

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE
LADRILLOS DE CONCRETO ARTESANAL E INDUSTRIAL FABRICADOS EN EL
DISTRITO DE PEDRO GÁLVEZ, SAN MARCOS – CAJAMARCA”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. DENNIS RUITON PASTOR

ASESOR:

Dr. Ing. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

CAJAMARCA-PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** Dennis Ruiton Pastor
DNI: 72559866
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
- Asesor:** Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno
Facultad: Ingeniería
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:** "COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ARTESANAL E INDUSTRIAL FABRICADOS EN EL DISTRITO DE PEDRO GÁLVEZ, SAN MARCOS – CAJAMARCA"
- Fecha de evaluación:** 12/07/2024
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 24 %
- Código Documento:** oid:3117:365924147
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 16/07/2024

 <hr/> <p>FIRMA DEL ASESOR Nombres y Apellidos: Miguel Angel Mosqueira Moreno DNI: 26733060</p>	 <p>Firmado digitalmente por: FERNANDEZ LEON Yvonne Katherine FAU 20148258601 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 17/07/2024 11:47:05-0500</p> <hr/> <p>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</p>
--	--

AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarme la vida e iluminarme para poder seguir creciendo como persona y profesional.

A mi familia, por ser el pilar fundamental de mi vida y ser quienes siempre me brindan su amor y apoyo incondicional, siendo mi principal motivo para salir adelante.

A mi asesor de tesis, Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno, al brindarme su constante orientación y asesoramiento en la presente investigación.

A mis amigos y toda persona que de alguna manera me brindó su apoyo para poder realizar la presente investigación.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, por contribuir con nuestra formación académica y profesional.

DEDICATORIA

A mis padres, Manuel y Meri, quienes me han brindado todo su amor y cariño y siempre han estado para mí incondicionalmente, siendo constantemente mis guías en el camino de la vida, alentándome y orientándome a perseguir y cumplir con mis metas trazadas, a crecer como persona y profesional y ser alguien mejor cada día, siendo así que ellos son la fuente de mi inspiración y todos los logros que consiga en la vida se los deberé a ellos.

A mis hermanos Marco y Alexis, por su inmenso cariño y ser fuente de motivación para no desmayar frente a las adversidades.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Hipótesis general	2
1.3.1. Definición de variables	2
1.4. Justificación de la investigación.....	2
1.5. Delimitación de la investigación	3
1.6. Alcances	3
1.7. Limitaciones	3
1.8. Objetivos	3
1.8.1. Objetivo general.....	3
1.8.2. Objetivos específicos	3
1.9. Descripción de los contenidos de los capítulos.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes teóricos de la investigación.....	5
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	5
2.1.2. Antecedentes nacionales	6
2.1.3. Antecedentes locales.....	7
2.2. Bases teóricas	9
2.2.1. Albañilería.....	9

2.2.1.1.	Clasificación de la albañilería.....	9
2.2.1.2.	Componentes de la albañilería.....	10
2.2.2.	Unidad de albañilería	10
2.2.2.1.	Características generales.....	10
2.2.2.2.	Clasificación	11
2.2.2.3.	Clasificación para fines estructurales	12
2.2.2.4.	Limitaciones en su aplicación.....	13
2.2.2.5.	Pruebas.....	14
2.2.2.6.	Aceptación de las unidades de la albañilería	14
2.2.3.	Unidades de albañilería de concreto	15
2.2.3.1.	Condiciones generales	15
2.2.3.2.	Proceso de fabricación.....	16
2.2.3.3.	Tipos de Fabricación	16
2.2.3.3.1.	Artesanal	16
2.2.3.3.2.	Industrial	16
2.2.3.4.	Clasificación	16
2.2.3.5.	Ventajas del uso de ladrillos de concreto	17
2.2.4.	Mortero	18
2.2.4.1.	Componentes	18
2.2.4.2.	Proporciones	18
2.2.5.	Prismas de albañilería	19
2.2.6.	Propiedades físicas de las unidades de albañilería.....	20
2.2.6.1.	Variación dimensional.....	20
2.2.6.2.	Alabeo.....	21
2.2.6.3.	Absorción.....	21
2.2.6.4.	Succión	22
2.2.7.	Propiedades mecánicas de las unidades de albañilería	22

2.2.7.1.	Resistencia a compresión de la unidad de albañilería	22
2.2.7.2.	Resistencia a compresión axial en pilas	23
2.2.7.2.1.	Tipos de falla típica en pilas	23
2.2.7.3.	Resistencia a compresión diagonal en muretes	24
2.2.7.3.1.	Tipos de falla típica en muretes	24
2.3.	Definición de términos básicos	25
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS		26
3.1.	Localización de la investigación	26
3.1.1.	Ubicación geográfica o espacial de la investigación.	26
3.1.2.	Ubicación de ladrilleras	27
3.2.	Ubicación temporal de la investigación	28
3.3.	Metodología	28
3.3.1.	Tipo, nivel, diseño y método de la investigación.....	28
3.3.2.	Variables	28
3.3.2.1.	Variable independiente	28
3.3.2.2.	Variable dependiente	28
3.4.	Materiales y equipos.....	29
3.4.1.	Materiales.....	29
3.4.2.	Equipos	29
3.5.	Población y muestra	30
3.5.1.	Población.....	30
3.5.2.	Muestra	30
3.5.3.	Unidad de análisis y unidad de observación	30
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.7.	Procedimiento.....	31
3.7.1.	Ensayos de las unidades de albañilería	31
3.7.1.1.	Variación dimensional.....	31

3.7.1.2.	Alabeo.....	32
3.7.1.3.	Absorción.....	32
3.7.1.4.	Succión	33
3.7.1.5.	Resistencia a la compresión.....	34
3.7.2.	Ensayos de las propiedades del mortero	34
3.7.2.1.	Análisis granulométrico y módulo de finura de la arena gruesa.....	34
3.7.2.2.	Contenido de humedad	35
3.7.2.3.	Pesos unitario suelto de la arena gruesa.....	35
3.7.2.4.	Peso unitario compactado de la arena gruesa	36
3.7.2.5.	Pesos específicos de la arena gruesa.....	36
3.7.2.6.	Resistencia del mortero a la compresión	38
3.7.3.	Ensayos de pilas de albañilería	39
3.7.3.1.	Resistencia de las pilas de albañilería a la compresión axial.....	39
3.7.4.	Ensayos de muretes de albañilería	40
3.7.4.1.	Resistencia de muretes a la compresión diagonal.....	40
3.7.5.	Comparación de propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto	41
3.8.	Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados.....	42
3.8.1.	Resultados de ensayos de las unidades de albañilería	43
3.8.1.1.	Variación dimensional.....	43
3.8.1.2.	Alabeo.....	43
3.8.1.3.	Absorción.....	43
3.8.1.4.	Succión	44
3.8.1.5.	Resistencia de la unidad de albañilería a compresión	44
3.8.2.	Resultados de propiedades del mortero	45
3.8.2.1.	Propiedades de la arena gruesa del mortero	45
3.8.2.2.	Diseño del mortero	46

3.8.2.3.	Resistencia de los cubos de mortero a compresión	46
3.8.3.	Resultados de ensayos de pilas de albañilería.....	46
3.8.3.1.	Resistencia de pilas de albañilería a compresión axial.....	46
3.8.4.	Resultados de ensayos de muretes de albañilería	48
3.8.4.1.	Resistencia de muretes de albañilería a compresión diagonal.....	48
3.8.5.	Comparación de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto	49
3.8.5.1.	Comparación de las propiedades físicas de los ladrillos de concreto.....	49
3.8.5.2.	Comparación de las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto ..	50
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		51
4.1.	Análisis de resultados.....	51
4.1.1.	Análisis de los resultados de ensayos de las unidades de albañilería	51
4.1.1.1.	Variación dimensional	51
4.1.1.2.	Alabeo.....	51
4.1.1.3.	Absorción.....	51
4.1.1.4.	Succión	51
4.1.1.5.	Resistencia a la compresión.....	52
4.1.1.6.	Clasificación final de las unidades de albañilería según Norma E 070.....	52
4.1.2.	Análisis de los resultados de ensayos de propiedades del mortero.....	53
4.1.2.1.	Propiedades de la arena gruesa del mortero	53
4.1.2.2.	Resistencia de los cubos de mortero a compresión	53
4.1.3.	Análisis de los resultados de ensayos de pilas de albañilería	54
4.1.3.1.	Resistencia de pilas de albañilería a compresión axial.....	54
4.1.4.	Análisis de los resultados de ensayos de muretes de albañilería	54
4.1.4.1.	Resistencia de muretes de albañilería a compresión diagonal.....	54
4.1.5.	Comparación de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto	55
4.1.5.1.	Comparación de las propiedades físicas de los ladrillos de concreto.....	55

4.1.5.2. Comparación de las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto ..	56
4.2. Contrastación de hipótesis.....	57
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
5.1. Conclusiones	58
5.2. Recomendaciones.....	59
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	60
ANEXOS	64
Anexo I: Figuras de las bases teóricas	64
Anexo II: Ficha técnica del Cemento Pacasmayo Portland Tipo I.....	69
Anexo III: Constancia de Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca	70
APÉNDICE.....	71
Apéndice I: Ensayos de las unidades de albañilería	71
Apéndice II: Ensayos de la arena gruesa del mortero.....	78
Apéndice III: Ensayos del mortero	84
Apéndice IV: Ensayos de las pilas de albañilería	87
Apéndice V: Ensayos de los muretes de albañilería	99
Apéndice VI: Panel fotográfico	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.	12
Tabla 2 Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.	13
Tabla 3 Tipos de ladrillos de concreto.	17
Tabla 4 Proporción para morteros según Norma E.070.	18
Tabla 5 Métodos para determinar la resistencia de la albañilería a compresión axial ($f'm$) y al corte ($v'm$).	19
Tabla 6 Resistencias características de la albañilería MPa (kg/cm ²).	20
Tabla 7 Muestra de la investigación.	30
Tabla 8 Factores de corrección por esbeltez en pilas.	39
Tabla 9 Criterios de calificación de ladrillos de concreto según sus propiedades físicas	42
Tabla 10 Variación dimensional.	43
Tabla 11 Alabeo.	43
Tabla 12 Absorción.	43
Tabla 13 Succión.	44
Tabla 14 Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería.	44
Tabla 15 Propiedades de la arena gruesa del mortero.	45
Tabla 16 Diseño del mortero.	46
Tabla 17 Resistencia a compresión de los cubos de mortero.	46
Tabla 18 Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería.	46
Tabla 19 Módulos de elasticidad de pilas de albañilería.	47
Tabla 20 Resistencia a compresión diagonal de muretes de albañilería.	48
Tabla 21 Módulos de rigidez de los muretes de albañilería.	49
Tabla 22 Comparación de las propiedades físicas de los ladrillos de concreto	49
Tabla 23 Comparación de las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto.....	50
Tabla 24 Clasificación final de las unidades de albañilería.	53
Tabla 25 Ensayo de variación dimensional de ladrillos artesanales de concreto.	71
Tabla 26 Ensayo de variación dimensional de ladrillos industriales de concreto.	72
Tabla 27 Ensayo de alabeo de ladrillos artesanales de concreto.	73
Tabla 28 Ensayo de alabeo de ladrillos industriales de concreto.	73
Tabla 29 Ensayo de absorción de ladrillos artesanales de concreto.	74
Tabla 30 Ensayo de absorción de ladrillos industriales de concreto.	74
Tabla 31 Ensayo de succión de ladrillos artesanales de concreto.	75
Tabla 32 Ensayo de succión de ladrillos industriales de concreto.	75

Tabla 33 <i>Dimensiones de las muestras de ladrillos artesanales de concreto para ensayo de resistencia a la compresión.</i>	76
Tabla 34 <i>Ensayo de resistencia a la compresión característica de ladrillos artesanales de concreto.</i>	76
Tabla 35 <i>Dimensiones de las muestras de ladrillos industriales de concreto para ensayo de resistencia a la compresión.</i>	77
Tabla 36 <i>Ensayo de resistencia a la compresión característica de ladrillos industriales de concreto.</i>	77
Tabla 37 <i>Granulometría y módulo de finura de la arena gruesa (ensayo 01).</i>	78
Tabla 38 <i>Granulometría y módulo de finura de la arena gruesa (ensayo 02).</i>	79
Tabla 39 <i>Granulometría y módulo de finura de la arena gruesa (ensayo 03).</i>	80
Tabla 40 <i>Cálculo módulo de finura de la arena.</i>	81
Tabla 41 <i>Contenido de humedad de la arena gruesa del mortero.</i>	81
Tabla 42 <i>Datos para el cálculo del peso unitario suelto de la arena.</i>	81
Tabla 43 <i>Peso unitario suelto de la arena gruesa del mortero.</i>	82
Tabla 44 <i>Peso unitario compactado de la arena gruesa del mortero.</i>	82
Tabla 45 <i>Peso específico, peso específico saturado superficialmente seco, peso específico aparente y absorción de la arena gruesa del mortero.</i>	83
Tabla 46 <i>Diseño analítico del mortero.</i>	84
Tabla 47 <i>Dimensiones de las muestras de cubos de mortero para ensayo de resistencia a la compresión.</i>	85
Tabla 48 <i>Ensayo de resistencia a la compresión de cubos de mortero.</i>	86
Tabla 49 <i>Dimensiones de las pilas de albañilería de ladrillos artesanales de concreto para ensayo de resistencia a la compresión axial.</i>	87
Tabla 50 <i>Resistencia a la compresión axial de las pilas de albañilería de ladrillos artesanales de concreto.</i>	87
Tabla 51 <i>Deformaciones y esfuerzos de la pila: PLCA-1.</i>	88
Tabla 52 <i>Deformaciones y esfuerzos de la pila: PLCA-2.</i>	89
Tabla 53 <i>Deformaciones y esfuerzos de la pila: PLCA-3.</i>	90
Tabla 54 <i>Deformaciones y esfuerzos de la pila: PLCA-4.</i>	91
Tabla 55 <i>Módulo de elasticidad de pilas de ladrillos artesanales de concreto.</i>	92
Tabla 56 <i>Dimensiones de las pilas de albañilería de ladrillos industriales de concreto para ensayo de resistencia a la compresión axial.</i>	93

Tabla 57 Resistencia a la compresión axial de las pilas de albañilería de ladrillos industriales de concreto.	93
Tabla 58 Deformaciones y esfuerzos de la pila: PLCI-1.	94
Tabla 59 Deformaciones y esfuerzos de la pila: PLCI-2.	95
Tabla 60 Deformaciones y esfuerzos de la pila: PLCI-3.	96
Tabla 61 Deformaciones y esfuerzos de la pila: PLCI-4.	97
Tabla 62 Módulo de elasticidad de pilas de ladrillos industriales de concreto.	98
Tabla 63 Dimensiones de los muretes de ladrillos artesanales de concreto para ensayo de resistencia a la compresión diagonal.	99
Tabla 64 Resistencia a la compresión diagonal de los muretes de ladrillos artesanales de concreto.	99
Tabla 65 Deformaciones y esfuerzos del murete: MLCA-1.	100
Tabla 66 Deformaciones y esfuerzos del murete: MLCA-2.	101
Tabla 67 Deformaciones y esfuerzos del murete: MLCA-3.	102
Tabla 68 Módulo de rigidez de muretes de ladrillos artesanales de concreto.	103
Tabla 69 Dimensiones de los muretes de ladrillos industriales de concreto para ensayo de resistencia a la compresión diagonal.	104
Tabla 70 Resistencia a la compresión diagonal de los muretes de ladrillos industriales de concreto.	104
Tabla 71 Deformaciones y esfuerzos del murete: MLCI-1.	105
Tabla 72 Deformaciones y esfuerzos del murete: MLCI-2.	106
Tabla 73 Deformaciones y esfuerzos del murete: MLCI-3.	107
Tabla 74 Módulo de rigidez de muretes de ladrillos industriales de concreto.	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Mapa de localización del distrito de Pedro Gálvez-San Marcos, Cajamarca.</i>	26
Figura 2 <i>Resistencia a la compresión característica de las unidades de albañilería.</i>	45
Figura 3 <i>Resistencia de las pilas de albañilería a la compresión axial.</i>	47
Figura 4 <i>Resistencia de los muretes de albañilería a la compresión diagonal.</i>	48
Figura 5 <i>Flujograma de proceso de fabricación de ladrillos de concreto.</i>	64
Figura 6 <i>Moldeo artesanal de ladrillos de concreto.</i>	65
Figura 7 <i>Moldeo industrial de ladrillos de concreto.</i>	65
Figura 8 <i>Falla ideal de una pila.</i>	66
Figura 9 <i>Falla por trituración de una pila.</i>	66
Figura 10 <i>Falla por aplastamiento local de una pila.</i>	66
Figura 11 <i>Falla de aplastamiento por pandeo de una pila.</i>	67
Figura 12 <i>Falla por tracción diagonal en murete.</i>	67
Figura 13 <i>Falla escalonada y falla mixta en muretes.</i>	68
Figura 14 <i>Falla por corte y falla local.</i>	68
Figura 15 <i>Curva granulométrica (ensayo 01).</i>	78
Figura 16 <i>Curva granulométrica (ensayo 02).</i>	79
Figura 17 <i>Curva granulométrica (ensayo 03).</i>	80
Figura 18 <i>Curva de esfuerzo vs deformación unitaria del ensayo a compresión axial en pilas de ladrillos artesanales de concreto.</i>	92
Figura 19 <i>Curva de esfuerzo vs deformación unitaria del ensayo a compresión axial en pilas de ladrillos industriales de concreto.</i>	98
Figura 20 <i>Curva de esfuerzo vs deformación angular del ensayo a compresión diagonal de muretes de ladrillos artesanales de concreto.</i>	103
Figura 21 <i>Curva de esfuerzo vs deformación angular del ensayo a compresión diagonal de muretes de ladrillos industriales de concreto.</i>	108
Figura 22 <i>Centros de producción de ladrillos artesanales y ladrillos industriales.</i>	109
Figura 23 <i>Ensayo de variación dimensional de ladrillos de concreto artesanales e industriales.</i>	109
Figura 24 <i>Ensayo de alabeo de ladrillos de concreto artesanales e industriales.</i>	110
Figura 25 <i>Ensayo de absorción de ladrillos de concreto artesanales e industriales.</i>	110
Figura 26 <i>Ensayo de succión de ladrillos de concreto artesanales e industriales.</i>	111
Figura 27 <i>Ensayo de resistencia a compresión simple de ladrillos artesanales de concreto.</i>	111

