / V$	g/cm <sup>3</sup>	1.63	1.62	1.62	1.62

N. A: NO APLICA

OBSERVACIONES:


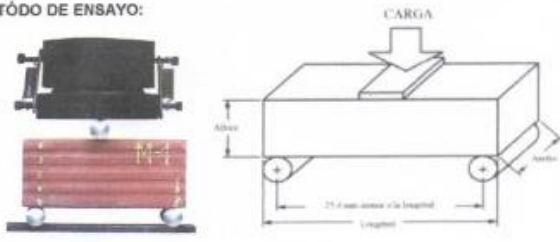


TESISTA	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
	 Walter Manuel Vasquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	 MIGUEL SILVA TARRILLO INGENIERO CIVIL CIP 157782
NOMBRE: José Ismaél Benavides Cieza	NOMBRE: Ing. Walter Vasquez Tapia	NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo
FECHA: 15/07/2021	FECHA: 15/07/2021	FECHA: 15/07/2021

**Anexo 37. Ficha de “succión, absorción y densidad” del ladrillo con 10% de CR**


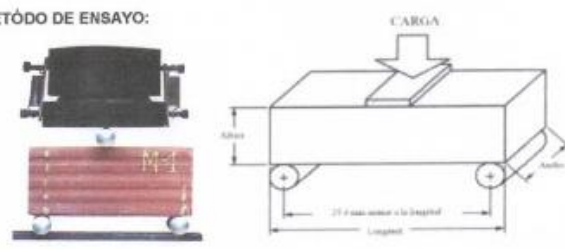


LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA						
PROTOCOLO						
ENSAYO: SUCCIÓN, ABSORCIÓN Y DENSIDAD DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA			CÓDIGO DEL DOCUMENTO: 022-2021-JIBC/UNACH			
NORMA: NTP 399.613:2017						
TESIS: Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota						
TIPO DE MATERIAL: Ladrillos artesanales		UBICACIÓN: Chilcapampa, Bambamarca				
FECHA DE MUESTREO: 10/12/2020		FECHA DE ENSAYO: 16/07/2021				
<u>Método secado:</u>			<u>Muestra:</u>			
Horno 110 ± 5 °C			3 ladrillos con adición al 10 % de residuos de cartón			
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
P0	Peso en estado natural	g	3424.8	3405.9	3413.7	N. A
P1	Peso seco en horno a 110 °C	g	3347.9	3325.2	3334.0	N. A
P2	Peso de la unidad con el asiento sumergido a 3mm de altura en agua durante 1 minuto	g	3429.8	3410.1	3417.4	N. A
P3	Peso de la unidad saturada, después de 24h sumergido en agua fría	g	3917.2	3904.1	3909.5	N. A
P4	Peso de la unidad saturada, después de 5h sumergido en agua en ebullición	g	3980.8	3970.0	3974.2	N. A
P5	Peso de la unidad sumergida totalmente en agua fría	g	1905.1	1891.4	1898.3	N. A
Hn	Humedad natural $H_n = 100[(P_0 - P_1) / P_1]$	%	2.30	2.43	2.39	2.37
A	Absorción $Abs (\%) = 100[(P_3 - P_1) / P_1]$	%	17.01	17.41	17.26	17.22
Am	Absorción máxima $A_m (\%) = 100[(P_4 - P_1) / P_1]$	%	18.91	19.39	19.20	19.17
CS	Coefficiente de Saturación $CS = A / A_m$	-	0.900	0.898	0.899	0.899
Suc	Succión $Suc = 200(P_2 - P_1) / A_n$	g/cm <sup>2</sup> -min	58.45	60.44	59.50	59.46
V	Volumen $V = P_4 - P_5$	cm <sup>3</sup>	2075.70	2078.51	2075.88	2076.70
An	Área neta $A_n = V / h_{prom}$	cm <sup>2</sup>	280.50	280.88	280.52	280.63
D	Densidad $D = P_1 / V$	g/cm <sup>3</sup>	1.61	1.60	1.61	1.61
N. A: NO APLICA						
OBSERVACIONES:						
TESISTA		COORDINADOR DE LABORATORIO UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		ASESOR		
		 Walter Mánuel Vasquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS INGENIERO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		 Miguel SILVA TARRILLO INGENIERO CIVIL		
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza		NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia		NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo		
FECHA: 16/07/2021		FECHA: 16/07/2021		FECHA: 16/07/2021		




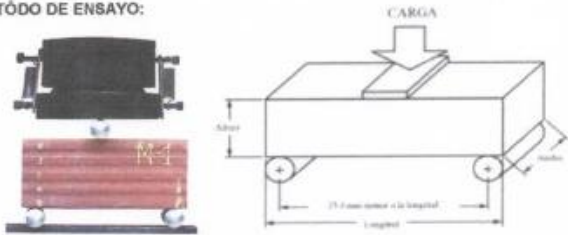


**Anexo 38. Ficha de “módulo de rotura” del ladrillo patrón**

		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO					CÓDIGO:	ETF-A-1
		ENSAYO A TRACCIÓN POR FLEXIÓN DE ALBAÑILERÍA					VERSIÓN:	01
		NTP 399.613					PAGINA:	1 DE 1
PROYECTO :		EVALUACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES ADICIONANDO RESIDUOS DE CARTÓN, CHOTA						
UBICACIÓN :		DISTRITO DE CHOTA, PROVINCIA DE CHOTA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA						
SOLICITANTE :		JOSÉ ISMAÉL BENAVIDES CIEZA						
FECHA DE EMISIÓN :		09/07/2021						
TIPO DE LADRILLO :		LADRILLO ARTESANAL (BASE)						
ITEM	ESPÉCIMEN	FECHA DE ROTURA	ANCHO NETO (CM)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (CM)	ALTO (CM)	DISTANCIA A LA FALLA (CM)	CARGA (KG)	MÓDULO DE ROTURA
	IDENTIFICACIÓN							(KG/CM2)
1	M-1	09/07/2021	12.35	18.00	7.50	0	245.00	9.52
2	M-2	09/07/2021	12.45	18.00	7.55	0	220.00	8.37
3	M-3	09/07/2021	12.40	18.00	7.40	0	210.00	8.35
4	M-4	09/07/2021	12.50	18.00	7.45	0	230.00	8.95
5	M-5	09/07/2021	12.55	18.00	7.40	0	240.00	9.43
<b>PROMEDIO:</b>								<b>8.92</b>
<b>METÓDO DE ENSAYO:</b> 		<b>FÓRMULA EMPLEADA:</b> $S = 3w \left( \frac{L}{2} - X \right) / bd^2$ <b>DONDE:</b> S = Módulo de rotura W = Carga aplicada L = Distancia entre apoyos X = Distancia del centro al plano de falla b = Acho neto de la unidad d = Alto de la unidad						
<b>OBSERVACIONES:</b> LOS LADRILLOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE, EL LABORATORIO SOLO REALIZÓ EL ENSAYO DE FLEXIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, SEGÚN LO INDICADO POR EL SOLICITANTE.								
 LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC Erlin Clavo Rima Achin LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO			 LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC Gerardo Rima Achin LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO					


