



Universidad
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de
Ingeniería Civil

Tesis

Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería artesanales e industriales y la influencia en su clasificación estructural en la ciudad de Huancayo, año 2017

Noemi Belinda Riveros Izarra

Huancayo, 2019

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Civil



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haber guiado y protegido mi camino en todo aspecto.

A mi familia por su apoyo incondicional, comprensión, cariño y motivación constante para el logro de cada una de mis metas.

A mi asesora Nancy Montañez, por haberme brindado su apoyo y dedicación en la realización de este trabajo de investigación.

A todas aquellas personas, amigos y colegas, que de alguna manera influyeron para culminar el presente trabajo.

DEDICATORIA

A Dios, por guiar mis pasos. A mis padres Edgar y Juana, por la paciencia brindada. A mis hermanas Edith y Zully por su apoyo incondicional y en especial a mi hijo Ludwing, quien es mi mayor motivación del día a día.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA	iii
INDICE DE CONTENIDO	iv
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS.....	xv
LISTA DE FOTOGRAFÍAS	xvi
RESUMEN.....	xix
SUMARY	xx
INTRODUCCIÓN.....	xxi
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.2. Formulación del problema.....	8
1.1.2.1. Problema General.....	8
1.1.2.2. Problemas específicos	8
1.2. Objetivos	9
1.2.1. Objetivo general.....	9
1.2.2. Objetivos específicos	9
1.3. Justificación	9
1.4. Hipótesis	10
1.4.1. Hipótesis general	10
1.4.2. Hipótesis específica	10
1.5. Variables	10
1.5.1. Variable independiente.....	10

1.5.2. Variable dependiente	10
CAPÍTULO II.....	11
MARCO TEÓRICO	11
2.1. Antecedentes de la investigación	11
2.1.1. Antecedentes internacionales	11
2.1.2. Antecedentes nacionales	12
2.1.3. Antecedentes locales	14
2.2. Bases teóricas.....	15
2.2.1. Unidades de albañilería.....	15
2.2.2. La arcilla como materia prima	16
2.2.2.1. La arcilla	16
2.2.2.2. Componentes de la arcilla en ladrillos.....	16
2.2.2.3. Propiedades físicas de la arcilla	17
2.2.2.4. Propiedades de la arcilla en la construcción.....	17
2.2.3. Unidades de albañilería artesanales	18
2.2.3.1. Definición	18
2.2.3.2. Proceso de fabricación.....	18
2.2.3.3. Ventajas y desventajas de las unidades de albañilería artesanales	25
2.1.1. Unidades industriales.....	26
2.1.1.1. Concepto	26
2.1.1.2. Proceso de fabricación.....	26
2.1.1.3. Ventajas y desventajas de las unidades de albañilería industriales.....	28
2.1.2. Propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería	28
2.1.2.1. Propiedades físicas de la unidad de albañilería	28
2.1.2.2. Propiedades mecánicas de la unidad de albañilería.....	29
2.1.3. Ensayos físicos clasificatorios para fines estructurales	29
2.1.3.1. Variación dimensional	29
2.1.3.2. Alabeo.....	31

2.1.4.	Ensayo físico no clasificatorio para fines estructurales.....	31
2.1.4.1.	Absorción.....	31
2.1.5.	Ensayos mecánicos clasificatorios para fines estructurales	32
2.1.6.	Normativas.....	32
2.1.6.1.	Resistencia a la compresión	32
2.1.6.2.	Reglamento nacional de edificaciones – Norma de albañilería E-070	33
2.1.6.3.	Normas Técnicas Peruanas	34
CAPÍTULO III.....		36
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		36
3.1.	Métodos y alcance de la investigación	36
3.1.1.	Método de la investigación.....	36
3.1.2.	Enfoque de la investigación.....	36
3.1.3.	Alcances de la investigación	36
3.2.	Diseño de la investigación.....	36
3.3.	Población y muestra.....	37
3.2.1.	Población	37
3.2.2.	Muestra	37
3.2.2.1.	Ubicación de fábricas de unidades de albañilería artesanal:	40
3.2.2.2.	Ubicación de tiendas de distribución de unidades de albañilería industrial:	
	44	
CAPITULO IV		46
DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN		46
4.1.	Ensayos clasificatorios de la arcilla	46
4.1.1.	Análisis granulométrico	46
4.1.2.	Límites de consistencia.....	48
4.1.2.1.	Límite plástico	48
4.1.2.2.	Límite líquido.....	49

4.2. Identificación de diferencias en el proceso de fabricación de la unidad de albañilería artesanal.....	51
4.2.1. Ladrilleras	51
4.2.2. Tipo de materia prima	51
4.2.3. Dosificación de aserrín.....	52
4.2.4. Tipo de gabera.....	52
4.2.5. Cantidad de días de cocción	53
4.3. Ensayos clasificatorios realizados a la unidad de albañilería artesanal e industrial	53
4.3.1. Variación dimensional	53
4.3.2. Alabeo.....	56
4.3.3. Ensayo a la compresión	56
4.4. Ensayos no clasificatorios realizados a la unidad de albañilería.....	58
4.4.1. Absorción.....	59
4.4.2. Ensayo a la compresión - pilas (f'm)	60
CAPITULO V	63
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
5.1. Resultados de la clasificación de arcilla de ladrillos artesanales	63
5.1.1. Cullpa Alta.....	63
5.1.2. Hualhuas.....	64
5.1.3. San Agustín de Cajas.....	64
5.1.4. San Jerónimo.....	65
5.2. Resultados de variación dimensional	65
5.3. Resultados de variación dimensional de los ladrillos artesanales.....	65
5.3.1. Resultados del ladrillo artesanal Cullpa Alta.....	65
5.3.2. Resultados del ladrillo artesanal Hualhuas.....	67
5.3.3. Resultados del ladrillo artesanal San Agustín de Cajas.....	68
5.3.4. Resultados del ladrillo artesanal San Jerónimo	70

5.4.	Resultados de variación dimensional de los ladrillos industriales	72
5.4.1.	Resultados del ladrillo industrial - fortaleza	72
5.4.2.	Resultados de ladrillos Lark	74
5.4.3.	Resultados de ladrillos Pirámide	75
5.4.4.	Resultados de ladrillos Rex.....	76
5.5.	Resultado del ensayo de Alabeo	78
5.5.1.	Resultados del alabeo en ladrillos artesanales.....	78
5.5.2.	Resultados del alabeo de los ladrillos industriales.....	80
5.6.	Resultado del ensayo de absorción.....	81
5.6.1.	Resultados del ladrillo artesanal.....	81
5.6.2.	Resultados del ladrillo industrial	82
5.7.	Ensayo a la compresión f´b.....	84
5.7.1.	Resultados del ladrillo artesanal.....	84
5.7.2.	Resultados de los ladrillos industriales.....	86
5.8.	Ensayo a la compresión –pilas (f´m)	88
5.8.1.	Resultados del ladrillo artesanal.....	88
5.8.2.	Resultados del ladrillo industrial	91
5.9.	Propuesta de mejora	93
5.9.1.	Proceso de elaboración.....	94
5.9.1.1.	Muestras	94
5.9.1.2.	Dosificación de especímenes.....	96
5.9.1.3.	Elaboración de gabera	97
5.9.1.4.	Proceso de fabricación.....	97
5.9.2.	Ensayos clasificatorios a la propuesta.....	99
5.9.2.1.	Variación dimensional	99
5.9.2.2.	Alabeo.....	107
5.9.2.3.	Ensayo de resistencia a la compresión	110
5.9.3.	Resultados	114

CONCLUSIONES	116
RECOMENDACIONES	119
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	121
ANEXOS.....	123

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.interpretación de preguntas del cuestionario	6
tabla 2.ventajas y desventajas de las unidades artesanales	25
tabla 3. Ventajas y desventajas de las unidades industriales	28
tabla 4. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales	34
tabla 5. Requisitos obligatorios para la clasificación estructural	34
tabla 6. Fábricas de muestras de ladrillo artesanal	37
tabla 7. Marcas de las muestras de ladrillo industrial	39
tabla 8. Procedimiento del ensayo de granulometría a la arcilla.....	47
tabla 9. Procedimiento del ensayo de límite plástico de la arcilla	49
tabla 10. Procedimiento del ensayo de límite líquido de la arcilla.....	50
tabla 11. Costo de producción por ladrillera	51
tabla 12. Color de arcilla por ladrillera.....	51
tabla 13. Dosificación de aserrín por ladrillera	52
tabla 14. Medidas de gavera por ladrillera	52
tabla 15. Resultado granulométrico y límite de consistencia-cullpa alta	63
tabla 16. Resultado granulométrico y límite de consistencia-hualhuas.....	64
tabla 17. Resultado granulométrico y límite de consistencia-cajas.....	64
tabla 18. Resultado granulométrico y límite de consistencia-san jerónimo.....	65
tabla 19. Resultados de la variación dimensional de la longitud- cullpa alta.....	66
tabla 20. Resultados de la variación dimensional del ancho- cullpa alta	66
tabla 21. Resultados de la variación dimensional de la altura - cullpa alta	67
tabla 22. Resultados de la variación dimensional de la longitud- hualhuas	67
tabla 23. Resultados de la variación dimensional del ancho- hualhuas.....	68
tabla 24. Resultados de la variación dimensional de la altura- hualhuas.....	68
tabla 25. Resultados de la variación dimensional de la longitud- cajas	69

tabla 26. Resultados de la variación dimensional del ancho- cajas	69
tabla 27. Resultados de la variación dimensional de la altura- cajas.....	70
tabla 28. Resultados de la variación dimensional de la longitud- san jerónimo	70
tabla 29. Resultados de la variación dimensional del ancho- san jerónimo	71
tabla 30. Resultados de la variación dimensional de la altura- san jerónimo	71
tabla 31. Resumen de la variación dimensional del ladrillo artesanal.....	72
tabla 32. Junta de separación por ladrillera artesanal	72
tabla 33. Resultados de la variación dimensional de la longitud- fortaleza	73
tabla 34. Resultados de la variación dimensional del ancho - fortaleza.....	73
tabla 35. Resultados de la variación dimensional de la altura- fortaleza.....	73
tabla 36. Resultados de la variación dimensional de la longitud- lark.....	74
tabla 37. Resultados de la variación dimensional del ancho- fortaleza.....	74
tabla 38. Resultados de la variación dimensional de la altura- fortaleza.....	75
tabla 39. Resultados de la variación dimensional de la longitud- pirámide	75
tabla 40. Resultados de la variación dimensional del ancho - pirámide.....	76
tabla 41. Resultados de la variación dimensional de la altura- pirámide.....	76
tabla 42. Resultados de la variación dimensional de la longitud- rex.....	77
tabla 43. Resultados de la variación dimensional del ancho- rex	77
tabla 44. Resultados de la variación dimensional de la altura- rex	77
tabla 45. Resumen de la variación dimensional del ladrillo industrial	78
tabla 46. Junta de separación para el ladrillo industrial.....	78
tabla 47. Resultados de alabeo- culpa alta.....	79
tabla 48. Resultados de alabeo- hualhuas	79
tabla 49. Resultados de alabeo- cajas	79
tabla 50. Resultados de alabeo- san jerónimo	80
tabla 51. Resumen del ensayo de alabeo del ladrillo artesanal.....	80
tabla 52. Resumen del ensayo de alabeo del ladrillo industrial	81

tabla 53. Ensayo de absorción- culpa alta.....	81
tabla 54. Ensayo de absorción-hualhuas	81
tabla 55. Ensayo de absorción-cajas	82
tabla 56. Ensayo de absorción-san jerónimo	82
tabla 57. Resumen del ensayo de absorción del ladrillo artesanal	82
tabla 58. Ensayo de absorción-fortaleza	83
tabla 59. Ensayo de absorción-lark.....	83
tabla 60. Ensayo de absorción-pirámide	83
tabla 61. Ensayo de absorción-rex.....	83
tabla 62. Resumen del ensayo de alabeo del ladrillo industrial	84
tabla 63. Resistencia a compresión axial f´b- culpa alta	84
tabla 64. Resistencia a compresión axial f´b-hualhuas.....	85
tabla 65. Resistencia a compresión axial f´b-cajas.....	85
tabla 66. Resistencia a compresión axial f´b- san jerónimo.....	85
tabla 67. Resumen del ensayo de compresión axial f´b del ladrillo artesanal	86
tabla 68. Resistencia a compresión axial f´b- fortaleza	86
tabla 69. Resistencia a compresión axial f´b-lark	87
tabla 70. Resistencia a compresión axial f´b-pirámide	87
tabla 71. Resistencia a compresión axial f´b- rex.....	87
tabla 72. Resumen del ensayo de compresión axial f´b del ladrillo industrial	88
tabla 73. Resistencia a la compresión axial f´m- culpa alta	89
tabla 74. Resistencia a la compresión axial f´m-hualhuas.....	89
tabla 75. Resistencia a la compresión axial f´m-cajas.....	89
tabla 76. Resistencia a la compresión axial f´m-san jerónimo	89
tabla 77. Resumen del ensayo de compresión axial f´m- ladrillo artesanal	90
tabla 78. Resistencia a la compresión axial f´m-fortaleza.....	91
tabla 79. Resistencia a la compresión axial f´m-lark.....	91

tabla 80. Resistencia a la compresión axial f'_m -pirámide.....	92
tabla 81. Resistencia a la compresión axial f'_m -rex	92
tabla 82. Resumen del ensayo de compresión axial f'_m -ladrillo industrial.....	92
tabla 83. Propuesta de mejora de calidad de la unidad de albañilería.....	94
tabla 84. Ubicación de la unidad de albañilería en el horno	95
tabla 85. Resultados de la variación dimensional longitud- propuesta 1.1.....	100
tabla 86. Resultados de la variación dimensional ancho- propuesta 1.1	100
tabla 87. Resultados de la variación dimensional altura- propuesta 1.1	101
tabla 88. Resultados de la variación dimensional longitud- propuesta 1.2.....	101
tabla 89. Resultados de la variación dimensional ancho- propuesta 1.2	102
tabla 90. Resultados de la variación dimensional altura- propuesta 1.2	102
tabla 91. Resultados de la variación dimensional longitud- propuesta 1.3.....	103
tabla 92. Resultados de la variación dimensional ancho- propuesta 1.3	103
tabla 93. Resultados de la variación dimensional altura- propuesta 1.3	104
tabla 94. Resultados de la variación dimensional longitud- propuesta 2	104
tabla 95. Resultados de la variación dimensional ancho- propuesta 2	105
tabla 96. Resultados de la variación dimensional altura- propuesta 2	105
tabla 97. Resultados de la variación dimensional longitud- propuesta 3	106
tabla 98. Resultados de la variación dimensional ancho- propuesta 3	106
tabla 99. Resultados de la variación dimensional altura- propuesta 3.....	107
tabla 100. Resultados del ensayo de alabeo- propuesta 1.1	108
tabla 101. Resultados del ensayo de alabeo- propuesta 1.2.....	108
tabla 102. Resultados del ensayo de alabeo- propuesta 1.3.....	109
tabla 103. Resultados del ensayo de alabeo- propuesta 2.....	109
tabla 104. Resultados del ensayo de alabeo- propuesta 3.....	110
tabla 105. Resultados de la resistencia a la compresión axial f'_b - propuesta 1.1.....	112
tabla 106. Resultados de la resistencia a la compresión axial f'_b - propuesta 1.2.....	112

tabla 107. Resultados de la resistencia a la compresión axial f'_b - propuesta 1.3.....	113
tabla 108. Resultados de la resistencia a la compresión axial f'_b - propuesta 2.....	113
tabla 109. Resultados de la resistencia a la compresión axial f'_b - propuesta 3.....	114
tabla 110. Resumen del ensayo de variación dimensional -propuesta	114
tabla 111. Resumen del ensayo de alabeo -propuesta	115
tabla 112. Resistencia a la compresión axial (f'_b) -propuesta	115

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tasa de crecimiento promedio anual de viviendas con material noble predominante en las paredes exteriores en el departamento de junín.	2
Figura 2. Porcentaje acumulado de viviendas con material noble predominante en las paredes exteriores en la provincia de huancayo.	2
Figura 3. Ladrillo industrial king kong 18 huecos.....	8
Figura 4. Proceso de fabricación del ladrillo artesanal.	19
Figura 5. Proceso de fabricación de ladrillo industrial.	26
Figura 6. Dimensión de la unidad de albañilería.	30
Figura 7. Instrumento de medición -bernier.....	54
Figura 8. Cuñas para el ensayo de alabeo.....	56
Figura 9.proceso de fabricación de ladrillo artesanal propuesta.....	98

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1.EDIFICACIÓN DE 5 NIVELES CON UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL.....	3
FOTOGRAFÍA 2. EDIFICACIÓN DE 4 NIVELES CON UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL	3
FOTOGRAFÍA 3.LADRILLERA PALIAN 2004	4
FOTOGRAFÍA 4. LUGAR ACTUAL PALIAN (ANTES LADRILLERA)	4
FOTOGRAFÍA 5. LADRILLERA CULPA ALTA	5
FOTOGRAFÍA 6. LADRILLERA CAJAS	7
FOTOGRAFÍA 7. LADRILLERA HUALHUAS.....	7
FOTOGRAFÍA 8. MATERIA PRIMA CULLPA ALTA.	20
FOTOGRAFÍA 9. MATERIA PRIMA HUALHUAS.	20
FOTOGRAFÍA 10. MATERIA PRIMA CAJAS.....	21
FOTOGRAFÍA 11. MATERIA PRIMA SAN JERÓNIMO.....	21
FOTOGRAFÍA 12. FORMADO DE LADRILLOS CAJAS.	22
FOTOGRAFÍA 13. FORMADO DE LADRILLOS SAN JERÓNIMO.	22
FOTOGRAFÍA 14. FORMADO DE LADRILLOS HUALHUAS.	22
FOTOGRAFÍA 15. FORMADO DE LADRILLOS CULLPA ALTA.	22
FOTOGRAFÍA 16. SECADO DE LADRILLOS (ARRUMADO).....	23
FOTOGRAFÍA 17. APILONADO DE LADRILLOS.....	23
FOTOGRAFÍA 18. . QUEMADO DE LADRILLOS.....	24
FOTOGRAFÍA 19. PRODUCTO LISTO PARA LA COMERCIALIZACIÓN.....	24
FOTOGRAFÍA 20. ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	33
FOTOGRAFÍA 21. MUESTRA DE LADRILLOS ARTESANALES- SAÑO.	38
FOTOGRAFÍA 22. MUESTRA DE LADRILLOS ARTESANALES –SAN JERÓNIMO.	38
FOTOGRAFÍA 23. MUESTRA DE LADRILLOS INDUSTRIALES – LADRILLO PIRÁMIDE.	39
FOTOGRAFÍA 24. MUESTRA DE LADRILLOS INDUSTRIALES – LADRILLOS REX.	40

FOTOGRAFÍA 25. IMAGEN SATELITAL DE LA UBICACIÓN DE LA MUESTRA N° 1 - LADRILLERA CULLPA ALTA.	40
FOTOGRAFÍA 26. LADRILLERA DE CULLPA ALTA.	41
FOTOGRAFÍA 27. UBICACIÓN DE MUESTRA N° 1 - LADRILLERA CULLPA ALTA.	41
FOTOGRAFÍA 28. IMAGEN SATELITAL DE LA UBICACIÓN DE MUESTRA N° 2 - LADRILLERA HUALHUAS.	41
FOTOGRAFÍA 29. UBICACIÓN DE MUESTRA N° 2 - LADRILLERA HUALHUAS.	42
FOTOGRAFÍA 30. LADRILLERA DE HUALHUAS.	42
FOTOGRAFÍA 31. IMAGEN SATELITAL DE LA UBICACIÓN DE MUESTRA N° 3 - LADRILLERA CAJAS.	42
FOTOGRAFÍA 32. UBICACIÓN DE MUESTRA N° 3 - LADRILLERA CAJAS.	43
FOTOGRAFÍA 33. LADRILLERA DE SAN AGUSTÍN DE CAJAS.	43
FOTOGRAFÍA 34. IMAGEN SATELITAL DE LA UBICACIÓN DE MUESTRA N° 4 - LADRILLERA HUALHUAS.	43
FOTOGRAFÍA 35. UBICACIÓN DE MUESTRA N° 4 - LADRILLERA SAN JERÓNIMO.	44
FOTOGRAFÍA 36. LADRILLERA DE SAN JERÓNIMO.	44
FOTOGRAFÍA 37. IMAGEN SATELITAL DE LA UBICACIÓN DE MUESTRA - LADRILLEROS INDUSTRIALES.	44
FOTOGRAFÍA 38. MUESTRA DE LADRILLO INDUSTRIAL – LADRILLOS FORTALEZA.	45
FOTOGRAFÍA 39. MUESTRA DE LADRILLO INDUSTRIAL – LADRILLOS LARK.	45
FOTOGRAFÍA 40. GABERA (MOLDE DE LADRILLO).	53
FOTOGRAFÍA 41. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA.	54
FOTOGRAFÍA 42, UNIDAD DE ALBAÑILERÍA SOMETIDA A MEDICIÓN.	55
FOTOGRAFÍA 43. REFRENTADO CON YESO DEL LADRILLO ARTESANAL.	57
FOTOGRAFÍA 44. REFRENTADO CON YESO DEL LADRILLO INDUSTRIAL.	57
FOTOGRAFÍA 45. ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLO ARTESANAL.	58
FOTOGRAFÍA 46. ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLO INDUSTRIAL.	58
FOTOGRAFÍA 47. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL SOMETIDA A LA ABSORCIÓN.	59

FOTOGRAFÍA 48. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA INDUSTRIAL SOMETIDA A LA ABSORCIÓN	60
FOTOGRAFÍA 49. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL EN PILAS.	60
FOTOGRAFÍA 50. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA INDUSTRIAL EN PILAS.	61
FOTOGRAFÍA 51. PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL SOMETIDA A COMPRESIÓN.	61
FOTOGRAFÍA 52. PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL SOMETIDA A COMPRESIÓN	61
FOTOGRAFÍA 53. FALLA DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA INDUSTRIAL.....	62
FOTOGRAFÍA 54.FALLA POR TRITURACIÓN- PILA DE UNIDADES ARTESANALES	90
FOTOGRAFÍA 55.FALLA POR TRITURACIÓN - UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ARTESANALES	91
FOTOGRAFÍA 56.FALLAS DE LAS PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA INDUSTRIAL.....	93
FOTOGRAFÍA 57.FALLA FRÁGIL DE LAS PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA INDUSTRIAL	93
FOTOGRAFÍA 58.UNIDADES PROPUESTAS	94
FOTOGRAFÍA 59.UNIDADES PROPUESTAS UBICADAS EN LA PARTE INFERIOR DEL HORNO	95
FOTOGRAFÍA 60.UNIDADES PROPUESTAS UBICADAS EN LA PARTE MEDIA DEL HORNO	95
FOTOGRAFÍA 61. UNIDADES PROPUESTAS UBICADAS EN LA PARTE SUPERIOR HORNO	96
FOTOGRAFÍA 62.DOSIFICACIÓN DE MATERIALES(ARCILLA Y ASERRÍN).....	96
FOTOGRAFÍA 63.PROPOSTA DE GABERA.....	97
FOTOGRAFÍA 64.UNIDAD DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL PROPUESTA –VARIACIÓN DIMENSIONAL	99
FOTOGRAFÍA 65.UNIDAD DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL PROPUESTA SOMETIDA A ALABEO	107
FOTOGRAFÍA 66.UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL PROPUESTA	110
FOTOGRAFÍA 67.UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL PROPUESTA SOMETIDA A CAPPING.	111
FOTOGRAFÍA 68.UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL PROPUESTA SOMETIDA A COMPRESIÓN	111

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo determinar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería artesanales e industriales y la influencia en su clasificación estructural según la Norma E.070, en la ciudad de Huancayo.

Para tal fin, se tomó como muestras, productos (unidades de albañilería) fabricados en cuatro ladrilleras artesanales de distinta procedencia (Cullpa Alta, Hualhuas, San Agustín de Cajas y San Jerónimo) y productos de cuatro marcas de ladrillos industriales (Fortaleza, Lark, Pirámide y Rex), los cuales fueron sometidos a los ensayos clasificatorios (variación dimensional, alabeo y resistencia a la compresión) especificados en la Norma E.070, siguiendo el procedimiento adecuado descrito en las Normas Técnicas Peruanas 399.613 y 399.604.

Del análisis a los ensayos realizados, se observa que en cada lugar de estudio existen distintas técnicas de fabricación, difiriendo en materia prima, control de calidad en el proceso de producción, identificándose como problema principal la uniformidad de la temperatura de cocción el cual influye significativamente en la resistencia a la compresión.

Se concluye que las unidades de las diferentes fábricas artesanales, no cumplen con la clasificación estructural, donde sólo dos ladrilleras ubicadas en los distritos de Cajas y Cullpa Alta tienden a clasificar como tipo I. En cuanto a los productos industriales, los ladrillos Rex, clasifican como tipo III, Pirámide y Fortaleza como tipo IV y Lark como tipo V. De estas unidades es importante resaltar que todas superan el 30% el área de vacíos, por ende, son consideradas como unidades huecas. .

Como aporte al estudio, se propone una nueva alternativa, en la que se modificó la proporción de materiales y forma, de ésta manera se mejoró la resistencia a la compresión y se consiguió que la unidad de albañilería clasifique estructuralmente.

SUMARY

The objective of this research is to determine the physical and mechanical properties of the artisanal and industrial masonry units and the influence on their structural classification according to the E.070 Standard, in the city of Huancayo.

For this purpose, samples were taken as products (masonry units) manufactured in four artisan brick kilns from different sources (Cullpa Alta, Hualhuas, San Agustín de Cajas and San Jerónimo) and products from four brands of industrial bricks (Fortaleza, Lark, Pyramid and Rex), which were subjected to the qualifying tests (dimensional variation, warping and resistance to compression) specified in the E.070 Standard, following the appropriate procedure described in the Peruvian Technical Standards 399.613 and 399.604.

From the analysis to the tests carried out, it is observed that in each place of study there are different manufacturing techniques, differing in raw material, quality control in the production process, identifying as the main problem the uniformity of the cooking temperature which significantly influences in the resistance to compression.

It is concluded that the masonry units of the different artisan factories, do not comply with the structural classification, where only two brickworks located in the districts of Cajas and Cullpa Alta tend to classify as type I. As for the industrial products, the Rex bricks, classified as type III, Pyramid and Strength as type IV and Lark as type V. Of these units it is important to highlight that all of them exceed 30% the area of voids, therefore, they are considered as hollow units.

As a contribution to the study, a new alternative was proposed, in which the proportion of materials and shape was modified, in this way the resistance to compression was improved and the masonry unit was structurally classified.

INTRODUCCIÓN

En esta investigación se estudian las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería artesanales, fabricadas en la ciudad de Huancayo y las unidades de albañilería industriales que se expendien en la ciudad. También, se detallan las falencias observadas en el proceso de fabricación de las unidades artesanales, control de calidad y en qué medida afecta lo mencionado en la resistencia a la compresión, determinando así la influencia para la clasificación estructural.

Para tal fin la presente investigación se fragmenta en 6 capítulos en los que se desarrollan los siguientes temas:

Capítulo I: Planteamiento del estudio, objetivo, justificación, hipótesis y variables.

Capítulo II: Marco teórico, se presenta los antecedentes de la investigación y bases teóricas para su desarrollo.

Capítulo III: Método de la investigación, se describe el alcance y diseño de la investigación, población y muestra.

Capítulo IV: Elaboración de ensayos correspondientes a la materia prima y unidades de albañilería artesanales e industriales

Capítulo V: Análisis de resultados y propuesta como aporte al estudio

Finalizando esta tesis con el Capítulo VI con la formulación de conclusiones y recomendaciones.

La autora

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

En la región Junín, la construcción de albañilería confinada es el sistema estructural utilizado por la mayoría de los pobladores. Según los últimos resultados del censo 2017(figura 1), en la región Junín el tipo de material predominante en la construcción de viviendas es el material noble (albañilería) con un 49.7%, a comparación del año 2007 que fue 36%, dándose así una tasa de crecimiento anual de 4.6 %, lo que equivale a 5696 viviendas construidas al año.

En la provincia de Huancayo, específicamente las viviendas de albañilería aumentaron a 66.91% (figura 2). Estos resultados permiten aseverar que el crecimiento poblacional en la ciudad es considerable y que, debido a ese incremento las zonas que hace unos años eran consideradas zonas rurales, ahora se convierten en zonas urbanas, por ello es importante conocer la calidad de las unidades de albañilería con la que se construyen las viviendas.

PERÚ: VIVIENDAS PARTICULARES CON MATERIAL NOBLE PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES, SEGÚN DEPARTAMENTO, 2007 Y 2017								
(Absoluto y porcentaje)								
Departamento	Censo 2007		Censo 2017		Variación intercensal (2007-2017)		Incremento anual	Tasa de crecimiento promedio anual
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%		
Total	3 025 566	47,3	4 341 444	56,4	1 315 878	43,5	131 588	3,7
Amazonas	10 671	12,0	17 144	16,7	6 473	60,7	647	4,9
Ancash	81 844	32,9	115 987	39,2	34 143	41,7	3 414	3,5
Apurímac	8 695	8,3	25 224	20,9	16 529	190,1	1 653	11,2
Arequipa	226 006	78,9	312 212	81,9	86 206	38,1	8 621	3,3
Ayacucho	25 074	15,8	45 929	26,5	20 855	83,2	2 086	6,2
Cajamarca	46 967	14,4	83 632	22,2	36 665	78,1	3 667	5,9
Callao	136 684	68,8	184 290	75,3	47 606	34,8	4 761	3,0
Cusco	39 408	13,4	80 741	25,0	41 333	104,9	4 133	7,4
Huancavelica	6 008	5,4	13 062	12,7	7 054	117,4	705	8,1
Huánuco	36 047	20,5	55 278	29,1	19 231	53,3	1 923	4,4
Ica	74 488	44,4	153 558	69,3	79 070	106,2	7 907	7,5
Junín	104 032	36,2	160 989	49,7	56 957	54,7	5 696	4,5
La Libertad	128 302	35,2	203 977	46,2	75 675	59,0	7 568	4,7
Lambayeque	108 742	45,1	158 432	54,6	49 690	45,7	4 969	3,8
Lima	1 508 286	78,5	1 993 059	82,4	484 773	32,1	48 477	2,8
Loreto	49 520	29,0	67 872	35,8	18 352	37,1	1 835	3,2
Madre de Dios	8 611	32,5	21 408	54,4	12 797	148,6	1 280	9,5
Moquegua	25 941	54,5	34 306	60,8	8 365	32,2	837	2,8
Pasco	18 496	28,6	25 496	39,9	7 000	37,8	700	3,3
Piura	152 911	41,1	223 929	47,7	71 018	46,4	7 102	3,9
Puno	79 798	22,6	121 470	31,4	41 672	52,2	4 167	4,3
San Martín	52 526	31,3	103 957	49,3	51 431	97,9	5 143	7,1
Tacna	59 012	73,5	79 388	81,4	20 376	34,5	2 038	3,0
Tumbes	20 465	42,1	31 347	51,5	10 882	53,2	1 088	4,4
Ucayali	17 032	18,1	28 757	24,4	11 725	68,8	1 173	5,4
Provincia de Lima 1/	1 424 280	82,9	1 861 339	85,6	437 059	30,7	43 706	2,7
Región Lima 2/	84 006	41,2	131 720	54,2	47 714	56,8	4 771	4,6

Figura 1. Tasa de crecimiento promedio anual de viviendas con material noble predominante en las paredes exteriores en el departamento de Junín.

Fuente. INE

AREA # 1201		Departamento de Junín, prov. de Huancayo		
V: Material de construcción predominante en las paredes		Casos	%	Acumulado %
Ladrillo o bloque de cemento		91 048	66,91%	66,91%
Piedra o sillar con cal o cemento		211	0,16%	67,07%
Adobe		27 047	19,88%	86,95%
Tapia		16 197	11,90%	98,85%
Quincha (caña con barro)		131	0,10%	98,95%
Piedra con barro		327	0,24%	99,19%
Madera (pona, tornillo etc.)		425	0,31%	99,50%
Triplay / calamina / estera		682	0,50%	100,00%
Total		136 068	100,00%	100,00%

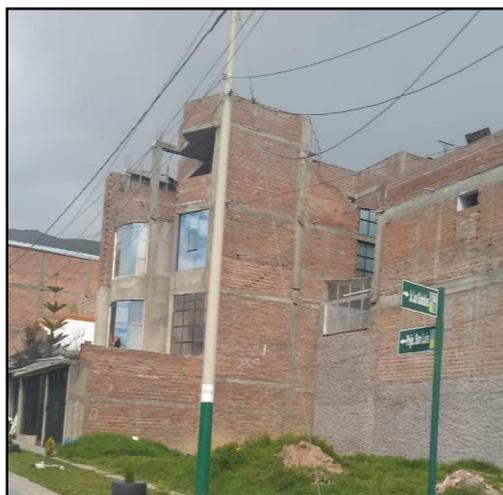
Figura 2. Porcentaje acumulado de viviendas con material noble predominante en las paredes exteriores en la provincia de Huancayo.

Fuente. INE

Asimismo, se observa en las fotografías 1 y 2, edificaciones en la ciudad de Huancayo construidas con unidades de albañilería artesanal, destacando que dichas edificaciones tienen más de 2 niveles, incumpliendo el parámetro del capítulo 3, artículo 5, ítem 5.3 de la Norma E.070 (norma vigente que considera 3 zonas sísmicas), en el que indica que para zonas sísmicas 2 y 3 se restringe el uso de la unidad de albañilería artesanal para muros portantes de hasta 2 pisos.