Figura 28 <i>Ensayo de resistencia a compresión simple de ladrillos industriales de concreto.</i>	112
Figura 29 <i>Ensayos de granulometría y peso unitario suelto y compactado de la arena gruesa.</i>	112
Figura 30 <i>Ensayo de peso específico de la arena gruesa.</i>	113
Figura 31 <i>Ensayo de resistencia a compresión de cubos de mortero.</i>	113
Figura 32 <i>Elaboración de pilas y muretes de ladrillos artesanales de concreto.</i>	114
Figura 33 <i>Elaboración de pilas y muretes de ladrillos industriales de concreto.</i>	114
Figura 34 <i>Refrendado de pilas y muretes.</i>	115
Figura 35 <i>Ensayo a compresión axial de pilas de ladrillos artesanales de concreto.</i>	115
Figura 36 <i>Ensayo a compresión axial de pilas de ladrillos industriales de concreto.</i>	116
Figura 37 <i>Ensayo a compresión diagonal de muretes de ladrillos artesanales de concreto.</i>	116
Figura 38 <i>Ensayo a compresión diagonal de muretes de ladrillos industriales de concreto.</i>	117

RESUMEN

En albañilería, habitualmente no se siguen los lineamientos de un diseño adecuado, ya que no se cuenta con la información suficiente de las unidades de albañilería para realizar este diseño. Por ello, la presente investigación realizó la comparación de las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto artesanal e industrial fabricados en la ciudad de San Marcos, Cajamarca. Para determinar dichas propiedades, se realizaron los ensayos que señala la norma E.070. En las propiedades físicas, se obtuvo que los ladrillos artesanales tienen una mayor variación dimensional, un mayor alabeo, un mayor porcentaje de absorción y un mayor índice de succión que los ladrillos industriales. En las propiedades mecánicas, se obtuvo que la resistencia característica a compresión (f'_b) de los ladrillos artesanales e industriales es de 97.65 kg/cm² y 152.45 kg/cm² correspondientemente, además se determinó que la resistencia a compresión axial de pilas (f'_m) es 24.99 kg/cm² y 94.00 kg/cm² para las pilas de ladrillos artesanales e industriales respectivamente y también se obtuvo que la resistencia a compresión diagonal de muretes (v'_m) es 5.38 kg/cm² y 16.78 kg/cm² para los muretes de ladrillos artesanales e industriales respectivamente. Según los ensayos de clasificación y la norma E.070, se determinó que los ladrillos artesanales clasifican como un ladrillo III y los ladrillos industriales clasifican como un ladrillo IV. De los resultados de la investigación, se concluyó que los ladrillos de concreto fabricados de forma industrial tienen mejores propiedades físicas y mecánicas que los ladrillos de concreto fabricados de forma artesanal.

Palabras clave: Albañilería, ladrillos de concreto, artesanal, industrial, propiedades físicas, propiedades mecánicas

ABSTRACT

In masonry, usually the guidelines of an adequate design are usually not followed, since there is not enough information about the masonry units to carry out this design. Thus, the present research compared the physical and mechanical properties of artisanal and industrial concrete bricks manufactured in the city of San Marcos, Cajamarca. To determine these properties, the tests indicated in standard E.070 were carried out. In the physical properties, it was obtained that artisanal bricks have a greater dimensional variation, a greater warping, a higher percentage of absorption and a higher suction index than industrial bricks. In the mechanical properties, it was obtained that the characteristic resistance to compression (f'_b) of artisanal and industrial bricks is 97.65 kg/cm² and 152.45 kg/cm² correspondingly, it was also determined that the axial compression resistance of piles (f'_m) is 24.99 kg/cm² and 94.00 kg/cm² for the artisanal and industrial brick piles respectively and, it was also obtained that the diagonal compression resistance of walls (v'_m) is of 5.38 kg/cm² and 16.78 kg/cm² for the artisanal and industrial brick walls respectively. According to the classification tests and the E.070 standard, it was determined that artisanal bricks classify as a brick III and industrial bricks classify as a brick IV. From the research results, it was concluded that industrially manufactured concrete bricks have better physical and mechanical properties than artisanally manufactured concrete bricks.

Keywords: Masonry, concrete bricks, artisanal, industrial, physical properties, mechanical properties.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Las edificaciones de albañilería en el Perú, son las que predominan en el sector de construcción de viviendas, ya que constituyen una alternativa económica y sencilla de aplicar, sin embargo, en su gran mayoría no siguen los lineamientos de un diseño adecuado, debido a que no se cuenta con la información suficiente para realizar este diseño, a causa de que usualmente no se realizan estudios de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería, los cuales permitirían conocer las resistencias de la albañilería, así como su durabilidad ante la intemperie. (San Bartolomé et al., 2018)

La construcción de edificaciones en el Perú va aumentando a un ritmo creciente en la mayoría de ciudades del país, sin embargo, frecuentemente los propietarios valoran más el aspecto económico que la calidad de la construcción, porque emplean materiales de construcción con propiedades resistentes que son menores a las especificadas en las normas de diseño y construcción (Morales, 2021). Examinar y hacer una investigación exhaustiva de los materiales utilizados y el estilo de construcción son necesarios para disminuir la vulnerabilidad de las construcciones ante los sismos (Rapone et al., 2018).

Según un estudio realizado por el INEI, para determinar el tipo de vivienda en la que la población peruana reside con mayor frecuencia, señala que, de un total de 7 698 900 viviendas, el 55,8 % fueron construidas con ladrillos o unidades de albañilería, el 27,9 % con adobe y el 16,3 % con materiales como madera, quincha y piedra, entre otros. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

Hamakareem (2019) menciona que algunos de las principales debilidades en el diseño y la construcción de albañilería no reforzada que conducen a daños extensos son: la unidad de ladrillo inadecuada, el mortero deficiente. En tal sentido, es importante contar con un correcto estudio de estos materiales de construcción.

Peralta (2016) indica que los ladrillos utilizados en la construcción de viviendas, deben cumplir con las características físicas y mecánicas mínimas establecidas en la Norma Técnica de Edificación E.70. También señala que los ladrillos fabricados de manera industrial en su gran mayoría cumplen con dichas características, mientras que los ladrillos producidos de manera artesanal muchas veces no cumplen, sin ser esto una generalidad y debiendo ser analizado para los diferentes tipos de ladrillos.

La región Cajamarca, así como la provincia de San Marcos no son ajenas a la realidad nacional, ya que la albañilería predomina como el sistema más empleado al construir viviendas y edificaciones. Por ello, mediante la presente investigación se busca comparar y analizar las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto artesanales e industriales, que están siendo producidos en el distrito de Pedro Gálvez en la provincia de San Marcos, siendo estos el principal material de dicho sistema constructivo, contando así con los datos y criterios técnicos para el correcto uso de dicho material de construcción.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál de los ladrillos de concreto tiene mejores propiedades físicas y mecánicas entre los artesanales e industriales fabricados en el distrito de Pedro Gálvez, San Marcos - Cajamarca?

1.3. Hipótesis general

Los ladrillos de concreto fabricados de forma industrial tienen mejores propiedades físicas y mecánicas que los ladrillos de concreto fabricados de forma artesanal en el distrito de Pedro Gálvez, San Marcos - Cajamarca.

1.3.1. Definición de variables

1.3.1.1. Variable independiente

- Tipo de fabricación de los ladrillos de concreto (artesanal e industrial).

1.3.1.2. Variable dependiente

- Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto.

1.4. Justificación de la investigación

El presente estudio brinda un aporte dentro del campo de materiales de construcción, presentando un análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas de dos tipos de ladrillos de concreto (artesanal e industrial) de forma que se pueda escoger el mejor tipo de ladrillo según las necesidades de las edificaciones. Se generó la información sobre la resistencia característica de ladrillos (f'_b), resistencia a compresión axial en pilas (f'_m) y resistencia a compresión diagonal en muretes (v'_m), que son valores utilizados en la etapa de diseño de las diferentes edificaciones que emplean el sistema de albañilería. De esta manera se reducirá el diseño inadecuado que se realiza utilizando los valores de la Tabla 9 que se encuentra en la norma E.070. Además, se verificó que las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto artesanal e industrial cumplen con lo requerido por la norma E.070 para su uso como unidades de albañilería.

1.5. Delimitación de la investigación

El ladrillo artesanal de concreto que se utilizó fue fabricado por la empresa “SAN MARCOS”, de la ciudad de San Marcos, Cajamarca.

El ladrillo industrial de concreto que se utilizó fue fabricado por la empresa “D&C OMEGA SRL”, de la ciudad de San Marcos, Cajamarca.

En la elaboración del mortero se utilizó Cemento Portland Tipo I fabricado por la empresa Cementos Pacasmayo.

Los agregados utilizados en el mortero pertenecen a la cantera “Cascasten”, ubicada en San Marcos, Cajamarca.

El mortero utilizado tuvo una proporción en volumen de 1 en 5 (cemento: arena).

El espesor de las juntas del mortero estuvo comprendido entre 12 y 15 mm.

Se elaboraron para la investigación 4 pilas y 3 muretes por cada tipo de ladrillo.

1.6. Alcances

Los resultados obtenidos en esta investigación son útiles para todos los proyectos en donde se utilicen los ladrillos de concreto de las empresas “SAN MARCOS” y “D&C OMEGA SRL”. El desarrollo de esta investigación ha sido realizado en el año 2023. Los resultados obtenidos podrán ser utilizados en los diseños y construcción de edificaciones futuras que utilicen las unidades de las empresas objetos de estudio.

1.7. Limitaciones

La presente investigación tuvo como limitaciones que no se evaluaron los materiales utilizados en la etapa de fabricación de los ladrillos de concreto, ni sus procedimientos empleados en dicho proceso. Tampoco se estudiaron las propiedades térmicas y acústicas de estos tipos de ladrillos.

1.8. Objetivos

1.8.1. Objetivo general

Comparar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto artesanal e industrial fabricados en el distrito de Pedro Gálvez, San Marcos - Cajamarca.

1.8.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal de concreto.
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo industrial de concreto.

- Determinar la resistencia a compresión axial en pilas y la resistencia al corte en muretes de ladrillos artesanales de concreto.
- Determinar la resistencia a compresión axial en pilas y la resistencia al corte en muretes de ladrillos industriales de concreto.

1.9.Descripción de los contenidos de los capítulos

- **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**, contiene el planteamiento del problema, formulación del problema, la hipótesis general planteada, la justificación de la investigación, la delimitación de la investigación, alcances, limitaciones, objetivos de la investigación y la descripción de contenidos.
- **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**, contiene los antecedentes teóricos de investigación, a nivel internacional, nacional y local, también incluye las bases teóricas que sirven como base para el desarrollo de la investigación y la definición de términos básicos.
- **CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS**, contiene la ubicación geográfica y ubicación temporal de la investigación, se describe la metodología, los materiales y equipos empleados, los procedimientos utilizados, un análisis y tratamiento de datos y finalmente se presentan los resultados.
- **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**, contiene el análisis y discusión de los resultados de la investigación, al aplicar la metodología propuesta.
- **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**, contiene las conclusiones de la investigación. Además, incluye a las recomendaciones para futuras investigaciones.
- **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**
- **ANEXOS**, contiene las figuras de las bases teóricas, especificaciones técnicas y constancia del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca
- **APÉNDICE**, contiene resultados de ensayos en laboratorio y panel fotográfico.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

- Toul (2019), en su investigación: "Comparative analysis of the mechanical properties of concrete block masonry used in constructions within Argentina and Ecuador", presenta un estudio y evaluación de bloques de concreto utilizados en la edificación de residencias en Argentina (provincia de Mendoza) y en Ecuador (Valle de Chillos) y así poder determinar las características mecánico-físicas de los mismos. Esto permitió evaluar el nivel de control utilizado en la creación de esos materiales. Realizó los estudios necesarios para conocer los resultados en cuanto a sus índices de compresión, así como la absorción. Estos estudios están establecidos por las normas vigentes argentinas (IRAM-11561) y ecuatorianas (INEN 3066). El estudio se realizó en Ecuador entre 2014 y 2017 mediante análisis estadístico. Las muestras se tomaron en 15 edificios del Valle de los Chillos, posteriormente, en el año 2017, en Mendoza. Y concluye que se pudo evidenciar en los resultados que sólo el 45% de los bloques examinados en Ecuador son aceptados, frente al 100% de los bloques examinados en Mendoza. También existe una diferencia significativa entre cada país estudiado en la calidad de los bloques de acuerdo a su resistencia a compresión. A diferencia de Argentina, que alcanzó un 72,73% de aceptación, Ecuador sólo obtuvo un 2,7%.
- López y Manobanda (2019), realizaron la investigación: "Estudio experimental y analítico de las propiedades mecánicas de la mampostería estructural utilizando el bloque de hormigón propuesto por la empresa Inova TK", desarrollada en la Escuela Politécnica Nacional, en la ciudad de Quito, en la cual evaluaron propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto de una empresa. Con dicho propósito realizaron los ensayos de variación dimensional, absorción, densidad, resistencia a compresión de los ladrillos y resistencia a compresión de prismas y muretes. De donde se obtuvo que los ladrillos de concreto tuvieron una absorción de 14.98% y densidad de 1671.39 kg/m³, resistencia a compresión uniaxial de las unidades de 4.43 MPa, resistencia a compresión de los prismas de albañilería de 2.66 MPa y resistencia a compresión de muretes de albañilería de 2.24 MPa. Con dichos resultados, los autores del estudio concluyen que la albañilería constituida por el ladrillo de concreto de la empresa Inova Tk, presenta

un bajo desempeño ante solicitaciones relativamente bajas y que no aporta en lo absoluto en el desempeño estructural y que el uso de este ladrillo quedaría relegado únicamente a su uso en divisiones internas de edificaciones.

- Pillajo y Valdivieso (2022), desarrollaron la investigación: “Estudio teórico experimental de las propiedades físico-mecánicas de la mampostería utilizando bloque de hormigón comercializado en la ciudad de Quito” donde evaluaron y compararon las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de concreto de 05 lotes de producción de diversas empresas. Realizaron los ensayos de absorción, contenido de humedad, densidad, resistencia a compresión simple, resistencia a compresión en muretes y resistencia a tensión diagonal en muretes. Los autores concluyeron que, respecto a la resistencia de los ladrillos, solamente 02 de los lotes de producción de las unidades de mampostería de concreto analizados, clasificaron para uso como mampostería estructural teniendo resistencias de 20.48 MPa y 13.33 MPa. También indican los autores del estudio que la resistencia a compresión de ladrillos tiende a ser directamente proporcional a su resistencia a compresión de la mampostería, evidenciando que la manera más eficaz para tener valores más altos de la resistencia de la mampostería a compresión es tener ladrillos con resistencias altas a la compresión.

2.1.2. Antecedentes nacionales

- Pérez (2016), realizó una investigación titulada: “Comportamiento físico-mecánico del ladrillo de concreto tipo IV”, desarrollada en la Universidad Nacional Agraria La Molina, en la ciudad de Lima, en donde evaluó las propiedades físicas y mecánicas de un ladrillo de concreto tipo IV y las comparó con las de ladrillos industriales de arcilla de dos marcas. Para tal fin realizó los ensayos de variación dimensional, alabeo, porcentaje de vacíos, absorción, resistencia a la compresión por unidad y resistencia a la compresión por pila. De este estudio concluyó que los ladrillos de concreto y los de arcilla cumplen con los requerimientos de los ensayos físicos (variación dimensional, alabeo y absorción), además señala que los ladrillos de concreto cumplen los requerimientos físicos y mecánicos indicados en la norma E.070 para ser clasificados como ladrillos tipo IV, ya que obtuvo que la resistencia a compresión de unidades (f'_b) fue de 132.38 kg/cm², en cambio los ladrillos de arcilla tuvieron

una clasificación de ladrillo tipo III, lo cual no cumple con lo indicado por sus fabricantes que señalaban que este era un ladrillo tipo IV.