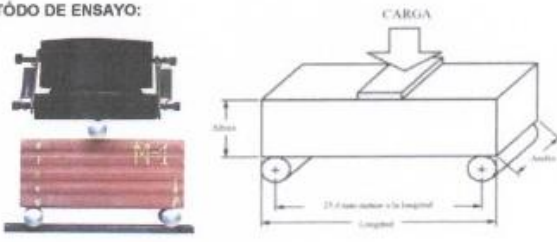


**Anexo 39. Ficha de “módulo de rotura” del ladrillo con 1% de CR**

		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO					CÓDIGO:	ETF-A-2
		ENSAYO A TRACCIÓN POR FLEXIÓN DE ALBAÑILERÍA					VERSIÓN:	01
		NTP 399.613					PAGINA:	1 DE 1
PROYECTO :		EVALUACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES ADICIONANDO RESIDUOS DE CARTÓN, CHOTA						
UBICACIÓN :		DISTRITO DE CHOTA, PROVINCIA DE CHOTA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA						
SOLICITANTE :		JOSÉ ISMAÉL BENAVIDES CIEZA						
FECHA DE EMISIÓN :		09/07/2021						
TIPO DE LADRILLO :		LADRILLO ARTESANAL CON ADICIÓN 1% DE CARTÓN RECICLADO						
ITEM	ESPÉCIMEN	FECHA DE ROTURA	ANCHO NETO (CM)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (CM)	ALTO (CM)	DISTANCIA A LA FALLA (CM)	CARGA (KG)	MÓDULO DE ROTURA
	IDENTIFICACIÓN							(KG/CM2)
1	M-1	09/07/2021	12.55	18.00	7.35	0	270.00	10.75
2	M-2	09/07/2021	12.45	18.00	7.55	0	260.00	9.89
3	M-3	09/07/2021	12.52	18.00	7.40	0	285.00	11.22
4	M-4	09/07/2021	12.65	18.00	7.45	0	275.00	10.58
5	M-5	09/07/2021	12.50	18.00	7.40	0	255.00	10.06
<b>PROMEDIO:</b>								<b>10.50</b>
<b>METÓDO DE ENSAYO:</b> 		<b>FÓRMULA EMPLEADA:</b> $S = 3w(\frac{L}{2} - X) / bd^2$ <b>DONDE:</b> S = Módulo de rotura W = Carga aplicada L = Distancia entre apoyos X = Distancia del centro al plano de falla b = Acho neto de la unidad d = Alto de la unidad						
<b>OBSERVACIONES:</b> LOS LADRILLOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE. EL LABORATORIO SOLO REALIZÓ EL ENSAYO DE FLEXIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, SEGÚN LO INDICADO POR EL SOLICITANTE.								
 LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC Erlin Clavo Rimarachin LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO			 LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC Geremias Rimarachin INGENIERO					

**Anexo 40. Ficha de “módulo de rotura” del ladrillo con 3% de CR**


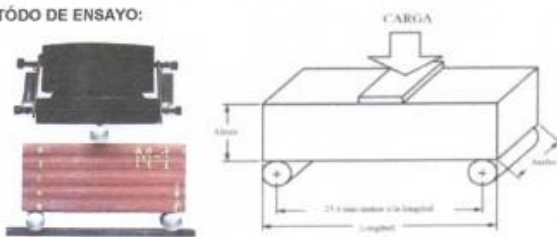

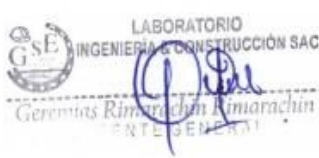
	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO						CÓDIGO:	ETF-A-3
	ENSAYO A TRACCIÓN POR FLEXIÓN DE ALBAÑILERÍA						VERSIÓN:	01
	NTP 399.613						PAGINA:	1 DE 1
PROYECTO :	EVALUACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES ADICIONANDO RESIDUOS DE CARTÓN, CHOTA							
UBICACIÓN :	DISTRITO DE CHOTA, PROVINCIA DE CHOTA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA							
SOLICITANTE :	JOSÉ ISMAÉL BENAVIDES CIEZA							
FECHA DE EMISIÓN :	09/07/2021							
TIPO DE LADRILLO :	LADRILLO ARTESANAL CON ADICIÓN 3% DE CARTÓN RECICLADO							
ITEM	ESPÉCIMEN	FECHA DE ROTURA	ANCHO NETO (CM)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (CM)	ALTO (CM)	DISTANCIA A LA FALLA (CM)	CARGA (KG)	MÓDULO DE ROTURA
	IDENTIFICACIÓN							(KG/CM2)
1	M-1	09/07/2021	12.55	18.00	7.50	0	260.00	9.94
2	M-2	09/07/2021	12.45	18.00	7.55	0	298.00	11.34
3	M-3	09/07/2021	12.52	18.00	7.40	0	280.00	11.03
4	M-4	09/07/2021	12.60	18.00	7.45	0	290.00	11.20
5	M-5	09/07/2021	12.50	18.00	7.35	0	275.00	11.00
<b>PROMEDIO:</b>								<b>10.90</b>
<b>METÓDO DE ENSAYO:</b> 		<b>FÓRMULA EMPLEADA:</b> $S = 3w(\frac{L}{2} - X) / bd^2$ <b>DONDE:</b> S = Módulo de rotura W = Carga aplicada L = Dsitancia entre apoyos X = Distancia del centro al plano de falla b = Acho neto de la unidad d = Alto de la unidad						
<b>OBSERVACIONES:</b> LOS LADRILLOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE, EL LABORATORIO SOLO REALIZÓ EL ENSAYO DE FLEXIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, SEGÚN LO INDICADO POR EL SOLICITANTE.								
 LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC Erlin Clavio Rimarachin LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO			 LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC Geremias Rimarachin Rimarachin INGENIERO					