Fotografía 1. Edificación de 5 niveles con unidades de albañilería artesanal



Fotografía 2. Edificación de 4 niveles con unidades de albañilería artesanal

Del mismo modo, es necesario considerar que el crecimiento poblacional ha generado que las fábricas poco a poco tiendan a trasladarse a zonas aledañas o buscar otros lugares.

Hasta el año 2004, según el estudio de investigación de la ingeniera Rosa Aguirre, las ladrilleras que proveían unidades de arcilla eran las siguientes: Palian, Cajas, Saño y Jauja, a la fecha la producción de ladrillos ubicados en la zona de Palian ha disminuido considerablemente, debido al cambio de zonificación, ahora considerada urbana. En la fotografía 3 se muestra una de las fábricas de unidades de albañilería artesanal del distrito de Palian en el año 2004 y la fotografía 4 muestra la imagen actual de dicho lugar, ahora con presencia de edificaciones.



Fotografía 3. Ladrillera Palian 2004

Fuente: Tesis “Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín”. Pag.31



Fotografía 4. Lugar actual Palian (antes ladrillera)

Lo que conlleva que en la actualidad existan nuevas zonas de fabricación, entre ellas: Cullpa Alta y Cochabamba, zonas que utilizan una nueva materia prima y fabrican unidades con el mismo procedimiento ancestral, sectores que ahora poseen mayor acogida y de los cuales no existe aún estudios.

De esta manera se genera la incertidumbre, de conocer si las nuevas unidades de albañilería, presenten las propiedades físicas y mecánicas adecuadas según la Norma técnica E.070. En la fotografía 5 se aprecia una de las fábricas de ladrillo de Cullpa Alta.



Fotografía 5. Ladrillera Culpa Alta

La información recogida en campo mediante un cuestionario (anexo A) evidencia los inconvenientes y/o deficiencias que el productor presenta al momento de fabricar el ladrillo, resaltando que, debido a la alta informalidad de ladrilleras los fabricantes no tienen una capacitación técnica, tampoco conocen las características de sus productos, puesto que no fueron sometidos a ningún tipo de ensayo ni control de calidad, lo que conlleva a un desconocimiento de posibles errores realizados durante el proceso de fabricación. En la tabla 1 se muestran algunas interpretaciones importantes del cuestionario, sustentando lo mencionado líneas arriba.

Tabla 1. Interpretación de preguntas del cuestionario

Preguntas	N° de Fábricas encuestadas	Interpretación
1.-¿Qué materiales (materia prima u otros) se utiliza para la elaboración de un ladrillo?	20	La totalidad de personas encuestadas, de las zonas de: Cullpa Alta, Saño, Hualhuas y San Jerónimo, utilizan los materiales de arcilla y aserrín.
2.-¿Qué proporción de estos materiales(arcilla , aserrín y agua) se utiliza para la fabricación de 1 millar de ladrillos?	20	Las proporciones de materiales fueron variables, ya que la cantidad de aserrín depende del tipo de arcilla a utilizar. Las proporciones de aserrín fueron las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Cullpa Alta (9 costales de aserrín). • Hualhuas (8 costales de aserrín). • San Agustín de Cajas (8 costales de aserrín). • San Jerónimo (10 costales de aserrín).
3.-¿Qué herramientas se utiliza para la elaboración de un ladrillo?	20	En su totalidad las herramientas a utilizar son lampa, pico y rastrillo.
4.- ¿De qué material es el molde a utilizar (gabera)?	20	En todas las zonas encuestadas el material a utilizar para la fabricación de la gabera es la madera.
5.-¿Recibió alguna vez capacitación?	20	Los fabricantes encuestados manifestaron no haber recibido algún tipo de capacitación profesional.
6.-¿Le gustaría tener algún tipo de capacitación?	20	Todos los fabricantes encuestados están dispuestos a recibir una orientación sobre la fabricación de unidades de albañilería.

En la fotografía 6 y 7 se aprecian las ladrilleras de Cajas y Hualhuas, en pleno proceso de fabricación de unidades de albañilería.



Fotografía 6. Ladrillera Cajas



Fotografía 7. Ladrillera Hualhuas.

Con respecto a las unidades de albañilería industrial (figura 3), que aparentemente ofrecen una unidad con los requerimientos básicos, la investigación del ingeniero Joaquín Peralta (2016), manifiesta que éstas no cumplen con lo especificado en las fichas técnicas. Concluyendo así que, es de vital importancia que el poblador sepa

qué producto adquirir al momento de la compra, así poder dar el uso adecuado según el tipo de clasificación, con calidad y a la vez no perjudique su economía.

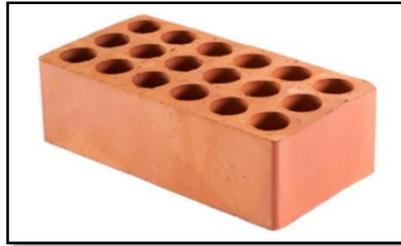


Figura 3. Ladrillo Industrial King Kong 18 huecos.

Fuente. <https://www.maestro.com.pe/productos/obra-gruesa/ladrillo-king-kong-18-huecos-hercules1>

Esta problemática descrita anteriormente, da origen a esta investigación, cuyo objetivo principal es determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales e industriales que se expenden en la ciudad de Huancayo. Asimismo, la influencia de estas propiedades en la clasificación estructural según la Norma E.070.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema General

¿Cómo influye las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería artesanales e industriales en su clasificación estructural en la ciudad de Huancayo?

1.1.2.2. Problemas específicos

- A. ¿Cómo intervienen las propiedades físicas de variación dimensional y alabeo de las unidades de albañilería artesanales en su clasificación estructural en la ciudad de Huancayo?
- B. ¿Cómo intervienen la propiedad mecánica de resistencia a la compresión de las unidades de albañilería artesanales en su clasificación estructural en la ciudad de Huancayo?
- C. ¿Cómo intervienen las propiedades físicas de variación dimensional y alabeo de las unidades de albañilería industriales en su clasificación estructural en la ciudad de Huancayo?

- D. ¿Cómo interviene la propiedad mecánica de resistencia a la compresión de las unidades de albañilería industriales en su clasificación estructural en la ciudad de Huancayo?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería artesanales e industriales en la clasificación estructural en la ciudad de Huancayo.

1.2.2. Objetivos específicos

- A. Determinar la influencia de las propiedades físicas de variación dimensional y alabeo de las unidades de albañilería artesanales en la clasificación estructural en la ciudad de Huancayo.
- B. Establecer la influencia de la propiedad mecánica de resistencia a la compresión de las unidades de albañilería artesanales en la clasificación estructural en la ciudad de Huancayo.
- C. Determinar la influencia de las propiedades físicas de variación dimensional y alabeo de las unidades de albañilería industriales en la clasificación estructural en la ciudad de Huancayo.
- D. Establecer la influencia de la propiedad mecánica de resistencia a la compresión de las unidades de albañilería industriales y las falencias que influyen en su clasificación estructural en la ciudad de Huancayo.

1.3. Justificación

Las construcciones de albañilería confinada son un sistema estructural mayormente usadas en la ciudad de Huancayo, puesto que tienen mayor resistencia en comparación del adobe y un costo accesible para el poblador. Se observa así, que la mayor parte de construcciones bajo este sistema son viviendas de hasta 5 pisos.

Cabe resaltar que, según la Norma de Diseño Sismo resistente E.030, la región Junín está ubicada en una zona vulnerable a sismos (zona 3), para ello es de suma importancia saber qué tan segura es una edificación construida con unidades de albañilería que se demandan en la ciudad de Huancayo, y si éstas cumplen con los requisitos estructurales.

Asimismo, determinar mediante el estudio de las propiedades físicas y mecánicas de dichas unidades, las falencias y/o limitaciones que no permiten cumplir los requerimientos estructurales de la Norma de Albañilería E.070. Del mismo modo, identificar el tipo estructural a la que pertenecen dichas unidades.

Brindando una propuesta que mejore la calidad de la unidad, manteniendo los costos bajos de producción y de venta

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El estudio de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería artesanales e industriales determinan su clasificación estructural en la ciudad de Huancayo.

1.4.2. Hipótesis específica

- A. Las propiedades físicas de las unidades de albañilería artesanales influyen su clasificación estructural en la ciudad de Huancayo.
- B. Las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería artesanales influyen su clasificación estructural en la ciudad de Huancayo.
- C. Las propiedades físicas de las unidades de albañilería industriales influyen en su clasificación estructural en la ciudad de Huancayo.
- D. Las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería industriales influyen su clasificación estructural en la ciudad de Huancayo.

1.5. Variables

1.5.1. Variable independiente

- Propiedades físicas (variación dimensional y alabeo) de la unidad de Ladrillo.
- Propiedades mecánicas (resistencia a la compresión) de la unidad de Ladrillo.

1.5.2. Variable dependiente

- Clasificación estructural del ladrillo artesanal
- Clasificación estructural del ladrillo industrial

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

(AGUILERA, 2016), en su tesis “Caracterización de las propiedades físico-mecánicas del tabique de barro recocido para la ciudad de Aguascalientes y área conurbana”, tuvo por objetivo analizar las propiedades físico mecánicas de los tabiques de barro recocido artesanales, con el fin de evaluar el cumplimiento de los requerimientos mínimos de la Norma Mexica NMX-ONNCCE. Para ello analizó dichas propiedades en los laboratorios especializados y relacionó las propiedades físicas (absorción, densidad, porosidad, forma y color) con la resistencia a la compresión obtenida, concluyendo que, las propiedades físicas y mecánicas difieren, debido a que no existe un control de calidad en los procesos de fabricación y producción, del mismo modo que las propiedades físicas de absorción, densidad y porosidad influyen considerablemente en la resistencia a la compresión. (1)

(CABRERA y MUÑOZ, 2002), en su tesis “Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del tabique rojo recocido, utilizado en la construcción en el Municipio de Querétaro” tuvo por objetivo determinar las propiedades físicas y mecánicas del tabique recocido, realizar un análisis comparativo entre las zonas estudiadas

y si éstas cumplen con las normas técnicas (NTC-RC-DF). Para ello ubicó las principales fuentes de abastecimiento de tabique recocido, identificó el proceso de fabricación y luego determinó las propiedades físicas (Dimensión, absorción) y mecánicas del material. Concluyó que, no existe un control de calidad en la producción de ninguna zona estudiada, y que las propiedades físicas no cumplen con las especificaciones por la norma NMX-404-1997-ONNCCE. (2)

(AFANADOR, GUERRERO y MONROY, 2011), en su proyecto de investigación “Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería”, tuvieron como objetivo evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos macizos. En el que se desarrollaron ensayos a la materia prima realizando su caracterización física, pruebas de control de calidad destructivas y no destructivas a las unidades de albañilería, provenientes de diferentes fábricas o unidades productivas del sector, utilizando la Norma Técnica Colombiana NTC-4017. Concluyendo que la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería no cumple con lo establecido debido a la variabilidad del proceso de cocción puesto que la temperatura promedio no alcanza los 850°C en la mejor posición dentro del horno y hay zonas donde tan sólo alcanza los 250°C. (3)

2.1.2. Antecedentes nacionales

(BERNAL, 2013), en su tesis “Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong del Centro Poblado del Cerrillo-Baños del Inca y Lark de Lambayeque” tuvo como objetivo determinar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo fabricado artesanalmente y los ladrillos de la fábrica Lark, elaborados de manera industrial. De esta manera el autor clasificó las unidades de albañilería, de acuerdo a la Norma E.070 y evaluó su comportamiento sísmico, para ello realizó ensayos clasificatorios (variación dimensional, alabeo y compresión) y ensayos no clasificatorios (succión, absorción y porcentaje de vacíos). Concluyendo que, las unidades de albañilería artesanales alcanzan una resistencia a la compresión de $f'_{b} = 69 \text{ Kg/cm}^2$, clasificando como un ladrillo tipo II, pero no cumplen con las dimensiones especificadas por el proveedor, mientras que el ladrillo industrial Lark, cumple con las propiedades físicas de alabeo y variación dimensional pero no llega a la resistencia a la compresión especificada en su portal web (tipo IV), clasificando como tipo II. Asimismo, obtuvo como resultado que los ladrillos fabricados artesanalmente

sufrieron una falla violenta y frágil mientras que los fabricados industrialmente sufrieron una falla frágil. (4)

(TAPIA,2015), en su tesis “Evaluación de las características físicas- mecánicas de la albañilería producida artesanalmente en los Centros Poblados de Manzanamayo y San José del Distrito de Baños del Inca-Cajamarca”, tuvo como objetivo clasificar estructuralmente de acuerdo a la norma E.070, los ladrillos producidos artesanalmente, mediante sus propiedades físicas y mecánicas. Llegando a concluir que los ladrillos fabricados de manera artesanal en las zonas de Manzanamayo y San José, no cumplen con la resistencia a la compresión, clasificando como Tipo I. Obteniendo una resistencia a la compresión de 5.15 Mpa (52.48 kg/cm²) y de 6.12 Mpa (62.44 kg/cm²) respectivamente. (5)

(CHÁVEZ, 2017), en su tesis “Análisis de las propiedades físico mecánicas de ladrillos de arcilla calcinada en las principales ladrilleras de la región Arequipa y su Capacidad Máxima en una Edificación” tuvo como objetivo ensayar, evaluar y clasificar las unidades de albañilería de la región de Arequipa, de acuerdo a las propiedades mecánicas y físicas (variación dimensional, alabeo, resistencia a la compresión y absorción) de acuerdo a la Norma E.070. Para ello se tomaron como muestra unidades de albañilería de 3 ladrilleras industriales (Choque, Diamante y Tauro) y unidades de albañilería de 2 fábricas artesanales (Yanabamba y alto San Martín).

Como resultado la unidad de albañilería industrial Tauro obtuvo un mejor resultado (196.97 kg/cm²) clasificando como tipo V, mientras la que tuvo menor resistencia a la compresión fue la unidad de albañilería industrial Choque (98.59 kg/cm²), sin embargo, las ladrilleras artesanales obtuvieron mejores resultados, Yarabamba (127.10kg/cm²) y alto san Martin (128.95kg/cm²). Asimismo, las unidades industrializadas Diamante y Tauro, son las que tienen resultados más altos de resistencia al corte y compresión axial respectivamente. En cuanto a las ladrilleras artesanales, la ladrillera de Yanabamba es la que tiene mejor resultado. (6)

(URBINA, 2015), en su trabajo de investigación “Influencia de la temperatura de cocción sobre la contracción volumétrica, absorción y resistencia a la compresión en Ladrillos de arcilla cocidos”, tuvo como objetivo determinar la influencia de la temperatura de cocción sobre la contracción, absorción y la

resistencia a la compresión de los ladrillos cocidos. Para ello se encargó de tomar una muestra 16 unidades de albañilería, los cuales fueron sometidos a temperaturas de cocción de 700°C y 800°C, cada uno de estos ladrillos fueron sometidos a los ensayos correspondientes, los cuales determinaban las propiedades físicas y mecánicas, concluyendo que los ladrillos cocidos a 850 °C tienen un alto valor de resistencia a la compresión, contracción volumétrica y absorción en comparación a los ladrillos cocidos a 700 °C. Comparando los resultados obtenidos todos los valores se encuentran dentro de lo permitido por la Norma de albañilería E.070. (7)

(ARQUIÑIGO, 2011), en su tesis “Propuesta para mejorar la calidad estructural de los ladrillos artesanales de arcilla cocida de Huánuco”, tuvo como objetivo obtener ladrillos artesanales de arcilla cocida que cumplan con las exigencias de la Norma E.070, en cuanto a resistencia a compresión de unidades, prismas y muretes. Para ello estudió los principales defectos de la producción artesanal del ladrillo de arcilla, siendo estos la falta de cocción y la existencia de grietas por contracción de secado, es así que propone mejorar la calidad de dichas unidades, colocando las unidades en la parte superior e intermedia del horno, llegando a la conclusión que los ladrillos mejorados y quemados en el tercio intermedio del horno alcanzan una resistencia de $F_b = 140 \text{Kg/cm}^2$, el esfuerzo a compresión en prismas $f_m = 36 \text{kg/cm}^2$ y esfuerzo a compresión en muretes $V_m = 10 \text{Kg/cm}^2$, clasificándose de esta manera como tipo IV. (8)

2.1.3. Antecedentes locales

(AGUIRRE, 2004), en su tesis “Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín”, tuvo por objetivo evaluar las propiedades físicas de la albañilería y determinar si es adecuada estructuralmente. Para ello realizó ensayos clasificatorios y no clasificatorios (variación dimensional, alabeo, compresión, absorción, densidad, succión y tracción por flexión) de cada ladrillera zonificada en cuatro grupos, Palian, Cajas, Saño y Jauja, llegando a concluir que las unidades ensayadas en variación dimensional clasifica como ladrillos tipo IV Y V , en alabeo clasifican como tipo IV y V y resistencia a la compresión no alcanzan el valor mínimo especificado en la Norma E.070, Asimismo, la resistencia a compresión diagonal en los muretes dan como resultados altos a Cajas Saño y jauja descartando a palian por tener un valor bajo. (9)

(PERALTA, 2015), en su tesis titulada: “Evaluación y ventajas de una Albañilería confinada construida con ladrillos artesanales y otra con Industriales en la Provincia de Huancayo”, tuvo por finalidad comparar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales fabricados en la ciudad Huancayo y ladrillos industriales KK de 18 huecos, a la vez evaluar el diseño estructural de una vivienda y comparar el análisis de costos, para ambos tipos de ladrillos. De esa manera se desarrolló los ensayos correspondientes que permitieron determinar la calidad de las unidades de albañilería artesanal e industrial. Llegando a la conclusión que, según el ensayo de variación dimensional los ladrillos artesanales e industriales clasifican como tipo V, alabeo como tipo V, en cuanto a la absorción los ladrillos artesanales llegaron a un 21% y el ladrillo industrial 12%. Asimismo, en la resistencia a la compresión los ladrillos artesanales no logran la clasificación estructural, los ladrillos industriales logran clasificarse como tipo IV y V. Además, para el diseño estructural de una vivienda con ladrillos artesanales el costo fue de S/. 495.32 por metro cuadrado y para el diseño con ladrillos industriales, el costo fue de S/. 488.25 respectivamente.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Unidades de albañilería

La unidad de albañilería, es “aquella unidad fabricada de arcilla moldeada y extruida de forma rectangular, para luego ser sometida a temperaturas considerables que permitan ser cocidas en el horno”. (10)

Asimismo, puede ser de concreto o sílice cal que, de acuerdo a su dimensión y peso, será considerada como ladrillo o bloque. Siendo el ladrillo fácil de manipular con una mano a diferencia del bloque, en el que es necesario emplear ambas manos. (11)

En la presente tesis se delimitó al estudio a las unidades de albañilería, elaboradas con arcilla de forma artesanal e industrial específicamente.

2.2.2. La arcilla como materia prima

2.2.2.1. La arcilla

La arcilla es cualquier sedimento o depósito mineral que al humedecerse se plastifica, siendo éste un material fino y portando partículas inferiores a 4 micras. (12)

2.2.2.2. Componentes de la arcilla en ladrillos

“La arcilla es un silicoaluminato hidratado, es decir que desde el punto de vista químico está compuesta en su mayor proporción de silicio (Si), aluminio (Al), oxígeno (O) e hidrógeno (H)” (12).

A continuación, debido a la importancia del estudio se describe los componentes en mayor proporción (Sílice, aluminio), al igual que otros dos componentes de suma importancia en la unidad de albañilería (cal y óxido de hierro).

2.2.2.2.1. SÍLICE

Permite al ladrillo mantener su forma y le da durabilidad, previene la contracción. El exceso de sílice produce un ladrillo frágil y débil al calor.

2.2.2.2.2. ALUMINIO

Absorbe el agua y da plasticidad a la arcilla. Si hay exceso se producen fisuras en el ladrillo al cocer.

2.2.2.2.3. CAL

Normalmente en la arcilla hay menos del 10% de este material. (13) Reduciendo la retracción por secado y la temperatura de fusión en su forma carbonada. El exceso de este componente hace que el ladrillo pierda su forma prismática.

2.2.2.2.4. ÓXIDO DE HIERRO

Contiene menos del 7%, a la vez que es el causante de la coloración rojiza, mejora la impermeabilidad y durabilidad. El exceso de este componente ocasionara que la arcilla tome el color azul. (13)

2.2.2.3. Propiedades físicas de la arcilla

Las principales propiedades físicas de la arcilla son:

2.2.2.3.1. Absorción

Está directamente relacionada con las características texturales (superficie específica y porosidad). Y trata fundamentalmente del proceso físico de retención de agua por capilaridad.

2.2.2.3.2. Plasticidad

Es la capacidad de deformarse sin agrietarse antes un esfuerzo mecánico. La elevada plasticidad de las arcillas es consecuencia de su morfología laminar, tamaño de partícula extremadamente pequeña, elevada área superficial y alta capacidad de hinchamiento. Generalmente, esta plasticidad puede ser cuantificada mediante la determinación de los índices de Atterberg (Límite Líquido, Límite Plástico y Límite de Retracción). (14)

2.2.2.4. Propiedades de la arcilla en la construcción

González Badia y otros (15) mencionan que las propiedades de la arcilla en la construcción son:

2.2.2.4.1. Versatilidad

Esta propiedad refiere que, la arcilla se puede utilizar para una gran variedad de aplicaciones. Puede emplearse en paredes, fachadas y cubiertas, así como jardines, terrazas y espacios abiertos. Las tejas de arcilla y ladrillos se pueden utilizar en casi cualquier lugar y para todos los estilos arquitectónicos, ya sea para la construcción de casas unifamiliares o edificios de viviendas, oficinas o edificios públicos.

2.2.2.4.2. Eficiencia energética

Debido a sus excelentes propiedades de aislamiento térmico, los materiales cerámicos para la construcción ayudan a reducir el consumo energético de los edificios.

2.2.2.4.3. Durabilidad

Los materiales de arcilla son robustos, estables y como resultado, especialmente durables; su vida útil puede ser más de 100 años.

2.2.2.4.4. Estética

Esta propiedad refiere que, gracias a una amplia gama de colores, formas disponibles y superficies de los ladrillos de arcilla, el número de posibles diseños y variaciones es casi ilimitado.

2.2.2.4.5. Economía

Las arcillas debido a sus favorables propiedades de aislamiento térmico, ayudan a ahorrar costes de energía. Del mismo modo que un edificio de ladrillo se puede construir con rapidez y flexibilidad ahorrando tiempo y dinero.

2.2.3. Unidades de albañilería artesanales

2.2.3.1. Definición

Son ladrillos fabricados con procedimientos manuales, desarrollados en su mayoría de manera empírica. La fabricación es relativamente sencilla, y para tomar el acabado característico es sometido a un molde en el que el agua y la arena actúan como desmoldante.

2.2.3.2. Proceso de fabricación

En la presente investigación este proceso se describe según el cuestionario (anexo A) realizado a las ladrilleras de estudio.

Se realizó la visita a 4 ladrilleras ubicadas en: Cullpa Alta, Hualhuas, Cajas y San Jerónimo, en las que se observó que existe similitud en el proceso de fabricación. En la figura 4 se describe la secuencia de fabricación resumida en cinco etapas.

PROCESO DE FABRICACION DEL LADRILLO ARTESANAL

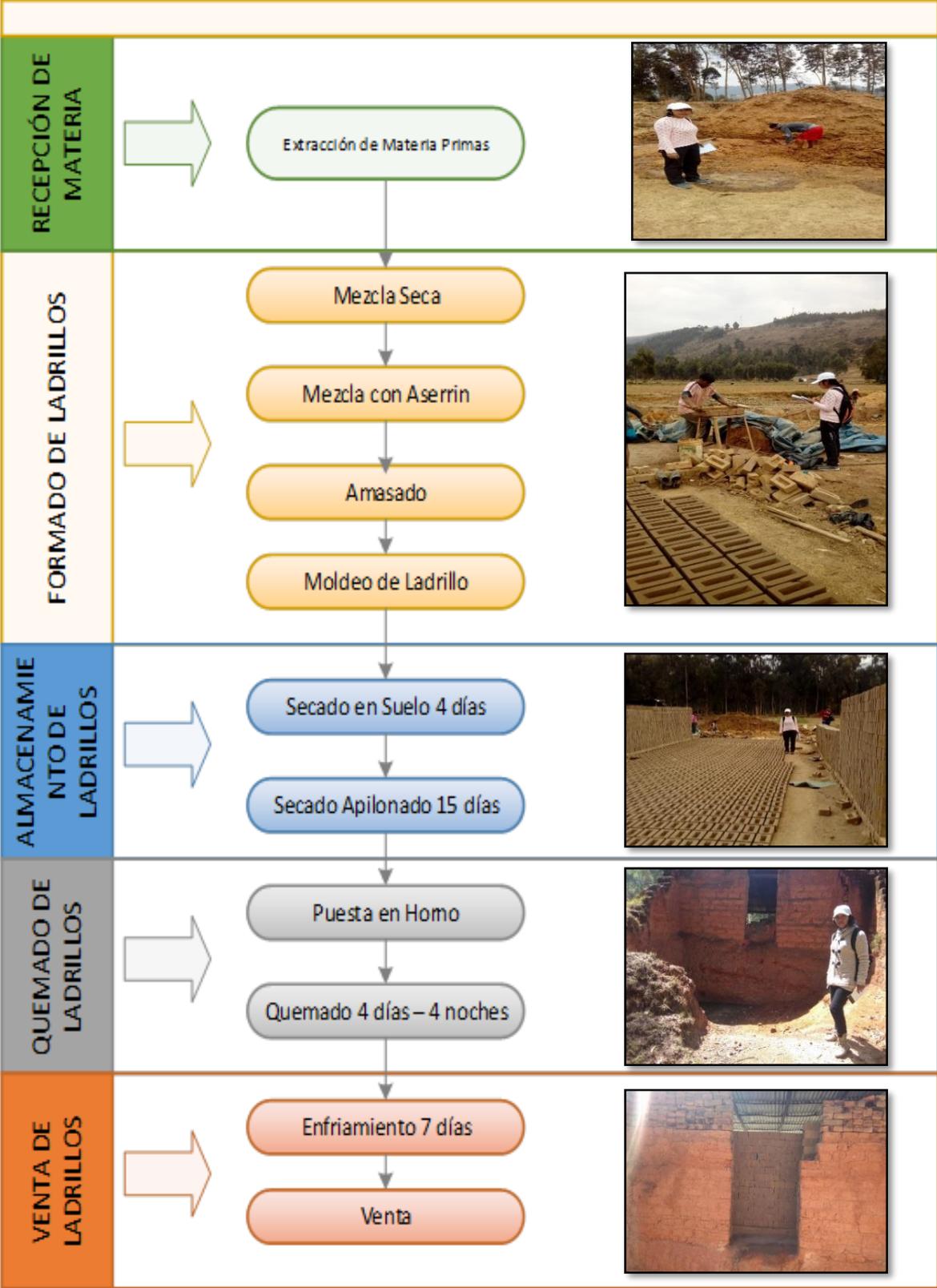


Figura 4. Proceso de fabricación del ladrillo artesanal.

Fuente: Propia

2.2.3.2.1. Recepción del material

En este proceso se realiza la adquisición de materia prima (arcilla) que, en comparación de la producción de ladrillos industriales, puede extraerse muy fácilmente, debido a que las ladrilleras están ubicadas estratégicamente en los lugares de fabricación, como se observa en las siguientes fotografías 8,9,10 y 11.



Fotografía 8. Materia prima Cullpa Alta.



Fotografía 9. Materia prima Hualhuas.



Fotografía 10. Materia prima Cajas.



Fotografía 11. Materia prima San Jerónimo.

2.2.3.2.2. Formado de ladrillos

Este proceso es realizado para una producción de 1000 ladrillos por día. El primer paso para el formado es la mezcla de materia prima con agua, posteriormente se realiza la mezcla con el aserrín (de 10 a 12 costales), donde se debe considerar que el aserrín según la entrevista hecha (Anexo A, es para dar color y ayude en la compactación de la arcilla. Finalmente, la mezcla es colocado en una gavera (molde) de madera, para luego ser arrumada en el suelo.

En las fotografías 12,13,14 y 15, se aprecia el formado de las diferentes fabricas estudiadas.



Fotografía 13. Formado de ladrillos San Jerónimo.



Fotografía 12. Formado de ladrillos Cajas.



Fotografía 14. Formado de ladrillos Hualhuas.



Fotografía 15. Formado de ladrillos Cullpa Alta.

2.2.3.2.3. Almacenamiento de ladrillos

Una vez arrumados los ladrillos en el suelo, se procede al secado natural, que dura por una semana. Luego se apilona de forma vertical para continuar con el secado, aproximadamente 15 días más. En las fotografías 16 y 17 se aprecia este proceso.



Fotografía 16. Secado de ladrillos (arrumado).



Fotografía 17. Apilonado de ladrillos.

2.2.3.2.4. Quemado de ladrillos

Posteriormente los ladrillos almacenados, son llevados al horno tradicional, donde el proceso de quemado dura de 72 a 96 horas, dependiendo la cantidad de ladrillos colocados. Cada ladrillera tiene como base 20 millares aproximadamente. En la fotografía 18 se observa el proceso mencionado.



Fotografía 18. . Quemado de ladrillos.

2.2.3.2.5. Venta de ladrillos

Finalmente pasarán 7 días más para el respectivo enfriamiento y venta de los ladrillos. En la fotografía 19 se observa el producto listo para la comercialización.



Fotografía 19. Producto listo para la comercialización.

2.2.3.3. Ventajas y desventajas de las unidades de albañilería artesanales

A continuación, en la Tabla 2 se describen las ventajas y desventajas de las unidades artesanales, las cuales se deben tener en cuenta antes de adquirir estos productos.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de las unidades artesanales

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Es accesible para todas las personas, especialmente a aquellas de bajos recursos, ya que, a comparación de los ladrillos industriales, el costo de fabricación es módica. En consecuencia, los productos son económicos. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La baja resistencia a la compresión ya que, debido a varios factores de fabricación la mayoría de las unidades no cumple con la resistencia adecuada según la Norma E.070.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Para su elaboración, la inversión es escasa, ya que no se requiere de materiales o equipos tecnológicos, son suficientes herramientas artesanales. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Debido a que no existe un proceso sistematizado y la necesidad de llegar a la meta diaria, la mano de obra y el esfuerzo físico aumentan durante las diferentes etapas de fabricación.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ La materia prima a utilizar se obtiene del mismo lugar, no hay necesidad de trasladarla. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Las condiciones de trabajo no son las adecuadas ya que no tienen un patrón de seguridad, los trabajadores están expuestos a diferentes enfermedades y a peligros que puedan atentar contra su vida.
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No hay un control de la temperatura, debido a que la mayoría de los hornos son artesanales y están expuestos a fugas de aire por lo que se ven

	pérdidas de aproximadamente el 10 % de unidades por quemada.
	➤ No existe un estricto control de calidad
	➤ La contaminación ambiental atmosférica, en la que producto de la combustión de leña y petróleo se emite gases nocivos.

2.1.1. Unidades industriales

2.1.1.1. Concepto

Son ladrillos fabricados con maquinaria especializada, con procedimientos controlados y de aspecto uniforme, reflejo de un mayor cuidado en su fabricación. Pueden ser de tipo sólido, hueco, alveolar y tubular.

2.1.1.2. Proceso de fabricación

En la figura 5 se muestra el proceso de fabricación de los ladrillos industriales, donde al igual que los ladrillos artesanales comparten una similitud en el proceso que se describe a continuación.

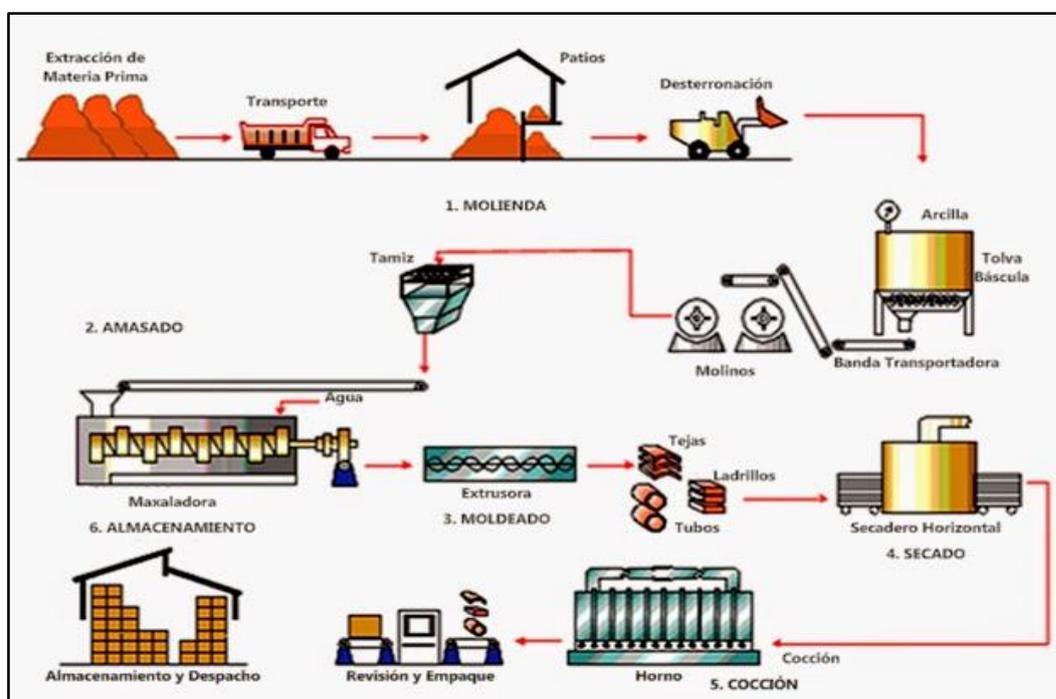


Figura 5. Proceso de fabricación de ladrillo industrial.