- García (2018), desarrolló una investigación titulada: “Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal de concreto en el distrito de Bagua Grande – Amazonas”, en donde determinó las características físicas y mecánicas de las unidades de albañilería artesanal de concreto que eran producidas en la ciudad de Bagua Grande en la provincia de Amazonas. Dicho estudio se realizó analizando las unidades de 07 ladrilleras con el fin de evaluar las exigencias mínimas para controlar la calidad de las unidades de albañilería según especificaciones de la norma E.070, para tal evaluación desarrolló los ensayos de variación dimensional, alabeo, absorción y resistencia a la compresión. Concluyó que las siete ladrilleras obtuvieron valores de resistencia a compresión (f'_b) entre 59.94 kg/cm² y 62.06 kg/cm², y ya que estas resistencias están sobre la resistencia mínima de 50 kg/cm², los ladrillos clasifican como un Ladrillo I, según la norma E. 070.
- Hernández (2019), en su investigación: “Propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal y ladrillo industrial, en la ciudad Jaén - Cajamarca - Perú 2017”, realizada en la Universidad Nacional de Jaén, determinó y comparó las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos fabricados de manera artesanal y ladrillos fabricados de manera industrial, en la ciudad de Jaén, para dicho fin realizó los ensayos de absorción, densidad, porcentaje de vacíos y resistencia a la compresión. Concluyendo que ambos tipos de ladrillo satisfacen los requisitos establecidos por la norma E.070 y clasifican según esta misma como ladrillos clase III, sin embargo, los ladrillos fabricados de manera industrial obtuvieron una mayor resistencia que los ladrillos fabricados de manera artesanal.

2.1.3. Antecedentes locales

- Cubas (2017) realizó una investigación titulada: “Determinación de las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cutervo”, en donde determinó y analizó las propiedades físico mecánicas de las unidades de albañilería de concreto producidas por 03 ladrilleras de la ciudad de Cutervo. Para ello realizó los ensayos de variación dimensional, alabeo, absorción, absorción máxima, coeficiente de saturación, peso específico, succión y resistencia a la compresión. Al realizar sus ensayos, obtuvo lo siguiente:

La variación dimensional más desfavorable se encuentra en la altura con 5.05%, 4.69% y 5.15%, los valores del alabeo para las tres ladrilleras están en el intervalo de 0.15 mm-0.49 mm de concavidad y 0.79mm-0.80mm de convexidad, la absorción para los ladrillos de concreto está entre 9 y 10%, lo cual permite verificar que se encuentra dentro del rango permitido de acuerdo a la norma E.070, la succión promedio de los ladrillos, arrojan valores de 26.19 gr, 28.31gr y 26.65g; los cuales no están entre los límites que recomienda la norma E.070. En consideración a los valores de resistencia a compresión característica de los ladrillos obtuvo resistencias de 52.44 kg/cm², 48.25 kg/cm² y 51.59 kg/cm². En función a los resultados obtenidos de los ensayos realizados, indica el autor que los ladrillos de las ladrilleras 01 y 03 obtuvieron una clasificación de Ladrillo I, mientras que los ladrillos de la ladrillera 02 no alcanzaron una clasificación, tomando como referencia los parámetros establecidos por la norma E. 070.

- Gamboa (2017), en su tesis titulada: “Determinación de la resistencia a compresión axial y resistencia al corte puro de la albañilería de ladrillos king kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba” determinó las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba por 02 ladrilleras, para ello realizó los ensayos de variación dimensional, alabeo, resistencia a la compresión del ladrillo, absorción, succión, resistencia a compresión axial de pilas y resistencia a compresión diagonal de muretes y obtuvo resistencias a compresión de dichos ladrillos de 81.88 kg/cm² y 71.12 kg/cm², también que la resistencia a compresión axial de pilas es mayor que 35 kg/cm² y la resistencia a corte mayor que 5.1 kg/cm². El autor concluye que los ladrillos analizados obtuvieron una clasificación de Ladrillo II, de acuerdo a la norma E. 070, e indicando que este tipo de ladrillos pueden ser empleados en muros portantes de edificaciones que tengan un máximo de 2 pisos y se ubiquen en zonas sísmicas 2 y 3.
- En la investigación realizada por Zafra (2014), titulada: “Características físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto fabricados en la ciudad de San Marcos – Cajamarca”, se investigaron las características físicas y mecánicas de ladrillos de concreto fabricados de manera artesanal en la ciudad de San Marcos, para tal fin se analizaron las unidades producidas por 05 ladrilleras de dicha ciudad, a los cuales se les realizaron los ensayos de variación dimensional, alabeo, absorción y resistencia a la compresión, de donde obtuvo que la variación dimensional de las

unidades tienen características muy aceptables, el promedio de las 05 ladrilleras clasifica como ladrillo de clase V, según la norma técnica E.070, en cuanto al alabeo, el promedio de las 05 ladrilleras es de 2.1 mm por lo que clasifica como ladrillo clase IV, según la norma técnica E.070, en absorción obtuvo valores menores al 8 %, lo cual es menor al máximo valor permitido en la norma técnica E.070. Y en resistencia a la compresión de las unidades, nos indica que los ladrillos con mejores características son los producidos por la ladrillera “Machuca” y la ladrillera “San Marcos”, teniendo valores de 126,33 kg/cm² y 111,53 kg/cm² respectivamente, clasificando ambos como un ladrillo clase III, según la norma E.070. Esta investigación no realizó ensayos en prismas y muretes de ladrillos, lo cual quedó abierto para nuevos trabajos de investigación.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Albañilería

San Bartolomé et al. (2018) señalan que la albañilería o mampostería es un cúmulo de unidades que pueden unirse con algún tipo de material, que puede ser el mortero hecho de barro o el mortero hecho de cemento. Estas unidades se logran obtener de manera natural como las piedras o se pueden obtener de manera artificial como el caso de adobes, tapias, ladrillos y bloques. Asimismo, indican que el sistema de albañilería es esencialmente cualquier sistema en donde se utilicen elementos de mampostería como los muros, vigas, pilastras, etc. Dichos elementos están conformados por las unidades de albañilería que pueden ser de arcilla, sílice-cal o concreto, unidas al mortero de cemento o concreto líquido. En el Perú las edificaciones que se construyen mediante el sistema de albañilería integran una alternativa asequible para solucionar el déficit de viviendas para la población en el país.

Aunque la albañilería se ha utilizado en muchas épocas y contextos diferentes para crear diversos elementos como arcos, vigas y columnas, su expresión principal y primaria es el muro. El muro se puede utilizar para diversos fines. Por ejemplo, puede contener tierra, líquido o materiales en un depósito o tanque, también puede ser un elemento estructural portante de una edificación.

2.2.1.1. Clasificación de la albañilería

San Bartolomé et al. (2018) clasifican a la albañilería según su función estructural, de la siguiente manera:

- **Muros no portantes:** Compuestos por los muros que no resisten cargas verticales, como: cercos, parapetos y vanos. Es decir, este tipo de muros son diseñados solamente para soportar cargas perpendiculares a su plano que pueden ser causadas por la fuerza del viento, cargas sísmicas o cargas de empuje.
- **Muros portantes:** Estos muros son aquellos que están sometidos a diversos tipos de esfuerzos, incluyendo esfuerzos en sus planos y perpendiculares a sus planos, esfuerzos verticales y transversales, esfuerzos permanentes y temporales. Por lo que se pueden utilizar como elementos estructurales de las edificaciones.

Y de acuerdo a la distribución del refuerzo, los clasifica de la siguiente manera:

- **Muros no reforzados o albañilería simple:** Conformados por muros los cuales no tienen refuerzo o, aunque lo tengan, no suelen cumplir con los requisitos mínimos normados correspondientes para contar como muros armados.
- **Muros reforzados:** Son aquellos muros que tienen algún tipo de refuerzo, pueden ser: muros de albañilería armada, muros de albañilería de junta seca, muros laminares y muros de albañilería confinada.

2.2.1.2. Componentes de la albañilería

Los elementos que componen y son parte de la albañilería, son fundamentalmente la unidad de albañilería y el mortero que sirve para unir las unidades, adicional a ellos también que hay otros materiales que sirven como refuerzo y complementan el sistema, como son: el concreto, el acero y el grout o concreto líquido. (San Bartolomé et al., 2018)

2.2.2. Unidad de albañilería

Son elementos prismáticos que tienen un peso que pueden ser manejados por los trabajadores. Un ladrillo es una unidad cuyo peso y tamaño permiten sostenerlo con solo una mano, mientras que un bloque es una unidad que requiere ambas manos para ser sostenidos, por su tamaño y peso. Estas unidades de albañilería pueden ser: sílico calcáreos, arcilla, concreto, etc. (Chipana, 2014)

2.2.2.1. Características generales

Las características generales según el Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería (2021), podemos describirlas como:

- Ladrillo se refiere a aquella unidad cuyo tamaño y peso consienten su maniobra con una sola mano. Bloque se refiere a una unidad que requiere dos manos para manipularla debido a su tamaño y peso.

- Los elementos básicos de construcción especificados en la norma son los ladrillos y bloques, siendo los principales materiales utilizados en su construcción la arcilla, el sílice-cal o el concreto.
- La clasificación de estas unidades puede determinarse como: sólidas, huecas, alveolares o tubulares y estas son de origen de fabricación de manera artesanal o industrial.
- Cuando las unidades de albañilería de concreto alcancen la resistencia y estabilidad volumétrica deseadas, se procederá a su utilización. El menor periodo para utilizar las unidades sumergidas en agua corresponde a 28 días.

2.2.2.2. Clasificación

Las unidades de albañilería se pueden clasificar según sus dimensiones en dos tipos, las mismas que afectan a la facilidad para manipularlas (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2021): (a) ladrillos y (b) bloques. Ahora bien, es importante mencionar que el componente de la albañilería armada es el bloque A continuación, se detallan las características de cada tipo de albañilería:

- a. Ladrillos. Las medidas de este tipo de unidades de albañilería son pequeñas. Por esta razón, pueden ser manipuladas utilizando una sola mano.
- b. Bloques. A diferencia del caso anterior, debido a su tamaño, para manipular esta clase de unidades de albañilería es necesario utilizar ambas manos.

Por otra parte, el área de vacíos paralela a la superficie de asiento puede utilizarse para clasificar las unidades de albañilería (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2021). Los cuatro tipos de unidades son: (a) sólidas, (b) huecas, (c) alveolares y (d) tubulares.

- a. Sólidas. Las unidades de albañilería sólida son aquellas con un área de vacíos menor al 30 %.
- b. Huecas. Estas unidades huecas de albañilería tienen como característica que su área de vacíos es superior al 30 %.
- c. Alveolares. Pueden ser sólidas o huecas. En este tipo se encuentran principalmente unidades de albañilería de concreto porque al contar con presencia de los alveolos, se puede colocar acero de refuerzo.
- d. Tubulares. Estas unidades tienen huecos paralelos a su área de asiento.

A continuación, se presenta la categorización de las unidades de concreto según su función estructural. Se pueden clasificar en dos tipos: (a) bloques P y (b) bloques NP (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2021).

- a. Bloques P. Son unidades de albañilería de concreto que pueden ser utilizadas en muros portantes.
- b. Bloques NP. Por el contrario, este tipo de unidades solo se pueden emplear para muros no portantes.

2.2.2.3. Clasificación para fines estructurales

Como fin estructural, respecto a lo que establece la Norma E.070, las unidades de albañilería deben cumplir las particularidades enumeradas en la Tabla 1.

Tabla 1

Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.

Clase	Variación de la dimensión (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia característica a compresión f'_b mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)
(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes					
(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes					

Fuente: *Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021.*

De acuerdo a la Norma ITINTEC 331.017:

- Ladrillo I: Este tipo de ladrillos suelen tener muy baja resistencia y durabilidad; se pueden utilizar en viviendas de hasta 2 pisos, teniendo como consideración que no deberían tener contacto con la lluvia y el suelo.

- Ladrillo II: Este tipo de ladrillos incluye ladrillos con resistencia y durabilidad baja; el uso de este tipo de ladrillos debe darse en condiciones de servicio moderado, ya que no deben exponerse directamente con la lluvia, el agua o el suelo.
- Ladrillo III: Estos ladrillos tienen una resistencia y durabilidad medias; pueden ser utilizados en edificaciones que tengan condiciones de intemperismo bajo.
- Ladrillo IV: Este tipo de ladrillos poseen resistencia y durabilidad alta; adecuado para uso con condiciones de servicio moderado, ya que pueden exponerse a manera moderada a las lluvias intensas, el agua y el suelo.
- Ladrillo V: Este tipo de ladrillos cuentan con resistencia y durabilidad muy alta; adecuado para uso con estrictas condiciones de servicio, ya que consiguen soportar duras condiciones de uso, como la exposición a fuertes lluvias, suelo y agua.

2.2.2.4. Limitaciones en su aplicación

La utilización o empleo de estas unidades dependerá de lo expresado en la Tabla 2. Estableciendo zonas de índole sísmico que figuran en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

Tabla 2

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

Tipo	Zona sísmica 2 y 3		Zona sísmica 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Artesanal*			
Sólido	Sí	Sí	Sí
Industrial			
Alveolar	Sí	Sí	Sí
	Celdas totalmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos
* Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.			

Fuente: *Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021.*

2.2.2.5. Pruebas

Según lo estipulado en la Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería (2021), se deben realizar las siguientes pruebas a las unidades de albañilería:

- i. **Muestreo:** Se indica que el muestreo debe ser realizado a pie de obra, y se señala que para cada lote de hasta 50 000 unidades, se seleccionarán aleatoriamente una muestra de 10 unidades y se les realizarán pruebas de variación dimensional y de alabeo, también que cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las cinco restantes a absorción.
- ii. **Resistencia a la Compresión:** Se establece que para realizar este ensayo se deben realizar las pruebas de laboratorio respectivas, de acuerdo a lo estipulado por las Normas NTP 399.613 y 399.604. Y que el valor de resistencia a la compresión axial característica de la unidad de albañilería (f'_b) resultará al restar al valor promedio de la muestra una desviación estándar.
- iii. **Variación Dimensional:** Se señala que, para desarrollar este ensayo, se deberá seguir el proceso descrito por las Normas NTP 399.613 y 399.604.
- iv. **Alabeo:** Se indica que, para realizar este ensayo, se debe seguir el proceso descrito por la Norma NTP 399.613.
- v. **Absorción:** Se establece que las pruebas de absorción se desarrollarán según las especificaciones de las Normas NTP 399.604 y 399.613.

2.2.2.6. Aceptación de las unidades de la albañilería

La Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería (2021), indica que:

- i. Si la muestra presenta una dispersión en los resultados (coeficiente de variación) mayor al 20% para unidades industriales o al 40% para unidades de origen artesanal, se analiza otra muestra. Si se obtiene la misma dispersión en la muestra, se rechaza el lote.
- ii. El porcentaje de absorción de unidades de arcilla y sílico calcáreas no debe exceder el 22%. Los bloques de concreto deben tener un porcentaje de absorción no superior al 12%. El porcentaje de absorción de los bloques de hormigón NP no superará el 15%.
- iii. En los Bloques clase P el mínimo espesor de los lados correspondientes a la superficie de asiento debe ser de 25 mm y en los Bloques clase NP de 12 mm.
- iv. La superficie e interior de las unidades de albañilería deberán estar sin materias extrañas como guijarros, conchuelas o nódulos calcáreos.

- v. Las unidades de albañilería a base de arcilla deberán cocerse de manera óptima para lograr un color uniforme y sin vidriado. Haciendo un sonido metálico cuando se golpea fuerte.
- vi. Las unidades de albañilería no deberán presentar grietas, fracturas, algún tipo de hendidura o algún defecto parecido que puedan afectar su duración o resistencia.
- vii. Las unidades de albañilería no deberán presentar ningún tipo de mancha o veta blanquizca.