**Anexo 41. Ficha de “módulo de rotura” del ladrillo con 5% de CR**


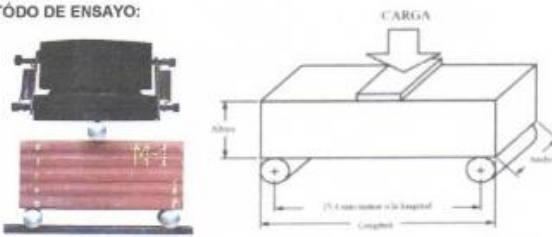


		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO					CÓDIGO:	ETF-A-4
		ENSAYO A TRACCIÓN POR FLEXIÓN DE ALBAÑILERÍA					VERSIÓN:	01
		NTP 399.613					PAGINA:	1 DE 1
PROYECTO :		EVALUACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES ADICIONANDO RESIDUOS DE CARTÓN, CHOTA						
UBICACIÓN :		DISTRITO DE CHOTA, PROVINCIA DE CHOTA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA						
SOLICITANTE :		JOSÉ ISMAÉL BENAVIDES CIEZA						
FECHA DE EMISIÓN :		09/07/2021						
TIPO DE LADRILLO :		LADRILLO ARTESANAL CON ADICIÓN 5% DE CARTÓN RECICLADO						
ITEM	ESPÉCIMEN	FECHA DE ROTURA	ANCHO NETO (CM)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (CM)	ALTO (CM)	DISTANCIA A LA FALLA (CM)	CARGA (KG)	MÓDULO DE ROTURA
	IDENTIFICACIÓN							(KG/CM2)
1	M-1	09/07/2021	12.55	18.00	7.50	0	285.00	10.90
2	M-2	09/07/2021	12.45	18.00	7.35	0	270.00	10.84
3	M-3	09/07/2021	12.52	18.00	7.40	0	300.00	11.81
4	M-4	09/07/2021	12.50	18.00	7.45	0	265.00	10.31
5	M-5	09/07/2021	12.65	18.00	7.40	0	276.00	10.76
<b>PROMEDIO:</b>								<b>10.92</b>
<b>METÓDO DE ENSAYO:</b> 		<b>FÓRMULA EMPLEADA:</b> $S = 3w(\frac{L}{2} - X) / bd^2$ <b>DONDE:</b> S = Módulo de rotura W = Carga aplicada L = Distancia entre apoyos X = Distancia del centro al plano de falla b = Acho neto de la unidad d = Alto de la unidad						
<b>OBSERVACIONES:</b> LOS LADRILLOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE, EL LABORATORIO SOLO REALIZÓ EL ENSAYO DE FLEXIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, SEGÚN LO INDICADO POR EL SOLICITANTE.								
 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC Erlin Clav Rinarachin LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO			 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC Geremias Rinarachin Rinarachin INGENIERO					







**Anexo 42. Ficha de “módulo de rotura” del ladrillo con 7% de CR**

		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO					CÓDIGO:	ETF-A-5
		ENSAYO A TRACCIÓN POR FLEXIÓN DE ALBAÑILERÍA					VERSIÓN:	01
		NTP 399.613					PAGINA:	1 DE 1
PROYECTO :		EVALUACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES ADICIONANDO RESIDUOS DE CARTÓN, CHOTA						
UBICACIÓN :		DISTRITO DE CHOTA, PROVINCIA DE CHOTA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA						
SOLICITANTE :		JOSÉ ISMAÉL BENAVIDES CIEZA						
FECHA DE EMISIÓN :		09/07/2021						
TIPO DE LADRILLO :		LADRILLO ARTESANAL CON ADICIÓN 7% DE CARTÓN RECICLADO						
ITEM	ESPÉCIMEN	FECHA DE ROTURA	ANCHO NETO (CM)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (CM)	ALTO (CM)	DISTANCIA A LA FALLA (CM)	CARGA (KG)	MÓDULO DE ROTURA
	IDENTIFICACIÓN							(KG/CM2)
1	M-1	09/07/2021	12.55	18.00	7.50	0	260.00	9.94
2	M-2	09/07/2021	12.45	18.00	7.55	0	255.00	9.70
3	M-3	09/07/2021	12.52	18.00	7.40	0	240.00	9.45
4	M-4	09/07/2021	12.50	18.00	7.45	0	265.00	10.31
5	M-5	09/07/2021	12.50	18.00	7.40	0	250.00	9.86
<b>PROMEDIO:</b>								<b>9.85</b>
<b>METÓDO DE ENSAYO:</b> 		<b>FÓRMULA EMPLEADA:</b> $S = 3w\left(\frac{L}{2} - X\right) / bd^2$ <b>DONDE:</b> S = Módulo de rotura W = Carga aplicada L = Distancia entre apoyos X = Distancia del centro al plano de falla b = Acho neto de la unidad d = Alto de la unidad						
<b>OBSERVACIONES:</b> LOS LADRILLOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE, EL LABORATORIO SOLO REALIZÓ EL ENSAYO DE FLEXIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, SEGÚN LO INDICADO POR EL SOLICITANTE.								
 LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC Erlin Clavio Rimarachin LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO			 LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC Geremias Rimarachin Rimarachin INTELIGENCIA					