Fuente: Tesis "Implementación de procesos sostenibles en las regiones de Bogotá ,2014" <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n77/n77a04.pdf>

2.1.1.2.1. Extracción de materia prima

La creación de los ladrillos industriales empieza con la selección y acopio de la materia prima, la cual es una mezcla de tierra y arcilla debidamente seleccionadas.

2.1.1.2.2. Molienda

La arcilla es transportada y luego depositada en un silo, pasando por la molienda primaria y luego por el sistema de faja transportadora a la amasadora.

2.1.1.2.3. Amasado

Posteriormente la arcilla es conllevada a la mezcladora donde se agrega la cantidad de agua adecuada para el moldeado del producto, pasando por la amasadora, para una última mezcla y después a la zona de formado.

2.1.1.2.4. Moldeado

En este proceso se lleva a cabo el corte y colocación del sello de garantía y donde se le otorgará la estructura según el tipo de producto.

2.1.1.2.5. Secado

Los ladrillos semi terminados son llevados a la zona de tendales donde adquieren el porcentaje adecuado de humedad antes de entrar a los hornos de quemado, el proceso demora de acuerdo la estación del año. El material ya formado se corta y es transportado por un sistema de rodillos e ingresa al secadero.

2.1.1.2.6. Cocción

El material llega hacia la acopiadora automatizada el cual embarca el producto hacia el pre horno, para sacar la humedad restante por medio de un transportador, el material ingresa a los hornos de cocción en donde se realiza el quemado final, la temperatura sometida es de 960°C, estos hornos poseen ventiladores de contactación los cuales ayudan al ingreso del oxígeno y el aire frío necesario para el proceso.

2.1.1.2.7. Almacenamiento y despacho

Los productos terminados son apilados en los almacenes, para luego ser entregados a las tiendas.

2.1.1.3. Ventajas y desventajas de las unidades de albañilería industriales

En la Tabla 3 se presentan las ventajas y desventajas de las unidades industriales, las cuales se deben tener en cuenta al adquirir éstos productos.

Tabla 3. Ventajas y desventajas de las unidades industriales

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">➤ Presentan una mayor resistencia tanto a la intemperie como a la compresión.➤ La colocación de instalaciones eléctricas y sanitarias es más sencilla.	<ul style="list-style-type: none">➤ El factor económico es elevado por el uso de la tecnología, ya que ésta tiende a ser renovada constantemente y a la vez estar sometida a un mantenimiento.
<ul style="list-style-type: none">➤ Permiten que el avance del asentado sea mucho más rápido.	<ul style="list-style-type: none">➤ Las diferentes industrias, ofrecen un ladrillo de calidad, pero muchas de ellas no brindan el certificado de calidad.
<ul style="list-style-type: none">➤ Es térmico (se comporta como un aislante)	
<ul style="list-style-type: none">➤ Es acústico (aislante del ruido)	

2.1.2. Propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería

Para poder continuar con el estudio es importante saber las diferencias de éstas propiedades que se detallan a continuación:

2.1.2.1. Propiedades físicas de la unidad de albañilería

Se considera a la propiedad física a aquella que trata especialmente de la estructura del material, es decir se define mediante la observación y la medición. Dentro de estas propiedades se tiene lo siguiente:

- a) Variación dimensional

- b) Alabeo
- c) Absorción
- d) Succión
- e) Densidad
- f) Textura

En la presente investigación se analizará las siguientes características físicas: variación dimensional y alabeo, puesto que son éstas clasificatorias según la Norma de Albañilería E.070.

2.1.2.2. Propiedades mecánicas de la unidad de albañilería

Se considera propiedad mecánica a aquella que describe el comportamiento de un material sólido al aplicarle fuerzas, dentro de estas propiedades se tiene a las siguientes:

- a) Esfuerzo a la compresión
- b) Esfuerzo a la torsión
- c) Esfuerzo a la tracción
- d) Esfuerzo al corte

En la presente tesis se detallará las siguientes propiedades mecánicas esfuerzo a la compresión axial (f'_{b}), puesto que ésta es clasificatoria según la Norma de Albañilería E.070.

2.1.3. Ensayos físicos clasificatorios para fines estructurales

Existen dos propiedades físicas que permiten a la unidad de albañilería ser clasificada estructuralmente (16) :

2.1.3.1. Variación dimensional

Es una propiedad física de suma importancia ya que permite determinar el espesor de la junta horizontal, a la vez este ensayo induce al buen comportamiento estructural del muro, ya que mientras mayor resulte la variación dimensional, mayor será el espesor de la junta y mientras mayor sea el espesor de la junta, menor será la resistencia a compresión y la fuerza cortante del muro de albañilería. En la figura 6 se aprecia las dimensiones a considerar de una unidad de albañilería.

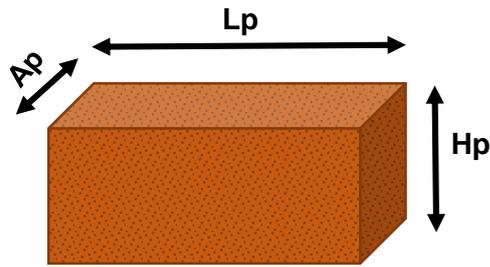


Figura 6. Dimensión de la unidad de Albañilería.

Fuente: Propia.

Donde:

Lp: Longitud promedio

Hp: Altura promedio

Ap: Ancho promedio

“En términos generales ningún ladrillo conforma perfectamente con sus dimensiones especificadas. Existen diferencias de largo, de ancho y alto, así como deformaciones de superficie asimilables a concavidades o convexidades. El efecto de estas imperfecciones geométricas en la construcción de albañilería se manifiesta en la necesidad de hacer juntas de mortero mayores que las convenientes. A mayores imperfecciones mayores espesores de juntas. El mortero cumple en la albañilería dos funciones, la primera es separar los ladrillos de modo tal de absorber las irregularidades de estos y la segunda, es pegar los ladrillos de modo tal que la albañilería no sea un conjunto de piezas sueltas, sino un todo. Para la albañilería de buena calidad se estima que un espesor de juntas de 10 mm a 12 mm es adecuado y suficiente” (10).

[..] “Debe hacerse notar que por cada incremento de 3mm en el espesor de las juntas horizontales - adicionales al mínimo requerido de 10mm, la resistencia a compresión de albañilería disminuye en 15%; esto también produce disminución en la resistencia al corte”. (11)

Para la determinación de la variación dimensional se utilizará la siguiente fórmula:

$$V = \frac{DE - MP}{D} \times 100$$

en donde:

V Variación de dimensión, en porcentaje.

DE Dimensión especificada, en milímetros.

MP Medida promedio en cada dimensión, en milímetros.

El procedimiento de este ensayo indicado en las Normas Técnicas Peruanas 399.613 y 399.604 serán detalladas líneas abajo.

2.1.3.2. Alabeo

Es otra de las propiedades físicas que está relacionada en la determinación del espesor de la junta, ya que las juntas horizontales tienden a presentar vacíos disminuyendo el área de contacto con el mortero lo cual afecta directamente en la resistencia a compresión y a la fuerza cortante; a la vez se puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad por el peso superior.

“El mayor alabeo (concavidad o convexidad) del ladrillo conduce a un mayor espesor de la junta; asimismo, puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas; o incluso, puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad” (11).

2.1.4. Ensayo físico no clasificatorio para fines estructurales

Esta investigación sólo se enfocará en el ensayo no clasificatorio de absorción, el cual se describe a continuación:

2.1.4.1. Absorción

Es una medida de la impermeabilidad de la unidad de albañilería (17). La absorción no será mayor al 22%, ya que, si la unidad tiende a ser porosa, ésta será menos resistente a la intemperie, debido a que al absorber el agua del mortero impedirá una adecuada adherencia (16).

“Las Normas Peruanas limitan el valor mencionado, debido a que la principal causa de la durabilidad es el intemperismo, y las unidades porosas son menos resistentes a la acción de la intemperie. Este aspecto pierde importancia cuando los muros tienen recubrimiento suficiente para protegerlos del intemperismo” (18).

El procedimiento de este ensayo está indicado en las Normas Técnicas 399.613 y 399.604 y serán detalladas líneas abajo.

2.1.5. Ensayos mecánicos clasificatorios para fines estructurales

Existe una propiedad mecánica (resistencia a la compresión) que permite a la unidad de albañilería ser clasificada estructuralmente de acuerdo a la Norma E.070 y se define a continuación.

2.1.6. Normativas

2.1.6.1. Resistencia a la compresión

“Es una propiedad que define no sólo el nivel de calidad estructural, sino también el nivel de resistencia a la intemperie o a cualquier otra causa de deterioro. Los principales componentes de la resistencia a la compresión de la albañilería son: la resistencia a la compresión del ladrillo (f'_{b}), la perfección geométrica del ladrillo, la calidad de mortero empleado para el asentado de ladrillo y la calidad de mano de obra empleada” (10).

Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que la forma de falla a compresión es diferente en la prueba del prisma de albañilería que en la prueba del ladrillo. En el primer caso la falla ocurre por una combinación de compresión axial y tracción lateral (causada por el escurrimiento del mortero de las juntas), mientras que en la prueba del ladrillo la falla ocurre por aplastamiento o corte. En la fotografía 20 se observa el desarrollo del ensayo descrito.



Fotografía 20. Ensayo resistencia a la compresión.

2.1.6.2. Reglamento nacional de edificaciones – Norma de albañilería E-070

Establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, diseño, materiales, construcción, control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados (16).

Debido a que en el medio abundan las edificaciones de mediana altura y siendo estructuras construidas con muros de albañilería confinada, su comportamiento sísmico depende mucho de la calidad de los materiales y de la técnica constructiva. Es por ello que la Norma E0.70 hace énfasis en estos aspectos.

Para esta clasificación existen tres ensayos indispensables que indican el tipo de ladrillo como se muestra en la tabla 4:

Tabla 4. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

Fuente: RNE E.070, Tabla N°1

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

- (1) Bloque usado en la construcción de muros portantes
 (2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

2.1.6.3. Normas Técnicas Peruanas

Las Normas Técnicas 331.017, 331.018, 399.604 y 399.613, establecen los requisitos que deben cumplir los ladrillos de arcilla, destinados para uso de albañilería estructural y no estructural. Asimismo, los procedimientos para la muestra y ensayos de las propiedades físicas y mecánicas, respectivamente.

El ladrillo se clasifica en cinco tipos como se muestra en las tablas 5.

Tabla 5. Requisitos Obligatorios para la clasificación estructural

Fuente: NTP 331.017, Tabla N °1

TABLA REQUISITOS OBLIGATORIOS: Variación de dimensiones, alabeo, 1.- resistencia a la compresión y densidad.

TIPO	VARIACION DE LA DIMENSION (1) (máx. en %)			ALABEO (2) (máx. en mm)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (mínima daN/cm ²)>	DENSIDAD (mínimo en g/cm ³)
	Hasta 10 cm	Hasta 15 cm	Más de 15 cm			
NORMA TECNICA NACIONAL ITINTEC 331.018						
I Alternativamente	± 8	± 6	± 4	10	Sin limite 60	1,50 Sin limite
II Alternativamente	± 7	± 6	± 4	8	Sin limite 70	1,60 1,55
III	± 5	± 4	± 3	6	95	1,60
IV	± 4	± 3	± 2	4	130	1,65
V	± 3	± 2	± 1	2	180	1,70

NOTA 1.- La variación de la dimensión se aplica para todas y cada una de las dimensiones del ladrillo y está referida a la dimensiones especificadas.

NOTA 2.- El alabeo se aplica para concavidad o convexidad.

Describiendo cada tipo de ladrillo estructural de la siguiente manera:

- Tipo I.- Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.
- Tipo II.- Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio moderadas.
- Tipo III.- Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general.
- Tipo IV.- Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.
- Tipo V.- Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Métodos y alcance de la investigación

3.1.1. Método de la investigación

Método DESCRIPTIVO

3.1.2. Enfoque de la investigación

La presente investigación pertenece al enfoque CUANTITATIVO ya que es susceptible de medición y registra datos observables que representa a las variables de la investigación capturando la realidad los resultados acercándolo en lo posible a la representación del concepto que el investigador tiene en mente (19).

3.1.3. Alcances de la investigación

La investigación es de alcance CORRELACIONAL, puesto que se determina el comportamiento de una variable con respecto a otra (19), es por ello que, esta investigación busca saber la relación de influencia entre la variable “propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería” y la variable “clasificación estructural”.

3.2. Diseño de la investigación

La presente es una investigación NO EXPERIMENTAL, ya que se investiga los fenómenos tal y como ocurren naturalmente (19), sin intervenir en su desarrollo.

CORRELACIONAL-CAUSAL, ya que se evalúa la influencia de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería en la clasificación estructural.

3.3. Población y muestra

3.2.1. Población

Ladrillos artesanales fabricados en la ciudad de Huancayo y ladrillos de marcas industriales más reconocidas en la ciudad.

3.2.2. Muestra

Para determinar la muestra se tuvo en cuenta la Norma E.070 y NTP 399.613. Los cuales indican lo siguiente:

Según el RNE E.070, “el muestreo será efectuado a pie de obra. Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades, se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades”.

Según la NTP 399.613 sección 5.2, “se ensayarán como mínimo 10 unidades representativas de un lote de 1 millar o menos”

Es así que se procedió a determinar las muestras de ladrillos (artesanales e industriales), describiéndose a continuación:

Para la elección de unidades artesanales, se consideraron muestras de 4 fábricas de ladrillos, los cuales se hacen mención en la Tabla 6.

Tabla 6. Fábricas de muestras de ladrillo artesanal

Fuente: Propia

N° de muestra	Fábricas de ladrillo artesanal
1	CULLPA ALTA
2	HUALHUAS
3	SAN AGUSTIN DE CAJAS
4	SAN JERÓNIMO

Estas fábricas fueron elegidas debido a que sus productos se encuentran en su mayoría en las ferias de ladrillos (camiones estacionados de venta de ladrillos). Por ende, los ladrillos llegaron a pie de obra en cualquier momento, cumpliendo lo especificado en la Norma.

Para la obtención de unidades de albañilería se adquirió al azar 80 unidades, por cada camión que contiene 1 millar de ladrillos. Como se muestra en las fotografías 21 y 22. Aunque la Norma indica sacar 10 unidades, se procedió a sacar una muestra más representativa que refleje la mayor precisión posible.



Fotografía 21. Muestra de Ladrillos Artesanales- Saño.



Fotografía 22. Muestra de Ladrillos Artesanales –San Jerónimo.

Para la elección de unidades industriales, se consideraron muestras de 4 Marcas de ladrillos, los cuales se hacen mención en la Tabla 7.

Tabla 7. Marcas de las muestras de ladrillo industrial

Fuente: Propia

N° de muestra	Fábricas de ladrillo industrial
1	FORTALEZA
2	LARK
3	PIRÁMIDE
4	REX

Los productos de las marcas (Fortaleza, Lark, Pirámide y Rex), fueron elegidos debido a que se encuentran en su mayoría en tiendas (ferreterías) y son las más conocidas. Por ende, llegaron a pie de obra en cualquier momento, cumpliendo lo especificado en la Norma

Para la obtención de unidades de albañilería se adquirió al azar 80 unidades por cada lote de 1 millar de ladrillos. Como se muestra en las fotografías 23 y 24.

Así como en las unidades de albañilería artesanales, se procedió a sacar una muestra más representativa para reflejar la mayor precisión posible.



Fotografía 23. Muestra de Ladrillos industriales – Ladrillo Pirámide.



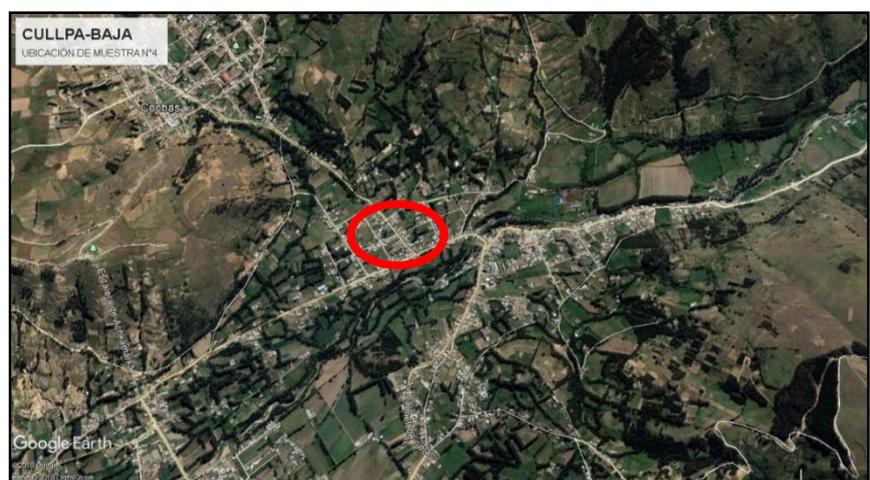
Fotografía 24. Muestra de Ladrillos industriales – Ladrillos Rex.

3.2.2.1. Ubicación de fábricas de unidades de albañilería artesanal:

Se visitó las diferentes fábricas de producción de unidades de albañilería artesanales (las de mayor acogida en las ferias de ladrillos), que a continuación se describe:

3.2.2.1.1. Cullpa Alta

Esta fábrica se ubica en la provincia de Huancayo, distrito de Cullpa alta. En la fotografía 25 se muestra la imagen Satelital del lugar, en la fotografía 26 la ubicación exacta y en la fotografía 27 una de las ladrilleras situadas.



Fotografía 25. Imagen Satelital de la ubicación de la muestra N° 1 - Ladrillera Cullpa Alta.

Fuente: Google Earth Pro.



Fotografía 27. Ubicación de muestra N° 1 - Ladrillera Cullpa Alta.

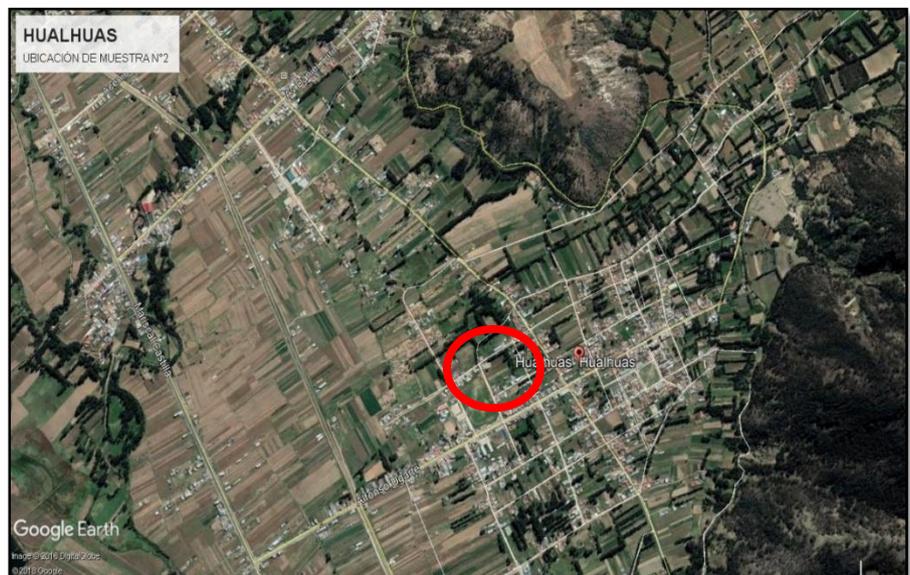
Fuente: Google Maps



Fotografía 26. Ladrillera de Cullpa Alta.

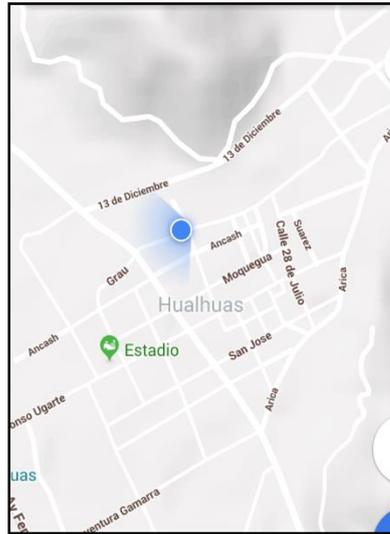
3.2.2.1.2. Hualhuas

Esta fábrica se ubica en la provincia de Huancayo, distrito de Hualhuas. En la fotografía 28 se muestra la imagen Satelital del lugar, en la fotografía 29 la ubicación exacta y en la fotografía 30 una de las ladrilleras.



Fotografía 28. Imagen Satelital de la ubicación de muestra N° 2 - Ladrillera Hualhuas.

Fuente: Google Earth Pro



Fotografía 29. Ubicación de muestra N° 2 - Ladrillera Hualhuas.

Fuente: Google Maps



Fotografía 30. Ladrillera de Hualhuas

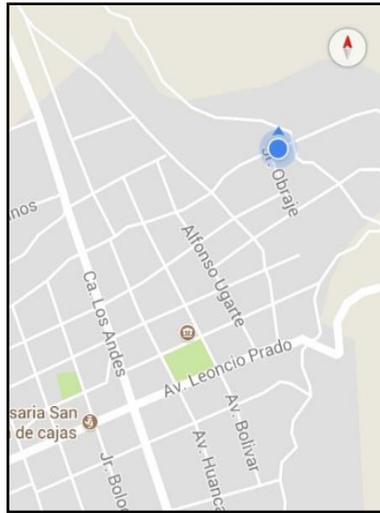
3.2.2.1.3. San Agustín De Cajas

Ubicada en la provincia de Huancayo, distrito de Hualhuas. En la fotografía 31 se muestra la imagen Satelital del lugar, en la fotografía 32 la ubicación exacta y fotografía 33 una de las ladrilleras situadas.



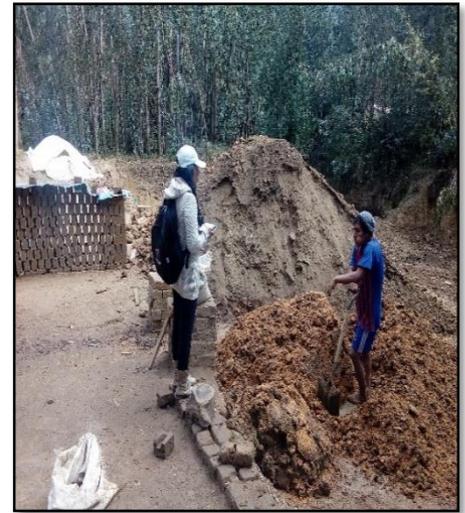
Fotografía 31. Imagen Satelital de la ubicación de muestra N° 3 - Ladrillera Cajas.

Fuente: Google Earth Pro.



Fotografía 32. Ubicación de muestra N° 3 - Ladrillera Cajas.

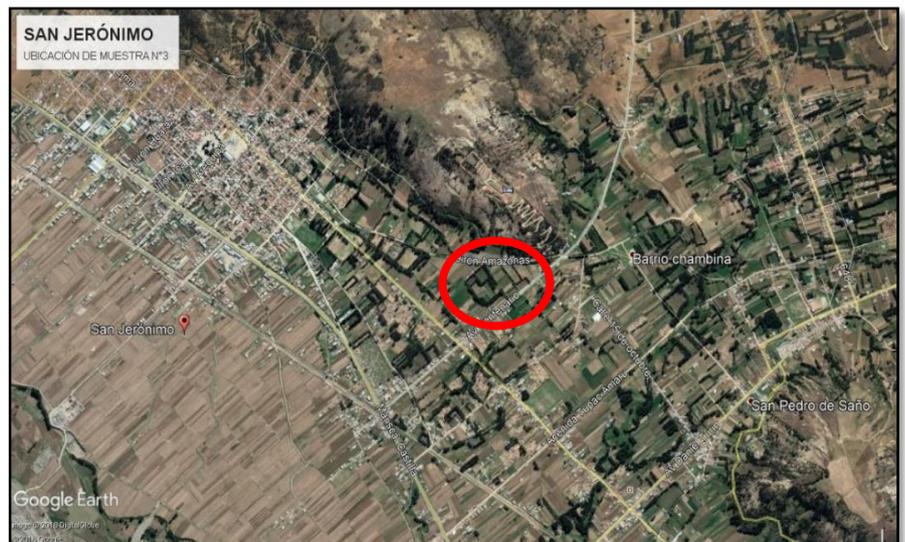
Fuente: Google Maps



Fotografía 33. Ladrillera de San Agustín de Cajas.

3.2.2.1.4. San Jerónimo

Ubicada en la provincia de Huancayo, distrito de San Jerónimo. En la fotografía 34 se muestra la imagen Satelital del lugar, en la fotografía 35 la ubicación exacta y fotografía 36 una de las ladrilleras situadas.



Fotografía 34. Imagen Satelital de la ubicación de muestra N° 4 - Ladrillera Hualhuas.

Fuente: Google Earth Pro.

En las fotografías 38 y 39 se aprecia la muestra obtenida de ladrillos industriales.



Fotografía 38. Muestra de ladrillo industrial – Ladrillos Fortaleza.



Fotografía 39. Muestra de ladrillo industrial – Ladrillos Lark.

CAPITULO IV

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente capítulo se describen todos los ensayos realizados (según la Norma E.070) a las unidades de albañilería (artesanales e industriales) para su clasificación estructural, incluyendo a la materia prima (arcilla) de las fábricas de unidades artesanales determinando así su plasticidad.

4.1. Ensayos clasificatorios de la arcilla

Se desarrolló los ensayos correspondientes a los diferentes tipos de materia prima, encontradas en las fábricas de las unidades de albañilería artesanales.

Se clasificó de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) y según La American Association of State Highway Officials (AASHTO), utilizando los ensayos de granulometría y límites de consistencia, los cuales se describen a continuación:

4.1.1. Análisis granulométrico

Es la distribución de tamaños de partículas de un agregado que, mediante el análisis de tamices, se determina la medida de los granos de formación sedimentaria. Para ellos se hará mención de los siguientes equipos.

Equipos:

- Balanza de sensibilidad 0.1 g

- Horno
- Tamices, taras

Para el desarrollo del ensayo se siguió los procedimientos correspondientes según la NTP 339.128 –ASTM D422, los cuales se aprecian en la Tabla 8.

Tabla 8. Procedimiento del ensayo de granulometría a la arcilla

Fuente: Propia

PROCEDIMIENTO	IMÁGENES
<p>Se obtuvo diferentes muestras de las fábricas de estudio.</p> <p>Se procedió a pesar 1000 gr para ser tamizadas.</p>	
<p>Se procedió a cuartear cada una de las muestras, hasta obtener una cantidad considerable de 500 gr.</p>	
<p>Se pesó la muestra utilizando la balanza de sensibilidad de 0.1 g</p>	

Se procedió a lavar la muestra utilizando la malla N° 200, para luego ser sometida al secado en el horno. Una vez seca la muestra pasó por los tamices, pesando el retenido de cada malla.



4.1.2. Límites de consistencia

Según Youn & Warketin, el límite de consistencia es la condición física de la mezcla de suelo y agua, es decir la resistencia al flujo que está relacionada con la fuerza de atracción entre partículas y es más fácil de sentir físicamente (20). Los equipos a utilizar son los siguientes.

Equipos:

- Recipiente para el ensayo con la herramienta para hacer la ranura.
- Recipiente para el contenido de humedad.
- Tara
- Placa de vidrio.
- Balanza con sensibilidad ≤ 0.1 g

4.1.2.1. Límite plástico

Para el desarrollo del ensayo se siguió los procedimientos descritos en la NTP 339.129-ASTM D4318, descritos en la Tabla 9.

Tabla 9. Procedimiento del ensayo de límite plástico de la arcilla

Fuente: Propia

PROCEDIMIENTO	IMAGENES
<p>Se dividen en varios pedazos o porciones pequeñas una muestra de 20 a 30 g de arcilla.</p>	
<p>Se enrolla la arcilla con la mano extendida sobre una placa de vidrio, con presión suficiente para moldearlo en forma de cilindro, de diámetro uniforme (3 mm (1/8 pulg)), debido a la acción de 80 a 90 movimiento de mano, hasta llegar a romperse en pequeños pedazos.</p>	
<p>Esta secuencia se repitió hasta obtener el número de cilindros suficientes para llenar un recipiente.</p>	
<p>Se pesa en el recipiente con la muestra y se coloca en el horno.</p>	

4.1.2.2. Límite líquido

Del mismo modo el ensayo fue elaborado con la guía de la NTP 339.129- AST D4318, siendo el procedimiento descrito en la tabla 10.

Tabla 10. Procedimiento del ensayo de límite líquido de la arcilla

PROCEDIMIENTO	IMAGENES
<p>Se pulverizó una cantidad suficiente de arcilla secada al aire, luego se obtuvo una muestra representativa del material que paso a través del tamiz No. 40 de alrededor de 250+-10g.</p>	
<p>Se colocó 250 gr de arcilla en un recipiente, se añadió una pequeña cantidad de agua y se mezcló cuidadosamente el suelo hasta obtener un color uniforme.</p>	
<p>Se removió la cazuela del aparato de límite líquido y se colocó dentro de la cazuela una pequeña cantidad de suelo. Se emparejó la superficie de la pasta de suelo con una espátula y mediante el uso de la herramienta se cortó una ranura clara y recta que separe la masa de suelo en dos partes. Después de hacer la ranura, se debe retornar rápidamente la cazuela a su sitio del aparato y hacer el conteo de golpes.</p>	
<p>Se tomó una muestra para medir el contenido de humedad y colocarla en un recipiente, cuyo peso debió determinarse con anterioridad y asegurarse que esta muestra corresponde a la zona donde se cerró la ranura. Se repitió la secuencia para dos ensayos adicionales con número de golpes entre 20 y 25 y entre 15 y 20,</p>	

respectivamente para un total de cuatro determinaciones en el ensayo.	
---	--

4.2. Identificación de diferencias en el proceso de fabricación de la unidad de albañilería artesanal

Es necesario resaltar que, así como se observó similitudes, también se encontró diferencias, que a continuación se mencionan:

4.2.1. Ladrilleras

Cada fábrica de ladrillos tiene su propio sistema al elaborar sus productos, es decir cada una de ellas maneja un cronograma, dónde se muestra la producción mensual, la cual se ve influenciada en la capacidad del horno y cantidad de trabajadores. De acuerdo a ello se tomará el tiempo necesario en la cobertura de la cantidad deseada, considerando la producción de un trabajador que generalmente elabora 500 ladrillos al día. Esto también influye en el costo ya que cada ladrillera maneja el precio de venta. Estos detalles se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Costo de producción por ladrillera

LADRILLERA	PROD x /HOMBRE	COSTO POR MILLAR / FERIA
CULLPA ALTA	500 und	S/480
HUALHUAS	600 Und	S/500
CAJAS	800 und	S/520
SAN JERONIMO	500 und	S/530

4.2.2. Tipo de materia prima

En la Tabla 12 se muestra que, en cada una de las ladrilleras analizadas la materia prima difiere en el color, puesto que cada una de ellas presenta características diferentes, es por ello que se realizó el ensayo de clasificación a cada una de éstas y los resultados se muestran posteriormente.

Tabla 12. Color de arcilla por ladrillera

LADRILLERA	DIF. COLOR
CULLPA ALTA	AMARILLA/ROJA
HUALHUAS	AMARILLA

CAJAS	AMARILLA/ROJA
SAN JERONIMO	AMARILLA

4.2.3. Dosificación de aserrín

En la tabla 13 se muestra que, para la dosificación del aserrín cada ladrillera considera una característica física de la arcilla (el color), de acuerdo a ello aumentará o disminuirá la cantidad de aserrín a utilizar por millar.

Tabla 13. Dosificación de aserrín por ladrillera

LADRILLERA	CANT. ASERRIN POR MILLAR
CULLPA ALTA	9 COSTALES
HUALHUAS	8 COSTALES
CAJAS	8 COSTALES
SAN JERONIMO	10 COSTALES

4.2.4. Tipo de gavera

La gavera también dependerá del tipo de arcilla a usar, puesto que, según el fabricante existen dos tipos de arcilla: las que se reducen (color amarillo) y las que no (color rojo); dependiendo de éste, la gavera tendrá una medida más grande o relativamente exacta a la unidad de albañilería, como se muestra en la fotografía 40. Las medidas de las gaveras encontradas se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Medidas de gavera por ladrillera

GABERA	ARCILLA AMARILLA	ARCILLA ROJA
Medidas de gavera encontradas en campo	26*13*9	25*13*9
	25.5*13*9	24.5*13*8.5



Fotografía 40. Gabera (molde de ladrillo).

4.2.5. Cantidad de días de cocción

La cantidad de días de quemado dependerá de la capacidad del horno, la mayoría de los hornos tiene una base de 20 millares y pueden llegar en algunos casos, hasta 35 millares. De acuerdo a ello la cantidad de horas de quemado variará de 72 a 96 h.

4.3. Ensayos clasificatorios realizados a la unidad de albañilería artesanal e industrial

Tal como se mencionó en el ítem 2.1.3 (ensayos físicos clasificatorios de la unidad de albañilería) y 2.1.5 (ensayo mecánico clasificatorio de la unidad de albañilería), se procedió al desarrollo de los ensayos clasificatorios estructuralmente, explicándolo a continuación.