2.2.3. Unidades de albañilería de concreto

Están conformadas por los ladrillos y bloques de concreto. El concreto en estas unidades puede ser fabricado de manera artesanal o industrial, siendo esencialmente una mezcla de cemento, arena y confitillo (piedra triturada). Respecto a la dosificación planteada para la fabricación de las unidades, se pueden obtener diversas resistencias a la compresión, propiciando el uso de unidades poco resistentes a compresión en edificaciones de poca altura; así como unidades más resistentes para edificios de gran altura. La consistencia de la mezcla debe ser seca (revenimiento del orden de 1”), para desmoldar inmediatamente las unidades sin que se desmoronen. (San Bartolomé et al., 2018)

2.2.3.1. Condiciones generales

ITINTEC 339.005 indica las siguientes condiciones generales para ladrillos y bloques de concreto:

- a. Composición: Las unidades se elaborarán en base a cemento Portland y agregados tales como arena, piedra partida, granulados y volcánicos, escorias u otros materiales inertes inorgánicos adecuados y agua, los que deberán cumplir con las normas respectivas.
- b. Aspecto: Las unidades de albañilería no presentaran materias extrañas roturas, rajaduras u otros defectos en sus superficies o en su interior, que afecten, degraden su durabilidad y/o resistencia.
- c. Textura superficial: Las superficies destinadas a recibir revoques o estucos, y las que constituyen junta serán suficientemente ásperas para asegurar una buena adherencia.

2.2.3.2. Proceso de fabricación

Para expresar la producción podemos recurrir al flujograma emitido por Arrieta y Peñaherrera que se muestra en la Figura 5. El cual detalla que el procedimiento de fabricación de ladrillos de concreto comprende los siguientes pasos: Selección de materiales, disponibilidad de equipos, dosificación y mezclado, moldeado y fraguado, curado y almacenado.

2.2.3.3. Tipos de Fabricación

Los tipos de fabricación de las unidades de albañilería de concreto dependen del tipo de molde que se les dé a estas, de acá que existen dos tipos de fabricación, las unidades que se hacen a mano que se las denomina como unidades artesanales y las unidades hechas en máquinas que se las denomina como unidades industriales. San Bartolomé et al. (2018)

2.2.3.3.1. Artesanal

El moldeado manual o artesanal se ejecuta empleando un molde de metal, cuyo fondo deslizante comprime la mezcla, o un molde de madera revestido por dentro con láminas metálicas o estaño, como se exponen en la Figura 6. Las unidades fabricadas de esta manera son curadas regándolas con agua con una frecuencia de 2 veces diarias en 7 días seguidos; ya que si no se realiza este proceso se disminuirá de manera importante la resistencia a compresión de las unidades. Se estima que siguiendo el proceso de fabricación artesanal se producen un promedio diario de 200 unidades.

2.2.3.3.2. Industrial

El moldeado industrial se efectúa por medio de compactación por vibración empleando ponedoras portátiles, máquinas RosaCometa o máquinas estacionarias, tal como se puede observar en la Figura 7. El curado de las unidades se realiza en cámaras con vapor, o con riesgo por aspersión, teniendo como consideración la protección a la humedad ya que las unidades de concreto evidencian alta variación volumétrica.

2.2.3.4. Clasificación

Según lo indicado en la NTP 399.601 (2016), se pueden clasificar de la siguiente manera:

Tabla 3*Tipos de ladrillos de concreto.*

Requisitos de resistencia y absorción			
Resistencia a la compresión, mín, Mpa, respecto al área bruta promedio			Absorción de agua, máx., % (Promedio de 3 unidades)
Tipo	Promedio de 3 unidades	Unidad Individual	
24	24	21	8
17	17	14	10
14	14	10	12
10	10	8	12

Fuente: *INACAL. Norma Técnica Peruana NTP 399.601 Unidades de Albañilería. Ladrillos de concreto. Requisitos (2016).*

- Ladrillo Tipo 24: Este tipo de ladrillo se utiliza como ladrillos de revestimiento de construcción y paredes externas sin terminar, posee resistencia a la compresión alta y buena resistencia contra la humedad y exposición severa al frío.
- Ladrillo Tipo 17: Este tipo de ladrillo puede utilizarse de manera general en edificaciones que requieran una mesurada resistencia a compresión y resistencia al frío y la humedad.
- Ladrillo Tipo 14: Este tipo de ladrillo es adecuado para ser utilizado en donde se requiera una resistencia a la compresión moderada.
- Ladrillo Tipo 10: Este tipo de ladrillo es adecuado para que se utilice con requerimientos de resistencia a la compresión moderada.

2.2.3.5. Ventajas del uso de ladrillos de concreto

Las ventajas se derivan de la rapidez de producción, la precisión y uniformidad de las medidas del ladrillo, su resistencia y duración, la prácticamente ausencia de desperdicio y, lo más importante, porque forma un sistema modular. Estas características posibilitan calcular el total de materiales en la fase de proyecto, teniendo un buen nivel de confianza siendo estos números cercanos a los que realmente se emplean en la obra. Brindando un aporte a todos los detalles de programación y diseño que son muy importantes antes de comenzar una construcción. La investigación de Arrieta y Peñaherrera reveló que el proceso constructivo utilizando ladrillos de concreto tiene beneficios económicos frente a cualquier otro sistema constructivo tradicional, los cuales

se evidencian tanto en el transcurso de ejecución de las obras como al finiquitar las mismas.

2.2.4. Mortero

El mortero está conformado por la mezcla de aglomerantes y agregado fino a la que se le agrega agua a fin de obtener una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinados a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo dispuesto en las Normas NTP 399.607 y 399.610. (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2021)

2.2.4.1. Componentes

La Norma Técnica E.070 Albañilería (2021) señala que los componentes del mortero son: El agregado fino correspondiente a la arena gruesa natural la cual debe estar sin materiales orgánicos y sales; los aglomerantes que pueden ser los cementos portland tipo I y tipo II que cumplan lo especificado en la Norma 334.009, los cementos tipo IP que cumplan lo especificado en la Norma 334.830, la mezcla de cemento y cal hidratada que cumplan lo especificado en la Norma 339.002 y agua que tiene que ser potable y encontrarse sin la presencia de sustancias o componentes extraños.

2.2.4.2. Proporciones

Las proporciones de morteros señaladas por la Norma Técnica E.070 Albañilería (2021) se muestran en la Tabla 4 para los dos tipos de mortero, el mortero tipo P, que es el utilizado para construir muros portantes; y el mortero tipo NP, empleado al construir muros no portantes.

Tabla 4

Proporción para morteros según Norma E.070.

Tipos de mortero				
Componentes				Usos
Tipo	Cemento	Cal	Arena	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 1/2	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

Fuente: *Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021.*

Además se señala, que siempre que las pruebas de pilas y muretes den una resistencia similar o superior que la especificada en los planos y aseguren la resistencia y durabilidad de la albañilería, se pueden utilizar otras composiciones de mortero como el mortero elaborado con cementos de albañilería o el mortero pre-mezclado. Así también se indica que al no disponer de cal hidratada, se podría utilizar un mortero sin cal que se ajuste a la proporción especificada de cemento y arena.

2.2.5. Prismas de albañilería

La resistencia de la albañilería a compresión axial (f'_m) y a corte (v'_m) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre. (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2021)

Tabla 5

Métodos para determinar la resistencia de la albañilería a compresión axial (f'_m) y al corte (v'_m).

Métodos para determinar f'_m y v'_m									
Resistencia característica	Edificio de 1 a 2 pisos			Edificio de 3 a 5 pisos			Edificio de más de 5 pisos		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
f'_m	A	A	A	B	B	A	B	B	B
v'_m	A	A	A	B	A	A	B	B	A

A: Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero.

B: Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.605 y 399.621

Fuente: *Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021.*

De no realizarse ensayos en prismas, se podrán utilizar las resistencias indicadas en la Tabla 6, correspondiente a valores de pilas y muretes construidos con mortero 1:4 (para unidades de arcilla) y 1: ½: 4 (para unidades sílico-calcáreas o de concreto), se deberán ensayar en consecuencia otras unidades u otros tipos de mortero.

Tabla 6

Resistencias características de la albañilería MPa (kg/cm²).

Materia Prima	Denominación	Unidad f'_b	Pilas f'_m	Muretes v'_m
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto Bloque Tipo P (*)		4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)
(*) Utilizados para la construcción de Muros Armados.				
(**) El valor f'_b se proporciona sobre área bruta en unidades vacías (sin grout), mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de $f_c = 13.72$ Mpa (140 kg/cm ²)				

Fuente: *Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021.*

2.2.6. Propiedades físicas de las unidades de albañilería

2.2.6.1. Variación dimensional

La variación dimensional es la variación que existe entre las caras opuestas del ladrillo ya sea ancho, largo y altura (Parro, 2015).

Generalmente ninguna unidad de albañilería tiene sus dimensiones conformadas a la perfección, puesto que siempre existirán variaciones a lo largo, ancho y alto, ya sea por presencia de irregularidades o deformaciones en cualquiera de las caras del ladrillo. Para determinar las variaciones de dimensión de los ladrillos, se procede a tomar de una manera muy minuciosa las dimensiones en medio de cada cara de los ladrillos. Estas medidas se toman 4 veces, para obtener como resultado final, el valor promedio de las mediciones realizadas. (Huamani y Solis, 2020)

Pese a que la variación dimensional de los ladrillos es una propiedad física, esta puede influir en la resistencia de los muros, debido a que, a mayor variación dimensional,

mayor 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. (Seminario, 2013)

2.2.6.2. Alabeo

El alabeo es la deformación entre las caras opuestas del ladrillo, representadas por espacios vacíos (cóncavo) o elevaciones sobresalientes (convexo) (Parro, 2015).

El ensayo de alabeo, resulta importante realizarlo, puesto que permite determinar el ancho de la unión del mortero. Este es un ensayo complementario al de variación de dimensiones de los ladrillos, puesto que con este ensayo se puede determinar si las juntas horizontales presentan vacíos, que como es conocimiento, estas afectan las propiedades finales de los muros de albañilería. Este ensayo está relacionado también con la determinación de espesor de junta en los muros de albañilería, puesto que estas suelen presentar vacíos, lo cual ocasiona el área de contacto se vea disminuida con el mortero afectando de forma directa las propiedades finales de los muros de albañilería, puesto que se pueden originar fallas en el ladrillo por la carga superior que soportan estos muros, en el caso de ser portantes. El más grande defecto, que sea en la concavidad o en la convexidad de estas unidades, hace que aumente el espesor de la junta, produciéndose huecos en los espesores en la base del mortero, lo que hace que se reduzca la superficie de contacto entre el mortero y la unidad de albañilería, produciéndose fallas incluso por el peso en las hiladas inmediatamente superiores de la pared de la albañilería. (Huamani y Solis, 2020)

2.2.6.3. Absorción

Determinar la absorción de la unidad de albañilería comprende determinar la diferencia de peso entre la unidad mojada y la unidad seca expresada en porcentaje del peso de la unidad seca (NTP 399.604, 2015).

El término "absorción" se refiere a la disposición que manifiesta una unidad respecto a los índices de impermeabilidad de la misma; la cual no debería encontrarse en números superiores al 22% para los ladrillos de arcilla y los de sílice-cal y 12% para ladrillos de concreto porque, de lo contrario, se puede suponer que el ladrillo es poroso. En consecuencia, esta unidad de albañilería presentará poca resistencia a la intemperie, puesto que puede absorber el agua presente en el mortero en el momento de la construcción del muro, esta impedirá una adecuada adherencia entre ambos materiales. Es importante señalar que la normatividad peruana especifica límites para el índice porcentual de absorción porque la intemperie es determinante como factor en los índices

de resistencia en la unidad bajo extremas condiciones climatológicas, y así como fue expresado, las unidades más porosas son menos resistentes a los efectos de la intemperie. (Huamani y Solis, 2020)

2.2.6.4. Succión

Esta propiedad la podemos describir como la forma de obtener la velocidad inicial relacionada con los índices de absorción en la base del ladrillo. Además, esta propiedad es importante para que se pueda dar una adhesión con el mortero, debido a que es por este fenómeno que los solubles del cemento, los cuales se encuentran disueltos en el agua absorbida, penetran para posteriormente cristalizarse en los micro poros del ladrillo, ocasionando así la adhesión con el mortero. Por esta razón, la adherencia entre mortero y ladrillo no existiría si no se manifestara este fenómeno. (Huamani y Solis, 2020)

San Bartolomé et al. (2018) recomiendan una capacidad de succión dentro del rango de 10 a 20 g/ (200 cm²-min) para las unidades de albañilería antes de realizar el asentado; ya que, si no se encuentra entre estos valores el agua se extraerá rápidamente del mortero y provocará su endurecimiento.

Si la succión tiene valores altos, el mortero tiende a deformarse y endurecerse, causado por la pérdida de agua que succiona el ladrillo, complicando un buen contacto con la superficie del siguiente ladrillo. El resultado es una unión deficiente e inconclusa, lo que da lugar a uniones débiles y permeables al agua. Cuando sucede esto es requisito indispensable del proceso constructivo que las unidades se humedezcan, siguiendo técnicas adecuadas, para modificar la succión del asentado. (Seminario, 2013)

2.2.7. Propiedades mecánicas de las unidades de albañilería

2.2.7.1. Resistencia a compresión de la unidad de albañilería

La resistencia a compresión es la relación directa que existe entre la carga que aplicada a una determinada área de sección (Parro, 2015). La Norma Técnica E.070, señala que deben realizarse ensayos de laboratorio pertinentes para obtener la resistencia a la compresión de los elementos de albañilería de acuerdo con lo especificado por las Normas NTP 399.613 y 339.604. La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería (f'_b) se determinará disminuyendo una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

El ensayo consiste en ejercer presión sobre el ladrillo de concreto en una máquina de ensayos de compresión y los cálculos se realizan a partir de la carga de ruptura dividida con el área o superficie de contacto del ladrillo que resiste la carga. La resistencia a la

compresión es una característica principal en la albañilería, debido a que valores altos de resistencia a compresión indican buena calidad de las unidades para los fines de construcción.

San Bartolomé et al. (2018) indican que a fin de poder realizar comparación de resistencia a compresión entre unidades de albañilería estas deben presentar la misma geometría y/o tener las mismas condiciones.

2.2.7.2. Resistencia a compresión axial en pilas

Los ensayos de compresión de pilas de albañilería se utilizan con el fin de determinar la resistencia a compresión axial (f'_m). En última instancia, si se mide y se toma registros de la deformación axial de la pila, es posible obtener el módulo de elasticidad de la albañilería. Las muestras utilizadas para determinar la resistencia a la compresión de la albañilería están estandarizadas y consisten en las unidades prismáticas apiladas una encima de otra. (San Bartolomé et al., 2018)

La resistencia a compresión axial de pilas es el resultado de dividir la carga axial bruta que soporta la pila y el área bruta de la misma. Se espera obtener un tipo de falla ideal, en la cual fallan verticalmente las caras de menores dimensiones de las pilas. Por el contrario, no se desea una falla por trituración por ser frágil y explosiva. (Zuñiga y Apaza, 2017)

2.2.7.2.1. Tipos de falla típica en pilas

San Bartolomé et al. (2018) describe los siguientes tipos de falla:

- Se indica que una falla ideal de pilas consiste en una fisura o grieta vertical en las caras de menores dimensiones de las unidades, es decir cortan unidades y mortero, producida por tracción debida a la expansión lateral causada por la compresión aplicada, tal como se muestra en la Figura 8.
- Se señala que las fallas por trituración de las pilas son fallas que son consideradas no deseadas por su fragilidad y explosión, este tipo de falla se presenta usualmente al utilizar unidades huecas, tal como se evidencia en la Figura 9.
- Se indica que la falla por aplastamiento local de pilas ocurre por lo general en unidades que tienen una resistencia baja a compresión, tal como se muestra en la Figura 10.
- Se señala que la falla de aplastamiento por pandeo de la pila o aplastamiento en una sección específica de la pila, se manifiesta cuando aparecen esfuerzos diferentes a

los de compresión axial, los cuales pueden ser esfuerzos de flexión o pandeo, tal como se evidencia en la Figura 11.

2.2.7.3. Resistencia a compresión diagonal en muretes

Los ensayos de compresión diagonal en muretes de albañilería se utilizan para determinar la resistencia característica a corte puro ($v'm$), y ocasionalmente si se instrumentan y se toman registros de las deformaciones diagonales de los muretes se puede determinar el módulo de corte de la albañilería (G_m) (San Bartolomé et al., 2018).

Para determinar la resistencia a compresión diagonal de muretes y obtener la resistencia al corte de la albañilería, los muretes elaborados deben tener dimensiones mínimas de 60 cm x 60 cm, el ensayo se ejecuta aplicando cargas de compresión a lo largo de cualquier diagonal del murete, produciendo en el murete una falla por tracción diagonal, lo que produce que el murete se agriete en sentido paralelo a eje donde se aplica la carga. (NTP 3399.621,2004)

2.2.7.3.1. Tipos de falla típica en muretes

San Bartolomé et al. (2018) describe los siguientes tipos de falla:

- Se indica que si la unión entre los ladrillos y el mortero es óptima se producirá en los muretes una falla por tracción diagonal, donde la fractura cruza los ladrillos y el mortero, lo cual evidencia un aumento de resistencia a los esfuerzos de corte, tal como se muestra en la Figura 12.
- Se señala que si la unión de ladrillos con el mortero no ha logrado una buena adherencia se produce una falla escalonada o mixta entre escalonada y cortando unidades, tal como se evidencia en la Figura 13.
- Se indica que otro tipo de falla presente en los muretes se da cuando las uniones de ladrillos y mortero de las juntas horizontales son muy débiles, produciendo fallas por deslizamiento o corte; así también puede ocurrir el tipo de falla que se produce cuando se tritura el ladrillo que está ubicado en contacto con la superficie del cabezal angular de la máquina en la que se realiza este ensayo, presentándose esta clase de falla principalmente en los muretes elaborados con ladrillos huecos, estos tipos de falla se pueden observar en la Figura 14.