**Anexo 43. Ficha de “módulo de rotura” del ladrillo con 10% de CR**

	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO						CÓDIGO:	ETF-A-8	
	ENSAYO A TRACCIÓN POR FLEXIÓN DE ALBAÑILERÍA						VERSIÓN:	01	
	NTP 399.613						PAGINA:	1 DE 1	
PROYECTO :	EVALUACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES ADICIONANDO RESIDUOS DE CARTÓN, CHOTA								
UBICACIÓN :	DISTRITO DE CHOTA, PROVINCIA DE CHOTA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA								
SOLICITANTE :	JOSÉ ISMAÉL BENAVIDES CIEZA								
FECHA DE EMISIÓN :	09/07/2021								
TIPO DE LADRILLO :	LADRILLO ARTESANAL CON ADICIÓN 10% DE CARTÓN RECICLADO								
ITEM	ESPÉCIMEN	FECHA DE ROTURA	ANCHO NETO (CM)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (CM)	ALTO (CM)	DISTANCIA A LA FALLA (CM)	CARGA (KG)	MÓDULO DE ROTURA	
	IDENTIFICACIÓN							(KG/CM2)	
1	M-1	09/07/2021	12.55	18.00	7.50	0	240.00	9.18	
2	M-2	09/07/2021	12.45	18.00	7.55	0	235.00	8.94	
3	M-3	09/07/2021	12.52	18.00	7.40	0	250.00	9.85	
4	M-4	09/07/2021	12.50	18.00	7.45	0	225.00	8.76	
5	M-5	09/07/2021	12.50	18.00	7.40	0	260.00	10.26	
<b>PROMEDIO:</b>								<b>9.40</b>	
<b>METÓDO DE ENSAYO:</b>					<b>FÓRMULA EMPLEADA:</b> $S = 3w(\frac{L}{2} - X)/bd^2$				
					<b>DONDE:</b> S = Módulo de rotura W = Carga aplicada L = Distancia entre apoyos X = Distancia del centro al plano de falla b = Acho neto de la unidad d = Alto de la unidad				
<b>OBSERVACIONES:</b> LOS LADRILLOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE, EL LABORATORIO SOLO REALIZÓ EL ENSAYO DE FLEXIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, SEGÚN LO INDICADO POR EL SOLICITANTE.									
 LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC Erlin Clavio Rimarachin LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO			 LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC Geremias Rimarachin Rimarachin ENTE GENERAL						

**Anexo 44. Ficha de “eflorescencia” del ladrillo patrón**



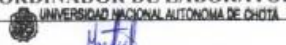
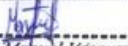

LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA								
PROTOCOLO								
		ENSAYO: EFLORESCENCIA DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA				CÓDIGO DEL DOCUMENTO: 023-2021-JIBC/UNACH		
		NORMA: NTP 399.613:2017						
		TESIS: Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota						
TIPO DE MATERIAL:		Ladrillos artesanales			UBICACIÓN:		Chilcapampa, Bambamarca	
FECHA DE MUESTREO:		10/12/2020			FECHA DE ENSAYO:		19/07/2021	
Método secado:		Control de humedad			Muestra:			
Horno 110 ± 5 °C		30% al 70% por 7 días			10 ladrillos sin adición de residuos de cartón			
Espécimen	Grupos	Superficie		Borde Largo		Borde Corto		Clasificación
		S1	S2	B1	B2	B3	B4	
1	Contacto con agua a una altura de 25.4 mm	0	1	1	1	2	1	6
2		0	0	1	1	0	0	2
3		0	1	1	2	1	1	6
4		0	0	0	0	0	1	1
5		0	0	0	0	0	0	0
6	Sin contacto con agua	0	0	1	1	0	0	2
7		0	0	0	0	0	0	0
8		0	0	1	0	0	0	1
9		0	0	0	0	0	0	0
10		0	0	0	0	1	0	1
<p>0 al 5: No eflorescente (0)</p> <p>6 al 8: Ligeramente eflorescente (1)</p> <p>9 al 12: Eflorescente (2)</p> <p><i>Nota 1.</i> Se califica no eflorescente cuando la unidad no presenta ninguna mancha de sal y su valor es cero.</p> <p><i>Nota 2.</i> Se califica ligeramente eflorescente cuando la unidad presenta una capa fina (velo homogéneo) de manchas blancas en las aristas y vértices, su valor es uno.</p> <p><i>Nota 3.</i> Se califica eflorescente cuando la unidad presenta claramente machas blancas diferenciadas en la cara vista o cuando la salinización invade su totalidad, su valoración es dos.</p>								
OBSERVACIONES:								
TESISTA			COORDINADOR DE LABORATORIO			ASESOR		
			 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA Walter Manuel Vasquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			 Miguel Silva TARRILLO		
NOMBRE: Jose Ismael Benavides Cieza			NOMBRE: Ing. Walter Vasquez Tapia			NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo		
FECHA: 19/07/2021			FECHA: 19/07/2021			FECHA: 19/07/2021		

**Anexo 45. Ficha de “eflorescencia” del ladrillo con 1% de CR**





LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA								
PROTOCOLO								
		ENSAYO: EFLORESCENCIA DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA			CÓDIGO DEL DOCUMENTO: 023-2021-JIBC/UNACH			
		NORMA: NTP 399.613:2017						
		TESIS: Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota						
TIPO DE MATERIAL:		Ladrillos artesanales		UBICACIÓN:		Chilcapampa, Bambamarca		
FECHA DE MUESTREO:		10/12/2020		FECHA DE ENSAYO:		19/07/2021		
<u>Método secado:</u>		<u>Control de humedad</u>		<u>Muestra:</u>				
Horno 110 ± 5 °C		30% al 70% por 7 días		10 ladrillos con adición al 1% de residuos de cartón				
Especímen	Grupos	Superficie		Borde Largo		Borde Corto		Clasificación
		S1	S2	B1	B2	B3	B4	
1	Contacto con agua a una altura de 25.4 mm	0	1	1	1	2	1	6
2		0	0	1	1	0	0	2
3		0	1	1	2	1	1	6
4		0	0	0	0	0	1	1
5		0	0	0	0	0	0	0
6	Sin contacto con agua	0	0	1	1	0	0	2
7		0	0	0	0	0	0	0
8		0	0	1	0	0	0	1
9		0	0	0	0	0	0	0
10		0	0	0	0	1	0	1
0 al 5: No eflorescente (0)								
6 al 8: Ligeramente eflorescente (1)								
9 al 12: Eflorescente (2)								
<i>Nota 1.</i> Se califica no eflorescente cuando la unidad no presenta ninguna mancha de sal y su valor es cero.								
<i>Nota 2.</i> Se califica ligeramente eflorescente cuando la unidad presenta una capa fina (velo homogéneo) de manchas blancas en las aristas y vértices, su valor es uno.								
<i>Nota 3.</i> Se califica eflorescente cuando la unidad presenta claramente machas blancas diferenciadas en la cara vista o cuando la salinización invade su totalidad, su valoración es dos.								
OBSERVACIONES:								
TESISTA		COORDINADOR DE LABORATORIO			ASESOR			
		 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA Walter Manuel Vásquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			 MIGUEL SILVA TARRILLO INGENIERO CIVIL			
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza		NOMBRE: Ing. Walter Vasquez Tapia			NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo			
FECHA: 19/07/2021		FECHA: 19/07/2021			FECHA: 19/07/2021			