4.3.1. Variación dimensional

Este ensayo se realizó en las muestras de ladrillos (artesanales e industriales). El procedimiento para desarrollar este ensayo se llevó a cabo con las instrucciones de la NTP 399.613 y 399.604. A continuación, se describe los materiales, especímenes y el procedimiento a seguir.

- **Materiales.** - Se utilizó un calibrador (bernier) de una escala de 30 mm de cabezales paralelos como se muestra en la figura 7.

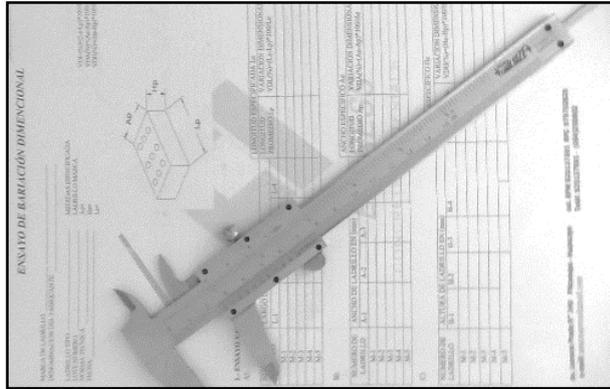


Figura 7. Instrumento de medición -Bernier.

Fuente: Propia

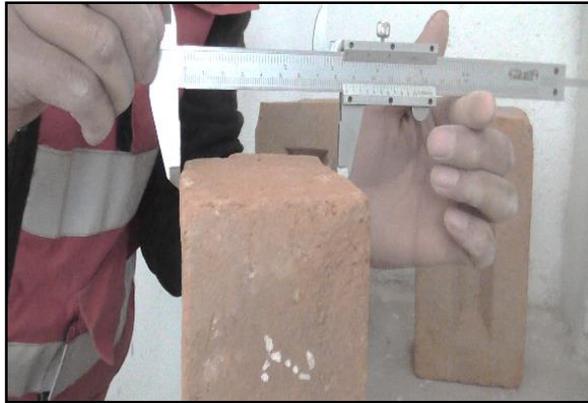
- **Especímenes.** – Se midió 10 unidades de albañilería (artesanales e industriales) enteras y secas. Estas unidades son representativas de cada lote. Como se muestra en la fotografía 41.



Fotografía 41. Unidades de albañilería.

- **Procedimiento.** – Se midió la altura, ancho y largo a través de los dos extremos en ambas caras, desde el punto medio de los bordes que limitan las caras, con una aproximación de 0.5 mm. Se registró estas cuatro medidas con una aproximación de 1mm

El promedio del ancho, largo y alto de cada unidad se aprecia en la fotografía 42.



Fotografía 42, Unidad de albañilería sometida a medición.

- **Procesamiento de datos.** - Para evaluar la variación dimensional de las unidades de albañilería, se tomó como patrón las medidas obtenidas en campo, según el rol de preguntas (anexo A). Identificando la longitud promedio, ancho promedio y altura promedio para que, con dichas medidas se procese los datos obtenidos.

Asimismo, según San Bartolomé menciona que es mejor relacionar la variación dimensional con la dispersión de resultados respecto al valor promedio y determinar la variación como se muestra:

$$V (\%) = 100 (\delta / Dp); \quad \delta = \sqrt{\Sigma (Di - Dp)^2 / (N - 1)}$$

Donde:

V= Variación dimensional

δ = Desviación estándar

Dp=Dimensión promedio

Di = Dimensión inicial

N= Número de muestras

4.3.2. Alabeo

El procedimiento para desarrollar este ensayo se llevó a cabo con las instrucciones de la NTP 399.613, describiendo a continuación los materiales, especímenes y procedimiento a seguir.

- **Materiales.** - Se utilizó una regla de acero de borde recto, una regla o cuña graduada de madera con divisiones desde un extremo, de 1 mm de longitud por 12.5 mm de ancho por 12.5 de espesor en un extremo, el que va reduciéndose hasta llegar a cero en el otro extremo. Como se muestra en figura 8.

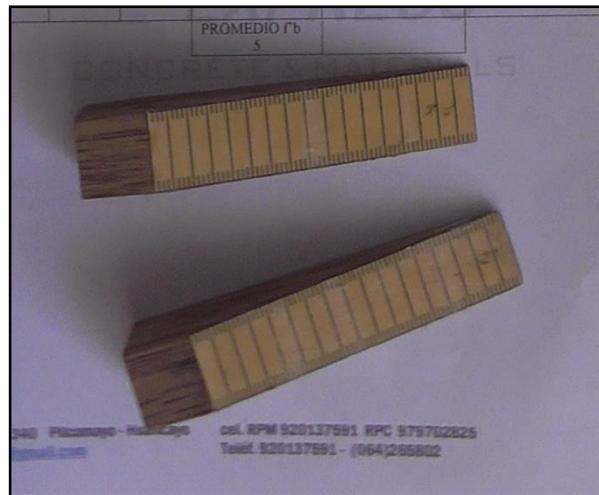


Figura 8. Cuñas para el ensayo de alabeo

- **Especímenes.** – Se usó 10 unidades enteras y secas. Limpiando el polvo adherido superficialmente, con una brocha.
- **Procedimiento.** – Para este ensayo se colocó la unidad de albañilería sobre la superficie de vidrio o acero plano, para luego proceder a colocar la regla metálica sobre la unidad e identificar la concavidad o convexidad del mismo, una vez identificada se midió con la cuña de madera. Este procedimiento se realizó en ambas caras de la unidad, obteniendo 2 valores como mínimo por cara. Para finalizar se consideró el valor más desfavorable.

4.3.3. Ensayo a la compresión

El procedimiento para desarrollar este ensayo se llevó a cabo con las instrucciones de la NTP 399.613, describiendo a continuación el equipo, los especímenes y procedimiento a seguir.

- **Equipo.** – Se hará uso de la compresora
- **Especímenes.** -Se ensayó cinco unidades secas, de ancho, longitud y altura equivalente a las unidades originales. Se tuvo en cuenta que, si la capacidad de resistencia del espécimen excede la capacidad de la máquina, se podrá ensayar piezas menores.

Procedimiento: Se tomó 5 muestras de unidades de albañilería (artesanales e industriales), que fueron sometidas al capping, (como se aprecia en la fotografía 43 y 44), que no es más que un compuesto de cemento y yeso, para nivelar la unidad. Luego se dejó reposar los especímenes por lo menos 48 horas antes de ser sometidos al ensayo a compresión.



Fotografía 43. Refrentado con yeso del ladrillo artesanal.



Fotografía 44. Refrentado con yeso del ladrillo industrial

Se colocó el espécimen con una de sus caras mayores sobre el apoyo de la máquina y se hizo descender el vástago solidario al cabezal, maniobrando suavemente la rótula hasta obtener un contacto perfecto sobre la cara superior del espécimen, asegurando que el eje de la misma coincida con el eje longitudinal del espécimen. Se aplicó la carga cuidando que la velocidad del cabezal de la máquina no sea mayor de 1,27 mm/min (17). En las fotografías 45 y 46 se aprecia el desarrollo de este ensayo.



Fotografía 45. Ensayo resistencia a la compresión de ladrillo artesanal.



Fotografía 46. Ensayo resistencia a la compresión de ladrillo industrial.

4.4. Ensayos no clasificatorios realizados a la unidad de albañilería

A continuación, se explica el desarrollo de los ensayos no clasificatorios (absorción y ensayo a la compresión de pilas), con la finalidad de determinar algún tipo de relación en la clasificación estructural de la unidad de albañilería.

4.4.1. Absorción

La finalidad de este ensayo es obtener la durabilidad de la unidad, para ello si se obtiene un nivel alto se interpretará como menos resistente al interperismo, siendo de esta manera el 22% el valor máximo permitido por la Norma E.070.

El procedimiento para desarrollar este ensayo se llevó a cabo con las instrucciones de la NTP 399.613, describiendo a continuación los materiales, especímenes y procedimiento a seguir.

- **Materiales.** – Balanza con una capacidad no menor a 2000 g y una aproximación de 0.5 g.
- **Especímenes.** - Según los requerimientos indicados se ensayaron 5 especímenes.
- **Procedimiento:** Se secó, ventiló y pesó cada una de las unidades de albañilería seleccionadas. Se sumergió parcialmente el espécimen en agua limpia a temperatura entre 15° a 30°, por el tiempo de 5h a 34 h. Finalmente se retiró el espécimen de agua, secando inmediatamente el agua superficial con un paño y pesándolo respectivamente. En la fotografía 47 y 48 se aprecia el ensayo descrito.
- Como muestra se tomó 5 especímenes tal como indica la Norma, estas unidades secas, se pesaron y fueron colocadas en un recipiente lleno de agua, manteniendo una temperatura constante entre 15 a 30°C durante 24 h, una vez pasado el tiempo indicado se retiraron del recipiente y fueron secadas superficialmente con un trapo húmedo para finalmente ser pesadas.



Fotografía 47. Unidades de albañilería artesanal sometida a la absorción.



Fotografía 48. Unidades de albañilería industrial sometida a la absorción

4.4.2. Ensayo a la compresión - pilas (f´m)

Este ensayo a pesar de no ser clasificatorio estructuralmente, es un ensayo de mucha importancia ya que permite verificar la resistencia de la albañilería en edificaciones de dos a más pisos en zonas sísmicas 2 y 3. Asimismo, determinar el tipo de falla, calidad de materiales y mano de obra para la construcción de muros portantes.

El procedimiento para desarrollar este ensayo se llevó a cabo con las instrucciones de la NTP 399.605 y 399,621, describiendo a continuación el equipo, los especímenes y procedimiento a seguir

- **Equipo.** – Se hará uso de la compresora
- **Especímenes.** -Se ensayó tres pilas de 3 unidades.
- **Procedimiento:** Se tomó 3 pilas de unidades albañilería (artesanales e industriales), escogidas como muestra de cada fabrica artesanal y Marca industrial respectivamente, para luego ser sometidas al capping, como se aprecia en la fotografía 49 y 50 y finalmente pasar por la compresora.



Fotografía 49. Unidades de albañilería artesanal en pilas.



Fotografía 50. Unidades de albañilería industrial en pilas.

El resultado del ensayo se obtiene de dividir esta carga última entre el área del testigo. Esta área será el área bruta para prismas de unidades sólidas o de unidades huecas rellenas con concreto líquido o de unidades tubulares. Para unidades huecas se utilizará el área neta (sin relleno de concreto líquido o perforadas).

En la fotografía 51, 52 y 53 se aprecia el desarrollo de este ensayo.



Fotografía 51. Pilas de unidades de albañilería artesanal sometida a compresión.



Fotografía 52. Pilas de unidades de albañilería artesanal sometida a compresión



Fotografía 53. Falla de unidades de albañilería industrial.

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados de la clasificación de arcilla de ladrillos artesanales

A continuación, se presentan los resultados de los ensayos realizados a las arcillas de las diferentes ladrilleras estudiadas.

5.1.1. Cullpa Alta

En la Tabla 15 se observa, el resultado del tipo de arcilla que se encuentra en dicha zona, obteniendo como resultado según la clasificación SUCS, al límite líquido menor del 50% y al índice de plasticidad mayor a 7, concluyendo así que la muestra es una arcilla ligera con arena. Con respecto a la clasificación AASHTO la clasificación se define como A-7-6(18) .

Tabla 15.Resultado granulométrico y límite de consistencia-Cullpa Alta

LIMITE LIQUIDO	41.76 %
LIMITE PLASTICO	21.34 %
INDICE PLASTICO	20.43 %
CLASIF. SUCS :	CL
ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	
CLASIF. AASHTO :	A-7-6 (18)
CONT. HUMEDAD (%)	

Lugar	CULLPA ALTA
Muestra	M-1
Progresiva	0+000
Profundidad (m)	0.00 m

5.1.2. Hualhuas

En la Tabla 16 se puede observar el resultado del tipo de arcilla que se encuentra en dicha zona, obteniendo como resultado según la clasificación SUCS, al límite líquido menor del 50% y al índice de plasticidad mayor a 7, concluyendo así que la muestra es limo con arena. Con respecto a la segunda clasificación se define como A-7-5(13).

Tabla 16.Resultado granulométrico y límite de consistencia-Hualhuas

LIMITE LIQUIDO	47.23 %
LIMITE PLASTICO	33.12 %
INDICE PLASTICO	14.11 %
CLASIF. SUCS :	ML
LIMO	
CLASIF. AASHTO :	A-7-5 (13)
CONT. HUMEDAD (%)	15.74

Lugar	HUALHUAS
Muestra	M-1
Progresiva	
Profundidad (m)	

5.1.3. San Agustín de Cajas

En la Tabla 17 se observa el resultado del tipo de arcilla que se encuentra en esta zona, obteniendo como resultado según la clasificación SUCS, al límite líquido menor del 50% y al índice de plasticidad mayor a 7, concluyendo así que la muestra es una arcilla ligera con arena. Con respecto a la segunda clasificación se define como A-6(6).

Tabla 17.Resultado granulométrico y límite de consistencia-Cajas

LIMITE LIQUIDO	29.99 %
LIMITE PLASTICO	18.61 %
INDICE PLASTICO	11.38 %
CLASIF. SUCS :	CL
ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	
CLASIF. AASHTO :	A-6 (6)
CONT. HUMEDAD (%)	15.81

Lugar	CAJAS
Muestra	M2
Progresiva	- - -
Profundidad (m)	- - -

5.1.4. San Jerónimo

En la Tabla 18 se observa el resultado del tipo de arcilla que se encuentra en esta zona, para ello se clasificó de acuerdo al sistema unificado (SUCS) y según AASHTO, teniendo como resultado según la primera clasificación como una arena arcillosa. Con respecto a la segunda clasificación se define como A-2-6(1).

Tabla 18. Resultado granulométrico y límite de consistencia-San Jerónimo

LIMITE LIQUIDO	32.97 %
LIMITE PLASTICO	18.10 %
INDICE PLASTICO	14.87 %
CLASIF. SUCS :	SC
ARENA ARCILLOSA	
CLASIF. AASHTO :	A-2-6 (1)
CONT. HUMEDAD (%)	18.14
Lugar	SAN JERONIMO
Muestra	M3
Progresiva	---
Profundidad (m)	---

5.2. Resultados de variación dimensional

A continuación, se presenta los resultados del ensayo de variación dimensional sometidos a los ladrillos artesanales e industriales.

5.3. Resultados de variación dimensional de los ladrillos artesanales

En este ítem, se muestra el resultado de los ladrillos artesanales Cullpa Alta, Hualhuas, Cajas y San Jerónimo.

5.3.1. Resultados del ladrillo artesanal Cullpa Alta

Las medidas patrón de la unidad de albañilería explicadas en el ítem 4.3.1 son: 130 mm ancho promedio (A_p), 85 mm altura promedio (H_p) y 240 mm longitud promedio (L_p).

Con este dato se procesó los datos obtenidos para cada medida: longitud, ancho y altura, mostradas en las Tablas 19,20 y 21, determinando de esta manera, el promedio de estas medidas, para luego ser sometidas a la fórmula estandarizada.

Tabla 19. Resultados de la variación dimensional de la longitud- Cullpa Alta

LADRILLOS CULLPA ALTA							
NÚMERO DE LADRILLO	LARGO DE LADRILLO EN (mm)				LONGITUD PROMEDIO (Lp)	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	L-1	L-2	L-3	L-4		$VDL(\%) = (L_e - L_p) * 100 / L_e$	
M-1	232.00	232.00	230.00	230.00	231.00	3.75	1.15
M-2	229.00	230.00	234.00	230.00	230.75	3.85	2.22
M-3	230.00	229.00	229.00	234.00	230.50	3.96	2.38
M-4	227.00	229.00	227.00	234.00	229.25	4.48	3.30
M-5	230.00	227.00	226.00	229.00	228.00	5.00	1.83
M-6	231.00	227.00	228.00	229.00	228.75	4.69	1.71
M-7	230.00	230.00	232.00	231.00	230.75	3.85	0.96
M-8	231.00	231.00	234.00	232.00	232.00	3.33	1.41
M-9	233.00	232.00	232.00	230.00	231.75	3.44	1.26
M-10	231.00	232.00	232.00	232.00	231.75	3.44	0.50
PROMEDIO							230.45
δ =							1.36
VDL(%)							0.59

Tabla 20. Resultados de la variación dimensional del ancho- Cullpa Alta

LADRILLOS CULLPA ALTA							
NÚMERO DE LADRILLO	ANCHO DE LADRILLO EN (mm)				ANCHO PROMEDIO Ap	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	A-1	A-2	A-3	A-4		$VDA(\%) = (A_e - A_p) * 100 / A_e$	
M-1	125.30	125.20	125.20	124.80	125.13	3.75	0.22
M-2	124.10	124.00	125.40	125.70	124.80	4.00	0.88
M-3	122.00	122.50	124.00	123.60	123.03	5.37	0.93
M-4	123.70	124.40	123.90	124.40	124.10	4.54	0.36
M-5	121.50	122.40	121.90	123.10	122.23	5.98	0.69
M-6	125.80	124.50	124.00	124.30	124.65	4.12	0.79
M-7	125.10	123.40	126.90	126.10	125.38	3.56	1.51
M-8	124.10	123.00	123.80	123.50	123.60	4.92	0.47
M-9	124.70	124.30	125.20	126.80	125.25	3.65	1.10
M-10	126.60	127.40	125.80	126.70	126.63	2.60	0.66
PROMEDIO							124.48
δ =							1.28
VDA(%)							1.03

Tabla 21. Resultados de la variación dimensional de la altura - Cullpa Alta

LADRILLOS CULLPA ALTA							
NÚMERO DE LADRILLO	ALTURA DE LADRILLO EN (mm)				ALTURA PROMEDIO H_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL $VDH(\%) = (H_e - H_p) * 100 / H_e$	DESV. ESTANDAR (δ)
	H-1	H-2	H-3	H-4			
M-1	86.30	84.50	87.30	85.40	85.88	-1.03	1.20
M-2	82.80	82.20	83.50	84.00	83.13	2.21	0.79
M-3	86.40	85.20	82.00	83.30	84.23	0.91	1.96
M-4	86.50	86.40	83.70	83.00	84.90	0.12	1.81
M-5	83.70	82.90	80.80	82.20	82.40	3.06	1.23
M-6	86.20	86.80	83.40	83.10	84.88	0.15	1.90
M-7	83.80	82.90	86.60	85.40	84.68	0.38	1.65
M-8	82.60	86.00	86.60	87.70	85.73	-0.85	2.20
M-9	84.70	83.80	87.10	86.30	85.48	-0.56	1.50
M-10	84.70	85.40	81.10	78.70	82.48	2.97	3.14
PROMEDIO							84.38
$\delta =$							1.29
VDH(%)							1.53

5.3.2. Resultados del ladrillo artesanal Hualhuas

Las medidas patrón de la unidad de albañilería explicadas en el ítem 4.3.1 son: 125 mm ancho promedio (A_p), 85 mm altura promedio (H_p) y 240 mm longitud promedio (L_p). En cuanto a estas medidas patrón, se puede observar que a comparación de Cullpa Alta, esta muestra tiene una disminución en el ancho.

En las Tablas 22,23 y 24 se muestra los datos procesados respectivamente.

Tabla 22. Resultados de la variación dimensional de la longitud- Hualhuas

LADRILLO ARTESANAL DE HUALHUAS							
NÚMERO DE LADRILLO	LARGO DE LADRILLO EN (mm)				LONGITUD PROMEDIO L_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL $VDL(\%) = (L_e - L_p) * 100 / L_e$	DESV. ESTANDAR (δ)
	L-1	L-2	L-3	L-4			
M-1	237.00	239.00	238.00	238.00	238.00	0.83	0.82
M-2	239.00	239.00	238.00	239.00	238.75	0.52	0.50
M-3	237.00	236.00	237.00	236.00	236.50	1.46	0.58
M-4	236.00	236.00	237.00	235.00	236.00	1.67	0.82
M-5	239.00	239.00	240.00	239.00	239.25	0.31	0.50
M-6	233.00	231.00	234.00	233.00	232.75	3.02	1.26
M-7	232.00	234.00	235.00	236.00	234.25	2.40	1.71
M-8	237.00	236.00	240.00	236.00	237.25	1.15	1.89
M-9	237.00	234.00	238.00	236.00	236.25	1.56	1.71
M-10	239.00	237.00	239.00	237.00	238.00	0.83	1.15
PROMEDIO							236.70
$\delta =$							2.02
VDL(%)							0.85

Tabla 23. Resultados de la variación dimensional del ancho- Hualhuas

LADRILLO ARTESANAL DE HUALHUAS							
NÚMERO DE LADRILLO	ANCHO DE LADRILLO EN (mm)				ANCHO PROMEDIO A_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DES. ESTANDAR (δ)
	A-1	A-2	A-3	A-4		$VDA(\%) = (A_e - A_p) * 100 / A_e$	
M-1	123.40	122.50	126.70	124.60	124.30	0.56	1.82
M-2	123.20	124.20	122.50	124.40	123.58	1.14	0.89
M-3	122.10	122.20	122.90	122.40	122.40	2.08	0.36
M-4	123.60	123.80	122.30	120.70	122.60	1.92	1.43
M-5	122.80	123.70	123.10	124.10	123.43	1.26	0.59
M-6	121.00	122.40	122.00	121.00	121.60	2.72	0.71
M-7	119.00	121.70	124.40	124.40	122.38	2.10	2.59
M-8	121.40	122.40	121.40	122.20	121.85	2.52	0.53
M-9	123.70	123.40	125.00	124.40	124.13	0.70	0.72
M-10	123.80	122.40	124.30	125.20	123.93	0.86	1.17
PROMEDIO							123.02
$\delta =$							0.97
VDA(%)							0.79

Tabla 24. Resultados de la variación dimensional de la altura- Hualhuas

LADRILLO ARTESANAL DE HUALHUAS							
NÚMERO DE LADRILLO	ALTURA DE LADRILLO EN (mm)				ALTURA PROMEDIO H_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DES. ESTANDAR (δ)
	H-1	H-2	H-3	H-4		$VDH(\%) = (H_e - H_p) * 100 / H_e$	
M-1	81.60	83.30	83.60	85.70	83.55	1.71	1.68
M-2	84.80	83.60	84.20	84.40	84.25	0.88	0.50
M-3	81.90	84.60	85.10	83.10	83.68	1.56	1.46
M-4	83.30	83.90	81.10	83.10	82.85	2.53	1.22
M-5	86.70	85.30	82.50	83.10	84.40	0.71	1.95
M-6	83.30	83.30	83.00	82.20	82.95	2.41	0.52
M-7	82.00	81.40	79.40	81.70	81.13	4.56	1.18
M-8	83.30	83.50	83.70	84.70	83.80	1.41	0.62
M-9	83.80	84.40	86.00	84.00	84.55	0.53	1.00
M-10	85.30	84.70	84.80	85.80	85.15	-0.18	0.51
PROMEDIO							83.63
$\delta =$							1.13
VDH(%)							1.35

5.3.3. Resultados del ladrillo artesanal San Agustín de Cajas

Las medidas patrón de la unidad de albañilería explicadas en el ítem 4.3.1 son: 130 mm ancho promedio (A_p), 85 mm altura promedio (H_p) y 240 mm longitud promedio (L_p). Los datos procesados se muestran en las Tablas 25,26 y 27.

Tabla 25. Resultados de la variación dimensional de la longitud- Cajas

LADRILLO ARTESANAL SAN AGUSTIN DE CAJAS							
NÚMERO DE LADRILLO	LARGO DE LADRILLO EN (mm)				LONGITUD PROMEDIO L_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	L-1	L-2	L-3	L-4		$VDL(\%) = (L_e - L_p) * 100 / L_e$	
M-1	231.00	230.00	235.00	235.00	232.75	3.02	2.63
M-2	231.00	230.00	233.00	234.00	232.00	3.33	1.83
M-3	232.00	232.00	231.00	232.00	231.75	3.44	0.50
M-4	233.00	234.00	232.00	232.00	232.75	3.02	0.96
M-5	239.00	237.00	239.00	239.00	238.50	0.63	1.00
M-6	230.00	234.00	232.00	233.00	232.25	3.23	1.71
M-7	233.00	234.00	232.00	236.00	233.75	2.60	1.71
M-8	232.00	235.00	233.00	233.00	233.25	2.81	1.26
M-9	235.00	232.00	233.00	234.00	233.50	2.71	1.29
M-10	235.00	235.00	235.00	236.00	235.25	1.98	0.50
PROMEDIO							233.58
$\delta =$							2.00
VDL(%)							0.86

Tabla 26. Resultados de la variación dimensional del ancho- Cajas

LADRILLO ARTESANAL SAN AGUSTIN DE CAJAS							
NÚMERO DE LADRILLO	ANCHO DE LADRILLO EN (mm)				ANCHO PROMEDIO A_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	A-1	A-2	A-3	A-4		$VDA(\%) = (A_e - A_p) * 100 / A_e$	
M-1	120.60	122.20	120.50	121.70	121.25	3.00	0.83
M-2	121.30	120.20	120.50	122.10	121.03	3.18	0.85
M-3	121.70	120.40	122.80	121.70	121.65	2.68	0.98
M-4	121.20	121.30	122.60	122.70	121.95	2.44	0.81
M-5	123.50	121.70	122.40	123.10	122.68	1.86	0.79
M-6	119.50	121.70	120.50	122.00	120.93	3.26	1.15
M-7	121.30	121.60	120.70	121.20	121.20	3.04	0.37
M-8	121.00	122.20	122.20	122.60	122.00	2.40	0.69
M-9	121.80	121.40	121.30	121.60	121.53	2.78	0.22
M-10	120.00	124.30	121.80	122.40	122.13	2.30	1.77
PROMEDIO							121.63
$\delta =$							0.56
VDA(%)							0.46

Tabla 27. Resultados de la variación dimensional de la altura- Cajas

LADRILLO ARTESANAL SAN AGUSTIN DE CAJAS							
NÚMERO DE LADRILLO	ALTURA DE LADRILLO EN (mm)				ALTURA PROMEDIO Hp	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR
	H-1	H-2	H-3	H-4		VDH(%)=(He-Hp)*100/He	
M-1	83.70	82.40	84.20	81.90	83.05	2.29	1.08
M-2	84.40	86.20	84.80	84.80	85.05	-0.06	0.79
M-3	84.70	86.20	85.70	83.60	85.05	-0.06	1.15
M-4	85.30	84.00	85.40	84.90	84.90	0.12	0.64
M-5	82.80	83.40	84.30	84.40	83.73	1.50	0.76
M-6	84.40	84.60	84.40	86.00	84.85	0.18	0.77
M-7	83.90	84.80	85.40	84.30	84.60	0.47	0.65
M-8	82.40	83.60	86.10	85.40	84.38	0.74	1.69
M-9	83.70	84.70	84.40	85.60	84.60	0.47	0.79
M-10	83.00	83.20	83.80	84.70	83.68	1.56	0.76
PROMEDIO							84.39
δ =							0.68
VDH(%)							0.81

5.3.4. Resultados del ladrillo artesanal San Jerónimo

Las medidas patrón de la unidad de albañilería explicadas en el ítem 4.3.1 son: 130 mm ancho promedio (Ap), 85 mm altura promedio (Hp) y 240 mm longitud promedio (Lp). Los datos procesados se muestran en las tablas 28,29 y 30 respectivamente.

Tabla 28. Resultados de la variación dimensional de la longitud- San Jerónimo

LADRILLO ARTESANAL SAN JERÓNIMO							
NÚMERO DE LADRILLO	LARGO DE LADRILLO EN (mm)				LONGITUD PROMEDIO Lp	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	L-1	L-2	L-3	L-4		VDL(%)=(Le-Lp)*100/Le	
M-1	230.00	227.00	237.00	229.00	230.75	3.85	4.35
M-2	240.00	242.00	233.00	240.00	238.75	0.52	3.95
M-3	233.00	230.00	230.00	231.00	231.00	3.75	1.41
M-4	227.00	230.00	235.00	232.00	231.00	3.75	3.37
M-5	226.00	230.00	226.00	230.00	228.00	5.00	2.31
M-6	240.00	240.00	239.00	240.00	239.75	0.10	0.50
M-7	235.00	235.00	233.00	234.00	234.25	2.40	0.96
M-8	235.00	239.00	237.00	239.00	237.50	1.04	1.91
M-9	228.00	229.00	231.00	233.00	230.25	4.06	2.22
M-10	233.00	233.00	233.00	230.00	232.25	3.23	1.50
PROMEDIO							233.35
δ =							2.25
VDH(%)							0.96

Tabla 29. Resultados de la variación dimensional del ancho- San Jerónimo

LADRILLO ARTESANAL SAN JERÓNIMO							
NÚMERO DE LADRILLO	ANCHO DE LADRILLO EN (mm)				ANCHO PROMEDIO A_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DES. ESTANDAR (δ)
	A-1	A-2	A-3	A-4		$VDA(\%) = (A_e - A_p) * 100 / A_e$	
M-1	122.40	122.30	124.40	124.40	123.38	5.10	1.18
M-2	127.00	126.80	129.70	127.70	127.80	1.69	1.32
M-3	123.00	121.60	123.10	121.40	122.28	5.94	0.90
M-4	121.80	122.40	122.20	122.40	122.20	6.00	0.28
M-5	123.90	122.30	123.60	122.00	122.95	5.42	0.94
M-6	125.40	124.80	125.80	124.50	125.13	3.75	0.59
M-7	129.00	127.00	124.70	129.00	127.43	1.98	2.05
M-8	126.10	129.00	124.80	125.00	126.23	2.90	1.94
M-9	123.50	121.70	121.40	123.30	122.48	5.79	1.08
M-10	121.20	121.70	122.40	120.70	121.50	6.54	0.73
PROMEDIO							124.04
$\delta =$							1.10
VDA(%)							0.89

Tabla 30. Resultados de la variación dimensional de la altura- San Jerónimo

LADRILLO ARTESANAL SAN JERÓNIMO							
NÚMERO DE LADRILLO	ALTURA DE LADRILLO EN (mm)				ALTURA PROMEDIO H_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DES. ESTANDAR (δ)
	H-1	H-2	H-3	H-4		$VDH(\%) = (H_e - H_p) * 100 / H_e$	
M-1	77.00	78.00	80.30	80.70	79.00	7.06	1.79
M-2	87.30	88.00	79.80	82.40	84.38	0.74	3.94
M-3	83.30	80.70	81.40	83.20	82.15	3.35	1.30
M-4	77.00	77.30	80.00	80.70	78.75	7.35	1.87
M-5	81.20	79.50	81.30	79.40	80.35	5.47	1.04
M-6	78.00	78.20	80.00	80.00	79.05	7.00	1.10
M-7	84.10	87.00	83.10	84.00	84.55	0.53	1.69
M-8	77.30	79.00	76.40	78.00	77.68	8.62	1.10
M-9	82.30	83.20	82.60	82.50	82.65	2.76	0.39
M-10	85.00	86.10	84.90	84.80	85.20	-0.24	0.61
PROMEDIO							81.38
$\delta =$							1.48
VDH(%)							1.82

A continuación, la Tabla 31 muestra un resumen de los resultados de los ensayos de variación dimensional de los ladrillos artesanales, en este caso las unidades de las tres ladrilleras estudiadas (Cullpa Alta, Hualhuas y Cajas), clasifican como un ladrillo tipo V y la ladrillera de San Jerónimo clasifica como un tipo IV, según la Norma E.070. Lo que significa que todos estos ladrillos tienden a un buen comportamiento resistente del muro, siempre y cuando se cumpla con el requerimiento mínimo de 10 mm a 15 mm de junta horizontal, los valores de la junta de separación se representan en la tabla 32.

Tabla 31. Resumen de la variación dimensional del ladrillo artesanal

VARIACIÓN DIMENSIONAL							
LADRILLO ARTESANAL	PROMEDIO			VARIACION DIMENSIONAL			CLASIFICACIÓN
	L(mm)	A(mm)	H(mm)	VDL(%)	VDA(%)	VDH(%)	
CULLPA ALTA	230.45	124.48	84.38	0.59	1.03	1.53	TIPO V
HUALHUAS	236.70	123.02	83.63	0.85	0.79	1.35	TIPO V
SAN AGUSTIN DE CAJAS	233.58	121.63	84.39	0.86	0.46	0.81	TIPO V
SAN JERÓNIMO	233.35	124.04	81.45	1.72	1.87	3.26	TIPO IV

Tabla 32. Junta de Separación por ladrillera artesanal

ZONA	DESVIACIÓN ESTANDAR (mm)	JUNTA CALCULADA $4\text{mm}+2\cdot s$ (mm)
CULLPA ALTA	1.29	6.58
HUALHUAS	1.13	6.26
SAN AGUSTIN DE CAJAS	0.68	5.36
SAN JERONIMO	2.66	9.32

5.4. Resultados de variación dimensional de los ladrillos industriales

En este ítem, se muestra el resultado los ensayos realizados a las unidades de ladrillos industriales Fortaleza, Lark, Pirámide y Rex.

5.4.1. Resultados del ladrillo industrial - fortaleza

Para evaluar la variación dimensional de las unidades industriales de Marca Fortaleza, se tomó como patrón las medidas obtenidas en su ficha técnica (Anexo B), publicada en su página oficial y son: 125 mm ancho promedio (A_p), 90 mm altura promedio (H_p) y 230 mm longitud promedio (L_p). Los datos procesados se muestran en las tablas 33,34 y 35 respectivamente.