2.3. Definición de términos básicos

- **Ladrillo**

Es un material de construcción elaborado de diversas materias primas, que tiene forma de paralelepípedo rectangular y que permite levantar muros y otras estructuras (Pérez y Gardey, 2023).

- **Ladrillos de concreto**

Unidad de albañilería de dimensiones modulares fabricado con cemento portland, agua y agregados; con un ancho máximo de cuatro pulgadas (NTP 399.601, 2016).

- **Mortero**

Material de construcción cuya finalidad es unir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2021).

- **Ladrillo artesanal**

El ladrillo artesanal se elabora con métodos manuales. El modelo o amasado se hace a mano. Las medidas de los ladrillos artesanales varían con frecuencia, al igual que su resistencia a la compresión (Metalhierro S.A., 2021).

- **Ladrillo industrial**

Son ladrillos elaborados en fábricas con estrictos controles de calidad y uso de maquinaria en todos sus procesos. El ladrillo producido industrialmente tiene una excelente calidad, resistencia y uniformidad.

- **Prismas de albañilería**

Los prismas de albañilería están compuestos por pilas y muretes que, al ser ensayados a compresión axial y diagonal correspondientemente, sirven para determinar la resistencia a compresión ($f'm$) y al corte puro ($v'm$) de la albañilería.

- **Propiedades físicas de la albañilería**

Son aquellas propiedades que se determinan con ensayos físicos, tales como: Variación dimensional, alabeo, absorción y succión.

- **Propiedades mecánicas de la albañilería**

Son aquellas propiedades que se determinan con ensayos mecánicos, tales como: Resistencia a compresión del ladrillo, resistencia a compresión axial de pilas de albañilería y resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización de la investigación

3.1.1. Ubicación geográfica o espacial de la investigación.

Las unidades de albañilería que fueron utilizadas en la investigación son de las empresas “SAN MARCOS” y “D&C OMEGA SRL”, que están ubicadas en el distrito de Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca, ciudad que se encuentra ubicada a 60 km de la ciudad de Cajamarca, con coordenadas UTM: 17M X: 812502 Y: 9188201. Los ensayos que se realizaron para la investigación fueron desarrollados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz” que está ubicado en el pabellón 1 “C” de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, en la ciudad de Cajamarca, distrito, provincia y departamento del mismo nombre, con coordenadas UTM 17M X: 776620 Y: 9207004.

Figura 1

Mapa de localización del distrito de Pedro Gálvez-San Marcos, Cajamarca.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (s.f.)

3.1.2. Ubicación de ladrilleras

➤ **Ladrillera artesanal: “SAN MARCOS”**

Ladrillera artesanal de ladrillos de concreto

1. Ubicación:
 - Distrito: Pedro Gálvez
 - Provincia: San Marcos
 - Departamento: Cajamarca
2. Dirección
 - Av. Primavera N° 591
3. Propietario
 - Vanesa Tufino Pablo
4. Coordenadas UTM. Zona 17M-WGS84
 - X: 812336 m E
 - Y:9189420 m S
5. Producción/ mes
 - 15 000 ladrillos

➤ **Ladrillera industrial: “D&C OMEGA SRL”**

Ladrillera industrial de ladrillos de concreto

1. Ubicación:
 - Distrito: Pedro Gálvez
 - Provincia: San Marcos
 - Departamento: Cajamarca
2. Dirección
 - Jr. Adolfo Amorín Bueno S/N
4. Propietario
 - José Wilfer Murrugarra Quiroz
5. Coordenadas UTM. Zona 17M-WGS84
 - X: 812022 m E
 - Y:9187906 m S
6. Producción/ mes
 - 25 000 ladrillos

3.2. Ubicación temporal de la investigación

El trabajo de investigación se desarrolló durante los meses de enero y junio del año 2023. Los resultados obtenidos podrán ser utilizados en los diseños y construcciones de edificaciones futuras que utilicen las unidades de las empresas objetos de estudio

3.3. Metodología

3.3.1. Tipo, nivel, diseño y método de la investigación

3.3.1.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada con enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo).

3.3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es descriptivo y correlacional, buscando destacar las características del objeto de estudio, describiéndolas y analizándolas.

3.3.1.3. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es no experimental, ya que no hubo manipulación de las variables en el transcurso de la investigación.

3.3.1.4. Método de investigación

El método con el cual se realizó la investigación es el hipotético deductivo. Ya que se partió de la identificación del problema, luego se procedió a formular la hipótesis y en función a esta se plantearon los objetivos, que permitieron que la hipótesis fuera aceptada en función a los resultados que fueron obtenidos mediante el uso de herramientas como la observación, medición y experimentación.

3.3.2. Variables

3.3.2.1. Variable independiente

X1: Tipo de fabricación de los ladrillos de concreto (artesanal e industrial).

3.3.2.2. Variable dependiente

Y1: Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto.

3.4. Materiales y equipos

3.4.1. Materiales

- Ladrillo artesanal de concreto, fabricado por la empresa “San Marcos”.
- Ladrillo industrial de concreto, fabricado por la empresa “D&C OMEGA SRL”.
- Cemento Portland tipo I, fabricado por la empresa Cementos Pacasmayo.
- Arena gruesa de la Cantera “Cascaesen” de la ciudad de San Marcos.

3.4.2. Equipos

- Tamices o mallas ASTM (N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200).
- Cucharon de metal.
- Espátula
- Fiola de 500 cm³.
- Balanza con precisión de 0.1 g y capacidad de 30 kg.
- Recipiente cilíndrico de metal provisto de asas de 1/10 p3.
- Varilla lisa de acero con longitud de 600 mm y Ø=16 mm.
- Horno ventilado de temperatura 110 °C - 115 °C.
- Regla metálica graduada a 1 mm.
- Vernier digital.
- Cuña metálica graduada a 0.5 mm.
- Molde metálico de probetas de mortero de 5cm x 5cm, h=5 cm.
- Prensa hidráulica para compresión uniaxial.
- Deformímetro.
- Máquina de carga vertical tipo marco.
- Nivel de ingeniero.
- Cámara fotográfica con trípode.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población está constituida por todo el lote producción de los ladrillos artesanales de concreto de la ladrillera “San Marcos” e industriales de la ladrillera “D&C Omega SRL”, en el distrito de Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, Departamento de Cajamarca, durante el periodo de extracción de muestras.

3.5.2. Muestra

La muestra fue de tipo no probabilística. Se realizó teniendo en cuenta las cantidades indicadas en las normas NTP 399.601, NTP 399.605 y NTP 399.621. Estuvo conformada por 50 ladrillos, 4 pilas y 3 muretes de cada tipo de ladrillo, a fin de realizar los ensayos requeridos, dicha cantidad se detalla en la Tabla 7.

Tabla 7

Muestra de la investigación.

Especímenes	Ladrillera		Total
	San Marcos (Ladrillo artesanal)	D&C Omega SRL (Ladrillo industrial)	
Ladrillos	50	50	100
Pilas	4	4	8
Muretes	3	3	6

3.5.3. Unidad de análisis y unidad de observación

La unidad de análisis de esta investigación es la comparación de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto. La unidad de observación está conformada por los ladrillos de concreto artesanales e industriales producidos por las empresas “San Marcos” y “D&C Omega SRL” respectivamente.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En el presente estudio fueron utilizadas las siguientes técnicas:

- Análisis documental: Para el establecimiento de la base teórica y los antecedentes de esta investigación, la información ha sido obtenida de diferentes fuentes como: Mendeley, Redalyc, Google Académico, libros, etc.

- Observación: Esta técnica ha sido importante en el proceso de realización de los ensayos, para calcular los valores numéricos y las propiedades propias de los ladrillos.
- Medición: Para determinar la veracidad de los resultados obtenidos, para determinar si satisfacen los requerimientos de la norma E.070 respecto a unidades de albañilería. Por último, para la comparación entre las unidades artesanales e industriales.

En esta investigación se utilizaron las siguientes herramientas:

- Guía de observación: Este instrumento ha sido utilizado en la realización de los ensayos para registrar los resultados obtenidos y los fenómenos observados.
- Guía de revisión documental: Para registrar la información encontrada en las diferentes fuentes, ha permitido clasificar la información importante y concisa para el desarrollo de esta investigación.
- Normas de ensayo: Los ensayos se realizaron en función a las especificaciones técnicas de las normas nacionales e internacionales.
- Formatos: Comprende las hojas de cálculo que han sido utilizadas para realizar el análisis de los datos.

3.7. Procedimiento

3.7.1. Ensayos de las unidades de albañilería

3.7.1.1. Variación dimensional

Se utilizó como referencia la Norma NTP 399.604, 2015. Se realizó con una muestra de 10 ladrillos de cada tipo, ya que la norma indica por lo menos 3 unidades para poder realizar el ensayo, por ello fue considerada dicha cantidad con el fin de obtener resultados más certeros y confiables, los especímenes de muestra para el ensayo fueron seleccionados aleatoriamente de cada lote de ladrillos que fue llevado al laboratorio de ensayo de materiales y se tomaron las medidas de las dimensiones de los ladrillos con una regla metálica con graduación de 1 mm. Se registró largo (L), ancho (A) y altura (H) de los ladrillos. Fue considerada Dimensión Promedio (DP) la longitud que fue promediada de los datos obtenidos al medir la parte media de las 4 caras del ladrillo, y se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$DP = \frac{D1 + D2 + D3 + D4}{4}$$

Donde:

DP: Dimensión promedio (mm)

D1, D2, D3, D4: Dimensiones a la mitad de cara (mm)

Se realizó el cálculo de la variación dimensional con la fórmula que se presenta a continuación:

$$V\% = \frac{DE - DP}{DE} * 100$$

Donde:

V%: Variación dimensional (%)

DE: Dimensión especificada por el fabricante (mm)

DP: Dimensión de promedio (mm)

3.7.1.2. Alabeo

Se aplicó lo establecido en la Norma NTP 399.613, 2017. Realizando el ensayo con una muestra de 10 ladrillos de cada tipo, debido a que es la cantidad necesaria que indica la norma para poder realizar adecuadamente el ensayo, los especímenes de muestra fueron seleccionados aleatoriamente de cada lote de ladrillos que fue llevado al laboratorio de ensayo de materiales. Este ensayo se realizó colocando el asiento del ladrillo sobre una superficie plana e introduciendo la cuña metálica con escala de 0,5 mm en la parte más curva, dependiendo si era cóncava o convexa, para ello se colocó una línea que conectó las esquinas opuestas del ladrillo y la cuña fue insertada en los puntos máximos de deflexión, a fin de obtener esa dimensión, el alabeo de los ladrillos fue el promedio de dichas dimensiones.

3.7.1.3. Absorción

Se empleó lo establecido por la Norma NTP 399.604, 2015. Realizándose con una muestra de 10 ladrillos de cada tipo, ya que la norma indica por lo menos 3 unidades para poder realizar el ensayo, por ello fue considerada dicha cantidad con el fin de obtener resultados más certeros y confiables, los especímenes de muestra para el ensayo fueron seleccionados aleatoriamente de cada lote de ladrillos que fue llevado al laboratorio de ensayo de materiales y se realizó con el procedimiento detallado a continuación: La muestra de prueba se sumergió en agua a un intervalo de temperatura de 15,6°C a 26,7°C durante 24 horas. Fueron retiradas del agua, y se colocaron en una malla de alambre para

que escurra durante 1 minuto, se retiró el agua visible en la superficie con un trapo húmedo, se pesó y registró el valor como W_s (peso saturado). Después de la saturación, la muestra se secó en la estufa ventilada con una temperatura de 100°C a 115°C durante 24 horas, hasta que dos pesajes consecutivos con un intervalo de 2 horas muestren una variación, que no supere el 0,2% del peso determinado. El peso se registró como W_d (peso seco).

Para determinar la absorción de los ladrillos, se utilizó la fórmula presentada a continuación:

$$A\% = \frac{W_s - W_d}{W_d} * 100$$

Donde:

A%: Absorción promedio (%)

W_s : Peso saturado (g)

W_d : Peso seco al horno (g)

3.7.1.4. Succión

Se desarrolló con referencia de la Norma NTP 399.613, 2017. Se realizó con una muestra de 10 ladrillos de cada tipo, ya que la norma indica por lo menos 5 unidades para poder realizar el ensayo, por ello fue considerada dicha cantidad con el fin de obtener resultados más certeros y confiables, los especímenes de muestra para el ensayo fueron seleccionados aleatoriamente de cada lote de ladrillos que fue llevado al laboratorio de ensayo de materiales. Los ladrillos fueron secados en estufa a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas con el fin de determinar un peso seco constante (P1). Luego se tomó las medidas del largo y ancho de la superficie plana de los ladrillos. Consecuentemente en una bandeja cuya superficie no sea menor de 2000 cm^2 , se ubicaron dos apoyos de acero de $\frac{1}{4}$ " para los ladrillos y después se vació agua hasta una altura de $3\text{mm} \pm 0.25\text{ mm}$ sobre los apoyos. Los ladrillos fueron sumergidos por su base en el agua durante un tiempo de 1 minuto, seguidamente se retiró el ladrillo, y se secó con un paño húmedo el agua en la superficie del ladrillo, Finalmente se registró su nuevo peso (P2). Se calculó el índice de succión, mediante la siguiente formula:

$$X = \frac{200 * W}{L * B}$$

Donde:

X: Succión (g/200cm²xmin)

W: Diferencia de pesos del espécimen (g)

L: Longitud del espécimen (cm)

B: Ancho del espécimen (cm)

3.7.1.5. Resistencia a la compresión

Se tomó de referencia la Norma NTP 399.604, 2015. Se realizó con una muestra de 10 ladrillos de cada tipo, ya que la norma indica por lo menos 3 unidades para poder realizar el ensayo, por ello fue considerada dicha cantidad con el fin de obtener resultados más certeros y confiables, los especímenes de muestra para el ensayo fueron seleccionados aleatoriamente de cada lote de ladrillos que fue llevado al laboratorio de ensayo de materiales. Se tomaron las dimensiones de longitud, altura, ancho de los especímenes y se realizó el refrendado de las unidades con yeso-cemento. Para el ensayo se ubicó el espécimen en la máquina de ensayo de tal forma que el centro del ladrillo se encuentre alineado al punto de aplicación de la carga. Para obtener la resistencia a compresión f_b se realizó la división de la carga de rotura con el área de contacto. Y al restar una desviación estándar al valor anterior se determinó la resistencia a compresión característica f'_b .

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

$$f'_b = f_b - \sigma$$

Donde:

f'_b : Resistencia a la compresión característica (kg/cm²)

f_b : Resistencia a la compresión característica (kg/cm²)

σ : Desviación estándar (kg/cm²)

W: Carga máxima (kg)

A: Área de contacto (cm²)

3.7.2. Ensayos de las propiedades del mortero

3.7.2.1. Análisis granulométrico y módulo de finura de la arena gruesa

Se aplicó lo indicado en la Norma NTP 400.012, 2013. Este ensayo se realizó para determinar los tamaños de las partículas de la arena. Se obtuvo una muestra representativa

por medio del cuarteo, la cual luego fue secada al horno en una temperatura de 110 ° C. De ésta se seleccionó una muestra de 600 g, la que se vertió por los tamices y un fondo colocado en orden de mayor a menor. Durante 10 minutos se procedió a mover en sentido vertical y horizontal. Se registró los pesos retenidos en cada tamiz. Para calcular el módulo de fineza se empleó la siguiente formula:

$$MF = \frac{\Sigma \% Ret. Acum. tamices (N^{\circ}100 + N^{\circ}50 + N^{\circ}30 + N^{\circ}16 + N^{\circ}8 + N^{\circ}4 + \frac{3}{8}'' + \frac{3}{4}''}{100}$$

Donde:

MF: Módulo de finura

3.7.2.2. Contenido de humedad

Se empleó lo que establece la Norma NTP 339.185, 2013. Este ensayo se realizó para conocer el porcentaje de agua superficial que está presente en el agregado. El ensayo consistió en realizar un cuarteo a la muestra, la cual se procedió a pesarla. Posteriormente se colocó la muestra al horno durante 24 horas a la temperatura de 110°C, se obtuvo el nuevo peso y se realizaron los siguientes cálculos.

$$\%W = \frac{P - P_s}{P} * 100$$

Donde:

$\%W$: Porcentaje de contenido de humedad

P_s : Peso de la arena seca

P : Peso de la arena húmeda

3.7.2.3. Pesos unitario suelto de la arena gruesa

Se desarrolló con referencia a la Norma NTP 400.017, 2011. Para este ensayo se realizó el cuarteo de la muestra para luego ser secada en la estufa a temperatura de 110 ° C, luego se procedió a pesar el recipiente metálico, para posteriormente llenar el recipiente con la arena dejando caer a esta desde una altura de 5 cm respecto a la parte superior del recipiente, hasta enrasar y se registró el peso del recipiente y la arena. Para calcular el peso unitario volumétrico suelto fueron utilizadas las siguientes formulas:

Para el volumen real del recipiente y el factor para el recipiente

$$V = \frac{W}{D}$$

$$F = \frac{D}{W}$$

Donde:

V: Volumen del recipiente (m³)

W: Peso del agua (kg)

D: Densidad del agua según la temperatura (kg/m³)

F: Factor para el recipiente (1/m³)

Para el peso unitario volumétrico

$$M = \frac{G - T}{V}$$

$$M = (G - T) * F$$

Donde:

D: Peso unitario volumétrico (kg/m³)

G: Peso del recipiente y el agregado (kg)

T: Peso del recipiente (kg)

3.7.2.4. Peso unitario compactado de la arena gruesa

Se utilizó como referencia la Norma NTP 400.017, 2011. Realizándose con el mismo proceso y fórmulas que en el peso unitario suelo, con la excepción que, para llenar el recipiente con la arena, se realizó llenando con la arena hasta 1/3 del volumen del recipiente y compactándola mediante 25 golpes de la varilla metálica. Después se procedió a llenar con arena hasta los 2/3 del volumen del recipiente y de igual manera compactarla con 25 golpes de la varilla metálica, teniendo como consideración que no se penetre la capa anterior y por último se procedió a llenar de más el recipiente con la arena y compactarla con 25 golpes de la varilla metálica y enrasar al recipiente para registrar su peso.