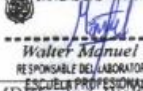

**Anexo 46. Ficha de “eflorescencia” del ladrillo con 3% de CR**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA									
PROTOCOLO									
		ENSAYO: EFLORESCENCIA DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA				CÓDIGO DEL DOCUMENTO: 023-2021-JIBC/UNACH			
		NORMA: NTP 399.613:2017							
		TESIS: Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota.							
TIPO DE MATERIAL:		Ladrillos artesanales			UBICACIÓN:		Chilcapampa, Bambamarca		
FECHA DE MUESTREO:		10/12/2020			FECHA DE ENSAYO:		19/07/2021		
Método secado:		Control de humedad			Muestra:				
Horno 110 ± 5 °C		30% al 70% por 7 días			10 ladrillos con adición al 3% de residuos de cartón				
Especímen	Grupos	Superficie		Borde Largo		Borde Corto		Clasificación	
		S1	S2	B1	B2	B3	B4		
1	Contacto con agua a una altura de 25.4 mm	0	0	1	0	0	1	2	
2		0	0	1	0	0	0	1	
3		0	0	1	1	1	0	3	
4		0	1	0	0	0	1	2	
5		0	0	1	0	0	0	1	
6	Sin contacto con agua	0	0	1	1	0	0	2	
7		0	0	0	0	0	0	0	
8		0	0	1	0	0	0	1	
9		0	0	0	0	0	0	0	
10		0	0	0	0	0	1	0	1
<p>0 al 5: No eflorescente (0)</p> <p>6 al 8: Ligeramente eflorescente (1)</p> <p>9 al 12: Eflorescente (2)</p> <p><i>Nota 1.</i> Se califica no eflorescente cuando la unidad no presenta ninguna mancha de sal y su valor es cero.</p> <p><i>Nota 2.</i> Se califica ligeramente eflorescente cuando la unidad presenta una capa fina (velo homogéneo) de manchas blancas en las aristas y vértices, su valor es uno.</p> <p><i>Nota 3.</i> Se califica eflorescente cuando la unidad presenta claramente machas blancas diferenciadas en la cara vista o cuando la salinización invade su totalidad, su valoración es dos.</p>									
OBSERVACIONES:									
TESISTA			COORDINADOR DE LABORATORIO				ASESOR		
			  Walter Manuel Vasquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				 Miguel Ángel SILVA TARRILLO INGENIERO CIVIL		
NOMBRE: José Ismaél Benavides Cieza			NOMBRE: Ing. Walter Vasquez Tapia				NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo		
FECHA: 19/07/2021			FECHA: 19/07/2021				FECHA: 19/07/2021		

**Anexo 47. Ficha de “eflorescencia” del ladrillo con 5% de CR**





LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA								
PROTOCOLO								
		ENSAYO: EFLORESCENCIA DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA			CÓDIGO DEL DOCUMENTO: 023-2021-JIBC/UNACH			
		NORMA: NTP 399.613:2017						
		TESIS: Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota						
TIPO DE MATERIAL:		Ladrillos artesanales			UBICACIÓN:		Chilcapampa, Bambamarca	
FECHA DE MUESTREO:		10/12/2020			FECHA DE ENSAYO:		19/07/2021	
<u>Método secado:</u>		<u>Control de humedad</u>			<u>Muestra:</u>			
Horno 110 ± 5 °C		30% al 70% por 7 días			10 ladrillos con adición al 5% de residuos de cartón			
Especímen	Grupos	Superficie		Borde Largo		Borde Corto		Clasificación
		S1	S2	B1	B2	B3	B4	
1	Contacto con agua a una altura de 25.4 mm	0	0	0	1	1	0	2
2		0	1	1	1	0	0	3
3		0	0	1	1	1	1	4
4		0	1	0	0	0	1	2
5		0	0	1	2	2	1	6
6	Sin contacto con agua	0	0	0	0	0	0	0
7		0	0	0	0	0	0	0
8		0	0	1	0	0	0	1
9		0	0	0	0	0	0	0
10		0	0	0	1	0	0	1
<p>0 al 5: No eflorescente (0)</p> <p>6 al 8: Ligeramente eflorescente (1)</p> <p>9 al 12: Eflorescente (2)</p> <p><i>Nota 1.</i> Se califica no eflorescente cuando la unidad no presenta ninguna mancha de sal y su valor es cero.</p> <p><i>Nota 2.</i> Se califica ligeramente eflorescente cuando la unidad presenta una capa fina (velo homogéneo) de manchas blancas en las aristas y vértices, su valor es uno.</p> <p><i>Nota 3.</i> Se califica eflorescente cuando la unidad presenta claramente machas blancas diferenciadas en la cara vista o cuando la salinización invade su totalidad, su valoración es dos.</p>								
OBSERVACIONES:								
TESISTA		COORDINADOR DE LABORATORIO			ASESOR			
		 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA <i>Walter Manuel Vásquez Tapia</i> RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS BASES DE LA PROFESIÓN DE INGENIERÍA CIVIL			 Miguel Silva TARRILLO INGENIERO CIVIL			
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza		NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia			NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo			
FECHA: 19/07/2021		FECHA: 19/07/2021			FECHA: 19/07/2021			