Tabla 33. Resultados de la variación dimensional de la longitud- Fortaleza

LADRILLOS FORTALEZA							
NÚMERO DE LADRILLO	LARGO DE LADRILLO EN (mm)				LONGITUD PROMEDIO Lp	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	L-1	L-2	L-3	L-4		$VDL(\%) = (L_e - L_p) * 100 / L_e$	
M-1	225.00	225.00	226.00	226.00	225.50	1.96	0.58
M-2	226.00	229.00	226.00	226.00	226.75	1.41	1.50
M-3	226.00	227.00	227.00	226.00	226.50	1.52	0.58
M-4	229.00	226.00	229.00	227.00	227.75	0.98	1.50
M-5	230.00	227.00	227.00	227.00	227.75	0.98	1.50
M-6	227.00	229.00	227.00	226.00	227.25	1.20	1.26
M-7	229.00	227.00	229.00	229.00	228.50	0.65	1.00
M-8	230.00	227.00	225.00	226.00	227.00	1.30	2.16
M-9	227.00	227.00	227.00	226.00	226.75	1.41	0.50
M-10	223.00	227.00	227.00	229.00	226.50	1.52	2.52
PROMEDIO							227.03
δ =							0.84
VDL(%)							0.37

Tabla 34. Resultados de la variación dimensional del ancho - Fortaleza

LADRILLOS FORTALEZA							
NÚMERO DE LADRILLO	ANCHO DE LADRILLO EN (mm)				ANCHO PROMEDIO Ap	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	A-1	A-2	A-3	A-4		$VDA(\%) = (A_e - A_p) * 100 / A_e$	
M-1	119.10	119.80	120.40	128.00	121.83	2.54	4.15
M-2	119.30	120.00	120.00	120.00	119.83	4.14	0.35
M-3	120.30	121.00	119.80	119.30	120.10	3.92	0.73
M-4	121.00	121.00	121.30	121.30	121.15	3.08	0.17
M-5	121.40	121.00	121.40	121.40	121.30	2.96	0.20
M-6	119.80	119.90	120.80	120.50	120.25	3.80	0.48
M-7	121.00	121.00	120.50	120.50	120.75	3.40	0.29
M-8	121.30	121.60	120.50	120.40	120.95	3.24	0.59
M-9	120.50	120.50	120.80	120.70	120.63	3.50	0.15
M-10	121.50	121.90	121.70	121.70	121.70	2.64	0.16
PROMEDIO							120.85
δ =							0.67
VDA(%)							0.55

Tabla 35. Resultados de la variación dimensional de la altura- Fortaleza

LADRILLOS FORTALEZA							
NÚMERO DE LADRILLO	ALTURA DE LADRILLO EN (mm)				ALTURA PROMEDIO Hp	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	H-1	H-2	H-3	H-4		$VDH(\%) = (H_e - H_p) * 100 / H_e$	
M-1	90.70	91.40	92.00	92.20	91.58	-1.75	0.68
M-2	90.50	90.70	90.30	90.30	90.45	-0.50	0.19
M-3	93.80	94.20	94.70	94.60	94.33	-4.81	0.41
M-4	93.00	91.20	91.30	91.00	91.63	-1.81	0.93
M-5	91.00	90.50	90.50	90.90	90.73	-0.81	0.26
M-6	91.50	91.90	92.60	92.70	92.18	-2.42	0.57
M-7	91.60	91.60	91.50	91.50	91.55	-1.72	0.06
M-8	92.20	91.50	92.10	91.30	91.78	-1.97	0.44
M-9	91.80	91.00	91.40	91.40	91.40	-1.56	0.33
M-10	91.50	93.10	91.00	91.70	91.83	-2.03	0.90
PROMEDIO							91.74
δ =							1.04
VDH(%)							1.14

5.4.2. Resultados de ladrillos Lark

Las medidas patrón obtenidas en su ficha técnica (Anexo B), publicada en su página oficial son: 125 mm ancho promedio (Ap), 90 mm altura promedio (Hp) y 230 mm longitud promedio (Lp). Los datos procesados se muestran en las tablas 36,37 y 38 respectivamente.

Tabla 36. Resultados de la variación dimensional de la longitud- Lark

LADRILLOS LARK							
NÚMERO DE LADRILLO	LARGO DE LADRILLO EN (mm)				LONGITUD PROMEDIO Lp	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	L-1	L-2	L-3	L-4		$VDL(\%)=(Le-Lp)*100/Le$	
M-1	232.00	229.00	230.00	230.00	230.25	-0.11	1.26
M-2	231.00	229.00	230.00	231.00	230.25	-0.11	0.96
M-3	231.00	229.00	232.00	231.00	230.75	-0.33	1.26
M-4	231.00	230.00	230.00	229.00	230.00	0.00	0.82
M-5	230.00	228.00	229.00	231.00	229.50	0.22	1.29
M-6	230.00	229.00	230.00	229.00	229.50	0.22	0.58
M-7	231.00	230.00	232.00	230.00	230.75	-0.33	0.96
M-8	230.00	230.00	233.00	232.00	231.25	-0.54	1.50
M-9	231.00	230.00	231.00	230.00	230.50	-0.22	0.58
M-10	230.00	230.00	231.00	230.00	230.25	-0.11	0.50
PROMEDIO							230.30
δ =							0.55
VDL(%)							0.24

Tabla 37. Resultados de la variación dimensional del ancho- Fortaleza

LADRILLOS LARK							
NÚMERO DE LADRILLO	ANCHO DE LADRILLO EN (mm)				ANCHO PROMEDIO Ap	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	A-1	A-2	A-3	A-4		$VDA(\%)=(Ae-Ap)*100/Ae$	
M-1	126.00	126.30	127.20	126.70	126.55	-1.24	0.52
M-2	126.60	126.90	126.60	126.50	126.65	-1.32	0.17
M-3	126.40	126.40	126.80	126.70	126.58	-1.26	0.21
M-4	126.50	126.60	126.80	126.60	126.63	-1.30	0.13
M-5	126.30	126.60	127.00	127.30	126.80	-1.44	0.44
M-6	127.40	127.40	126.30	126.70	126.95	-1.56	0.54
M-7	127.00	126.40	125.70	126.30	126.35	-1.08	0.53
M-8	126.60	127.20	127.00	127.20	127.00	-1.60	0.28
M-9	127.00	126.60	126.50	126.30	126.60	-1.28	0.29
M-10	126.30	126.20	127.60	127.30	126.85	-1.48	0.70
PROMEDIO							126.70
δ =							0.20
VDA(%)							0.16

Tabla 38. Resultados de la variación dimensional de la altura- Fortaleza

LADRILLOS LARK							
NÚMERO DE LADRILLO	ALTURA DE LADRILLO EN (mm)				ALTURA PROMEDIO H_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	H-1	H-2	H-3	H-4		$VDH(\%) = (H_e - H_p) * 100 / H_e$	
M-1	94.60	93.40	92.20	92.10	93.08	-2.46	1.18
M-2	92.30	93.30	93.10	92.90	92.90	-2.32	0.43
M-3	92.70	92.40	91.00	91.80	91.98	-1.58	0.75
M-4	93.60	92.50	91.60	91.50	92.30	-1.84	0.98
M-5	93.60	93.00	92.70	92.70	93.00	-2.40	0.42
M-6	93.00	93.40	91.60	92.00	92.50	-2.00	0.84
M-7	92.70	93.20	92.20	91.30	92.35	-1.88	0.81
M-8	94.80	93.60	92.00	92.50	93.23	-2.58	1.24
M-9	93.10	92.70	91.70	92.00	92.38	-1.90	0.64
M-10	92.50	92.90	93.00	92.80	92.80	-2.24	0.22
PROMEDIO							92.65
$\delta =$							0.41
VDH(%)							0.44

5.4.3. Resultados de ladrillos Pirámide

Las medidas patrón obtenidas en su ficha técnica (Anexo B), publicada en su página oficial son: 125 mm ancho promedio (A_p), 90 mm altura promedio (H_p) y 230 mm longitud promedio (L_p). Los datos procesados se muestran en las Tablas 39,40 y 41 respectivamente.

Tabla 39. Resultados de la variación dimensional de la longitud- Pirámide

LADRILLOS PIRÁMIDE							
NÚMERO DE LADRILLO	LARGO DE LADRILLO EN (mm)				LONGITUD PROMEDIO L_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	L-1	L-2	L-3	L-4		$VDL(\%) = (L_e - L_p) * 100 / L_e$	
M-1	227.00	225.00	228.00	225.00	226.25	1.63	1.50
M-2	226.00	226.00	227.00	225.00	226.00	1.74	0.82
M-3	229.00	226.00	226.00	225.00	226.50	1.52	1.73
M-4	224.00	222.00	224.00	222.00	223.00	3.04	1.15
M-5	225.00	225.00	225.00	225.00	225.00	2.17	0.00
M-6	229.00	225.00	227.00	227.00	227.00	1.30	1.63
M-7	227.00	226.00	228.00	226.00	226.75	1.41	0.96
M-8	228.00	225.00	228.00	226.00	226.75	1.41	1.50
M-9	225.00	229.00	224.00	226.00	226.00	1.74	2.16
M-10	230.00	225.00	230.00	227.00	228.00	0.87	2.45
PROMEDIO							226.13
$\delta =$							1.35
VDL(%)							0.59

Tabla 40. Resultados de la variación dimensional del ancho - Pirámide

LADRILLOS PIRÁMIDE							
NÚMERO DE LADRILLO	ANCHO DE LADRILLO EN (mm)				ANCHO PROMEDIO A_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	A-1	A-2	A-3	A-4		$VDA(\%) = (A_e - A_p) * 100 / A_e$	
M-1	124.00	124.10	125.30	125.40	124.70	0.24	0.75
M-2	125.80	125.70	124.10	123.70	124.83	0.14	1.08
M-3	124.30	124.40	125.20	125.20	124.78	0.18	0.49
M-4	125.20	126.00	123.40	123.20	124.45	0.44	1.37
M-5	123.10	122.90	124.40	124.20	123.65	1.08	0.76
M-6	124.70	124.60	124.40	124.30	124.50	0.40	0.18
M-7	123.80	124.70	125.10	125.50	124.78	0.18	0.73
M-8	124.00	124.30	123.10	123.60	123.75	1.00	0.52
M-9	126.10	126.20	125.30	125.20	125.70	-0.56	0.52
M-10	123.10	124.00	125.20	125.00	124.33	0.54	0.97
PROMEDIO							124.55
$\delta =$							0.58
VDA(%)							0.47

Tabla 41. Resultados de la variación dimensional de la altura- Pirámide

LADRILLOS PIRÁMIDE							
NÚMERO DE LADRILLO	ALTURA DE LADRILLO EN (mm)				ALTURA PROMEDIO H_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	H-1	H-2	H-3	H-4		$VDH(\%) = (H_e - H_p) * 100 / H_e$	
M-1	90.30	90.10	89.30	89.20	89.73	0.31	0.56
M-2	90.80	90.60	91.40	91.90	91.18	-1.31	0.59
M-3	89.90	89.60	90.90	91.30	90.43	-0.47	0.81
M-4	90.00	89.60	89.10	88.70	89.35	0.72	0.57
M-5	90.80	92.20	91.70	93.00	91.93	-2.14	0.92
M-6	90.80	91.70	92.20	90.50	91.30	-1.44	0.79
M-7	91.70	90.90	90.70	90.90	91.05	-1.17	0.44
M-8	88.70	89.20	91.10	90.10	89.78	0.25	1.06
M-9	90.30	91.20	90.80	90.30	90.65	-0.72	0.44
M-10	90.90	90.60	90.70	90.30	90.63	-0.69	0.25
PROMEDIO							90.60
$\delta =$							0.80
VDH(%)							0.89

5.4.4. Resultados de ladrillos Rex

Las medidas patrón obtenidas en su ficha técnica (Anexo B), publicada en su página oficial son: 130 mm ancho promedio (A_p), 90 mm altura promedio (H_p) y 230 mm longitud promedio (L_p). Los datos procesados se muestran en las tablas 42,43 y 44 respectivamente.

Tabla 42. Resultados de la variación dimensional de la longitud- Rex

LADRILLOS REX							
NÚMERO DE LADRILLO	LARGO DE LADRILLO EN (mm)				LONGITUD PROMEDIO L_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	L-1	L-2	L-3	L-4		$VDL(\%)=(L_e-L_p)*100/L_e$	
M-1	230.00	230.00	230.00	227.00	229.25	0.33	1.50
M-2	232.00	230.00	228.00	232.00	230.50	-0.22	1.91
M-3	228.00	229.00	229.00	225.00	227.75	0.98	1.89
M-4	230.00	225.00	228.00	228.00	227.75	0.98	2.06
M-5	230.00	230.00	232.00	228.00	230.00	0.00	1.63
M-6	230.00	226.00	230.00	225.00	227.75	0.98	2.63
M-7	225.00	230.00	230.00	230.00	228.75	0.54	2.50
M-8	230.00	230.00	230.00	225.00	228.75	0.54	2.50
M-9	220.00	229.00	230.00	227.00	226.50	1.52	4.51
M-10	230.00	228.00	230.00	226.00	228.50	0.65	1.91
PROMEDIO							228.55
$\delta =$							1.18
VDL(%)							0.52

Tabla 43. Resultados de la variación dimensional del ancho- Rex

LADRILLOS REX							
NÚMERO DE LADRILLO	ANCHO DE LADRILLO EN (mm)				ANCHO PROMEDIO A_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	A-1	A-2	A-3	A-4		$VDA(\%)=(A_e-A_p)*100/A_e$	
M-1	131.20	131.20	132.80	131.30	131.63	-1.25	0.78
M-2	131.60	131.00	131.00	131.30	131.23	-0.94	0.29
M-3	128.10	127.80	128.70	129.00	128.40	1.23	0.55
M-4	129.60	129.20	128.00	129.00	128.95	0.81	0.68
M-5	129.20	128.70	129.10	128.80	128.95	0.81	0.24
M-6	131.20	131.60	130.40	131.00	131.05	-0.81	0.50
M-7	128.20	129.30	128.00	128.30	128.45	1.19	0.58
M-8	130.00	130.00	128.60	129.00	129.40	0.46	0.71
M-9	132.60	131.10	131.40	131.30	131.60	-1.23	0.68
M-10	130.00	130.00	130.00	130.20	130.05	-0.04	0.10
PROMEDIO							129.97
$\delta =$							1.30
VDA(%)							1.00

Tabla 44. Resultados de la variación dimensional de la altura- Rex

LADRILLOS REX							
NÚMERO DE LADRILLO	ALTURA DE LADRILLO EN (mm)				ALTURA PROMEDIO H_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	H-1	H-2	H-3	H-4		$VDH(\%)=(H_e-H_p)*100/H_e$	
M-1	90.80	91.70	92.20	93.00	91.93	-2.14	0.92
M-2	91.70	90.90	90.70	90.90	91.05	-1.17	0.44
M-3	88.70	89.20	91.10	90.00	89.75	0.28	1.05
M-4	90.30	91.20	90.80	90.30	90.65	-0.72	0.44
M-5	90.90	90.60	90.70	90.30	90.63	-0.69	0.25
M-6	90.40	93.00	91.00	91.40	91.45	-1.61	1.11
M-7	91.70	92.40	90.30	90.50	91.23	-1.36	1.00
M-8	90.30	92.30	93.00	90.50	91.53	-1.69	1.33
M-9	91.60	94.40	91.00	93.00	92.50	-2.78	1.52
M-10	90.00	92.10	90.30	92.60	91.25	-1.39	1.29
PROMEDIO							91.20
$\delta =$							0.76
VDH(%)							0.83

En cuanto al ladrillo industrial, la Tabla 45 muestra un resumen de los ensayos realizados, en este caso las unidades de las cuatro marcas estudiadas (Fortaleza, Lark, Pirámide y Rex), clasifican como un ladrillo tipo V.

Observando la Tabla 46, el valor de la junta cumple con el rango definido por la Norma E.070, de esta manera el ladrillo industrial tiende a un buen comportamiento resistente del muro.

Tabla 45. Resumen de la variación dimensional del ladrillo industrial

VARIACIÓN DIMENSIONAL							
LADRILLO INDUSTRIAL	PROMEDIO			VARIACION DIMENSIONAL			CLASIFICACIÓN
	L(mm)	A(mm)	H(mm)	VDL(%)	VDA(%)	VDH(%)	
FORTALEZA	227.03	120.85	91.74	0.37	0.55	1.14	TIPO V
LARK	230.30	126.70	92.65	0.24	0.16	0.44	TIPO V
PIRÁMIDE	226.13	124.55	90.60	0.59	0.47	0.89	TIPO V
REX	228.55	129.97	91.20	0.52	1.00	0.83	TIPO V

Tabla 46. Junta de Separación para el ladrillo industrial

ZONA	DESVIACIÓN ESTANDAR (mm)	JUNTA CALCULADA $4mm+2 \cdot s$ (mm)
FORTALEZA	1.04	6.08
LARK	0.41	4.81
PIRÁMIDE	0.80	5.61
REX	0.76	5.51

5.5. Resultado del ensayo de Alabeo

A continuación, se presenta los resultados del ensayo de alabeo sometidos a los ladrillos artesanales e industriales.

5.5.1. Resultados del alabeo en ladrillos artesanales

Se procedió a ejecutar este ensayo con lo antes mencionado en el ítem 4.3.2. Los resultados se muestran en las Tablas 47,48,49 y 50 respectivamente.

Tabla 47. Resultados de alabeo- Cullpa Alta

LADRILLOS CULLPA ALTA											
NÚMERO DE LADRILLO	CONCAVIDAD (mm)				VALOR DESF.	CONVECCIDAD (mm)				VALOR DESF.	CLASIFICACIÓN
	SUPERIOR		INFERIOR			SUPERIOR		INFERIOR			
M-1	0.00	1.00	8.00	5.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	TIPO IV
M-2	1.00	3.00	4.00	2.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-3	2.00	4.00	3.00	2.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-4	0.00	1.00	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-5	0.00	1.00	5.00	3.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-6	1.00	0.00	3.00	1.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-7	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-8	0.00	2.00	3.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-9	0.00	1.00	7.00	4.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-10	0.00	3.00	3.00	2.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
				PROMEDIO	4.00				PROMEDIO	0.00	

Tabla 48. Resultados de alabeo- Hualhuas

LADRILLOS HUALHUAS											
NÚMERO DE LADRILLO	CONCAVIDAD (mm)				VALOR DESF.	CONVECCIDAD (mm)				VALOR DESF.	CLASIFICACIÓN
	SUPERIOR		INFERIOR			SUPERIOR		INFERIOR			
M-1	1.00	3.00	5.00	2.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	TIPO III
M-2	0.00	1.00	7.00	5.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-3	0.00	1.00	7.00	4.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-4	4.00	7.00	5.00	3.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-5	3.00	5.00	1.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-6	1.00	3.00	4.00	2.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-7	1.00	2.00	4.00	2.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-8	2.00	3.00	6.00	4.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-9	1.00	1.00	8.00	4.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-10	1.00	1.00	4.00	3.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
				PROMEDIO	5.70				PROMEDIO	0.00	

Tabla 49. Resultados de alabeo- Cajas

LADRILLOS SAN AGUSTIN DE CAJAS											
NÚMERO DE LADRILLO	CONCAVIDAD (mm)				VALOR DESF.	CONVECCIDAD (mm)				VALOR DESF.	CLASIFICACIÓN
	SUPERIOR		INFERIOR			SUPERIOR		INFERIOR			
M-1	2.00	4.00	3.00	1.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	TIPO IV
M-2	1.00	2.00	5.00	3.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-3	2.00	4.00	3.00	1.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-4	2.00	4.00	0.00	1.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-5	0.00	1.00	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-6	1.00	2.00	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-7	2.00	4.00	6.00	3.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-8	1.00	2.00	4.00	2.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-9	2.00	3.00	4.00	2.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-10	0.00	1.00	3.00	3.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
				PROMEDIO	3.80				PROMEDIO	0.00	

Tabla 50. Resultados de alabeo- San Jerónimo

LADRILLOS SAN JERÓNIMO											
NÚMERO DE LADRILLO	CONCAVIDAD (mm)				VALOR DESF.	CONVECCIDAD (mm)				VALOR DESF.	CLASIFICACIÓN
	SUPERIOR		INFERIOR			SUPERIOR		INFERIOR			
M-1	1.00	2.00	3.00	1.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	TIPO IV
M-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	3.00	0.00	3.00	
M-3	1.00	2.00	4.00	1.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-4	1.00	2.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-5	0.00	0.00	3.00	1.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-6	0.00	0.00	5.00	2.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-7	0.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-8	1.00	1.00	3.00	1.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-9	0.00	1.00	3.00	1.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-10	0.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
				PROMEDIO	2.70				PROMEDIO	0.30	

A continuación, la Tabla 51 muestra el resumen de los ensayos de alabeo de los ladrillos artesanales de las ladrilleras estudiadas (Cullpa Alta, San Jerónimo y Cajas), clasifican como un ladrillo tipo IV y la ladrillera Hualhuas, como tipo III según la Norma E.070; cabe recalcar que este ensayo al igual que la variación dimensional está relacionado al aumento de junta horizontal, asimismo una disminución de la adherencia con el mortero al formarse vacíos en las zonas alabeadas perjudicando la resistencia.

Tabla 51. Resumen del ensayo de alabeo del ladrillo artesanal

ALABEO			
LADRILLO ARTESANAL	CONCAVIDAD (mm)	CONVECCIDAD (mm)	CLASIFICACIÓN
CULLPA ALTA	4.00	0.00	TIPO IV
HUALHUAS	5.70	0.00	TIPO III
CAJAS	3.80	0.00	TIPO IV
SAN JERÓNIMO	2.70	0.30	TIPO IV

5.5.2. Resultados del alabeo de los ladrillos industriales

A continuación, la Tabla 52 muestra un resumen de los ensayos de alabeo de los ladrillos industriales, en este caso las unidades de las tres ladrilleras estudiadas (Fortaleza, Pirámide y Rex), clasifican como un ladrillo tipo V y la ladrillera Lark clasifica como un tipo IV según la Norma E070; concluyendo como óptimo para su uso portante.

Tabla 52. Resumen del ensayo de alabeo del ladrillo industrial

ALABEO			
LADRILLO INDUSTRIAL	CONCAVIDAD (mm)	CONVECCIDAD (mm)	CLASIFICACIÓN
FORTALEZA	1.30	1.25	TIPO V
LARK	3.70	0.00	TIPO IV
PIRÁMIDE	1.15	0.30	TIPO V
REX	1.90	0.50	TIPO V

5.6. Resultado del ensayo de absorción

A continuación, se presenta los resultados del ensayo de absorción sometidos a los ladrillos artesanales e industriales.

5.6.1. Resultados del ladrillo artesanal

Se procedió a ejecutar este ensayo con lo antes mencionado en el ítem 4.4.1. Los resultados se muestran en las Tablas 53,54,55 y 56 respectivamente.

Tabla 53. Ensayo de Absorción- Cullpa Alta

LADRILLO ARTESANAL- CULLPA ALTA					
NÚMERO DE LADRILLO	Peso nat.	Peso seco	Peso sum.	Humedad nat.	Absorción
	(g)	(g)	(g)	%	%
M-1	4.00	3.79	4.42	5.21	14.24
M-2	3.75	3.59	4.17	4.42	14.02
M-3	3.64	3.53	4.17	3.05	15.38
M-4	3.81	3.68	4.29	3.34	14.30
M-5	3.56	3.49	4.08	1.85	14.45
			Promedio	3.57	14.48

Tabla 54. Ensayo de Absorción-Hualhuas

LADRILLO ARTESANAL- HUALHUAS					
NÚMERO DE LADRILLO	Peso natural	Peso seco	Peso sum.	Humedad nat.	Absorción
	(g)	(g)	(g)	%	%
M-1	3.608	3.601	4.254	0.194	15.35
M-2	3.674	3.672	4.31	0.054	14.80
M-3	3.124	3.124	3.745	0.000	16.58
M-4	3.276	3.266	3.898	0.305	16.21
M-5	3.354	3.349	4.009	0.149	16.46
			Promedio	0.141	15.88

Tabla 55. Ensayo de Absorción-Cajas

LADRILLO ARTESANAL SAN AGUSTIN DE CAJAS					
NUMERO DE LADRILLO	Peso natural	Peso seco	Peso sum.	Humedad nat.	Absorción
	(g)	(g)	(g)	%	%
M-1	3.207	3.197	3.798	0.312	15.82
M-2	3.385	3.378	4.01	0.207	15.76
M-3	3.628	3.625	4.231	0.083	14.32
M-4	3.228	3.197	3.785	0.960	15.54
M-5	3.294	3.289	3.92	0.152	16.10
Promedio				0.343	15.51

Tabla 56. Ensayo de Absorción-San Jerónimo

LADRILLO ARTESANAL SAN JERÓNIMO					
NÚMERO DE LADRILLO	Peso natural	Peso seco	Peso sum.	Humedad nat.	Absorción
	(g)	(g)	(g)	%	%
M-1	3.209	3.196	3.847	0.405	16.92
M-2	3.356	3.323	3.97	0.983	16.30
M-3	3.1	3.065	3.776	1.129	18.83
M-4	3.207	3.209	3.858	-0.062	16.82
M-5	3.286	3.2	3.854	2.617	16.97
Promedio				1.014	17.17

A continuación, la Tabla 57 muestra el resumen del ensayo de absorción de los ladrillos artesanales de las ladrilleras estudiadas (Cullpa Alta, Hualhuas, San Jerónimo y Cajas), los cuales indican que no llegan al 22% de absorción, cumpliendo lo especificado en la Norma E.070.

Tabla 57. Resumen del ensayo de absorción del ladrillo artesanal

LADRILLO ARTESANAL	ABSORCIÓN	
	Humedad Nat.	Absorción
	%	%
CULLPA ALTA	3.570	14.48
HUALHUAS	0.140	15.80
CAJAS	0.340	15.51
SAN JERÓNIMO	0.610	17.17

5.6.2. Resultados del ladrillo industrial

Se procedió a ejecutar este ensayo con lo antes mencionado en el ítem 4.4.1. Los resultados se muestran en las Tablas 58,59,60 y 61 respectivamente.

Tabla 58. Ensayo de Absorción-Fortaleza

LADRILLO INDUSTRIAL FORTALEZA					
NÚMERO DE LADRILLO	Peso natural	Peso seco	Peso sumer	Humedad nat.	Absorción
	(g)	(g)	(g)	%	%
M-1	2740	2726	2977	0.511	8.43
M-2	2730	2709	2933	0.769	7.64
M-3	2815	2797	3052	0.639	8.36
M-4	2796	2753	2984	1.538	7.74
M-5	2753	2715	3018	1.380	10.04
Promedio				0.968	8.44

Tabla 59. Ensayo de Absorción-Lark

LADRILLO INDUSTRIAL LARK					
NÚMERO DE LADRILLO	Peso natural	Peso seco	Peso sumer	Humedad nat.	Absorción
	(g)	(g)	(g)	%	%
M-1	2719	2716	3074	0.110	11.65
M-2	2708	2706	3066	0.074	11.74
M-3	2680	2679	3046	0.037	12.05
M-4	2718	2714	3071	0.147	11.62
M-5	2705	2702	3070	0.111	11.99
Promedio				0.096	11.81

Tabla 60. Ensayo de Absorción-Pirámide

LADRILLO INDUSTRIAL PIRÁMIDE					
NÚMERO DE LADRILLO	Peso natural	Peso seco	Peso sumer	Humedad nat.	Absorción
	(g)	(g)	(g)	%	%
M-1	2681	2680	2961	0.037	9.49
M-2	2728	2716	3026	0.440	10.24
M-3	2726	2726	3020	0.000	9.74
M-4	2729	2727	2918	0.073	6.55
M-5	2666	2657	2975	0.338	10.69
Promedio				0.178	9.34

Tabla 61. Ensayo de Absorción-Rex

LADRILLO INDUSTRIAL REX					
NÚMERO DE LADRILLO	Peso natural	Peso seco	Peso sumer	Humedad nat.	Absorción
	(g)	(g)	(g)	%	%
M-1	2697	2691	3029	0.222	11.16
M-2	2758	2745	3088	0.471	11.11
M-3	2780	2724	3044	2.014	10.51
M-4	2739	2690	3023	1.789	11.02
M-5	2719	2691	3014	1.030	10.72
Promedio				1.105	10.90

A continuación, la Tabla 62 muestra un resumen de los ensayos de absorción de los ladrillos industriales, en este caso las unidades de las tres ladrilleras

estudiadas (Fortaleza, Lark, Pirámide y Rex), tienen un porcentaje de absorción menor a la del ladrillo artesanal, cumpliendo lo especificado en la norma E.070.

Tabla 62. Resumen del ensayo de alabeo del ladrillo industrial

ABSORCIÓN		
LADRILLO INDUSTRIAL	Humedad Nat.	Absorción
	%	%
FORTALEZA	0.968	8.44
LARK	0.096	11.81
PIRÁMIDE	0.178	9.34
REX	1.105	10.90

5.7. Ensayo a la compresión $f'b$

A continuación, se presenta los resultados del ensayo de esfuerzo a la compresión sometidos a los ladrillos artesanales e industriales.

5.7.1. Resultados del ladrillo artesanal

Se procedió a ejecutar este ensayo con lo antes mencionado en el ítem 4.3.3. Los resultados al ensayo a la compresión de los ladrillos artesanales se muestran las Tablas 63,64,65 y 66:

Tabla 63. Resistencia a compresión axial $f'b$ - Cullpa Alta

LADRILLERA ARTESANAL- CULLPA ALTA					
NUMERO DE LADRILLO	AREA BRUTA	AREA NETA	CARGA	RESISTENCIA A LA COMPRESION	
	(cm ²)	(cm ²)	(kg)	(kg/cm ²)	
	1	2	3	AREA BRUTA	AREA NETA
				4=3/1	5=3/2
M-1	290.60	290.60	15311.82	52.69	52.69
M-2	287.73	287.73	13318.30	46.29	46.29
M-3	286.67	286.67	10997.46	38.36	38.36
M-4	290.55	290.55	12195.61	41.97	41.97
M-5	292.45	292.45	14516.45	49.64	49.64
				PROMEDIO	45.791
				$\bar{\delta}$ =	5.753
				$f'b$	40.037

Tabla 64. Resistencia a compresión axial f' b-Hualhuas

LADRILLERA ARTESANAL- HUALHUAS					
NÚMERO DE LADRILLO	AREA BRUTA	AREA NETA	CARGA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
	(cm ²)	(cm ²)	(kg)	(kg/cm ²)	
	1	2	3	AREA BRUTA 4=3/1	AREA NETA :f' b 5=3/2
M-1	281.93	281.93	9932.90	35.23	35.23
M-2	276.08	276.08	8159.64	29.56	29.56
M-3	286.77	286.77	9672.87	33.73	33.73
M-4	293.17	293.17	7624.30	26.01	26.01
M-5	295.88	295.88	9262.95	31.31	31.31
				PROMEDIO f' b	31.166
				δ =	3.617
				f' b	27.549

Tabla 65. Resistencia a compresión axial f' b-Cajas

LADRILLERA ARTESANAL-SAN AGUSTIN DE CAJAS					
NÚMERO DE LADRILLO	AREA BRUTA	AREA NETA	CARGA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
	(cm ²)	(cm ²)	(kg)	(kg/cm ²)	
	1	2	3	AREA BRUTA 4=3/1	AREA NETA :f' b 5=3/2
M-1	274.85	274.85	20278.77	73.78	73.78
M-2	282.63	282.63	15815.55	55.96	55.96
M-3	280.72	280.72	14375.73	51.21	51.21
M-4	286.23	286.23	14693.88	51.34	51.34
M-5	282.00	282.00	16539.53	58.65	58.65
				PROMEDIO f' b	58.187
				δ =	9.273
				f' b	48.914

Tabla 66. Resistencia a compresión axial f' b- San Jerónimo

LADRILLERA ARTESANAL-SAN JERÓNIMO					
NÚMERO DE LADRILLO	AREA BRUTA	AREA NETA	CARGA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
	(cm ²)	(cm ²)	(kg)	(kg/cm ²)	
	1	2	3	AREA BRUTA 4=3/1	AREA NETA :f' b 5=3/2
M-1	300.00	300.00	9536.23	31.79	31.79
M-2	303.15	303.15	10956.68	36.14	36.14
M-3	296.34	296.34	7433.61	25.09	25.09
M-4	281.58	281.58	7215.40	25.62	25.62
M-5	282.40	282.40	7100.17	25.14	25.14
				PROMEDIO f' b	28.757
				δ =	5.002
				f' b	23.754

A continuación, en la Tabla 67 se presenta el resumen de los ensayos de resistencia a la compresión axial $f'b$ de los ladrillos artesanales (Cullpa Alta, Hualhuas, Cajas y San Jerónimo).

Comparado los resultados con lo exigido por la Norma E 070, las unidades de albañilería no llegan a clasificar estructuralmente, destacando de estos resultados a la ladrillera Cajas, que tiende a la clasificación tipo I, con una resistencia de 48 Kg/cm², seguido de la ladrillera Cullpa Alta, con una resistencia de 40 Kg/cm²; con respecto a las demás ladrilleras se muestra que tienen un resultado demasiado bajo. Obteniendo la máxima desviación estándar la ladrillera de Cajas con un 9.27 % y un coeficiente de 15% admisible según la Norma E.070.