3.7.2.5. Pesos específicos de la arena gruesa

Se aplicó lo especificado en la Norma NTP 400.022, 2013. Realizándose los procedimientos estipulados para calcular los pesos específicos y absorción de la arena. Para ello se obtuvo una muestra representativa por el método del cuarteo, la cual fue

secada en el horno por 24 horas a 110 ° C y luego fue saturada con agua dejando reposar la muestra por 24 horas y luego se procedió a secar la muestra encima de un área plana expuesta a un flujo de aire constante. Posteriormente una porción de la muestra fue colocada en el molde con forma de cono y se compactó con 25 golpes suaves con su pisón metálico para alzar verticalmente y verificar si la muestra ya tenía la condición saturada superficialmente seca la cual se obtuvo cuando la muestra se disgregaba levemente, también se llenó una fiola de 500 cm³ con agua hasta alcanzar la marca de medida y proceder a pesarla, después se introdujo 500 g de muestra en estado superficialmente seca a la fiola de 500 cm³ la cual fue llenada con agua al 90 % de su volumen, para luego proceder con la eliminación de burbujas de aire que se realizó agitando la muestra con agua por 15 a 20 minutos, finalmente llenó a la fiola con agua hasta su marca de 500 cm³ y se registró el peso de la fiola con la arena y agua. Finalmente se retiró la muestra de la fiola y fue secada en la estufa a la temperatura de 110 ° del cual se registró su peso. Para los cálculos se utilizó las siguientes formulas:

$$Pe = \frac{A}{B + S - C}$$

$$Pe\ sss = \frac{S}{B + S - C}$$

$$Pea = \frac{A}{B + A - C}$$

$$Abs\ (\%) = \frac{S - A}{A} * 100$$

Donde:

Pe: Peso específico del agregado (g/cm³)

A: Masa de la muestra seca al horno (g)

B: Masa de la fiola llena de agua hasta su marca de calibración (g)

S: Masa de la muestra en condición saturada superficialmente seca (g)

C: Masa de la fiola con el agregado dentro y llena de agua (g)

Pe sss: Peso específico saturado superficialmente seco del agregado (g/cm³)

Pea: Peso específico aparente del agregado (g/cm³)

Abs (%): Absorción

3.7.2.6. Resistencia del mortero a la compresión

Se empleó lo establecido en la Norma NTP 334.051, 2013. Por ello se elaboró 6 cubos de 50 mm de lado de mortero P2, ya que la normativa indica un mínimo de 3 especímenes de cada mezcla de mortero y se realizaron dos mezclas de mortero con los cuales se elaboraron pilas y muretes, del cual previamente se realizó su diseño con las propiedades de la arena. Se hizo una mezcla de arena y cemento hasta integrarlos completamente, agregando agua para que la mezcla quede homogénea, después se engrasó los moldes con aceite para que no se pegue. Luego se dio forma a las muestras mediante apisonamiento manual. La mezcla se vertió en los moldes cúbicos y se compactó 32 veces en cada compartimento, en un total de 3 rondas. Después cada muestra se retiró del molde luego de 24 horas. Luego las muestras se sumergieron en agua saturada de cal en un tanque de almacenamiento sin sufrir daños. Los cubos que completaron 28 días de curado se retiraron de los tanques de almacenamiento, se secaron, se midieron y se probaron. Para obtener la resistencia a compresión (f_c) se dividió la carga final aplicada a los cubos de mortero entre la sección de los mismos y al restar una desviación estándar al promedio de estos resultados, se puede determinar la resistencia a compresión característica del mortero (f'_c).

$$f_c = \frac{W}{A}$$

$$f'_c = f_c - \sigma$$

Donde:

f'_c : Resistencia a la compresión característica (kg/cm²)

f_c : Resistencia a la compresión (kg/cm²)

σ : Desviación estándar (kg/cm²)

W: Carga máxima (kg)

A: Área de contacto (cm²)

3.7.3. Ensayos de pilas de albañilería

3.7.3.1. Resistencia de las pilas de albañilería a la compresión axial

Se realizó con referencia de la Norma NTP 399.605, 2013. Se elaboró 4 pilas de cada tipo de ladrillo, ya que la norma indica un mínimo de 3 pilas para el correcto desarrollo del ensayo y en fin de obtener resultados más certeros y confiables se eligió esta cantidad de muestra, la elaboración de las pilas se realizó controlando su verticalidad y horizontalidad con la ayuda del nivel y plomada, estas pilas fueron curadas por 28 días y luego se registraron las dimensiones de las pilas y se realizó su refrendado en las caras superiores e inferiores con yeso. Las pilas fueron colocadas apoyándose en la base inferior del equipo de ensayo de tal manera que se centró el eje de las pilas con el eje del equipo de ensayo. Se aproximaron los cabezales hasta tener contacto con la parte superior de la pila. Y se registraron las deformaciones. Para el cálculo de la resistencia a compresión axial de las pilas, se utilizó las siguientes formulas:

$$f_m = \frac{P}{A} * t$$

$$f'm = f_m - \sigma$$

Donde:

$f'm$: Resistencia a la compresión axial característica de la pila (kg/cm²)

f_m : Resistencia a la compresión axial de la pila (kg/cm²)

t : Factor de corrección por esbeltez de la pila, la relación de esbeltez es la relación entre h_p (altura de la pila) y t_p (menor dimensión lateral de la pila)

P : Carga máxima (kg)

A : Área neta de la pila (cm²)

Tabla 8

Factores de corrección por esbeltez en pilas.

Factores de corrección por esbeltez en pilas							
hp/tp A	1,3	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Factor de corrección	0,75	0,86	1,0	1,04	1,07	1,15	1,22

Hp/tp Relación de la altura del prisma y las medidas menores laterales del prisma
Fuente: NTP 399.605 (2013).

Para el cálculo del módulo de elasticidad (E_m) se utilizó la fórmula que plantea Gallegos y Casabonne (2005), que indica que la determinación del módulo de elasticidad de la albañilería se hace, normalmente, al 50% del valor de la resistencia última, para tener en cuenta el comportamiento no lineal de la materia. De ahí que E_m se calculó con la expresión que se plantea a continuación en la siguiente fórmula:

$$E_m = 1.25 * \frac{\sigma_{50\%}}{\epsilon_{50\%}}$$

3.7.4. Ensayos de muretes de albañilería

3.7.4.1. Resistencia de muretes a la compresión diagonal

Se aplicó lo estipulado en la Norma NTP 399.621, 2004. Para ello fueron elaborados 3 muretes de cada tipo de ladrillo, ya que es la cantidad necesaria indicada por la norma para realizar el ensayo, la elaboración de los muretes se realizó controlando la verticalidad y horizontalidad de estos muretes y fueron curados por 28 días, también se registró las dimensiones de los muretes y se refrendó las esquinas con yeso. Los muretes ensayados fueron sometidos a esfuerzos de corte.

Se aplicó la carga en forma continua hasta llegar al fallo, y se midieron las deformaciones de tal manera que se tomó como mínimo 10 lecturas. Para el cálculo de la resistencia a compresión diagonal de los muretes, se utilizó las siguientes formulas:

$$v_m = 0.707 \frac{P}{A_b}$$

$$v'_m = v_m - \sigma$$

Donde:

v'_m : Esfuerzo cortante característico sobre el área bruta (kg/cm²)

v_m : Esfuerzo cortante sobre el área bruta (kg/cm²)

P: Carga máxima aplicada (kg)

A_b : Área bruta (cm²)

Para el área bruta

$$A_b = \frac{l + h}{2} * t$$

Donde:

l: Longitud promedio del murete (cm)

h: Altura promedio del murete (cm)

t: Espesor promedio del murete (cm)

Para la deformación angular

$$\gamma = \frac{\Delta V + \Delta H}{g}$$

Donde:

γ : Deformación angular (mm/mm)

ΔV : Acortamiento vertical (mm)

ΔH :Alargamiento horizontal (mm)

g : Longitud de medición de deformaciones (mm)

El módulo de rigidez (G) se calculó mediante el esfuerzo cortante (ΔV_m) y deformación angular (ΔY) comprendidos entre el 10% y 50% del esfuerzo cortante máximo del ensayo.

3.7.5. Comparación de propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto

Para comparar las propiedades físicas de los ladrillos de concreto (variación dimensional, alabeo, absorción y succión) se elaboró la Tabla 9, que permite catalogar a los ladrillos según los resultados obtenidos de sus propiedades físicas y a partir de estas indicar cual ladrillo es mejor. Los criterios de calificación de las propiedades físicas parten de las bases teóricas, que indican que si se tiene un ladrillo con menor variación dimensional y menor alabeo se considera un ladrillo más uniforme en sus dimensiones, que la absorción de los ladrillos de concreto no deben superar el 12% y que valores menores de absorción indican un ladrillo más compacto y por tanto más resistente a la intemperie y que valores menores de succión son considerados mejores ya que así se garantiza que el ladrillo no succionará el agua del mortero.

Tabla 9*Criterios de calificación de ladrillos de concreto según sus propiedades físicas*

Propiedad física	Criterio de calificación		
Variación dimensional	Ladrillos con valores más bajos de variación dimensional (%)	Ladrillos con valores más altos de variación dimensional (%)	
	Mejor ladrillo	Ladrillo de calidad inferior	
Alabeo	Ladrillos con valores más bajos de alabeo (mm)	Ladrillos con valores más altos de alabeo (mm)	
	Mejor ladrillo	Ladrillo de calidad inferior	
Absorción	Ladrillos con valores más bajos de absorción (%)	Ladrillos con valores más altos de absorción (%)	Ladrillos con absorción superior a 12%
	Mejor ladrillo	Ladrillo de calidad inferior	Ladrillos no aptos
Succión	Ladrillos con valores más bajos de succión (gr/200cm ² xmin)	Ladrillos con valores más altos de succión (gr/200cm ² xmin)	
	Mejor ladrillo	Ladrillo de calidad inferior	

Para comparar los ladrillos de concreto respecto a sus propiedades mecánicas (resistencia a compresión de unidad, resistencia a compresión axial de pilas y resistencia a compresión diagonal de muretes) simplemente fue necesario analizar los valores obtenidos de los ensayos, ya que valores mayores indican que la resistencia es mayor y a partir de ello se puede indicar cual ladrillo es mejor.

3.8. Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados.

Se desarrollaron los ensayos según las especificaciones técnicas y consideraciones indicadas en las normas correspondientes para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto artesanal e industrial, el cálculo a detalle de estos

resultados se encuentra en el acápite de Apéndice. Los resultados de los ensayos para los ladrillos de concreto artesanal e industrial fueron los siguientes:

3.8.1. Resultados de ensayos de las unidades de albañilería

3.8.1.1. Variación dimensional

Tabla 10

Variación dimensional.

Ladrillos artesanales de concreto			
Particularidades	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
Medidas brindadas por el fabricante:	240	140	100
Medidas promedio de las unidades ensayadas:	238.90	140.58	97.85
Variación dimensional (%):	-0.46	0.41	-2.15
Ladrillos industriales de concreto			
Particularidades	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
Medidas brindadas por el fabricante:	235	140	105
Medidas promedio de las unidades ensayadas:	235.95	140.10	104.05
Variación dimensional (%):	0.40	0.07	-0.90

3.8.1.2. Alabeo

Tabla 11

Alabeo.

Ladrillos artesanales de concreto	
Alabeo promedio (mm):	1.1
Ladrillos industriales de concreto	
Alabeo promedio (mm):	0.5

3.8.1.3. Absorción

Tabla 12

Absorción.

Ladrillos artesanales de concreto	
Absorción promedio (%)	7.55
Desviación estándar	0.57
Coefficiente de variación	7.59%
Ladrillos industriales de concreto	
Absorción promedio (%)	5.04
Desviación estándar	0.19
Coefficiente de variación	3.70%

3.8.1.4. Succión

Tabla 13

Succión.

Ladrillos artesanales de concreto	
Succión promedio (g / (200 cm² x min))	25.82
Desviación estándar	2.75
Coefficiente de variación	10.65%
Ladrillos industriales de concreto	
Succión promedio (g / (200 cm² x min))	8.22
Desviación estándar	1.00
Coefficiente de variación	12.13%

3.8.1.5. Resistencia de la unidad de albañilería a compresión

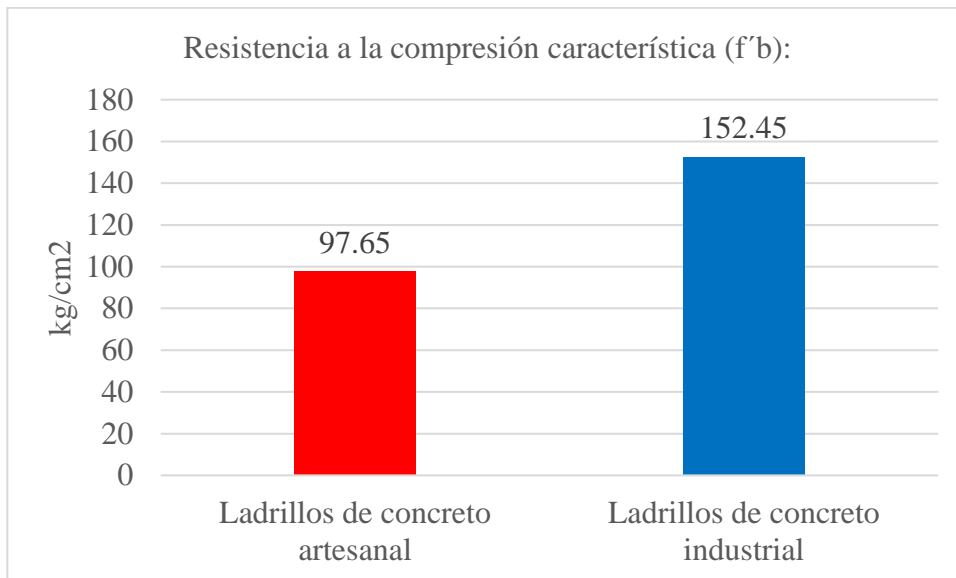
Tabla 14

Resistencia de la unidad de albañilería a la compresión.

Ladrillos artesanales de concreto		
	(MPa)	(kg/cm²)
Resistencia a la compresión promedio:	9.94	101.41
Desviación estándar:	0.37	3.75
Coefficiente de variación:	3.70%	3.70%
Resistencia característica a la compresión (f' b):	9.58	97.65
Ladrillos industriales de concreto		
	(MPa)	(kg/cm²)
Resistencia a la compresión promedio:	15.77	160.83
Desviación estándar:	0.82	8.38
Coefficiente de variación:	5.21%	5.21%
Resistencia característica a la compresión (f' b):	14.95	152.45

Figura 2

Resistencia a la compresión característica de las unidades de albañilería.



3.8.2. Resultados de propiedades del mortero

3.8.2.1. Propiedades de la arena gruesa del mortero

Tabla 15

Propiedades de la arena gruesa del mortero.

Característica		Unidad
Módulo de finura:	2.40	-
Peso unitario suelto:	1619.22	kg/m ³
Peso unitario compactado:	1774.09	kg/m ³
Peso específico de masa:	2.53	g/cm ³
Peso específico de masa s.s.s.:	2.60	g/cm ³
Peso específico aparente:	2.72	g/cm ³
Absorción:	2.74	%
Contenido de humedad:	3.24	%

3.8.2.2. Diseño del mortero

Tabla 16

Diseño del mortero.