**Anexo 48. Ficha de “eflorescencia” del ladrillo con 7% de CR**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA								
PROTOCOLO								
		ENSAYO: EFLORESCENCIA DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA			CÓDIGO DEL DOCUMENTO: 023-2021-JIBC/UNACH			
		NORMA: NTP 399.613:2017						
		TESIS: Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota						
TIPO DE MATERIAL:		Ladrillos artesanales			UBICACIÓN:		Chilcapampa, Bambamarca	
FECHA DE MUESTREO:		10/12/2020			FECHA DE ENSAYO:		19/07/2021	
Método secado:		Control de humedad			Muestra:			
Horno 110 ± 5 °C		30% al 70% por 7 días			10 ladrillos con adición al 7% de residuos de cartón			
Espécimen	Grupos	Superficie		Borde Largo		Borde Corto		Clasificación
		S1	S2	B1	B2	B3	B4	
1		0	0	0	0	0	0	0
2	Contacto con agua a una altura de 25.4 mm	0	0	1	0	0	0	1
3		0	0	1	2	0	1	4
4		0	0	0	0	0	1	1
5		0	0	0	1	1	0	2
6		0	0	0	0	0	0	0
7	Sin contacto con agua	0	0	0	1	0	0	1
8		0	0	1	0	0	0	1
9		0	0	0	0	0	0	0
10		0	0	1	0	1	0	2
0 al 5: No eflorescente (0)								
6 al 8: Ligeramente eflorescente (1)								
9 al 12: Eflorescente (2)								
<i>Nota 1.</i> Se califica no eflorescente cuando la unidad no presenta ninguna mancha de sal y su valor es cero.								
<i>Nota 2.</i> Se califica ligeramente eflorescente cuando la unidad presenta una capa fina (velo homogéneo) de manchas blancas en las aristas y vértices, su valor es uno.								
<i>Nota 3.</i> Se califica eflorescente cuando la unidad presenta claramente machas blancas diferenciadas en la cara vista o cuando la salinización invade su totalidad, su valoración es dos.								
OBSERVACIONES:								
TESISTA		COORDINADOR DE LABORATORIO			ASESOR			
								
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA			UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA			
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS			INGENIERO CIVIL			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			CIP: 157782			
NOMBRE: Jose Ismael Benavides Cieza		NOMBRE: Ing. Walter Vasquez Tapia			NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo			
FECHA: 19/07/2021		FECHA: 19/07/2021			FECHA: 19/07/2021			



**Anexo 49. Ficha de “eflorescencia” del ladrillo con 10% de CR**


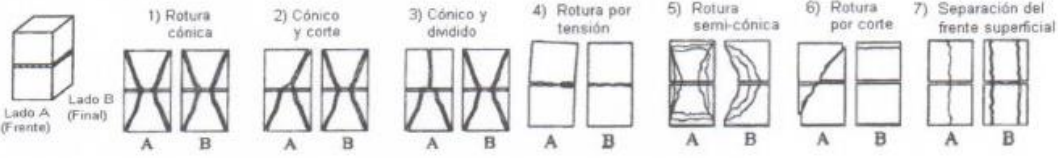


LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA								
PROTOCOLO								
		ENSAYO: EFLORESCENCIA DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA				CÓDIGO DEL DOCUMENTO: 023-2021-JIBC/UNACH		
		NORMA: NTP 399.613:2017						
		TESIS: Evaluación de Ladrillos Artesanales Adicionando Residuos de Cartón, Chota						
TIPO DE MATERIAL:		Ladrillos artesanales			UBICACIÓN:		Chilcapampa, Bambamarca	
FECHA DE MUESTREO:		10/12/2020			FECHA DE ENSAYO:		19/07/2021	
<u>Método secado:</u>		<u>Control de humedad</u>			<u>Muestra:</u>			
Horno 110 ± 5 °C		30% al 70% por 7 días			10 ladrillos con adición al 10% de residuos de cartón			
Especímen	Grupos	Superficie		Borde Largo		Borde Corto		Clasificación
		S1	S2	B1	B2	B3	B4	
1	Contacto con agua a una altura de 25.4 mm	0	0	1	1	1	1	4
2		0	0	1	1	0	0	2
3		0	0	1	2	2	1	6
4		0	1	2	1	2	1	7
5		0	0	0	0	0	0	0
6	Sin contacto con agua	0	0	1	0	0	0	1
7		0	0	0	1	0	0	1
8		0	0	0	0	0	0	0
9		0	0	0	1	1	0	2
10		0	0	0	0	0	1	1
<p>0 al 5: No eflorescente (0)</p> <p>6 al 8: Ligeramente eflorescente (1)</p> <p>9 al 12: Eflorescente (2)</p> <p><i>Nota 1.</i> Se califica no eflorescente cuando la unidad no presenta ninguna mancha de sal y su valor es cero.</p> <p><i>Nota 2.</i> Se califica ligeramente eflorescente cuando la unidad presenta una capa fina (velo homogéneo) de manchas blancas en las aristas y vértices, su valor es uno.</p> <p><i>Nota 3.</i> Se califica eflorescente cuando la unidad presenta claramente machas blancas diferenciadas en la cara vista o cuando la salinización invade su totalidad, su valoración es dos.</p>								
OBSERVACIONES:								
TESISTA		COORDINADOR DE LABORATORIO			ASESOR			
		 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA Walter Manuel Vásquez Tapia RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ESPECIALISTA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			 Miguel Ángel SILVA TARRILLO INGENIERO CIVIL			
NOMBRE: José Ismael Benavides Cieza		NOMBRE: Ing. Walter Vásquez Tapia			NOMBRE: Ing. Miguel Silva Tarrillo			
FECHA: 19/07/2021		FECHA: 19/07/2021			FECHA: 19/07/2021			