Tabla 67. Resumen del ensayo de compresión axial $f'b$ del ladrillo artesanal

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL ($f'b$)				
LADRILLO ARTESANAL	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR (δ)	$f'b$ (Kg/cm ²)	CLASIFICACIÓN
CULLPA ALTA	45.79	5.75	40.04	NO CLASIFICA
HUALHUAS	31.17	3.62	27.55	NO CLASIFICA
CAJAS	58.19	9.27	48.91	NO CLASIFICA
SAN JERÓNIMO	28.76	5.00	23.75	NO CLASIFICA

5.7.2. Resultados de los ladrillos industriales

Se procedió a ejecutar este ensayo con lo antes mencionado en el ítem 4.3.2. Los resultados al ensayo a la compresión de los ladrillos artesanales se muestran las Tablas 68,69,70 y 71:

Tabla 68. Resistencia a compresión axial $f'b$ - Fortaleza

LADRILLO INDUSTRIAL - FORTALEZA						
NÚMERO DE LADRILLO	AREA BRUTA	AREA NETA	CARGA	% VACIOS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	
	(cm ²)	(cm ²)	(kg)		AREA BRUTA	AREA NETA
	1	2	3		4=3/1	:f'b
	5=3/2					
M-1	271.95	174.72	44486.45	35.75	163.59	254.62
M-2	277.09	179.86	54137.91	35.09	195.38	301.00
M-3	278.99	181.76	41037.83	34.85	147.09	225.78
M-4	273.54	176.31	44701.61	35.55	163.42	253.55
M-5	270.95	173.72	43743.09	35.89	161.45	251.81
					PROMEDIO	166.186
					δ =	17.704
					$f'b$	148.482

Tabla 69. Resistencia a compresión axial f' b-Lark

LADRILLO INDUSTRIAL -LARK							
NÚMERO DE LADRILLO	AREA BRUTA	AREA NETA	CARGA	% VACIOS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		
	(cm2)	(cm2)	(kg)		(kg/cm2)		
	1	2	3		AREA BRUTA	AREA NETA	
					4=3/1	5=3/2	
M-1	293.02	199.20	54478.49	32.02	185.92	273.49	
M-2	293.37	199.55	60843.46	31.98	207.39	304.90	
M-3	291.18	197.36	67639.76	32.22	232.30	342.72	
M-4	293.37	199.55	60816.95	31.98	207.30	304.77	
M-5	290.49	196.67	56485.26	32.30	194.45	287.21	
					PROMEDIO	f' b	205.473
					δ =	f' b	17.538
					f' b	f' b	187.935

Tabla 70. Resistencia a compresión axial f' b-Pirámide

LADRILLO INDUSTRIAL -PIRÁMIDE							
NÚMERO DE LADRILLO	AREA BRUTA	AREA NETA	CARGA	% VACIOS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		
	(cm2)	(cm2)	(kg)		(kg/cm2)		
	1	2	3		AREA BRUTA	AREA NETA	
					4=3/1	5=3/2	
M-1	285.56	192.73	47472.13	32.51	166.24	246.31	
M-2	281.03	188.20	52057.72	33.03	185.24	276.62	
M-3	282.72	189.89	48036.03	32.83	169.91	252.97	
M-4	283.73	190.89	52967.30	32.72	186.69	277.47	
M-5	283.13	190.30	53033.58	32.79	187.31	278.68	
					PROMEDIO	f' b	179.077
					δ =	f' b	10.156
					f' b	f' b	168.921

Tabla 71. Resistencia a compresión axial f' b- Rex

LADRILLO INDUSTRIAL -REX							
NÚMERO DE LADRILLO	AREA BRUTA	AREA NETA	CARGA	% VACIOS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		
	(cm2)	(cm2)	(kg)		(kg/cm2)		
	1	2	3		AREA BRUTA	AREA NETA	
					4=3/1	5=3/2	
M-1	301.76	192.33	49700.18	36.26	164.70	258.41	
M-2	288.45	179.02	36558.28	37.94	126.74	204.22	
M-3	299.00	189.57	40258.78	36.60	134.64	212.37	
M-4	291.72	182.29	32210.28	37.51	110.42	176.70	
M-5	299.00	189.57	37138.49	36.60	124.21	195.91	
					PROMEDIO	f' b	132.142
					δ =	f' b	20.190
					f' b	f' b	111.952

A continuación, en la Tabla 72 se presenta un resumen de los ensayos de resistencia a la compresión axial $f'b$ de los ladrillos industriales, en este ensayo las unidades de las cuatro ladrilleras estudiadas (Fortaleza, Lark, Pirámide y Rex), cumplen con la clasificación de la siguiente manera: ladrillo fortaleza clasifica como tipo IV, ladrillos Lark clasifica como tipo V, seguido de ladrillos Pirámide como tipo IV y por último ladrillos Rex como tipo III, obteniendo la máxima desviación estándar ladrillos Rex con un 20.19%. y un coeficiente de 15.27% admisible según la Norma E.070

Tabla 72. Resumen del ensayo de compresión axial $f'b$ del ladrillo industrial

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL ($f'b$)				
LADRILLO INDUSTRIAL	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR (δ)	$f'b$ (Kg/cm ²)	CLASIFICACIÓN
FORTALEZA	166.19	17.70	148.48	TIPO IV
LARK	205.47	17.54	187.93	TIPO V
PIRÁMIDE	179.08	10.16	168.92	TIPO IV
REX	132.14	20.19	111.95	TIPO III

A la vez mencionar que el porcentaje de vacíos, en las muestras de las cuatro marcas sobrepasan el 30 % permitido, siendo considerados unidades huecas, por ende, tienden a tener un comportamiento frágil. Asimismo, dichas unidades según la Norma E.070 no pueden ser usadas en muros portantes, con la única excepción de tener el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentado por un ingeniero civil.

5.8. Ensayo a la compresión –pilas ($f'm$)

A continuación, se presenta los resultados del ensayo de esfuerzo a la compresión en pilas ($f'm$) sometidos a los ladrillos artesanales e industriales.

5.8.1. Resultados del ladrillo artesanal

Se procedió a ejecutar este ensayo con lo antes mencionado en el ítem 4.4.2. A continuación, se presenta en las Tablas 73,74,75 y 76 los resultados.

Tabla 73. Resistencia a la compresión axial f'm- Cullpa Alta

LADRILLO ARTESANAL- CULLPA ALTA						
PILA	AREA	P (MAX)	f'm	ESBELTEZ	COEFICIENTE	f'm
	cm2	KN	kg/cm2	H/E	C	kg/cm2
1	276.600	96.750	35.667	2.258	0.766	27.327
2	278.905	101.790	37.215	2.231	0.762	28.373
3	281.210	99.110	35.938	2.205	0.759	27.266
PROMEDIO f'm						27.66
δ =						0.62
f'm						27.03

Tabla 74. Resistencia a la compresión axial f'm-Hualhuas

LADRILLO ARTESANAL- HUALHUAS						
PILA	AREA	P (MAX)	f'm	ESBELTEZ	COEFICIENTE	f'm
	cm2	KN	kg/cm2	H/E	C	kg/cm2
1	284.040	102.010	36.621	2.142	0.750	27.460
2	286.407	99.650	35.479	2.198	0.758	26.885
3	288.774	82.700	29.202	2.148	0.751	21.921
PROMEDIO f'm						25.42
δ =						3.05
f'm						22.38

Tabla 75. Resistencia a la compresión axial f'm-Cajas

LADRILLO ARTESANAL- CAJAS						
PILA	AREA	P (MAX)	f'm	ESBELTEZ	COEFICIENTE	f'm
	cm2	KN	kg/cm2	H/E	C	kg/cm2
1	280.320	104.270	37.930	2.225	0.762	28.883
2	277.984	99.720	36.579	2.218	0.761	27.822
3	275.648	90.580	33.508	2.246	0.764	25.614
PROMEDIO f'm						27.44
δ =						1.67
f'm						25.77

Tabla 76. Resistencia a la compresión axial f'm-San Jerónimo

LADRILLOS SAN JERONIMO						
PILA	AREA	P (MAX)	f'm	ESBELTEZ	COEFICIENTE	f'm
	cm2	KN	kg/cm2	H/E	C	kg/cm2
1	286.160	76.580	27.288	2.132	0.749	20.426
2	284.992	76.040	27.207	2.223	0.761	20.710
3	284.992	100.060	35.801	2.111	0.746	26.690
PROMEDIO f'm						22.61
δ =						3.54
f'm						19.07

A continuación, en la Tabla 77 se muestra un resumen de los ensayos de resistencia a la compresión f'm de los ladrillos artesanales (Cullpa Alta,

Hualhuas, Cajas y San Jerónimo), comparado con la Norma E.070 la resistencia a la que llegan cada una de ellas, no es normalizada ya que no cumplen el mínimo establecido, mencionando que la ladrillera Cullpa Alta llega a una resistencia de 27.03 Kg/cm²; Hualhuas 22.38 Kg/cm², Cajas 25.77 Kg/cm² y San Jerónimo 19.07 Kg/cm² resultado que debería llegar como mínimo a 35 Kg/cm². Concluyendo que estas unidades no deberían ser utilizadas para estructuras portantes.

Tabla 77. Resumen del ensayo de compresión axial f'm- ladrillo artesanal

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL (f'm)				
LADRILLO ARTESANAL	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR (δ)	f'm(Kg/cm ²)	NORMA E070 (Kg/cm ²)
CULLPA ALTA	27.66	0.62	27.03	35.00
HUALHUAS	25.42	3.05	22.38	35.00
CAJAS	27.44	1.67	25.77	35.00
SAN JERÓNIMO	22.61	3.54	19.07	35.00

Cabe destacar que las fallas encontradas en las pilas de ladrillos artesanales, fueron en su mayoría fallas por trituración. En las fotografías 54 y 55 se puede observar el tipo de falla obtenida de las ladrilleras Hualhuas y Cullpa Alta.



Fotografía 54. Falla por trituración- pila de unidades artesanales



Fotografía 55.Falla por trituración - unidades de albañilería artesanales

5.8.2. Resultados del ladrillo industrial

A continuación, se presenta los resultados en las Tablas 78,79,80 y 81.

Tabla 78.Resistencia a la compresión axial f'm-Fortaleza

LADRILLO INDUSTRIAL-FORTALEZA						
PILA	AREA	P (MAX)	f'm	ESBELTEZ	COEFICIENTE	f'm
	cm2	KN	kg/cm2	H/E	C	kg/cm2
1	272.400	226.070	84.627	2.533	0.805	68.096
2	274.670	204.820	76.039	2.479	0.797	60.611
3	274.670	214.890	79.777	2.471	0.796	63.498
PROMEDIO f'm						64.07
δ =						3.78
f'm						60.29

Tabla 79.Resistencia a la compresión axial f'm-Lark

LADRILLO INDUSTRIAL- LARK						
PILA	AREA	P (MAX)	f'm	ESBELTEZ	COEFICIENTE	f'm
	cm2	KN	kg/cm2	H/E	C	kg/cm2
1	292.481	266.140	92.787	2.402	0.786	72.951
2	290.178	294.900	103.629	2.421	0.789	81.752
3	287.875	227.150	80.460	2.424	0.789	63.512
PROMEDIO f'm						72.74
δ =						9.12
f'm						63.62

Tabla 80. Resistencia a la compresión axial f'm-Pirámide

LADRILLO INDUSTRIAL- PIRÁMIDE						
PILA	AREA	P (MAX)	f'm	ESBELTEZ	COEFICIENTE	f'm
	cm2	KN	kg/cm2	H/E	C	kg/cm2
1	282.625	272.890	98.458	2.400	0.786	77.388
2	282.625	234.730	84.690	2.560	0.808	68.463
3	280.364	296.720	107.919	2.411	0.788	84.995
PROMEDIO f'm						76.95
δ =						8.27
f'm						68.67

Tabla 81. Resistencia a la compresión axial f'm-Rex

LADRILLO INDUSTRIAL- REX						
PILA	AREA	P (MAX)	f'm	ESBELTEZ	COEFICIENTE	f'm
	cm2	KN	kg/cm2	H/E	C	kg/cm2
1	290.195	206.400	72.526	2.362	0.781	56.621
2	297.050	164.500	56.469	2.331	0.776	43.837
3	301.620	224.570	75.921	2.303	0.772	58.644
PROMEDIO f'm						53.03
δ =						8.03
f'm						45.01

A continuación, se muestra la Tabla 82 donde se muestra un resumen de los ensayos de resistencia a la compresión f'm de los ladrillos industriales (Fortaleza, Lark, Pirámide y Rex), comparado con la Norma E.070 la resistencia a la que llegan cada una de ellas no es normalizada ya que no cumplen con lo requerido, pero tienden al valor establecido en la Norma, mencionando que los ladrillos Fortaleza llegan a una resistencia de 60.29 Kg/cm2, Lark 63.62 Kg/cm2, Pirámide 68.67 Kg/cm2 y Rex 45.01 Kg/cm2, resultado que debería llegar como mínimo a 65 Kg/cm2.

Tabla 82. Resumen del ensayo de compresión axial f'm -ladrillo industrial

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL (f'm)				
LADRILLO INDUSTRIAL	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTANDAR (δ)	f'm(Kg/cm2)	NORMA E070 (Kg/cm2)
FORTALEZA	64.07	3.78	60.29	65.00
LARK	72.74	9.12	63.62	65.00
PIRÁMIDE	76.95	8.27	68.67	65.00
REX	53.03	8.03	45.01	65.00

Cabe destacar que las fallas encontradas en las pilas de ladrillos industriales, fueron en su mayoría fallas frágiles, esto debido al porcentaje de vacío que se

explicó en el ítem 5.7.2. En la fotografía 56 se observa al ladrillo de marca Rex obteniendo una falla correcta y en la fotografía 57 se observa el tipo de falla del ladrillo marca Pirámide con una falla frágil.



Fotografía 56.Fallas de las pilas de unidades de albañilería industrial.



Fotografía 57.Falla frágil de las pilas de unidades de albañilería industrial .

5.9. Propuesta de mejora

Luego de realizar los ensayos a las unidades de albañilería artesanales, y tener como resultado que, no cumplen con la clasificación estructural formulada por la norma E.070, se propone como aporte al estudio una mejora a la unidad de albañilería.

Con los resultados obtenidos de las ladrilleras en estudio se desarrolló la propuesta de elaboración de una nueva unidad artesanal que cumpla con las especificaciones de la Norma E.070 y clasifique estructuralmente.

Para ello se menciona los procedimientos de cómo se realizó las nuevas unidades de albañilería:

5.9.1. Proceso de elaboración

5.9.1.1. Muestras

La capacidad del horno a utilizar es de 25 millares, para lo cual basándose en la NTP 399.613, se propuso la elaboración de una muestra de 100 ladrillos el cual fue distribuido, como muestra la Tabla 83:

Tabla 83. Propuesta de mejora de calidad de la unidad de albañilería

PROPUESTA DE MEJORA DE CALIDAD DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA		UND	ARCILLA Kg	ASERRIN Kg	CLASIFICACIÓN DE MUESTRA
1	Verter las cantidades usuales de las ladrilleras	60	222	15	1.1, 1.2, 1.3
2	Verter más aserrín de lo usual	20	74	6.5	2
3	Verter menos aserrín de lo usual	20	74	3.5	3
TOTAL					100

En la fotografía 58, se muestra las unidades propuestas



Fotografía 58. Unidades propuestas

Una vez determinada la muestra se procedió a distribuir las unidades en los diferentes niveles del horno, esto con el fin de que las muestras queden distribuidas en todos los niveles, para luego determinar las diferencias entre éstas. En la Tabla 84 se designa las diferentes muestras distribuidas en los niveles del horno.

Tabla 84. Ubicación de la unidad de albañilería en el horno

UBICACIÓN DEL LADRILLO DENTRO DEL HORNO	MUESTRAS		
INFERIOR	1.1		
INTERMEDIO	1.2	2	3
SUPERIOR	1.3		

Las fotografías 59,60 y 61 muestran las fotografías de las unidades propuestas ubicadas en los diferentes niveles del horno.



Fotografía 59. Unidades propuestas ubicadas en la parte inferior del horno



Fotografía 60. Unidades propuestas ubicadas en la parte media del horno



Fotografía 61. Unidades propuestas ubicadas en la parte superior horno

5.9.1.2. D

Para la fabricación de estas nuevas unidades se vio por conveniente probar con diferentes dosificaciones, con la finalidad de determinar la cantidad adecuada de materia prima y aserrín a utilizar, para posteriormente ser sometidas a los ensayos clasificatorios correspondientes.

Se tomó como base la cantidad empírica que usan los trabajadores para 1 millar de ladrillos; de acuerdo a ello se calculó la cantidad necesaria (en Kg) de arcilla y aserrín, para el numero de cada muestra propuesta líneas arriba. En la fotografía 62 se observa la dosificación de arcilla y aserrín.



Fotografía 62. Dosificación de materiales (arcilla y aserrín)

5.9.1.3. Elaboración de gavera

Si bien es cierto las unidades de albañilería artesanal cumplen con la clasificación de variación dimensional y alabeo según la Norma E.070, pero se vio por conveniente la fabricación de una nueva gavera que puede ser una alternativa de uso ya que la ventaja de esta nueva forma es que considera una unidad con 8 huecos de 2.10 cm de diámetro, lo que hace un porcentaje de vacíos del 10% siendo considerada unidad maciza, a la vez que estos huecos ayudarán a que la unidad tenga una mejor uniformidad en la temperatura, al momento de la cocción y por último ayudará a la adherencia con el mortero. A continuación, en la fotografía 63 se muestra la nueva propuesta de gavera.



Fotografía 63. Propuesta de gavera

5.9.1.4. Proceso de fabricación

Para el desarrollo de esta unidad, se siguió el mismo procedimiento ancestral con la diferencia que para el mezclado se hizo uso de una mezcladora mecánica para luego ser moldeada y arrumada para su posterior secado durante 2 semanas. En la figura 9 se muestra el procedimiento de fabricación de la nueva unidad propuesta.

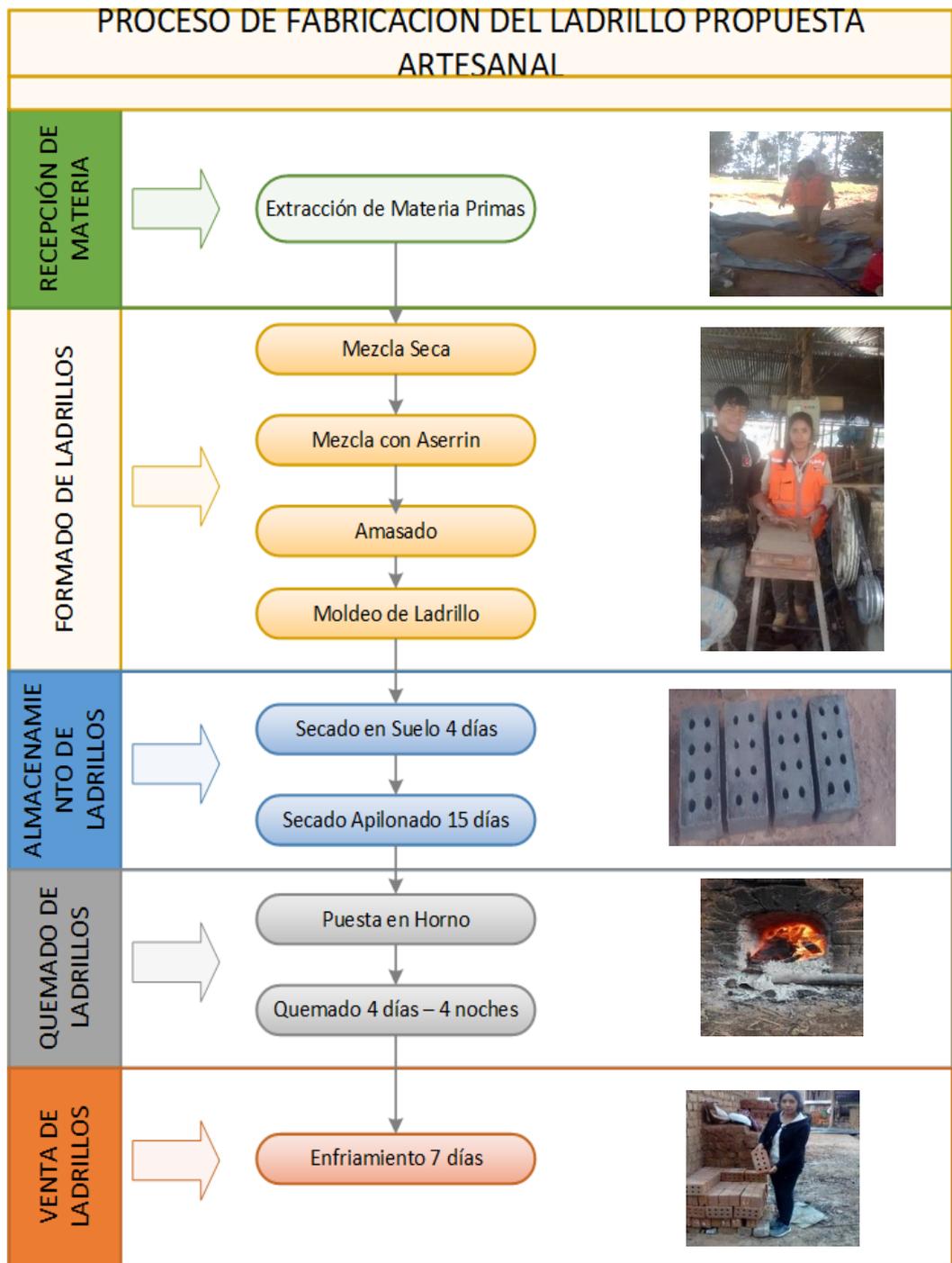


Figura 9. Proceso de fabricación de ladrillo artesanal propuesta

5.9.2. Ensayos clasificatorios a la propuesta

5.9.2.1. Variación dimensional

Se realizó el procedimiento según las Normas Técnicas 399.613 y 331.017, procediendo a medir los cuatro lados de la unidad de albañilería, considerando la longitud, el ancho y la altura para finalmente obtener un promedio, de esta manera sacar la desviación estándar que ayudará a determinar la variación dimensional. En la fotografía 64 se aprecia este ensayo.



Fotografía 64. Unidad de albañilería artesanal propuesta – Variación dimensional

A continuación, en las tablas 85, 86 y 87 se muestran los resultados de la variación dimensional de la propuesta 1.1, destacando que en cada dimensión poseen una desviación estándar mínima, influyendo que el resultado final se acerque más a la realidad.

Tabla 85.Resultados de la variación dimensional longitud- Propuesta 1.1

PROPUESTA 1.1							
NÚMERO DE LADRILLO	LARGO DE LADRILLO EN (mm)				LONGITUD PROMEDIO (Lp)	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	L-1	L-2	L-3	L-4		$VDL(\%) = (L_e - L_p) * 100 / L_e$	
M-1	228.00	227.00	232.00	230.00	229.25	4.48	2.22
M-2	228.00	227.00	229.00	230.00	228.50	4.79	1.29
M-3	225.00	228.00	230.00	226.00	227.25	5.31	2.22
M-4	229.00	228.00	230.00	230.00	229.25	4.48	0.96
M-5	227.00	226.00	231.00	228.00	228.00	5.00	2.16
M-6	229.00	227.00	230.00	230.00	229.00	4.58	1.41
M-7	230.00	229.00	229.00	229.00	229.25	4.48	0.50
M-8	228.00	229.00	229.00	228.00	228.50	4.79	0.58
M-9	230.00	227.00	225.00	226.00	227.00	5.42	2.16
M-10	228.00	227.00	228.00	229.00	228.00	5.00	0.82
PROMEDIO						228.40	
$\delta =$						0.83	
VDL(%)						0.36	

Tabla 86.Resultados de la variación dimensional Ancho- Propuesta 1.1

PROPUESTA 1.1							
NÚMERO DE LADRILLO	ANCHO DE LADRILLO EN (mm)				ANCHO PROMEDIO A_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	A-1	A-2	A-3	A-4		$VDA(\%) = (A_e - A_p) * 100 / A_e$	
M-1	121.00	122.00	122.50	121.00	121.63	2.70	0.75
M-2	121.00	121.00	122.40	122.00	121.60	2.72	0.71
M-3	121.50	122.50	123.30	122.00	122.33	2.14	0.77
M-4	119.60	121.40	121.00	122.00	121.00	3.20	1.02
M-5	121.50	122.40	121.60	121.40	121.73	2.62	0.46
M-6	119.00	121.20	121.00	122.00	120.80	3.36	1.28
M-7	121.40	121.00	121.40	121.20	121.25	3.00	0.19
M-8	121.50	121.00	122.00	121.00	121.38	2.90	0.48
M-9	121.50	121.00	120.60	123.00	121.53	2.78	1.05
M-10	121.20	121.50	122.00	121.70	121.60	2.72	0.34
PROMEDIO						121.48	
$\delta =$						0.42	
VDA(%)						0.35	

Tabla 87. Resultados de la variación dimensional altura- Propuesta 1.1

PROPUESTA 1.1							
NÚMERO DE LADRILLO	ALTURA DE LADRILLO EN (mm)				ALTURA PROMEDIO H_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL $VDH(\%) = (H_e - H_p) * 100 / H_e$	DESV. ESTANDAR (δ)
	H-1	H-2	H-3	H-4			
M-1	85.40	84.40	87.60	86.00	85.85	-1.00	1.34
M-2	89.30	89.00	86.00	87.70	88.00	-3.53	1.50
M-3	89.00	87.00	84.00	87.40	86.85	-2.18	2.09
M-4	85.30	85.40	87.20	88.60	86.63	-1.91	1.58
M-5	85.00	86.00	90.00	89.90	87.73	-3.21	2.60
M-6	86.00	85.40	88.00	88.10	86.88	-2.21	1.38
M-7	89.00	86.30	86.00	88.20	87.38	-2.79	1.46
M-8	86.60	89.20	86.70	88.70	87.80	-3.29	1.34
M-9	85.60	84.40	86.00	88.30	86.08	-1.26	1.63
M-10	86.60	86.80	86.10	84.20	85.93	-1.09	1.19
PROMEDIO							86.91
$\delta =$							0.80
VDH(%)							0.92

A continuación, en las tablas 88, 89 y 90 se muestran los resultados de la variación dimensional de la propuesta 1.2, destacando que en cada dimensión poseen una desviación estándar mínima, influyendo que el resultado final se acerque más a la realidad.

Tabla 88. Resultados de la variación dimensional longitud- Propuesta 1.2

PROPUESTA 1.2							
NÚMERO DE LADRILLO	LARGO DE LADRILLO EN (mm)				LONGITUD PROMEDIO L_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL $VDL(\%) = (L_e - L_p) * 100 / L_e$	DESV. ESTANDAR (δ)
	L-1	L-2	L-3	L-4			
M-1	227.00	227.00	229.00	226.00	227.25	5.31	1.26
M-2	225.00	228.00	230.00	229.00	228.00	5.00	2.16
M-3	229.00	226.00	228.00	227.00	227.50	5.21	1.29
M-4	227.00	226.00	230.00	228.00	227.75	5.10	1.71
M-5	226.00	228.00	230.00	228.00	228.00	5.00	1.63
M-6	227.00	225.00	228.00	228.00	227.00	5.42	1.41
M-7	226.00	228.00	231.00	226.00	227.75	5.10	2.36
M-8	225.00	227.00	231.00	227.00	227.50	5.21	2.52
M-9	227.00	229.00	230.00	229.00	228.75	4.69	1.26
M-10	227.00	225.00	228.00	230.00	227.50	5.21	2.08
PROMEDIO							227.70
$\delta =$							0.48
VDL(%)							0.21

Tabla 89. Resultados de la variación dimensional ancho- Propuesta 1.2

PROPUESTA 1.2							
NÚMERO DE LADRILLO	ANCHO DE LADRILLO EN (mm)				ANCHO PROMEDIO A_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	A-1	A-2	A-3	A-4		$VDA(\%) = (A_e - A_p) * 100 / A_e$	
M-1	121.30	119.70	121.50	121.00	120.88	3.30	0.81
M-2	121.00	121.40	121.00	122.00	121.35	2.92	0.47
M-3	120.50	122.00	122.00	122.60	121.78	2.58	0.90
M-4	121.00	122.00	122.00	122.60	121.90	2.48	0.66
M-5	126.30	122.00	120.00	123.00	122.83	1.74	2.63
M-6	121.30	121.20	122.40	122.00	121.73	2.62	0.57
M-7	122.00	120.00	120.50	120.40	120.73	3.42	0.88
M-8	123.50	122.20	120.40	121.40	121.88	2.50	1.31
M-9	122.70	122.00	121.20	120.50	121.60	2.72	0.96
M-10	120.50	119.00	120.00	121.70	120.30	3.76	1.12
PROMEDIO						121.50	
$\delta =$						0.72	
VDA(%)						0.59	

Tabla 90. Resultados de la variación dimensional altura- Propuesta 1.2

PROPUESTA 1.2							
NÚMERO DE LADRILLO	ALTURA DE LADRILLO EN (mm)				ALTURA PROMEDIO H_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	H-1	H-2	H-3	H-4		$VDH(\%) = (H_e - H_p) * 100 / H_e$	
M-1	87.00	85.50	89.00	89.00	87.63	-3.09	1.70
M-2	88.00	87.00	85.00	89.30	87.33	-2.74	1.81
M-3	86.60	88.30	89.30	88.00	88.05	-3.59	1.12
M-4	87.00	87.20	87.30	87.30	87.20	-2.59	0.14
M-5	87.00	86.60	85.00	85.60	86.05	-1.24	0.91
M-6	89.00	87.20	87.60	86.70	87.63	-3.09	0.99
M-7	85.00	85.00	86.20	85.50	85.43	-0.50	0.57
M-8	84.40	87.00	86.40	86.50	86.08	-1.26	1.15
M-9	85.60	86.30	89.20	88.20	87.33	-2.74	1.66
M-10	87.30	86.20	86.40	88.00	86.98	-2.32	0.83
PROMEDIO						86.97	
$\delta =$						0.84	
VDH(%)						0.97	

A continuación, en las tablas 91, 92 y 93 se muestran los resultados de la variación dimensional de la propuesta 1.3, destacando que en cada dimensión poseen una desviación estándar mínima, influyendo que el resultado final se acerque más a la realidad.

Tabla 91. Resultados de la variación dimensional longitud- Propuesta 1.3

PROPUESTA 1.3							
NÚMERO DE LADRILLO	LARGO DE LADRILLO EN (mm)				LONGITUD PROMEDIO L_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL $VDL(\%) = (L_e - L_p) * 100 / L_e$	DESV. ESTANDAR (δ)
	L-1	L-2	L-3	L-4			
M-1	230.00	229.00	230.00	229.00	229.50	4.38	0.58
M-2	225.00	225.00	228.00	229.00	226.75	5.52	2.06
M-3	225.00	226.00	230.00	229.00	227.50	5.21	2.38
M-4	227.00	225.00	226.00	229.00	226.75	5.52	1.71
M-5	229.00	225.00	229.00	228.00	227.75	5.10	1.89
M-6	225.00	228.00	230.00	229.00	228.00	5.00	2.16
M-7	231.00	228.00	228.00	226.00	228.25	4.90	2.06
M-8	227.00	228.00	229.00	228.00	228.00	5.00	0.82
M-9	230.00	230.00	226.00	229.00	228.75	4.69	1.89
M-10	224.00	226.00	226.00	226.00	225.50	6.04	1.00
PROMEDIO						227.68	
$\delta =$						1.13	
VDL(%)						0.50	

Tabla 92. Resultados de la variación dimensional ancho- Propuesta 1.3

PROPUESTA 1.3							
NÚMERO DE LADRILLO	ANCHO DE LADRILLO EN (mm)				ANCHO PROMEDIO A_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL $VDA(\%) = (A_e - A_p) * 100 / A_e$	DESV. ESTANDAR (δ)
	A-1	A-2	A-3	A-4			
M-1	123.00	122.50	119.30	121.60	121.60	2.72	1.64
M-2	122.00	121.00	122.30	122.00	121.83	2.54	0.57
M-3	121.70	121.60	121.00	121.70	121.50	2.80	0.34
M-4	122.60	121.60	121.50	121.00	121.68	2.66	0.67
M-5	121.00	121.60	122.70	120.00	121.33	2.94	1.13
M-6	120.40	121.00	122.30	120.70	121.10	3.12	0.84
M-7	120.40	122.00	123.50	121.00	121.73	2.62	1.35
M-8	121.60	121.50	121.40	122.00	121.63	2.70	0.26
M-9	121.00	121.00	120.50	120.70	120.80	3.36	0.24
M-10	121.00	121.00	120.50	122.00	121.13	3.10	0.63
PROMEDIO						121.43	
$\delta =$						0.33	
VDA(%)						0.27	

Tabla 93. Resultados de la variación dimensional altura- Propuesta 1.3

PROPUESTA 1.3							
NÚMERO DE LADRILLO	ALTURA DE LADRILLO EN (mm)				ALTURA PROMEDIO H_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL $VDH(\%) = (H_e - H_p) * 100 / H_e$	DESV. ESTANDAR (δ)
	H-1	H-2	H-3	H-4			
M-1	85.50	86.00	86.00	84.40	85.48	-0.56	0.75
M-2	87.30	87.00	86.60	86.70	86.90	-2.24	0.32
M-3	89.20	88.30	88.60	87.00	88.28	-3.85	0.93
M-4	88.00	86.60	88.50	87.00	87.53	-2.97	0.88
M-5	86.40	87.40	89.00	85.30	87.03	-2.38	1.57
M-6	85.30	87.00	86.30	85.40	86.00	-1.18	0.80
M-7	85.30	86.00	90.00	86.20	86.88	-2.21	2.12
M-8	91.40	88.30	87.30	88.00	88.75	-4.41	1.82
M-9	87.00	87.00	87.00	86.70	86.93	-2.26	0.15
M-10	85.40	84.30	86.20	86.00	85.48	-0.56	0.85
PROMEDIO							86.92
$\delta =$							1.08
VDH(%)							1.25

A continuación, en las tablas 94, 95 y 96 se muestran los resultados de la variación dimensional de la propuesta 2, destacando que en cada dimensión poseen una desviación estándar mínima, influyendo que el resultado final se acerque más a la realidad.