Mortero tipo P2	Cemento	Agregado fino	Agua
Proporción en volumen	1	5	A/C: 0.85
Proporción en peso (material seco)	1	5.39	36.13 lts/bolsa
Proporción en peso (material húmedo)	1	5.57	34.99 lts/bolsa

3.8.2.3. Resistencia de los cubos de mortero a compresión

Tabla 17

Resistencia de los cubos de mortero a compresión.

Mortero tipo P2 1:5		
	(kg/cm ²)	(MPa)
Resistencia a la compresión promedio:	138.87	13.62
Desviación estándar:	4.77	0.47
Coefficiente de variación:	3.43%	3.43%
Resistencia característica a la compresión (f'c):	134.10	13.15

3.8.3. Resultados de ensayos de pilas de albañilería

3.8.3.1. Resistencia de pilas de albañilería a compresión axial

Tabla 18

Resistencia de pilas de albañilería a compresión axial.

Pilas de ladrillos artesanales de concreto		
Resistencia a la compresión promedio:	28.16	kg/cm ²
Desviación estándar:	3.17	kg/cm ²
Coefficiente de variación:	11.25	%
Resistencia característica a la compresión (f'm):	24.99	kg/cm²
Pilas de ladrillos industriales de concreto		
Resistencia a la compresión promedio:	102.22	kg/cm ²
Desviación estándar:	8.22	kg/cm ²
Coefficiente de variación:	8.05	%
Resistencia característica a la compresión (f'm):	94.00	kg/cm²

Figura 3

Resistencia de las pilas de albañilería a la compresión axial.

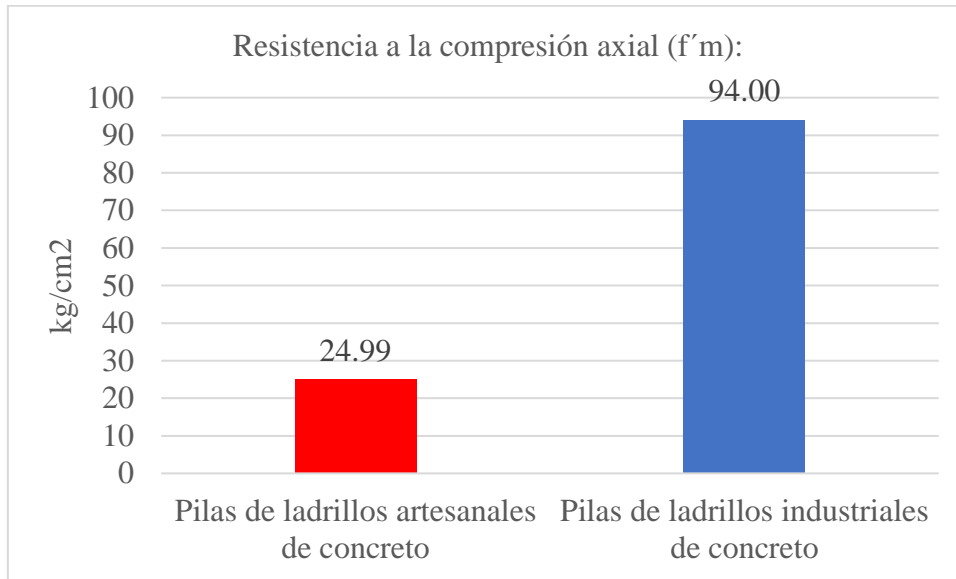


Tabla 19

Módulos de elasticidad de pilas de albañilería.

Pilas de ladrillos artesanales de concreto		
Espécimen	Em	Unidad
PLCA-1	5358.16	kg/cm ²
PLCA-2	6173.79	kg/cm ²
PLCA-3	4628.93	kg/cm ²
PLCA-4	10385.78	kg/cm ²
Módulo de elasticidad (E práctica)	6636.66	kg/cm²
Pilas de ladrillos industriales de concreto		
Espécimen	Em	Unidad
PLCI-1	17210.90	kg/cm ²
PLCI-2	16740.70	kg/cm ²
PLCI-3	15533.41	kg/cm ²
PLCI-4	18300.23	kg/cm ²
Módulo de elasticidad (E práctica)	16946.31	kg/cm²

3.8.4. Resultados de ensayos de muretes de albañilería

3.8.4.1. Resistencia de muretes de albañilería a compresión diagonal

Tabla 20

Resistencia de muretes de albañilería a compresión diagonal.

Muretes de ladrillos artesanales de concreto	
Resistencia a la compresión promedio:	5.98 kg/cm ²
Desviación estándar:	0.60 kg/cm ²
Coefficiente de variación:	10.02 %
Resistencia característica a la compresión (V'm):	5.38 kg/cm²
Muretes de ladrillos industriales de concreto	
Resistencia a la compresión promedio:	17.39 kg/cm ²
Desviación estándar:	0.61 kg/cm ²
Coefficiente de variación:	3.52 %
Resistencia característica a la compresión (V'm):	16.78 kg/cm²

Figura 4

Resistencia de los muretes de albañilería a la compresión diagonal.

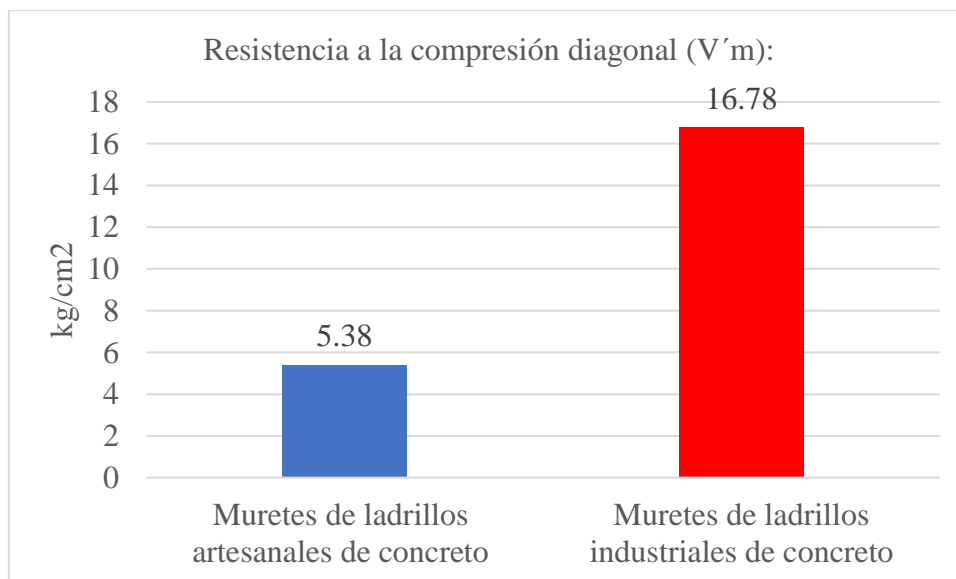


Tabla 21*Módulos de rigidez de los muretes de albañilería.*

Muretes de ladrillos artesanales de concreto		
Espécimen	G	Unidad
MLCA-1	3274.13	kg/cm ²
MLCA-2	952.25	kg/cm ²
MLCA-3	1233.32	kg/cm ²
Módulo de rigidez (G Práctica)	1819.90	kg/cm²
Muretes de ladrillos industriales de concreto		
Espécimen	G	Unidad
MLCI-1	3465.44	kg/cm ²
MLCI-2	4199.76	kg/cm ²
MLCI-3	3652.70	kg/cm ²
Módulo de rigidez (G Práctica)	3772.63	kg/cm²

3.8.5. Comparación de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto

3.8.5.1. Comparación de las propiedades físicas de los ladrillos de concreto

Tabla 22*Comparación de las propiedades físicas de los ladrillos de concreto*

Propiedad física	Ladrillo artesanal de concreto			Ladrillo industrial de concreto		
	Largo	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto
Variación dimensional (%)	-0.46	0.41	-2.15	0.40	0.07	-0.90
Alabeo promedio (mm)	1.1			0.5		
Absorción promedio (%)	7.55			5.04		
Succión promedio (gr/200cm²xmin)	25.82			8.22		

3.8.5.2. Comparación de las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto

Tabla 23

Comparación de las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto

Propiedad mecánica	Ladrillo artesanal de concreto	Ladrillo industrial de concreto
Resistencia a compresión de unidad (kg/cm²)	97.65	152.45
Resistencia a compresión axial de pilas (kg/cm²)	24.99	94.00
Resistencia a compresión diagonal de muretes (kg/cm²)	5.38	16.78

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de resultados

4.1.1. Análisis de los resultados de ensayos de las unidades de albañilería

4.1.1.1. Variación dimensional

En la Tabla 10, en donde se expone lo obtenido del ensayo de variación dimensional:

- Se muestra que los ladrillos artesanales de concreto, presentan una variación dimensional de: - 0.46 % en su largo, 0.41 % en su ancho y - 2.15% en su alto. Según lo estipulado en la Norma E 070, Albañilería (Tabla 1), se puede clasificar a este ladrillo según el ensayo de variación dimensional como un Ladrillo V.
- Así también se muestra que los ladrillos industriales de concreto, presentan una variación dimensional de: 0.40 % en su largo, 0.07 % en su ancho y - 0.90% en su alto. Según lo estipulado en la Norma E 070, Albañilería (Tabla 1), se puede clasificar a este ladrillo según el ensayo de variación dimensional como un Ladrillo V.

4.1.1.2. Alabeo

De los resultados presentados en la Tabla 11, correspondiente al ensayo de alabeo, se obtuvo que el alabeo promedio para los ladrillos artesanales de concreto es 1.1 mm. Mientras que el alabeo promedio de los ladrillos industriales de concreto es 0.5 mm. Por lo que ambos tipos de ladrillo se pueden clasificar como un Ladrillo V, según lo estipulado en la Norma E 070, Albañilería (Tabla 1).

4.1.1.3. Absorción

En la Tabla 12, donde se muestran resultados concernientes al ensayo de absorción, podemos analizar que se determinó que la absorción promedio de los ladrillos artesanales de concreto es de 7.55 % y de igual manera se obtuvo que la absorción promedio de los ladrillos industriales de concreto es de 5.04 %, ambos tipos de ladrillos lograron cumplir los requisitos que se encuentran especificados en la Norma E.070, la cual indica que los ladrillos de concreto no deberían tener una absorción mayor al 12 %.

4.1.1.4. Succión

De la Tabla 13, en donde se exponen los resultados que competen al ensayo de succión, podemos analizar que se obtuvo que el índice de succión promedio correspondiente a los ladrillos artesanales de concreto es 25.82 g/200cm²xmin y el índice

de succión promedio correspondiente a los ladrillos industriales de concreto es 8.22 g/200cm²xmin. La Norma E. 070 establece que los ladrillos que muestren un índice de succión superior a 20 g/200cm²xmin deben ser mojados un tiempo de 30 minutos entre unas 10 y 15 horas previas al asentamiento de las unidades, por lo que los ladrillos artesanales de concreto aplican para esta condición, mientras que los ladrillos industriales de concreto al tener una succión menor a 20 g/200cm²xmin solo se los deberá humedecer con ayuda de una brocha en las caras o rociar con agua a los ladrillos antes del asentado.

4.1.1.5. Resistencia a la compresión

De los resultados que se exponen en la Tabla 14 y la Figura 2, correspondientes al ensayo de resistencia a la compresión, se puede observar que los ladrillos industriales de concreto tienen una mayor resistencia característica a la compresión que los ladrillos artesanales de concreto. Se determinó que los ladrillos artesanales de concreto tienen una resistencia característica a la compresión (f'_b) de 97.65 kg/cm² (9.58 MPa) y los ladrillos industriales de concreto tienen una resistencia característica a la compresión (f'_b) de 152.45 kg/cm² (14.95 MPa), siendo el valor de resistencia característica a la compresión de los ladrillos artesanales de concreto menor en un 35.95 % que el valor de los ladrillos industriales de concreto.

Según lo estipulado en la Norma E 070, Albañilería (Tabla 1) el ladrillo artesanal de concreto se clasificaría como un Ladrillo III y el ladrillo industrial de concreto se clasificaría como un Ladrillo IV.

Así también, según lo estipulado en la Norma Técnica Peruana 399.601 (2016) los ladrillos artesanales de concreto no alcanzan clasificación según la misma, ya que el ladrillo Tipo 10 (clasificación más baja de NTP 399.601), admite un mínimo de 10 MPa, y se determinó que este tipo de ladrillo tiene una resistencia característica a la compresión de 9.58 MPa, siendo menor que la mínima admitida. Por su parte los ladrillos industriales de concreto clasifican como un ladrillo Tipo 14, ya que se obtuvo que la resistencia característica a la compresión de este tipo de ladrillo es 14.95 MPa.

4.1.1.6. Clasificación final de las unidades de albañilería según Norma E 070

Recopilando la clasificación previa de las pruebas clasificatorias (variación dimensional, alabeo y resistencia a la compresión) la Tabla 24 presenta la clasificación final de los ladrillos de concreto. Determinando que el ladrillo artesanal de concreto es un Ladrillo III y el ladrillo industrial de concreto un Ladrillo IV.

Tabla 24*Clasificación final de las unidades de albañilería.*

Tipo de ladrillo	Clasificación respecto a:			Clasificación final
	Variación dimensional	Alabeo	Resistencia característica a compresión	
Ladrillo artesanal de concreto	V	V	III	III
Ladrillo industrial de concreto	V	V	IV	IV

4.1.2. Análisis de los resultados de ensayos de propiedades del mortero**4.1.2.1. Propiedades de la arena gruesa del mortero**

En la Tabla 15, donde se muestra los resultados de los ensayos de las propiedades de la arena gruesa del mortero, podemos analizar que la arena gruesa del mortero presenta un módulo de finura de 2.40 y según su análisis granulométrico su curva granulométrica se encuentra en los límites que establece la norma E.070, la arena gruesa tiene un peso unitario suelto de 1619.22 kg/m³ y un peso unitario compactado de 1774.09 kg/m³, la arena gruesa tiene un peso específico de masa de 2.53 g/cm³, un peso específico de masa s.s.s de 2.60 g/cm³, un peso específico aparente de 2.72 g/cm³, una absorción de 2.74 % y un contenido de humedad de 3.24 %. Al ser estos valores apropiados para una arena gruesa de río, se consideró apto su uso para conformar el mortero de los prismas de albañilería.

4.1.2.2. Resistencia de los cubos de mortero a compresión

En las Tablas 16 y 17, en donde se exponen los resultados que competen al ensayo de resistencia de los especímenes de mortero a compresión, podemos analizar que debido a que la resistencia a compresión del mortero debe tener un valor similar a la resistencia de los ladrillos para que su conformación pueda tener un comportamiento monolítico, se optó por un diseño de mortero conformado por una dosificación en volumen de 1:5:0.85

(cemento, arena, agua), del cual se obtuvo que su resistencia característica a compresión fue 134.10 kg/cm^2 , el cual al encontrarse como un valor intermedio entre las resistencias características a compresión respecto a los dos tipos de ladrillos, fue considerado como un mortero adecuado y se utilizó para la conformación de las pilas y muretes de albañilería.

4.1.3. Análisis de los resultados de ensayos de pilas de albañilería

4.1.3.1. Resistencia de pilas de albañilería a compresión axial

De los resultados expuestos en la Tabla 18 y la Figura 3, correspondientes al ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería, se puede observar, que las pilas de ladrillos industriales de concreto tienen mayor resistencia a la compresión axial que las pilas de ladrillos artesanales de concreto. Se determinó que la resistencia a compresión axial (f'_m) de las pilas de ladrillos artesanales de concreto es de 24.99 kg/cm^2 y resistencia a la compresión axial (f'_m) de las pilas de ladrillos industriales de concreto es de 94.00 kg/cm^2 , evidenciando que el valor de la resistencia de las pilas de los ladrillos artesanales de concreto es menor en un 73.41 % que el valor de las pilas de los ladrillos industriales de concreto.

En la Tabla 19, que presenta resultados de los módulos de elasticidad de las pilas de albañilería, podemos analizar que las pilas de ladrillos artesanales de concreto tienen un módulo de elasticidad (E_m) de 6636.66 kg/cm^2 , mientras que las pilas de ladrillos industriales de concreto tienen un módulo de elasticidad (E_m) de 16946.31 kg/cm^2 , en tal sentido se puede inferir que las pilas de ladrillos industriales cuentan con una rigidez superior que las pilas de ladrillos artesanales de concreto. También cabe mencionar que estos valores calculados a partir del ensayo varían con respecto a los valores que se podrían calcular según indica la Norma E.070, que establece que el módulo de elasticidad logra determinarse mediante la presente formula $E_m = 700 f'_m$, siendo los resultados calculados experimentalmente mucho menores.