**Anexo 50. Ficha de “resistencia en compresión de prismas” de ladrillos patrón**


		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO							CÓDIGO:	RCP-A-12		
		RESISTENCIA EN COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA							VERSIÓN:	01		
		NTP 399.805							PAGINA:	1 DE 1		
PROYECTO :		EVALUACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES ADICIONANDO RESIDUOS DE CARTÓN, CHOTA										
UBICACIÓN :		DISTRITO DE CHOTA, PROVINCIA DE CHOTA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA										
SOLICITANTE :		JOSÉ ISMAÉL BENAVIDES CIEZA										
FECHA :		20/07/2021										
ELEMENTO (S)		PILAS DE ALBAÑILERÍA SIMPLE										
TIPO DE LADRILLO		LADRILLO ARTESANAL (BASE)										
ITEM	ELEMENTO	FECHA DE MUESTREO	EDAD (días)	FECHA DE ROTURA	ANCHO (CM)	LARGO (CM)	ALTO (CM)	TIPO DE ROTURA (*)	CARGA (KN)	CARGA (KG)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (KG/CM <sup>2</sup> )
	ESTRUCTURA											
1	PILA DE ALBAÑILERÍA CON MORTERO 1:4	21/06/2021	28	19/07/2021	12.55	22.20	26.55	2	83.55	8520.00	278.61	30.58
2	PILA DE ALBAÑILERÍA CON MORTERO 1:4	21/06/2021	28	19/07/2021	12.65	22.30	26.30	6	85.91	8760.00	282.10	31.05
3	PILA DE ALBAÑILERÍA CON MORTERO 1:4	21/06/2021	28	19/07/2021	12.50	22.10	26.45	2	83.16	8480.00	276.25	30.70
PROMEDIO:												30.78
<p><b>TIPO DE ROTURA (*)</b></p>												
<p><b>OBSERVACIONES:</b> LOS LADRILLOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE, EL LABORATORIO SOLO REALIZÓ EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE LOS PRISMAS, SE ENSAYARON LOS PRISMAS CON LAS SUPERFICIE REPRENTADO CON YESO Y/O CEMENTO SEGÚN LO INDICADO POR EL SOLICITANTE.</p>												
<p>LABORATORIO INGENIERÍA &amp; CONSTRUCCIÓN SAC Erlin Clavo Rimarachin LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO</p>				<p>LABORATORIO INGENIERÍA &amp; CONSTRUCCIÓN SAC Geremias Rimarachin Rimarachin INGENIERO</p>								

**Anexo 51. Ficha de “resistencia en compresión de prismas” de ladrillos al 1%**

**CR**

		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO							CÓDIGO:	RCP-A-13			
		RESISTENCIA EN COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA							VERSIÓN:	01			
		NTP 399.605							PAGINA:	1 DE 1			
PROYECTO :		EVALUACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES ADICIONANDO RESIDUOS DE CARTÓN, CHOTA											
UBICACIÓN :		DISTRITO DE CHOTA, PROVINCIA DE CHOTA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA											
SOLICITANTE :		JOSÉ ISMAËL BENAVIDES CIEZA											
FECHA :		20/07/2021											
ELEMENTO (S)		PILAS DE ALBAÑILERÍA SIMPLE											
TIPO DE LADRILLO		LADRILLO ARTESANAL CON ADICIÓN DEL 1% DE CARTÓN RECICLADO											
ITEM	ELEMENTO	FECHA DE	EDAD	FECHA DE	ANCHO	LARGO	ALTO	TIPO DE ROTURA (*)	CARGA	CARGA	ÁREA	RESISTENCIA	
	ESTRUCTURA	MUESTREO	(días)	ROTURA	(CM)	(CM)	(CM)		(KN)	(KG)	(mm2)	KG/CM2	
1	PILA DE ALBAÑILERÍA CON MORTERO 1:4	22/06/2021	28	20/07/2021	12.60	22.10	26.25	6	84.83	9850.00	278.46	31.06	
2	PILA DE ALBAÑILERÍA CON MORTERO 1:4	22/06/2021	28	20/07/2021	12.45	22.40	26.65	6	81.98	8360.00	278.88	29.98	
3	PILA DE ALBAÑILERÍA CON MORTERO 1:4	22/06/2021	28	20/07/2021	12.50	22.00	26.50	2	82.77	8440.00	275.00	30.69	
PROMEDIO:												30.58	
<p><b>TIPO DE ROTURA (*)</b></p> 													
<p><b>OBSERVACIONES:</b> LOS LADRILLOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE, EL LABORATORIO SOLO REALIZÓ EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE LOS PRISMAS, SE ENSAYARON LOS PRISMAS CON LAS SUPERFICIE REFRENTADO CON YESO Y/O CEMENTO SEGÚN LO INDICADO POR EL SOLICITANTE.</p>													
 LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC Erlin Clavo Rímarachín LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO				 LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC Gerentes Rímarachín Rímarachín									

## Anexo 52. Ficha de “compresión diagonal en muretes” de ladrillos patrón

	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	Código	SGC-F-28
	<b>ENSAYO A LA RESISTENCIA DE COMPRESION DIAGONAL EN MURETES DE ALBAÑILERIA NTP 399.621</b>	Versión	01
		Página	1 DE 1

Proyecto : "EVALUACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES ADICIONANDO RESIDUOS DE CARTÓN, CHOTA"

Ubicación : CHOTA

Solicitante : JOSÉ ISMAÉL BENAVIDES CIEZA

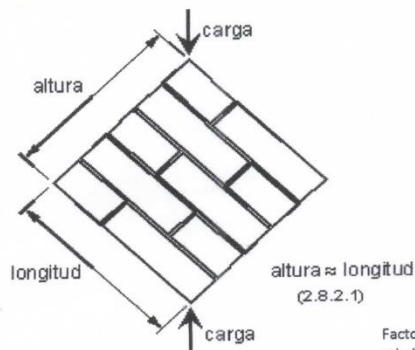
TIPO DE LADRILLO : LADRILLO BASE

Fecha : 09/08/2021

FABRICACIÓN

MARCA

N° MUESTRA	UNIDAD DIMENSIONES PROMEDIO (cm)			Diagonal Principal (cm)	ÁREA DIAGONAL (cm <sup>2</sup> ) (A diag.)	CARGA MÁX. (kg) (W)	RESISTENCIA AL CORTE OBTENIDA	
	LARGO	ANCHO	ALTO				kg/cm <sup>2</sup>	Kpa
DOSIFICACION 1:4	68.50	12.70	63.80	93.61	1188.84	4273	3.8	3.70E+02
DOSIFICACION 1:4	65.00	12.50	63.00	90.52	1131.51	4350	4.0	3.96E+02
DOSIFICACION 1:4	66.50	12.60	62.50	91.26	1149.88	4250	3.9	3.81E+02
PROMEDIO $\bar{V}_m$							3.9	3.82E+02
DESV. ESTANDAR (S)							0.1	12.95
<b>V'm</b>							<b>3.8</b>	<b>3.69E+02</b>



FÓRMULAS:

$$V'm = \bar{V}_m - S \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$V_m = \frac{W * (F. Edad)}{A_{diag.}} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

DONDE:

$V'm$  = Resistencia a la Compresión Diagonal ó al Corte del espécimen, Kg/cm<sup>2</sup>.