Tabla 94. Resultados de la variación dimensional longitud- Propuesta 2

PROPUESTA 2							
NÚMERO DE LADRILLO	LARGO DE LADRILLO EN (mm)				LONGITUD PROMEDIO L_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL $VDL(\%) = (L_e - L_p) * 100 / L_e$	DESV. ESTANDAR (δ)
	L-1	L-2	L-3	L-4			
M-1	228.00	226.00	229.00	228.00	227.75	5.10	1.26
M-2	225.00	226.00	229.00	226.00	226.50	5.63	1.73
M-3	230.00	230.00	228.00	228.00	229.00	4.58	1.15
M-4	225.00	228.00	228.00	226.00	226.75	5.52	1.50
M-5	226.00	227.00	228.00	228.00	227.25	5.31	0.96
M-6	226.00	226.00	228.00	228.00	227.00	5.42	1.15
M-7	225.00	228.00	228.00	227.00	227.00	5.42	1.41
M-8	220.00	227.00	229.00	226.00	225.50	6.04	3.87
M-9	228.00	229.00	228.00	227.00	228.00	5.00	0.82
M-10	229.00	227.00	228.00	229.00	228.25	4.90	0.96
PROMEDIO							227.30
$\delta =$							0.99
VDH(%)							0.44

Tabla 95. Resultados de la variación dimensional ancho- Propuesta 2

PROPUESTA 2							
NÚMERO DE LADRILLO	ANCHO DE LADRILLO EN (mm)				ANCHO PROMEDIO A_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	A-1	A-2	A-3	A-4		$VDA(\%) = (A_e - A_p) * 100 / A_e$	
M-1	119.10	119.70	122.00	120.00	120.20	3.84	1.26
M-2	121.00	122.00	121.00	122.20	121.55	2.76	0.64
M-3	122.00	122.40	121.50	122.00	121.98	2.42	0.37
M-4	119.50	121.00	123.00	121.20	121.18	3.06	1.43
M-5	121.00	122.30	122.00	122.50	121.95	2.44	0.67
M-6	121.50	124.30	120.70	121.70	122.05	2.36	1.56
M-7	122.20	122.30	121.50	121.60	121.90	2.48	0.41
M-8	122.00	122.30	121.80	122.60	122.18	2.26	0.35
M-9	120.50	123.00	122.40	121.40	121.83	2.54	1.10
M-10	122.00	122.00	122.30	122.70	122.25	2.20	0.33
PROMEDIO						121.79	
$\delta =$						0.61	
VDA(%)						0.50	

Tabla 96. Resultados de la variación dimensional altura- Propuesta 2

PROPUESTA 2							
NÚMERO DE LADRILLO	ALTURA DE LADRILLO EN (mm)				ALTURA PROMEDIO H_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL	DESV. ESTANDAR (δ)
	H-1	H-2	H-3	H-4		$VDH(\%) = (H_e - H_p) * 100 / H_e$	
M-1	86.00	88.00	86.50	87.60	87.03	-2.38	0.93
M-2	87.20	88.00	89.10	89.00	88.33	-3.91	0.90
M-3	87.20	86.50	87.00	86.60	86.83	-2.15	0.33
M-4	87.30	86.50	85.30	87.00	86.53	-1.79	0.88
M-5	86.40	85.00	89.00	86.00	86.60	-1.88	1.70
M-6	86.30	86.00	84.30	86.00	85.65	-0.76	0.91
M-7	85.00	87.00	88.00	87.00	86.75	-2.06	1.26
M-8	86.50	86.40	86.40	88.20	86.88	-2.21	0.88
M-9	88.20	89.00	89.00	88.60	88.70	-4.35	0.38
M-10	89.00	88.30	88.30	89.40	88.75	-4.41	0.54
PROMEDIO						87.20	
$\delta =$						1.03	
VDH(%)						1.19	

A continuación, en las tablas 97, 98 y 99 se muestran los resultados de la variación dimensional de la propuesta 3, destacando que en cada dimensión poseen una desviación estándar mínima influyendo que el resultado final se acerque más a la realidad.

Tabla 97. Resultados de la variación dimensional longitud- Propuesta 3

PROPUESTA 3							
NÚMERO DE LADRILLO	LARGO DE LADRILLO EN (mm)				LONGITUD PROMEDIO L_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL $VDL(\%)=(L_e-L_p)^*100/L_e$	DESV. ESTANDAR (δ)
	L-1	L-2	L-3	L-4			
M-1	225.00	225.00	226.00	226.00	225.50	6.04	0.58
M-2	225.50	225.20	225.00	225.00	225.18	6.18	0.24
M-3	225.00	226.00	227.00	225.00	225.75	5.94	0.96
M-4	229.00	229.00	226.00	227.00	227.75	5.10	1.50
M-5	229.00	228.00	229.00	227.00	228.25	4.90	0.96
M-6	227.00	227.00	231.00	227.00	228.00	5.00	2.00
M-7	226.00	227.00	228.00	226.00	226.75	5.52	0.96
M-8	228.00	228.00	226.00	228.00	227.50	5.21	1.00
M-9	229.00	229.00	230.00	229.00	229.25	4.48	0.50
M-10	227.00	228.00	225.00	229.00	227.25	5.31	1.71
PROMEDIO							227.12
$\delta =$							1.32
VDH(%)							0.58

Tabla 98. Resultados de la variación dimensional ancho- Propuesta 3

PROPUESTA 3							
NÚMERO DE LADRILLO	ANCHO DE LADRILLO EN (mm)				ANCHO PROMEDIO A_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL $VDA(\%)=(A_e-A_p)^*100/A_e$	DESV. ESTANDAR (δ)
	A-1	A-2	A-3	A-4			
M-1	121.00	120.00	120.00	122.00	120.75	7.12	0.96
M-2	121.00	121.40	123.00	121.00	121.60	2.72	0.95
M-3	125.00	122.00	121.00	122.70	122.68	1.86	1.70
M-4	123.00	123.00	122.30	122.00	122.58	1.94	0.51
M-5	122.20	122.30	122.00	123.00	122.38	2.10	0.43
M-6	122.00	121.80	121.20	121.00	121.50	2.80	0.48
M-7	122.00	122.10	121.00	121.50	121.65	2.68	0.51
M-8	121.50	120.40	122.20	121.00	121.28	2.98	0.76
M-9	120.00	121.70	121.50	122.30	121.38	2.90	0.98
M-10	121.50	123.00	122.00	122.30	122.20	2.24	0.63
PROMEDIO							121.88
$\delta =$							0.63
VDA(%)							0.52

Tabla 99. Resultados de la variación dimensional altura- Propuesta 3

PROPUESTA 3							
NÚMERO DE LADRILLO	ALTURA DE LADRILLO EN (mm)				ALTURA PROMEDIO H_p	VARIACIÓN DIMENSIONAL $VDH(\%) = (H_e - H_p) * 100 / H_e$	DESV. ESTANDAR (δ)
	H-1	H-2	H-3	H-4			
M-1	88.00	87.40	86.60	85.20	86.80	3.56	1.21
M-2	88.60	88.10	89.00	87.30	88.25	-3.82	0.73
M-3	87.10	89.00	87.90	89.60	88.40	-4.00	1.12
M-4	85.00	86.60	87.40	88.00	86.75	-2.06	1.30
M-5	85.40	84.50	85.00	84.60	84.88	0.15	0.41
M-6	88.00	87.60	89.40	87.20	88.05	-3.59	0.96
M-7	88.00	87.80	87.60	87.30	87.68	-3.15	0.30
M-8	88.00	89.00	90.00	88.00	88.75	-4.41	0.96
M-9	88.00	89.10	89.30	89.10	88.88	-4.56	0.59
M-10	89.10	87.20	86.60	86.30	87.30	-2.71	1.26
PROMEDIO						87.57	
$\delta =$						1.21	
VDH(%)						1.38	

5.9.2.2. Alabeo

Se siguió el procedimiento según las Normas Técnicas 399.613 y 331.17, colocando la unidad de albañilería sobre la superficie de vidrio o acero plano, para luego proceder a colocar la regla metálica sobre la unidad e identificar la concavidad o convexidad del mismo, una vez identificada se medirá con la cuña de acero como se muestra en la fotografía 65.



Fotografía 65. Unidad de albañilería artesanal propuesta sometida a alabeo

A continuación, en la tabla 100, se muestran los resultados de la propuesta 1.1, los cuales presentan valores relativamente considerables ya que finalmente llegan a una clasificación tipo IV estructuralmente.

Tabla 100. Resultados del ensayo de alabeo- Propuesta 1.1

PROPUESTA 1.1											
NÚMERO DE LADRILLO	CONCAVIDAD (mm)				VALOR DESF.	CONVECCIDAD (mm)				VALOR DESF.	CLASIFICACIÓN
	SUPERIOR		INFERIOR			SUPERIOR		INFERIOR			
M-1	0.00	0.00	3.00	0.00	3.00	2.00	2.00	3.00	0.00	3.00	TIPO IV
M-2	0.00	0.00	4.00	0.00	4.00	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00	
M-3	0.00	0.00	2.00	2.00	2.00	4.00	4.00	0.00	0.00	4.00	
M-4	0.00	0.00	2.00	3.00	3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00	
M-5	0.00	0.00	5.00	5.00	5.00	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00	
M-6	0.00	0.00	4.00	0.00	4.00	6.00	5.00	0.00	0.00	6.00	
M-7	0.00	0.00	4.00	0.00	4.00	3.00	3.00	0.00	0.00	3.00	
M-8	0.00	0.00	7.00	4.00	7.00	6.00	4.00	0.00	0.00	6.00	
M-9	0.00	0.00	4.00	0.00	4.00	4.00	7.00	0.00	0.00	7.00	
M-10	0.00	0.00	4.00	3.00	4.00	4.00	4.00	0.00	0.00	4.00	
				PROMEDIO	4.00				PROMEDIO	3.90	

A continuación, en la tabla 101, se muestran los resultados de la propuesta 1.2, los cuales presentan valores relativamente considerables ya que finalmente llegan a una clasificación tipo IV estructuralmente.

Tabla 101. Resultados del ensayo de alabeo- Propuesta 1.2

PROPUESTA 1.2											
NÚMERO DE LADRILLO	CONCAVIDAD (mm)				VALOR DESF.	CONVECCIDAD (mm)				VALOR DESF.	CLASIFICACIÓN
	SUPERIOR		INFERIOR			SUPERIOR		INFERIOR			
M-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	4.00	0.00	0.00	6.00	TIPO IV
M-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	3.00	3.00	5.00	
M-3	0.00	0.00	4.00	4.00	4.00	4.00	0.00	0.00	0.00	4.00	
M-4	0.00	0.00	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	0.00	0.00	4.00	
M-5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	3.00	0.00	0.00	3.00	
M-6	0.00	0.00	4.00	6.00	6.00	4.00	7.00	0.00	0.00	7.00	
M-7	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	4.00	3.00	0.00	0.00	4.00	
M-8	0.00	0.00	4.00	2.00	4.00	4.00	4.00	0.00	0.00	4.00	
M-9	0.00	0.00	2.00	3.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-10	0.00	0.00	2.00	1.00	2.00	3.00	2.00	0.00	0.00	3.00	
				PROMEDIO	2.40				PROMEDIO	4.00	

A continuación, en la tabla 102, se muestran los resultados de la propuesta 1.3, los cuales presentan valores relativamente considerables ya que finalmente llegan a una clasificación tipo IV estructuralmente.

Tabla 102.Resultados del ensayo de alabeo- Propuesta 1.3

PROPUESTA 1.3											
NÚMERO DE LADRILLO	CONCAVIDAD (mm)				VALOR DESF.	CONVECCIDAD (mm)				VALOR DESF.	CLASIFICACIÓN
	SUPERIOR		INFERIOR			SUPERIOR		INFERIOR			
M-1	3.00	0.00	4.00	8.00	8.00	3.00	3.00	0.00	0.00	3.00	TIPO IV
M-2	0.00	0.00	2.00	0.00	2.00	5.00	1.00	0.00	0.00	5.00	
M-3	0.00	0.00	2.00	2.00	2.00	6.00	2.00	4.00	3.00	6.00	
M-4	0.00	0.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	0.00	3.00	
M-5	0.00	0.00	3.00	4.00	4.00	3.00	1.00	0.00	0.00	3.00	
M-6	0.00	0.00	4.00	2.00	4.00	3.00	2.00	0.00	0.00	3.00	
M-7	0.00	0.00	2.00	1.00	2.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
M-8	0.00	0.00	4.00	8.00	8.00	6.00	4.00	0.00	0.00	6.00	
M-9	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00	
M-10	0.00	0.00	2.00	0.00	2.00	8.00	8.00	0.00	0.00	8.00	
				PROMEDIO	3.50				PROMEDIO	4.00	

A continuación, en la tabla 103, se muestran los resultados de la propuesta 2, los cuales presentan valores relativamente considerables ya que finalmente llegan a una clasificación tipo IV estructuralmente.

Tabla 103.Resultados del ensayo de alabeo- Propuesta 2

PROPUESTA 2											
NÚMERO DE LADRILLO	CONCAVIDAD (mm)				VALOR DESF.	CONVECCIDAD (mm)				VALOR DESF.	CLASIFICACIÓN
	SUPERIOR		INFERIOR			SUPERIOR		INFERIOR			
M-1	0.00	0.00	4.00	0.00	4.00	4.00	3.00	0.00	0.00	4.00	TIPO IV
M-2	0.00	0.00	2.00	5.00	5.00	4.00	1.00	0.00	0.00	4.00	
M-3	0.00	0.00	4.00	3.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-4	0.00	0.00	3.00	0.00	3.00	2.00	3.00	0.00	0.00	3.00	
M-5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00	
M-6	0.00	0.00	8.00	8.00	8.00	4.00	3.00	0.00	0.00	4.00	
M-7	0.00	0.00	4.00	6.00	6.00	8.00	8.00	0.00	0.00	8.00	
M-8	0.00	0.00	2.00	1.00	2.00	10.00	8.00	0.00	0.00	10.00	
M-9	0.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
M-10	0.00	0.00	6.00	0.00	6.00	3.00	0.00	0.00	0.00	3.00	
				PROMEDIO	4.00				PROMEDIO	3.90	

A continuación, en la tabla 104, se muestran los resultados de la propuesta 3, los cuales presentan valores relativamente considerables ya que finalmente llegan a una clasificación tipo IV estructuralmente.

Tabla 104. Resultados del ensayo de alabeo- Propuesta 3

PROPUESTA 3											
NÚMERO DE LADRILLO	CONCAVIDAD (mm)				VALOR DESF.	CONVECCIDAD (mm)				VALOR DESF.	CLASIFICACIÓN
	SUPERIOR		INFERIOR			SUPERIOR		INFERIOR			
M-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	3.00	TIPO IV
M-2	0.00	0.00	4.00	3.00	4.00	3.00	3.00	0.00	0.00	3.00	
M-3	0.00	0.00	4.00	5.00	5.00	4.00	5.00	0.00	0.00	4.00	
M-4	0.00	0.00	4.00	3.00	4.00	3.00	3.00	0.00	0.00	3.00	
M-5	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	4.00	4.00	0.00	0.00	4.00	
M-6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	2.00	0.00	0.00	3.00	
M-7	0.00	0.00	3.00	2.00	3.00	3.00	7.00	0.00	0.00	5.00	
M-8	0.00	0.00	4.00	4.00	4.00	10.00	5.00	4.00	0.00	6.00	
M-9	0.00	0.00	2.00	3.00	3.00	4.00	2.00	0.00	0.00	3.00	
M-10	0.00	0.00	3.00	2.00	3.00	6.00	5.00	0.00	0.00	5.00	
				PROMEDIO	2.70				PROMEDIO	3.90	

5.9.2.3. Ensayo de resistencia a la compresión

Para el ensayo a compresión de las propuestas, se utilizaron 5 especímenes de cada propuesta 1.1 ,1.2 ,1.3,2 y 3 respectivamente, luego fueron capeadas con cemento y yeso para ser niveladas. Finalmente fueron sometidas al esfuerzo a compresión. Se aplicó la carga cuidando que la velocidad del cabezal de la máquina no sea mayor de 1,27 mm/min.

En la fotografía 66 se muestra los 5 especímenes por cada propuesta que serán sometidas a compresión.



Fotografía 66. Unidades de albañilería artesanal propuesta

En la fotografía 67 y 68 se muestra a todas las muestras capeadas respectivamente y listas para ser sometidas al esfuerzo a la compresión axial.



Fotografía 67. Unidades de albañilería artesanal propuesta sometida a capping



Fotografía 68. Unidades de albañilería artesanal propuesta sometida a compresión

A continuación, en la tabla 105 se muestran los resultados de la propuesta 1.1, en la que se observa un resultado bajo, cabe mencionar que esta muestra fue ubicada en la parte inferior del horno, por lo que se deduce que pasó su temperatura de cocción.

Tabla 105. Resultados de la resistencia a la compresión axial f'_b - Propuesta 1.1

PROPUESTA 1.1						
NÚMERO DE LADRILLO	AREA BRUTA	AREA NETA	CARGA	% VACIOS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
	(cm ²)	(cm ²)	(kg)		(kg/cm ²)	
	1	2	3		AREA BRUTA	AREA NETA : f'_b
					4=3/1	5=3/2
M-1	272.510	244.801	6948.236	10.168	25.497	28.383
M-2	279.220	251.511	6536.277	9.924	23.409	25.988
M-3	277.020	249.311	7669.164	10.002	27.685	30.761
M-4	279.450	251.741	6258.919	9.916	22.397	24.863
M-5	276.336	248.627	6015.210	10.027	21.768	24.194
					PROMEDIO f'_b	24.151
					$\bar{\delta}$ =	2.429
					f'_b	21.722

A continuación, en la tabla 106 se muestran los resultados de la propuesta 1.2, en la que se observa un resultado bajo, pero a la vez mayor que la primera propuesta, cabe mencionar que esta muestra fue ubicada en la parte intermedia del horno y que posee una dosificación tradicional, por lo que se deduce que, a pesar de tener una temperatura de cocción adecuada, los componentes no ayudan a llegar a una buena resistencia.

Tabla 106. Resultados de la resistencia a la compresión axial f'_b - Propuesta 1.2

PROPUESTA 1.2						
NÚMERO DE LADRILLO	AREA BRUTA	AREA NETA	CARGA	% VACIOS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
	(cm ²)	(cm ²)	(kg)		(kg/cm ²)	
	1	2	3		AREA BRUTA	AREA NETA : f'_b
					4=3/1	5=3/2
M-1	276.316	248.607	8476.766	10.028	30.678	34.097
M-2	274.951	247.242	9970.627	10.078	36.263	40.327
M-3	277.266	249.557	8648.076	9.994	31.191	34.654
M-4	278.160	250.451	9216.049	9.962	33.132	36.798
M-5	273.683	245.974	8648.076	10.124	31.599	35.159
					PROMEDIO f'_b	32.573
					$\bar{\delta}$ =	2.257
					f'_b	30.315

A continuación, en la tabla 107 se muestran los resultados de la propuesta 1.3, en la que se observa un resultado bajo, pero a la vez mayor que la primera propuesta y menor que la segunda, cabe mencionar que esta muestra fue ubicada en la parte superior del horno y que posee una

dosificación tradicional, por lo que se deduce que la temperatura de cocción no llega a la adecuada.

Tabla 107. Resultados de la resistencia a la compresión axial f'_b - Propuesta 1.3

PROPUESTA 1.3						
NÚMERO DE LADRILLO	AREA BRUTA	AREA NETA	CARGA	% VACIOS	RESISTENCIA ALA COMPRESIÓN	
	(cm2)	(cm2)	(kg)		(kg/cm2)	
	1	2	3		AREA BRUTA	AREA NETA : f'_b
					4=3/1	5=3/2
M-1	276.108	248.399	8267.728	10.036	29.944	33.284
M-2	277.837	250.128	8424.761	9.973	30.323	33.682
M-3	277.305	249.596	8193.290	9.992	29.546	32.826
M-4	276.330	248.621	8923.395	10.027	32.293	35.892
M-5	273.137	245.428	8246.314	10.145	30.191	33.600
					PROMEDIO f'_b	30.459
					$\delta =$	1.067
					f'_b	29.393

A continuación, en la tabla 108 se muestran los resultados de la propuesta 2, en la que se observa un resultado bajo, pero a la vez mayor que la primera, segunda y tercera propuesta, cabe mencionar que esta muestra fue ubicada en la parte intermedia del horno y que posee una dosificación de mayor aserrín en comparación a la arcilla, por lo que se deduce que, a pesar de tener una temperatura de cocción adecuada, los componentes no ayudan a llegar a una buena resistencia.

Tabla 108. Resultados de la resistencia a la compresión axial f'_b - Propuesta 2

PROPUESTA 2						
NÚMERO DE LADRILLO	AREA BRUTA	AREA NETA	CARGA	% VACIOS	RESISTENCIA ALA COMPRESIÓN	
	(cm2)	(cm2)	(kg)		(kg/cm2)	
	1	2	3		AREA BRUTA	AREA NETA : f'_b
					4=3/1	5=3/2
M-1	277.054	249.345	8825.504	10.001	31.855	35.395
M-2	276.713	249.004	11352.320	10.014	41.026	45.591
M-3	275.505	247.796	12144.627	10.058	44.081	49.011
M-4	277.761	250.052	11899.899	9.976	42.842	47.590
M-5	279.036	251.327	9533.175	9.930	34.165	37.931
					PROMEDIO f'_b	38.794
					$\delta =$	5.452
					f'_b	33.342

A continuación, en la tabla 109 se muestran los resultados de la propuesta 3, en la que se observa un resultado mejor que todas las propuestas, cabe mencionar que esta muestra fue ubicada en la parte intermedia del horno y que posee una dosificación de menor aserrín y mayor arcilla, por lo que se deduce que la dosificación y la temperatura de cocción son adecuadas permitiendo llegar a una mejor resistencia.

Tabla 109. Resultados de la resistencia a la compresión axial f'_b - Propuesta 3

PROPUESTA 3						
NÚMERO DE LADRILLO	AREA BRUTA	AREA NETA	CARGA	% VACIOS	RESISTENCIA ALA COMPRESIÓN	
	(cm ²)	(cm ²)	(kg)		(kg/cm ²)	
	1	2	3		AREA BRUTA	AREA NETA : f'_b
					4=3/1	5=3/2
M-1	277.020	249.311	18398.447	10.002	66.416	73.797
M-2	275.841	248.132	19660.836	10.045	71.276	79.235
M-3	275.901	248.192	16674.134	10.043	60.435	67.182
M-4	278.252	250.543	16054.157	9.958	57.696	64.077
M-5	277.700	249.991	16370.264	9.978	58.950	65.484
					PROMEDIO f'_b	62.955
					$\delta =$	5.728
					f'_b	57.226

5.9.3. Resultados

En la tabla 110 se muestra el resumen de resultados del ensayo de variación dimensional de la propuesta 1.1,1.2,1.3,2 y 3 todas con diferente dosificación y ubicación dentro del horno, para lo cual se resalta que todas las unidades clasifican como tipo V; lo que indica que la propuesta de la gabela cumplió la función esperada.

Tabla 110. Resumen del ensayo de variación dimensional -Propuesta

VARIACION DIMENSIONAL							
LADRILLO ARTESANAL	PROMEDIO			VARIACION DIMENSIONAL			CLASIFICACIÓN
	L(mm)	A(mm)	H(mm)	VDL(%)	VDA(%)	VDH(%)	
PROPUESTA 1.1	228.40	121.48	86.91	0.36	0.35	0.92	TIPO V
PROPUESTA 1.2	227.70	121.50	86.97	0.21	0.59	0.97	TIPO V
PROPUESTA 1.3	227.68	121.43	86.92	0.50	0.27	1.25	TIPO V
PROPUESTA 2	227.30	121.79	87.20	0.44	0.50	1.19	TIPO V
PROPUESTA 3	227.12	121.88	87.57	0.58	0.52	1.38	TIPO V

En la tabla 111 se muestra el resumen del ensayo de alabeo de las propuestas 1.1,1.2,1.3,2 y 3 todas con diferente dosificación y ubicación dentro del horno, teniendo como resultado que todas clasifican como tipo IV indicando que todas son aptas para una construcción de albañilería portante.

Tabla 111.Resumen del ensayo de alabeo -Propuesta

ALABEO			
LADRILLO ARTESANAL	CONCAVIDAD (mm)	CONVECCIDAD (mm)	CLASIFICACIÓN
PROPUESTA 1.1	4.00	3.90	TIPO IV
PROPUESTA 1.2	2.40	4.00	TIPO IV
PROPUESTA 1.3	3.50	4.00	TIPO IV
PROPUESTA 2	4.00	3.90	TIPO IV
PROPUESTA 3	2.70	3.90	TIPO IV

En la tabla 112 se muestra el resumen de los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión $f'b$, destacando que la propuesta 1.1 estuvo ubicado en el nivel inferior del horno y posee una resistencia a la compresión más baja con un 21.72 Kg/cm², lo que indica que los ladrillos ubicados en esta zona pasaron la temperatura de cocción óptima por lo que, al estar demasiado quemados no llegan a la resistencia requerida.

La propuesta 1.3 que estuvo ubicada en la parte superior del horno tuvo una resistencia del 29.39 Kg/cm², obteniendo un resultado no considerable, lo que indica q a este nivel la temperatura de cocción no llega a un nivel óptimo. La propuesta 1.2, 2 y 3 que estuvieron en el nivel intermedio del horno obtuvieron resultados más altos los cuales son 30.32 Kg/cm²,33.34 Kg/cm² y 57.22 Kg/cm², de estas tres muestras se observa que la muestra 3 clasifica como tipo I, lo que significa que la temperatura y variación de la dosificación es óptima.

Tabla 112.Resistencia a la compresión axial ($f'b$)-Propuesta

RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL ($f'b$)				
LADRILLO ARTESANAL	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR (δ)	$f'b$ (Kg/cm ²)	CLASIFICACIÓN
PROPUESTA 1.1	24.15	2.43	21.72	NO CLASIFICA
PROPUESTA 1.2	32.57	2.26	30.32	NO CLASIFICA
PROPUESTA 1.3	30.46	1.07	29.393	NO CLASIFICA
PROPUESTA 2	38.79	5.45	33.342	NO CLASIFICA
PROPUESTA 3	62.95	5.73	57.226	TIPO I

CONCLUSIONES

1. Las propiedades físicas y mecánicas estudiadas en las unidades de albañilería artesanales e industriales, permitieron determinar aquellas unidades del tipo estructural (Tipo I, II, III, IV y V) y a unidades que no cumplen con los valores mínimos establecidos en la Norma E.070, debido a las falencias encontradas en el proceso de fabricación.

Las propiedades físicas empleadas en el estudio fueron variación dimensional y alabeo lo que para ambos tipos (artesanales e industriales) clasificaron estructuralmente. Asimismo, la propiedad mecánica fue la resistencia a la compresión, llegando a clasificar estructuralmente sólo los ladrillos industriales. Lo que conlleva a definir que dicha propiedad determina la clasificación estructural final, a pesar de que las unidades de albañilería cumplen con los parámetros de variación dimensional y alabeo.

2. Las propiedades físicas (variación dimensional y alabeo) de las unidades de albañilería artesanales, cumplen con la clasificación estructural especificada en la Norma de albañilería E.070, clasificando como tipo IV y V en ambos ensayos. Para la variación dimensional clasificaron como tipo V los ladrillos de Cullpa Alta, Cajas, Hualhuas y como tipo IV los ladrillos de San Jerónimo. Mientras que en el ensayo de alabeo las unidades de Cullpa Alta, Cajas, San Jerónimo calificaron como un tipo IV y Hualhuas como tipo III.

Las falencias encontradas en el proceso de fabricación de las unidades artesanales fueron las siguientes: dimensión de gubias, dosificación de componentes, nivelación de lugar de secado y la continua supervisión en el amasado y secado. Demostrando así que dichas falencias intervienen en la clasificación estructural. Puesto que en el ensayo de variación dimensional es importante la calidad de la unidad ya que mientras más variación existe en las dimensiones, aumentará el espesor de la junta y por ende disminuirá la resistencia del mismo. Asimismo, en el ensayo de alabeo mientras más alabeo tenga la unidad, la junta presentará vacíos disminuyendo el área de contacto con el mortero lo cual afecta directamente en la resistencia a la compresión. A la vez se puede producir fallas de tracción por flexión.

3. La propiedad mecánica (esfuerzo a la compresión), a la que fueron sometidas las unidades de albañilería artesanales, no cumplen con la resistencia mínima requerida

en la Norma E.070, como se muestra en el ítem 5.7.1 (tabla 67), indicando que, la calidad del producto es relativamente baja, siendo el problema principal la temperatura de cocción puesto que es un factor variante en todo el horno.

4. Las propiedades físicas (variación dimensional y alabeo) a las que fueron sometidas las unidades de albañilería industriales, cumplen con la clasificación estructural especificada en la Norma de albañilería E.070, clasificando todas como tipo V en ambos ensayos, demostrando la calidad de fabricación de éstas.
5. La propiedad mecánica (esfuerzo a la compresión), al que fueron sometidas las unidades de albañilería industriales en estudio, cumplen con la resistencia a la compresión mínima requerida en la Norma E.070 clasificando como tipo III, IV Y V.
6. Cabe resaltar que a pesar de que las unidades de albañilería industriales son clasificadas estructuralmente de acuerdo a la norma E.070, presentan un porcentaje de vacíos mayor al 30% admitido, por tanto, son consideradas unidades huecas. La Norma E.070 en la tabla N°2, da a conocer el uso de las unidades de albañilería en los muros portantes en función de ubicación y recomienda en zonas de alta y mediana sismicidad el uso de unidades solidas en muros portantes y no recomienda el uso de unidades huecas. Exceptuando esta disposición si existe un informe o memoria de cálculo sustentado por un ingeniero civil.
7. El ensayo no clasificatorio de absorción para las unidades artesanales e industriales cumplen con lo establecido en la Norma E.070 de Albañilería, y aunque no es clasificatorio, permite evaluar la vulnerabilidad que tienen las unidades a la intemperie y cuan porosa se encuentran, ya que el resultado de esta propiedad depende en gran medida a la materia prima y su composición mineralógica y muchas de éstas fábricas en especial las artesanales no realizan un estudio detallado a la materia prima.
8. El ensayo no clasificatorio de la resistencia a la compresión por pilas ($f'm$), nos permite saber la calidad de las unidades, materiales y mano de obra para las unidades de albañilería artesanal e industrial. En el caso de las unidades artesanales no cumplen con el mínimo establecido en la Norma E.070, como se muestra en el ítem 5.8.1 (tablas 77) y en el caso de las unidades de albañilería industrial, las unidades de marca

pirámide son las únicas que cumplen (tabla 82), deduciendo así la baja calidad de la mayoría de los productos.

9. La propuesta de mejora de ladrillos artesanales con diferente dosificación y nueva forma de gavera (8 huecos), ha resultado beneficioso en cuanto a la mejora de calidad, ya que todas las muestras cumplieron con la clasificación estructural de las propiedades físicas (variación dimensional y alabeo), clasificando como un tipo IV en ambos ensayos.

10. En cuanto a la propiedad mecánica (esfuerzo a la compresión), que fueron sometidas estas nuevas unidades, la propuesta N° 3, llega a clasificar estructuralmente como tipo I, determinando de esta manera que la dosificación de materiales propuesta es la adecuada, donde la arcilla se presenta en mayor cantidad que el aserrín y las muestras fueron ubicadas en la parte intermedia del horno. Asimismo, algunas de las muestras de estas unidades llegaron a una resistencia de hasta 70 kg/cm², pudiendo clasificar como tipo II.

RECOMENDACIONES

1. Para las fábricas de ladrillos artesanales se recomienda lo siguiente:
 - Eliminar en lo posible los combustibles altamente contaminantes como llantas, plásticos, o aceites. Se recomienda el uso de carbón de piedra, leña seca. De esta manera disminuirá las emisiones de gases contaminantes a la atmosfera.
 - Tener un mayor control en el proceso de fabricación como en el tamizado de materia prima, eliminando de esta manera las impurezas, los cuales afectan en la calidad de la mezcla.
 - Realizar una mejora en la dosificación de componentes y en el amasado de la mezcla, de esta manera se evitará la presencia excesiva de vacíos y aumentará la productividad.
 - Hacer uso de algún equipo mecánico, para el mezclado y amasado. De esta manera incrementaría no solo la productividad sino también la calidad del mismo.
 - Para las fábricas de ladrillos artesanales se recomienda el cambio de guberna el cual no solo garantice las medidas exactas, sino también la adherencia del calor al momento de la cocción y sobre todo la adherencia del concreto cuando las unidades sean utilizadas en obra.
2. Para las fábricas de ladrillos artesanales e industriales se recomienda la protección personal, a las personas fabricantes ya que se exponen a contraer cualquier tipo de enfermedad respiratoria y/o algún tipo de accidente.
3. Elaborar un estudio de la influencia del porcentaje de vacíos en la resistencia a la compresión.
4. Para los alumnos de pre grado, a quienes les interesaría este tema, se recomienda hacer un trabajo de proyección social, juntamente con el apoyo de la universidad y

capacitar a los fabricantes de ladrillos, dando a conocer las ventajas si mejoran sus productos.

5. Para los egresados que tiendan a ser trabajos de investigación, se recomienda que se utilice estrategias para la obtención de datos ya que los fabricantes recelan en dar información sobre la fabricación de sus productos.
6. Se propone a fin de otras investigaciones analizar el tipo de falla que presentan las pilas y abarcar del mismo modo a los muretes.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. **AGUILERA, Mayran.** *Caracterización de las propiedades Físico-Mecánicas del tabique de barro recocido para la ciudad de Aguascalientes y área conurbana.* Construcción y estructuras, Universidad Autónoma de Aguascalientes. México : s.n., 2016. pág. 378, Tesis de Maestría .
2. **CABRERA, O y MUÑOZ, M.** *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del tabique rojo recocido,utilizado en la construcción en el Municipio de Querétaro.* Universidad Autónoma de Querétaro. Mexico : s.n., 2002. pág. 230, Tesis de licenciatura de Ingenierio Civil.
3. **AFANADOR, Nelson.** *Propiedades Físicas y mecánicas de ladrillos Macizos cerámicos para Mampostería.* Ingeniería, Universidad Francisco de Paula Santander. Ocaña : s.n., 2011. tesis de pre grado. 0124-8170.
4. **BERNAL , Kliver.** *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong del C.P. El Cerillo Baños del Inca y Lark de Lambayeque.* Ingeniería, Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca : s.n., 2013. pág. 146, tesis pregrado.
5. **TAPIA, Carlos.** *Evaluación de las características físicas mecánicas de la albañilería producida artesanalmente en los centros poblados de manzanamayo y san José del distrito de baños del inca-Cajamarca.* Ingeniería, Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca : s.n., 2015. pág. 148, tesis pregrado.
6. **CHAVEZ, Angela.** *Análisis de las propiedades físico mecánicas de ladrillos de arcilla calcinada en las principales ladrilleras de la región Arequipa y su capacidad máxima en una edificación.* Ingeniería, Universidad Católica Santa Maria. Arequipa : s.n., 2017. pág. 199, Tesis de pregrado.
7. **URBINA, Christopher.** *Influencia de la Temperatura de coccion sobre la contracción,absorcion y resistencia a la compresión en Ladrillos de Arcilla Cocidos.* Ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo : Biblioteca Digital, 2015. pág. 92, Tesis de pregrado.
8. **ARQUÍÑIGO, Wilson.** *Propuesta para mejorar la Calidad Estructural de los Ladrillos Artesanales de Arcilla Cocida de Huánuco.* Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima-Peru : s.n., 2011. pág. 92, Tesis de Maestría.

9. **AGUIRRE, Dionisia.** *Evaluación de las Características Estructurales de la Albañilería producida con unidades Fabricadas en la Region Central Junín.* Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima : s.n., 2004. pág. 198, Tesis de Maestría.
10. **NORMA TECNICA PERUANA, 331.017,.** Ladrillos de arcilla usados en Albañilería. 2 Lima, Lima, Perú : s.n., 11 de Diciembre de 2003. pág. 11.
11. **SAN BARTOLOMÉ, Angel.** *Construcciones de Albañilería.* 1. Lima : Fondo editorial, 1994. 84-8390-965-0.
12. **DOMINGUEZ, José y SCHIFTER, Isaac.** *Las Arcillas:El Barro Noble.* 1ed. México : Fondo de Cultura Económica, 1992. 968-16-3743-7.
13. **CLADERA, Antoni, ETXEBERRIA, Miren y SCHIESS, Irene.** *Tecnologías y Materiales de Construcción para el desarrollo.* [ed.] Perez Foguet Agustí. Barcelona : Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteras, 2007. pág. 229. Vol. 10. 978-84-612-3118-8.
14. **MALDONADO, David.** *Estudio de la Arcilla para la Fabricación del ladrillo cocido en Huancayo y Pucallpa.* Lima, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima : s.n., 2003. pág. 202, Tesis .
15. **GONZALEZ, Badia y otros.** *Materiales Cerámicos Y Compuestos.* [En línea] Fp Intitut Mariano, 15 de 5 de 2017. [https://materialesceramicosblog.wordpress.com/acerca-de/.](https://materialesceramicosblog.wordpress.com/acerca-de/)
16. **REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, E.070.** Albañilería . *Reglamento.* Lima, Lima, Perú : Macro E.I.R.L, 2006. 70. 978-612-4034-70-1.
17. **NORMA TECNICA PERUANA, 331.018.** Elementos de arcilla cocida. Lima : s.n., 2003.
18. **SEMINARIO, Roberto.** *Variabilidad de las Propiedades de los Ladrillos Industriales de 18huecos en la Ciudad de Piura.* Ingeniería, Universidad de Piura. Piura : s.n., 2013. pág. 88, Tesis de pregrado en Ingeniería Civil.
19. **HERNANDEZ , Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA , Pilar.** *Metodología de la investigación.* Cuarta. Mexico : Mc Graw-Hill, 2006. 970-10-5753-8.
20. **AYSEN, A.** *soil mechanics basic concepts and engineering applications.* [ed.] Taylor & Francis. 1. The Neatherlans : s.n., 2002. pág. 468 páginas. 9780415383936.
21. **BIANUCCI, Mario.** *El ladrillo Orígenes y Desarrollo.* Tecnología y Producción. Resistencia, Argentina : s.n., 2009.

ANEXOS

ANEXO A.

ROL DE PREGUNTAS REALIZADAS A LAS LADRILLERAS DE ESTUDIO

ANEXO B.

FICHA TECNICA DE LOS LADRILLOS INDUSTRIALES

B.1. FICHA TECNICA LADRILLO INDUSTRIAL FORTALEZA

FICHA TÉCNICA
www.ladrillosfortaleza.com

KING KONG 18



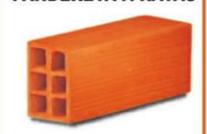
CARAVISTA



TABIQUE 14



PANDERETA A RAYAS



PANDERETA LISO



PASTELERO



BOBEDILLA



HUECO 8



HUECO 12



HUECO 15



HUECO 20



TEJA



PARA PARED Y TECHO	MEDIDA	PESO	UNIDAD
KING KONG 18	Cm: 9x12.5x23	3.0 Kg.	36m ² .
CARAVISTA	Cm: 6x12x24	2.2 Kg.	56m ² .
TABIQUE 14	Cm: 8x14x25	3.2 Kg.	30m ² .
PANDERETA A RAYAS	Cm: 9x10.5x23	2.0 Kg.	36m ² .
PANDERETA LISO	Cm: 9x10.5x23	2.0 Kg.	36m ² .
PASTELERO	Cm: 3x25x25	2.4 Kg.	16m ² .
BOBEDILLA	Cm: 15x20x56	11.5 Kg.	9m ² .
HUECO 8	Cm: 8x30x30	4.6 Kg.	9m ² .
HUECO 12	Cm: 12x30x30	6.0 Kg.	9m ² .
HUECO 15	Cm: 15x30x30	8.0 Kg.	9m ² .
HUECO 20	Cm: 20x30x30	10 Kg.	9m ² .
TEJA	Cm: 36x16	1.20 Kg.	36m ² .



LF
LADRILLOS
FORTALEZA
RESISTENCIA Y CALIDAD

Oficinas y Planta:
Av. Las Torres Mz. B Lt. 21, Huachipa - Lima / PERÚ

Ventas y Planta:
Teléfono: +51(1) 714-9749 Telefax: +51(1) 371-1248
Entel: 998199071 RPC: 984793717 RPM: #971428870
E-mail: ventas@grupoceramicosfortaleza.com

B.2. FICHA TECNICA LADRILLO INDUSTRIAL LARK



KING KONG 18 HUECOS

MODOS DE USO

Se utiliza en paredes, muros, encofrados, columnas, ventanas, jardines, cercas, etc.

CARACTERÍSTICAS GENERALES



Denominación del Bien	KING KONG 18 HUECOS
Denominación Técnica	KING KONG 50% VACIO
Dimensiones	9 x 12.5 x 23 cm.
Peso	2.70 kg.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

De los tipos de ladrillos
Según la norma NTP 399.613 - 331.040 - 331.041 este ladrillo corresponde:

TIPO: Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.

OTRAS ESPECIFICACIONES

- Procesos de fabricación altamente controlado
- Control de calidad riguroso en todos los procesos
- Peso exacto
- Secado Artificial automatizado

EL CONTENIDO DE LA FICHA PUEDE VARIAR POR CAMBIOS
EN LOS PROCEDIMIENTOS O EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.



B.3. FICHA TÉCNICA LADRILLO INDUSTRIAL PIRÁMIDE



FICHA TÉCNICA

Actualizado el 01 de Marzo 2017

DEFINICIÓN DEL PRODUCTO					
		KING KONG 18 HUECOS			
USO:		<i>Ladrillo para muros portantes.</i>			
MATERIAS PRIMAS:		Unidad	Especificación Interna	Requisitos Normados:	
<i>Mezcla de arcillas.</i>				NTP. 399.613 NTP. 331.017 RNE. 070	
PROPIEDADES FÍSICAS:					
PESO: Mínimo - Máximo		Kg	2.610 - 2.800	-	
DIMENSIONES:					
	Largo	cm	23.0	2%	22.5 Min. 23.5 Máx.
	Ancho	cm	12.5	3%	12.1 Min. 12.9 Máx.
	Alto	cm	9.0	3%	8.7 Min. 9.3 Máx.
ABSORCIÓN DE AGUA		%	< 22.0	Máx. 22.0	
ÁREA DE VACIOS		%	45 - 48	-	
ALABEO		mm	< 4.0	Máx. 4.0	
DENSIDAD		g/cm ³	1.90 - 2.00	-	
EFLORESCENCIA		-	No presenta	No presenta	
CLASE		-	Tipo IV	Tipo IV	
RENDIMIENTO	Mortero 1.0 cm	Und/m ²	Soga / Cabeza	42	74
	Mortero 1.5 cm	Und/m ²	Soga / Cabeza	39	68
PROPIEDADES MECÁNICAS:					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		Kg/cm²	> 130	Min. 130	

Nota:

Ladrillo fabricado para ser usado en muros portantes de moderada resistencia a la compresión, de uso en la construcción con recubrimiento (taraqueo) tanto en interiores como en exteriores de la edificación.



CEPERSA
CERÁMICOS FERRIANOS S.A.

Oficina: República de Panamá 3563 5to. Piso - of. 501, Telf.: (0511) 422-2468 / Fax: (0511) 440-2675

Planta: Panamericana Norte, Altura Km. 30.5 - Carabayllo, Telf.: (0511) 660-2808 / (0511) 660-2805 Fax: (0511) 660-2805 anexo 22

www.ladrillopiramide.com

B.4. FICHA TECNICA LADRILLO INDUSTRIAL REX

PAREDES		
	CORRIENTE 6 x 12 x 25 Peso: 2.10 Kg Unid. X m ² : 51	
		KING KON 9 x 13 x 23 Peso: 2.70 Kg Unid. X m ² : 39
		
		KING KON 9 x 13 x 23 V30 (INFES) Peso: 2.70 Kg Unid. X m ² : 38
	PANDERETA 10 x 12 x 25 Peso: 2.50 Kg Unid. X m ² : 33	
		PANDERETA RAYADO 9 x 11 x 23 Peso: 2.00 Kg Unid. X m ² : 39
		
		PANDERETA LISO RECTO 9 x 11 x 23 Peso: 2.00 Kg Unid. X m ² : 39
	TABIQUE 14 x 8 x 25 Peso: 3.24 Kg Unid. X m ² : 25	

regresar
  
Contáctanos Hazte Fan Web Mail

ANEXO C.

CERTIFICADO DEL ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE LA ARCILLA

C.1. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA Y LIMITES CULLPA ALTA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Muestra : Cullpa Alta- El Tambo
 Proyecto/Obra : Tesis: Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería artesanales e industriales y la influencia en su clasificación estructural
 :
 Fecha de recepción : 05/09/2018
 Fecha de emisión : 15/09/2018

ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339,128 - ASTM D422

Código **ASTM D422-63(2007)e2**

Título Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Withdrawn 2016)

Código **NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)**

Título SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339,129 - ASTM D4318

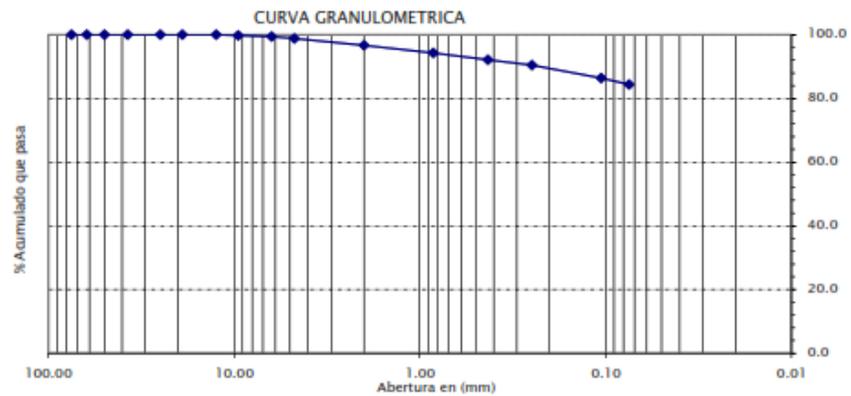
Código **ASTM D4318 - 10e1**

Título Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)

SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	% Acum.
3"	75.00	100.0
2 1/2"	62.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	100.0
1/2"	12.50	100.0
3/8"	9.50	99.8
1/4"	6.30	99.4
Nº4	4.75	98.9
Nº10	2.00	96.7
Nº20	0.85	94.2
Nº40	0.43	92.1
Nº60	0.25	90.5
Nº140	0.106	86.4
Nº200	0.075	84.4

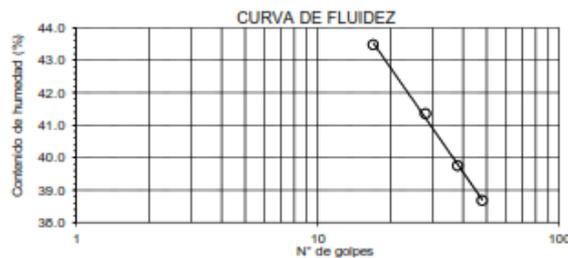


Lim. Líquido

Nº GOL	w (%)
48	38.67
38	39.73
28	41.34
17	43.47

Lim. Plástico

21.01 %
21.66 %



LIMITE LIQUIDO	41.76 %
LIMITE PLASTICO	21.34 %
INDICE PLASTICO	20.43 %
CLASIF. SUCS :	CL
ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	
CLASIF. AASHTO :	A-7-6 (18)
CONT. HUMEDAD (%)	

Lugar	CULLPA ALTA
Muestra	M-1
Progresiva	0+000
Profundidad (m)	0.00 m

OBSERVACIONES : Muestras provista e identificada por el interesado

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)

Cazuela de casagrande con contador de golpes, Marca Forney LA-3715, Serie Nº 119

Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 - Calibrada por METROTEC (Certificado de Calibración NºMT - LT - 219 - 2017)

Balanza OHAUS SPJ6001, Nº Serie B411400997 - 6000gr. Calibrada por METROTEC (Certificado de Calibración NºMT - LM - 410 - 2017)

C.2. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA Y LIMITES HUALHUAS

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Muestra : Hualhuas - El Tambo
 Proyecto/Obra : Tesis "Estudio de las Propiedades Físicas y Mecánicas de las Unidades de Albañilería Artesanales e Industriales y la influencia en su clasificación estructural en la ciudad de Huancayo, año 2017"
 Fecha de recepción : 05/09/2018
 Fecha de emisión : 15/09/2018

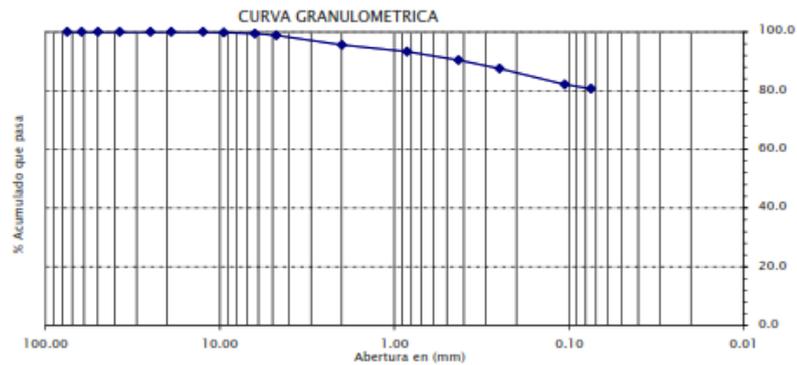
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO NTP 339.128 - ASTM D422

Código: **ASTM D422-63(2007)e2** Código: **NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)**
 Título: Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils Título: SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339.129 - ASTM D4318

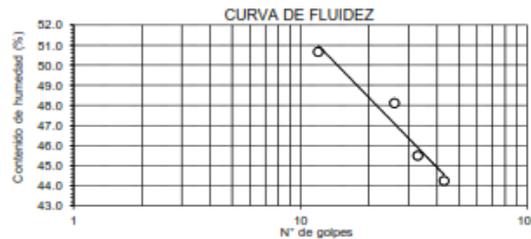
Código: **ASTM D4318 - 10e1** Código: **NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)**
 Título: Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils Título: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	% Acum.
3"	75.00	100.0
2 1/2"	62.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	100.0
1/2"	12.50	100.0
3/8"	9.50	99.8
1/4"	6.30	99.4
Nº4	4.75	98.8
Nº10	2.00	95.6
Nº20	0.85	93.3
Nº40	0.43	90.5
Nº60	0.25	87.6
Nº140	0.106	82.2
Nº200	0.075	80.7



Lim. Líquido

Nº GOL	w (%)
43	44.23
33	45.48
26	48.10
12	50.65



Lim. Plástico

34.19 %
32.05 %

LÍMITE LÍQUIDO	47.23 %
LÍMITE PLÁSTICO	33.12 %
ÍNDICE PLÁSTICO	14.11 %
CLASIF. SUCS :	ML
LIMO	
CLASIF. AASHTO :	A-7-5 (13)
CONT. HUMEDAD (%)	15.74

Lugar	HUALHUAS
Muestra	M-1
Progresiva	
Profundidad (m)	

OBSERVACIONES : Muestras provista e identificada por el interesado

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)
 Cazuela de casagrande con contador de golpes, Marca Forney LA-3715, Serie Nº 119
 Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 - Calibrada por METROTEC (Certificado de Calibración NºMT - LT - 219 - 2017)
 Balanza OHAUS SPJ6001, Nº Serie B411400997 - 6000gr. Calibrada por METROTEC (Certificado de Calibración NºMT - LM - 410 - 2017)

C.3. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA Y LIMITES SAN AGUSTÍN DE CAJAS

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO**

Muestra : San Agustín de Cajas -El Tambo
 Proyecto/Obra : Tesis "Estudio de las Propiedades Físicas y Mecánicas de las Unidades de Albañilería Artesanales e Industriales y la influencia en su clasificación estructural en la ciudad de Huancayo, año 2017"
 Fecha de recepción : 06/09/2018
 Fecha de emisión : 15/09/2018

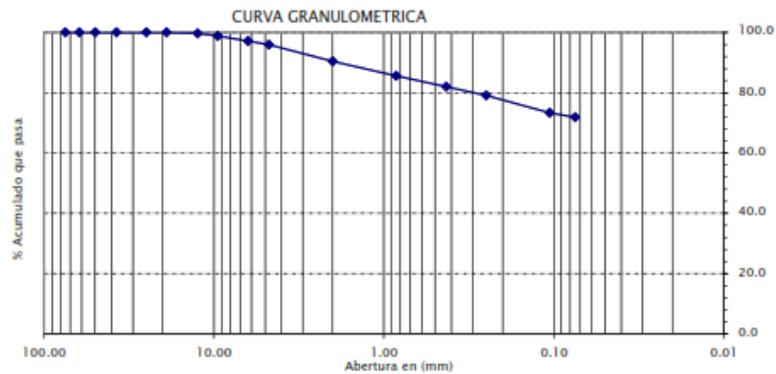
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO NTP 339,128 - ASTM D422

Código: ASTM D422-63(2007)e2 **Código:** NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)
Título: Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils **Título:** SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339,129 - ASTM D4318

Código: ASTM D4318 - 10e1 **Código:** NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)
Título: Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils **Título:** SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	% Acum.
3"	75.00	100.0
2 1/2"	62.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	100.0
1/2"	12.50	99.7
3/8"	9.50	98.8
1/4"	6.30	97.2
Nº4	4.75	95.9
Nº10	2.00	90.4
Nº20	0.85	85.6
Nº40	0.43	82.0
Nº60	0.25	79.2
Nº140	0.106	73.3
Nº200	0.075	71.9

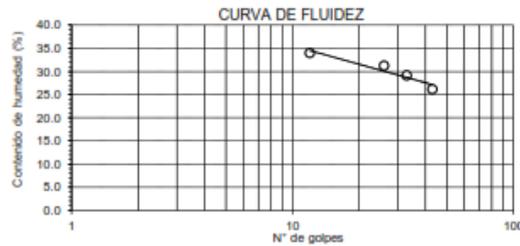


Lim. Líquido

Nº GOL.	w (%)
43	26.10
35	29.11
22	31.20
12	33.95

Lim. Plástico

18.22 %
19.00 %



LIMITE LIQUIDO	29.99 %
LIMITE PLASTICO	18.61 %
INDICE PLASTICO	11.38 %
CLASIF. SUCS :	CL
ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	
CLASIF. AASHTO :	A-6 (6)
CONT. HUMEDAD (%)	15.81

Lugar	CAJAS
Muestra	M2
Progresiva	---
Profundidad (m)	---

OBSERVACIONES : Muestras provista e identificada por el interesado

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)
 Cazuela de casagrande con contador de golpes, Marca Forney LA-3715, Serie Nº 119
 Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 - Calibrada por METROTEC (Certificado de Calibración NºMT - LT - 219 - 2017)
 Balanza OHAUS SPJ6001, Nº Serie B411400997 - 6000gr. Calibrada por METROTEC (Certificado de Calibración NºMT - LM - 410 - 2017)

C.4. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA Y LÍMITES SAN JERÓNIMO

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Muestra : San Jerónimo -El Tambo
 Proyecto/Obra : Tesis "Estudio de las Propiedades Físicas y Mecánicas de las Unidades de Albañilería Artesanales e Industriales y la influencia en su clasificación estructural en la ciudad de Huancayo, año 2017"
 :
 Fecha de recepción : 06/09/2018
 Fecha de emisión : 15/09/2018

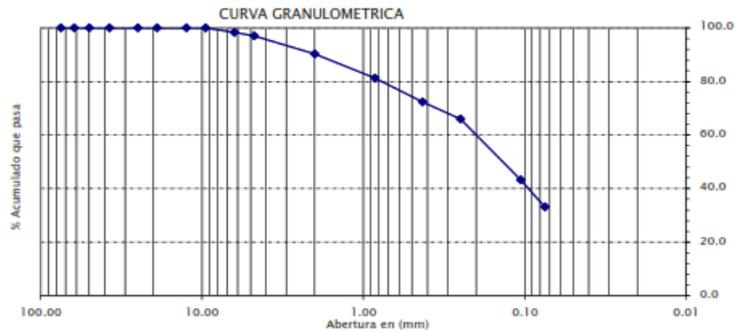
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO NTP 339.128 - ASTM D422

Código **ASTM D422-63(2007)e2** Título Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Withdrawn 2016)
 Código **NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)** Título SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

LÍMITES DE CONSISTENCIA NTP 339.129 - ASTM D4318

Código **ASTM D4318 - 10e1** Título Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
 Código **NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)** Título SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	% Acum.
3"	75.00	100.0
2 1/2"	62.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	100.0
1/2"	12.50	100.0
3/8"	9.50	100.0
1/4"	6.30	98.4
Nº4	4.75	97.1
Nº10	2.00	90.4
Nº20	0.85	81.3
Nº40	0.43	72.4
Nº60	0.25	66.1
Nº140	0.106	43.3
Nº200	0.075	33.1

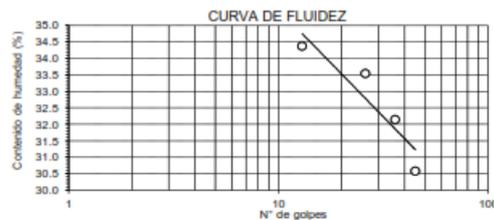


Lim. Líquido

Nº GOL.	w (%)
45	30.58
36	32.14
26	33.54
13	34.37

Lim. Plástico

16.64 %
19.56 %



LÍMITE LÍQUIDO	32.97 %
LÍMITE PLÁSTICO	18.10 %
ÍNDICE PLÁSTICO	14.87 %
CLASIF. SUCS :	SC
ARENA ARCILLOSA	
CLASIF. AASHTO :	A-2-6 (1)
CONT. HUMEDAD (%)	18.14

Lugar	SAN JERONIMO
Muestra	M3
Progresiva	---
Profundidad (m)	---

OBSERVACIONES : Muestras provista e identificada por el interesado

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)
 Cazuela de casagrande con contador de golpes, Marca Fomey LA-3715, Serie Nº 119
 Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 - Calibrada por METROTEC (Certificado de Calibración N°MT - LT - 219 - 2017)
 Balanza OHAUS SPJ6001, Nº Serie B411400997 - 6000gr. Calibrada por METROTEC (Certificado de Calibración N°MT - LM - 410 - 2017)

ANEXO D.

**CERTIFICADO DE LOS ENSAYOS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA
ARTESANALES E INDUSTRIALES**

ANEXO E.
FOTOGRAFÍAS



Fotografía 01. Ladrillera Cajas 01



Fotografía 02. Ladrillera Cajas 02



Fotografía 03. Ladrillera Cajas 03



Fotografía 04. Ladrillera San Jerónimo 01



Fotografía 05. Ladrillera San jerónimo 01



Fotografía 06. Ladrillera Cullpa Alta 01



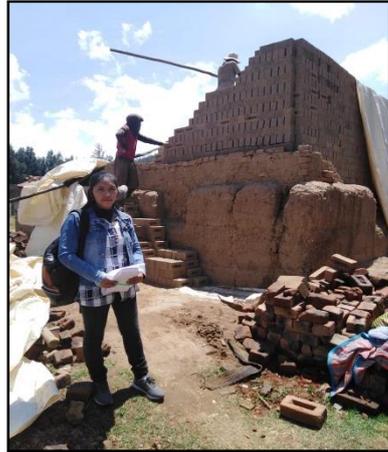
Fotografía 07. Ladrillera San Jerónimo 02



Fotografía 08. Ladrillera san Jerónimo 03



Fotografía 09. Ladrillera Hualhuas 01



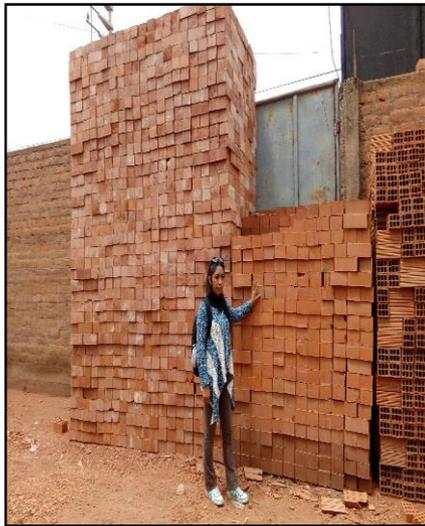
Fotografía 10. Ladrillera Hualhuas 02



Fotografía 11. Recolección de muestras



Fotografía 12. Recolección de muestras



Fotografía 13. Recolección de muestras



Fotografía 14. Recolección de muestras



Fotografía 15. Muestra obtenida de ladrillos artesanales e industriales



Fotografía 16. Secado de unidades



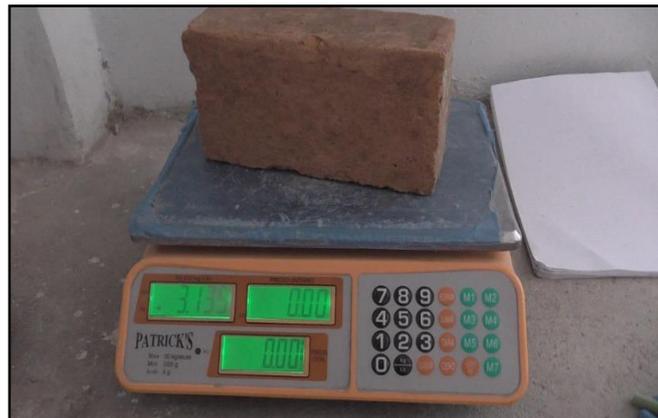
Fotografía 17. Unidades de albañilería industriales



Fotografía 18. Unidades de albañilería artesanales



Fotografía 19. Secado de unidades de albañilería artesanales



Fotografía 20. Peso de las unidad de albañilería artesanal.



Fotografía 21. Secado de unidades de albañilería artesanal.



Fotografía 22. Molde de Gabera



Fotografía 23. Ensayo de Variación dimensional



Fotografía 24. Ensayo de absorción de las unidades artesanales.



Fotografía 25. Ensayo de absorción de las unidades industriales



Fotografía 26. Peso de la unidad de albañilería artesanal- ensayo de absorción.



Fotografía 27. Peso de la unidad de albañilería artesanal- ensayo de absorción



Fotografía 28. Capping de las unidades de albañilería.



Fotografía 29. Capping de las unidades de albañilería.



Fotografía 30. Capping de las unidades de albañilería industriales.



Fotografía 31. Capping de las unidades de albañilería artesanales.



Fotografía 32. Ensayo a la compresión de las unidades de albañilería artesanales.



Fotografía 33. Ensayo a la compresión de las unidades de albañilería industriales.



Fotografía 34. Pilas de ladrillo artesanal



Fotografía 35. Ensayo a la compresión de pilas artesnales.



Fotografía 36. Fallas por esfuerzo a la compresión – ladrillo artesanal



Fotografía 37. Fallas por esfuerzo a la compresión – ladrillo artesanal



Fotografía 38. Pilas de ladrillo industrial



Fotografía 39. Ensayo a la compresión de pilas de albañilería industrial



Fotografía 40. Ensayo a la compresión de pilas de albañilería industrial



Fotografía 41. Muestreo de materia prima (arcilla).



Fotografía 42. Tamizado de materia prima (arcilla) .



Fotografía 43. Ensayo de clasificación de materia prima.



Fotografía 44. Molde de gavera propuesta



Fotografía 45. Molde de gavera propuesta



Fotografía 46. Elaboración de nuevas unidades de albañilería



Fotografía 47. Propuesta de unidades de albañilería artesanal



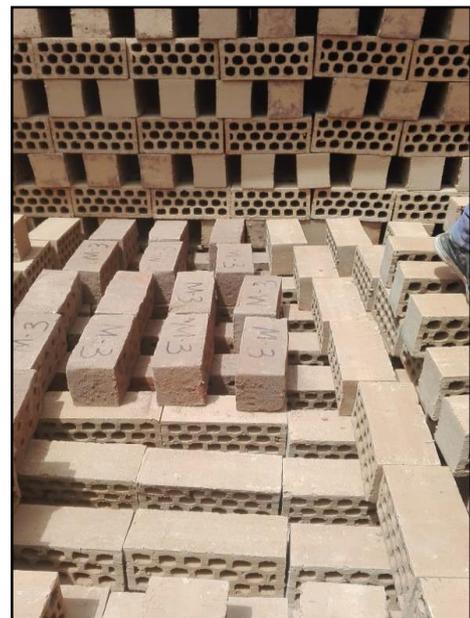
Fotografía 48. Propuesta de unidades de albañilería artesanales



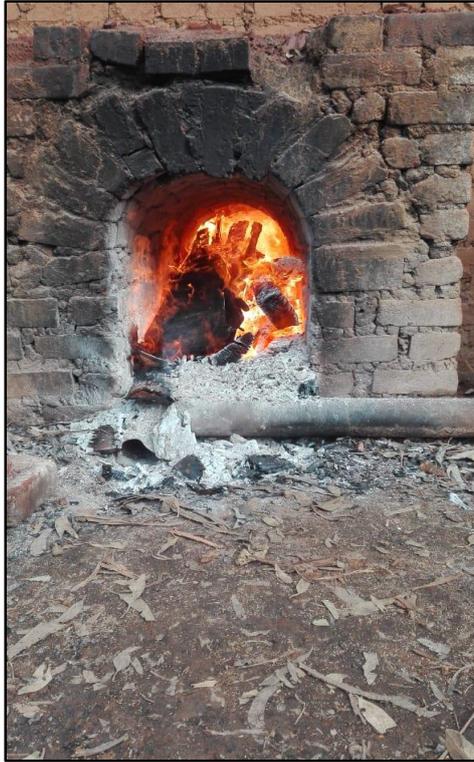
Fotografía 49. Unidades propuestas ubicadas en el horno



Fotografía 50. Unidades propuestas ubicadas en el horno



Fotografía 51. Unidades propuestas ubicadas en el horno



Fotografía 52. Cocción de unidades de albañilería propuesta.



Fotografía 53. Cocción de unidades de albañilería propuesta.



Fotografía 54. Unidades de albañilería artesanal propuestas.



Fotografía 55. Unidades de albañilería artesanal propuestas.