$\bar{V}_m$  = Resistencia al Corte Puro del espécimen, Kg/cm<sup>2</sup>.

S = Desviación Estandar del espécimen, Kg/cm<sup>2</sup>.

W = Máxima carga en Kg, indicada por la máquina de ensayo.

A diag. = Promedio del área Diagonal en cm<sup>2</sup>.

1MPa = 10.2 kg/cm<sup>2</sup>

Observ.

Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo de Resistencia ala corte.

Se ensayaron Muretes, con esquinas refrentado con yeso cemento.


Según lo indicado por el solicitante.


**LABORATORIO  
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC**  
*Erlin Clav Rimarachin*  
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


**LABORATORIO  
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC**  
*Geremias Rimarachin Rimarachin*  
 INGENIERO



**Anexo 53. Ficha de “compresión diagonal en muretes” de ladrillos con 1% de CR**

	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	Código	SGC-F-28
	<b>ENSAYO A LA RESISTENCIA DE COMPRESION DIAGONAL EN MURETES DE ALBAÑILERIA NTP 399.621</b>	Versión	01
		Página	1 DE 1

Proyecto : "EVALUACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES ADICIONANDO RESIDUOS DE CARTÓN, CHOTA"

Ubicación : CHOTA

Solicitante : JOSÉ ISMAÉL BENAVIDES CIEZA

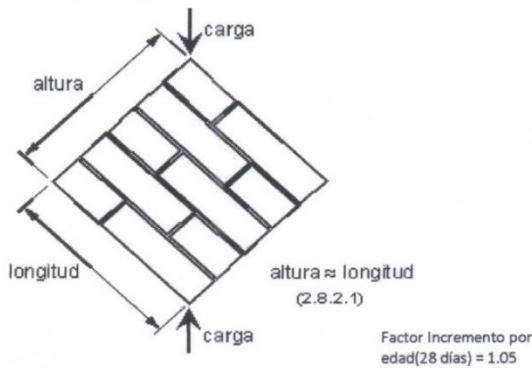
TIPO DE LADRILLO : LADRILLO 1% C.R

Fecha : 09/08/2021

FABRICACIÓN

MARCA

N° MUESTRA	UNIDAD DIMENSIONES PROMEDIO (cm)			Diagonal Principal (cm)	ÁREA DIAGONAL (cm <sup>2</sup> ) (A diag.)	CARGA MÁX. (Kg) (W)	RESISTENCIA AL CORTE OBTENIDA	
	LARGO	ANCHO	ALTO				kg/cm <sup>2</sup>	Kpa
DOSIFICACION 1:4	64.00	12.40	60.00	87.73	1087.81	4199	4.1	3.97E+02
DOSIFICACION 1:4	65.00	12.65	60.50	88.80	1123.31	4400	4.1	4.03E+02
DOSIFICACION 1:4	65.50	12.50	61.00	89.51	1118.82	4425	4.2	4.07E+02
PROMEDIO ( $\bar{V}_m$ )							4.1	4.03E+02
DESV. ESTANDAR (S)							0.1	4.92
<b>V'm</b>							<b>4.1</b>	<b>3.98E+02</b>



FÓRMULAS:

$$V'm = \bar{V}_m - S \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$V_m = \frac{W * (F. Edad)}{A_{diag.}} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

DONDE:

$V_m$  = Resistencia a la Compresión Diagonal ó al Corte del espécimen, Kg/cm<sup>2</sup>.

$\bar{V}_m$  = Resistencia al Corte Puro del espécimen, Kg/cm<sup>2</sup>.

S = Desviación Estandar del espécimen, Kg/cm<sup>2</sup>.

W= Máxima carga en Kg, indicada por la máquina de ensayo.

A diag. = Promedio del área Diagonal en cm<sup>2</sup>.

1MPa = 10.2 kg/cm<sup>2</sup>

Observ.

Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo de Resistencia ala corte.



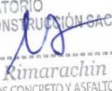

Se ensayaron Muretes, con esquinas refrentado con yeso cemento.

Según lo indicado por el solicitante.

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC  
  
 Ertin Clavo Rimarachin  
 LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC  
  
 Geremias Rimarachin  
 INGENIERO EN CIVIL

**Anexo 54. Ficha de “compresión de testigos” cúbicos de mortero**

		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO										
		RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTEROS DE CUBOS DE 50 mm DE LADO										
		NORMA NTP 334.051										
SOLICITANTE: JOSÉ ISMAÉL BENAVIDES CIEZA				PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES ADICIONANDO RESIDUOS DE CARTÓN, CHOTA"							Fecha: 20-07-2021	
ELEMENTO (s)		CUBOS DE 50 mm DE LADO										
f'c (Kg/cm2)		ADITIVO 1										
ITEM	ELEMENTO	FECHA DE MUESTREO	EDAD (días)	FECHA DE ROTURA	ANCHO	LARGO	PESO	TIPO DE ROTURA (*)	CARGA (KN)	CARGA (KG)	ÁREA (mm2)	CARGA (GK/CM2)
					(CM)	(CM)	(g)					
1	CUBOS DE 50 mm LADO	22-jun.-21	28	20-jul.-21	5.04	5.10	270	5	25.49	2599.22	25.7	101.1
2	CUBOS DE 50 mm LADO	22-jun.-21	28	20-jul.-21	5.03	5.06	260	6	22.90	2335.11	25.5	91.7
3	CUBOS DE 50 mm LADO	22-jun.-21	28	20-jul.-21	5.05	5.07	265	3	23.75	2421.79	25.6	94.6
4	CUBOS DE 50 mm LADO	22-jun.-21	28	20-jul.-21	5.05	5.08	256	5	24.16	2463.60	25.7	96.0
5	CUBOS DE 50 mm LADO	22-jun.-21	28	20-jul.-21	5.02	5.05	263	3	22.20	2263.73	25.4	89.3
<b>PROMEDIO:</b>											<b>94.6</b>	
OBSERVACIONES: LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA, FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE								(*) TIPO DE ROTURA				
								ASTM C39				
 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC Erlin Clavo Rimarachin LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO				 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC Germinas Rimarachin Rimarachin INGENIERO								