4.1.4. Análisis de los resultados de ensayos de muretes de albañilería

4.1.4.1. Resistencia de muretes de albañilería a compresión diagonal

De los resultados presentados en la Tabla 20 y la Figura 4, que competen al ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería, se puede observar, que los muretes de ladrillos industriales de concreto tienen una mayor resistencia a la compresión diagonal que los muretes de ladrillos artesanales de concreto. Se determinó

que los muretes de ladrillos artesanales de concreto tienen una resistencia a la compresión diagonal (V'_m) de 5.38 kg/cm^2 y los muretes de ladrillos industriales de concreto tienen una resistencia a la compresión diagonal (V'_m) de 16.78 kg/cm^2 , evidenciando que el valor de la resistencia a la compresión diagonal de los muretes de ladrillos artesanales de concreto es menor en un 67.92 % que el valor de los muretes de ladrillos industriales de concreto.

En la Tabla 21, que presenta los resultados de los módulos de rigidez de los muretes de albañilería, podemos analizar que el módulo de rigidez (G) de los muretes de ladrillos artesanales de concreto es de 1819.90 kg/cm^2 , mientras que el módulo de rigidez (G) de los muretes de ladrillos industriales de concreto es de 3772.63 kg/cm^2 , de ello se puede inferir que los muretes de ladrillos industriales de concreto presentan una mejor resistencia frente a fuerzas cortantes respecto a los muretes de ladrillos artesanales de concreto, a partir de ello también se podría deducir que los muros de ladrillos industriales de concreto tendrán un mejor comportamiento a las cargas sísmicas que los muros de ladrillos artesanales de concreto. También cabe mencionar que estos valores calculados a partir del ensayo varían con respecto a los valores que se podrían calcular según estipula la Norma E.070, que señala que el módulo de rigidez podría ser determinado con la fórmula $G_m = 0.4 E_m$, siendo los resultados calculados experimentalmente mucho menores.

4.1.5. Comparación de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto

4.1.5.1. Comparación de las propiedades físicas de los ladrillos de concreto

De los resultados presentados en la Tabla 22, correspondiente a la comparación de propiedades físicas de los ladrillos de concreto (variación dimensional, alabeo, absorción y succión), se determinó que los ladrillos artesanales de concreto tienen una variación dimensional de -0.46%, 0.41 % y -2.15 % para largo, ancho y altura respectivamente, mientras que en los ladrillos industriales de concreto se determinó una variación dimensional de 0.40%, 0.07%, -0.90% para ancho, largo y altura respectivamente; se determinó que los ladrillos artesanales de concreto tienen un alabeo promedio de 1.1 mm, mientras que los ladrillos industriales de concreto tienen un alabeo promedio de 0.5 mm, de estos resultados podemos indicar que los ladrillos industriales de concreto son ladrillos más uniforme que los ladrillos artesanales de concreto, debido a presentar una menor variación en sus dimensiones y un menor alabeo en sus caras; se

obtuvo que los ladrillos artesanales de concreto tienen una absorción promedio de 7.55%, mientras que los ladrillos industriales de concreto tienen una absorción promedio de 5.04%, en esta propiedad ambos tipos de ladrillos cumplen la especificación establecida en la Norma E.070 de que los ladrillos de concreto no deben presentar una absorción superior al 12%, presentado un mejor resultado el ladrillo industrial de concreto, ya que al ser menor su porcentaje de absorción podemos indicar que es un ladrillo menos poroso que el ladrillo artesanal de concreto y por tanto más resistente a la intemperie; se determinó que los ladrillos artesanales de concreto presentan un índice de succión promedio de 25.82 gr/200cm²xmin, mientras que los ladrillos industriales de concreto presentan un índice de succión promedio de 8.22 gr/200cm²xmin, por lo que se puede indicar que el ladrillo industrial de concreto presenta un mejor índice de succión que el ladrillo artesanal de concreto, debido a la recomendación de que el valor de la succión esté comprendido entre 10 y 20 gr/200cm²xmin, para que el ladrillo no succione el agua del mortero, si no tendrán que regarse los ladrillos un día antes para evitar ese problema. De estos resultados y teniendo en cuenta la Tabla 9, que indica los criterios de calificación de ladrillos de concreto según sus propiedades físicas, se puede inferir que el ladrillo industrial de concreto tiene mejores propiedades físicas que el ladrillo artesanal de concreto.

4.1.5.2. Comparación de las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto

De la Tabla 23, donde se presenta la comparación de las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto (resistencia a compresión de unidad, resistencia a compresión axial de pilas y resistencia a compresión diagonal de muretes), se determinó que la resistencia característica a la compresión (f'_b) de los ladrillos de concreto artesanales e industriales es de 97.65 kg/cm² y 152.45 kg/cm² correspondientemente, siendo menor en un 35.95 % la resistencia de los ladrillos artesanales respecto a la resistencia de los ladrillos industriales. También se obtuvo que la resistencia de pilas a compresión axial (f'_m) es de 24.99 kg/cm² para las pilas de ladrillos artesanales de concreto y de 94.00 kg/cm² para las pilas de ladrillos industriales de concreto, siendo menor en un 73.41% la resistencia de las pilas de ladrillos artesanales respecto a la resistencia de las pilas de ladrillos industriales. Y, además se determinó que la resistencia de muretes a compresión diagonal (v'_m) es 5.38 kg/cm² para los muretes de ladrillos artesanales de concreto y de 16.78 kg/cm² para los muretes de ladrillos industriales de concreto, siendo menor en un 67.92 % la resistencia de los muretes de ladrillos artesanales respecto a la resistencia de

los muretes de ladrillos industriales. Por lo que se puede inferir que el ladrillo industrial de concreto tiene mejores propiedades mecánicas que el ladrillo artesanal de concreto.

4.2. Contratación de hipótesis

La hipótesis de la investigación es aceptada, ya que los ladrillos de concreto fabricados de forma industrial obtuvieron mejores resultados en los ensayos de propiedades físicas y mecánicas que los ladrillos de concreto fabricados de forma artesanal en el distrito de Pedro Gálvez, San Marcos – Cajamarca.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los ladrillos de concreto fabricados de forma industrial tienen mejores propiedades físicas y mecánicas que los ladrillos de concreto fabricados de forma artesanal en el distrito de Pedro Gálvez, San Marcos – Cajamarca.
- En las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal de concreto, se determinó que estos ladrillos tienen una variación dimensional de 0.46%, 0.41% y -2.15% para largo, ancho y altura respectivamente; un alabeo promedio de 1.1 mm; una absorción promedio de 7.55%; una succión promedio de 25.82 gr/200cm²xmin y que su resistencia característica a la compresión (f'_b) es de 97.65 kg/cm². Se estableció que según la clasificación de la Norma E.070, Albañilería, a partir de los ensayos clasificatorios (variación dimensional, alabeo y resistencia a la compresión), el ladrillo artesanal de concreto es un Ladrillo III y respecto la Norma Técnica Peruana 399.601, el ladrillo artesanal de concreto no alcanza la clasificación mínima.
- En las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo industrial de concreto, se obtuvo que estos ladrillos tienen una variación dimensional de 0.40%, 0.07%, -0.90% para ancho, largo y altura respectivamente; un alabeo promedio de 0.5 mm; una absorción promedio de 5.04%; una succión promedio de 8.22 gr/200cm²xmin y que su resistencia característica a la compresión (f'_b) es de 152.45 kg/cm². Se estableció que según la clasificación de la Norma E.070, Albañilería, a partir de los ensayos clasificatorios (variación dimensional, alabeo y resistencia a la compresión), el ladrillo industrial de concreto es un Ladrillo IV y de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 399.601, el ladrillo industrial de concreto clasifica como ladrillo Tipo 14.
- Se determinó que la resistencia de las pilas de los ladrillos artesanales de concreto a compresión axial (f'_m) es 24.99 kg/cm² y la resistencia de los muretes de ladrillos artesanales de concreto a compresión diagonal (v'_m) es 5.38 kg/cm², estos valores pueden utilizarse para diseño en albañilería con este tipo de ladrillos.
- Se determinó que la resistencia de las pilas de los ladrillos industriales de concreto a compresión axial (f'_m) es 94.00 kg/cm² y la resistencia de los muretes de ladrillos industriales de concreto a compresión diagonal (v'_m) es de 16.78 kg/cm², estos valores pueden utilizarse para diseño en albañilería con este tipo de ladrillos.

5.2. Recomendaciones

- Realizar investigaciones para determinar las características térmicas y acústicas de estos tipos de albañilería.
- Realizar investigaciones de pruebas en muros confinados elaborados a escala real con estos tipos de albañilería para aplicación de cargas laterales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arrieta, J. & Peñaherrera, E. (2001). Fabricacion de Bloques de Concreto con una Mesa Vibradora . Lima. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/63013072/FABRICACION_DE_BLOQUES_DE_CONCRETO_CON_UNA_MESA_VIBRADORA20200419-77742-sbo0i0-libre.pdf?1587317814=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DUNIVERSIDAD_NACIONAL_DE_INGENIERIA_FACUL.pdf&Expires=1674
- Cubas, C. (2017). Determinación de las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cutervo [Tesis de título profesional, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1105>
- Gallegos, H. & Casabonne, C. (2005). Albañilería estructural Lima: PUCP. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/181453>
- Gamboa, D. (2017). Determinación de la resistencia a compresión axial y resistencia al corte puro de la albañilería de ladrillos king kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba [Tesis de título profesional, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1028>
- García, A. (2018). Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal de concreto en el distrito de Bagua Grande – Amazonas [Tesis de título profesional, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2009>
- Hernández, Y. (2019). Propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal y ladrillo industrial, en la ciudad Jaén - Cajamarca - Perú 2017 [Tesis de título profesional, Universidad Nacional de Jaén]. Obtenido de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/225>
- Huamani, M. & Solis, S. (2020). Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería de arcilla maciza adicionadas con diatomita del

yacimiento de San Juan de Tarucani Arequipa 2020. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8087/3/IV_FIN_105_TI_Huamani_Solis_2020.pdf

INDECOPI. (2013). NTP 399.605. Unidades de albañilería. Metodo de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería.

INDECOPI. (2017). NTP 399.613. Unidades de albañilería. Metodo de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.

INDECOPI. (2004). NTP 399.621. Unidades de albañilería. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.

INACAL. (2016). NTP 399.601. Unidades de albañilería. Ladrillos de concreto. Requisitos.

INACAL. (2015). NTP 399.604. Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.

INACAL. (2018). NTP 400.037. Agregados. Agregados para concreto. Requisitos.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). Resultados definitivos de los Censos Nacionales 2017 Lambayeque (INEI). En Censos Económicos 2014. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1560/14TOMO_06.pdf

Laucata, J. (2013). Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo [Tesis de título profesional, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional de la Pontificia Universidad Católica del Perú. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/4967/LAUCATA_JOHAN_ANALISIS_VULNERABILIDAD_SISMICA_VIVIENDAS_INFORMALES_CIUADAD_TRUJILLO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

López, E. & Manobanda, J. (2019). Estudio experimental y analítico de las propiedades mecánicas de la mampostería estructural utilizando el bloque de hormigón propuesto por la empresa Inova TK [Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero civil, Escuela Politécnica Nacional, Quito]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20598>

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.070 Albañilería. Lima, Perú.
- Morales, J. (2021). Evaluación del comportamiento estructural de una edificación de 04 niveles configurada con un sistema dual construida con unidades de albañilería liviana en el distrito de Huancayo, año 2019 [Tesis de título profesional, Universidad Continental]. Repositorio Institucional de la Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/9403>
- Parro, C. (2015). Diccionario de Arquitectura y Construcción. Lima, Perú.
- Peralta, A. (2016). Evaluación y ventajas de una albañilería confinada construida con ladrillos artesanales y otra con industriales en la provincia de Huancayo [Tesis de título profesional, Universidad Continental]. Repositorio Institucional de la Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/2953>
- Perez, T. (2016). Comportamiento físico -mecánico del ladrillo de concreto tipo IV [Tesis de título profesional, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2492>
- Pillajo, W. & Valdivieso, W. (2022). Estudio teórico experimental de las propiedades físico-mecánicas de la mampostería utilizando bloque de hormigón comercializado en la ciudad de Quito [Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero civil, Escuela Politécnica Nacional, Quito]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23512>
- Rapone, D., Brando, G., Spacone, E., & de Matteis, G. (2018). Seismic vulnerability assessment of historic centers: description of a predictive method and application to the case study of scanno (Abruzzi, Italy). *International Journal of Architectural Heritage*, 12(7–8), 1171–1195. <https://doi.org/10.1080/15583058.2018.1503373>
- Reyes, C. (2018). Estudio comparativo del mortero de adherencia convencional y el mortero embolsado para la elaboración de muros de albañilería, Lima-2018. [Tesis de título profesional, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/24913>

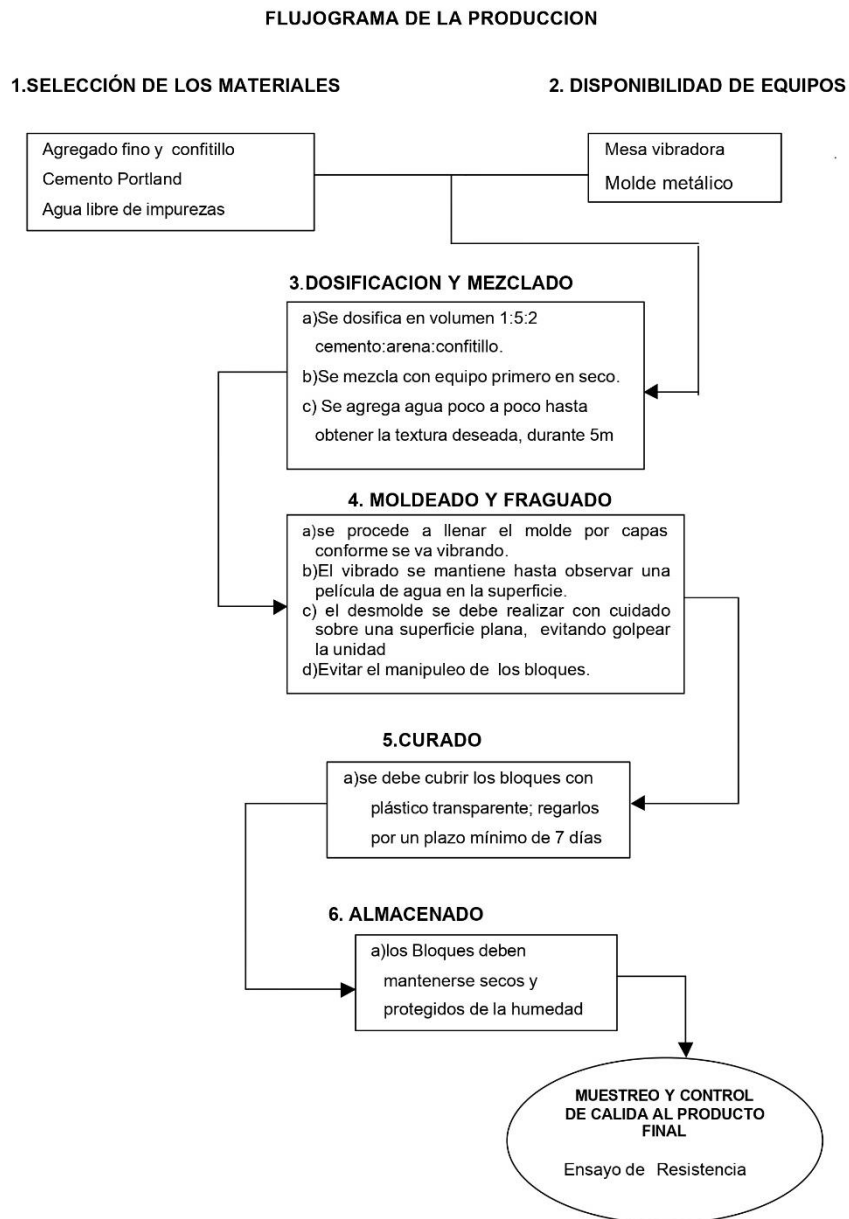
- San Bartolome, A. (1994). Construcciones de Albañilería . Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú .
- San Bartolomé, A., Quiun, D., y Silva, W. (2018). Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería. Lima, Perú.
- Seminario, R. (2013). Variabilidad de las propiedades de los ladrillos industriales de 18 huecos en la ciudad de Piura. [Tesis de título profesional, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional Universidad de Piura. <https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/98303796-f43b-4f61-b61d-8a591fe0d776/content>
- Toul, T. (2019). Comparative Analysis of the Mechanical Properties of Concrete Block Masonry Used in Constructions Within Argentina and Ecuador. Quito. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/338121544_COMPARATIVE_ANALYSIS_OF_THE_MECHANICAL_PROPERTIES_OF_CONCRETE_BLOCK_MASONRY_USED_IN_CONSTRUCTIONS_WITHIN_ARGENTINA_AND_ECUADOR?enrichId=rgreq-906752d59680edeec30766c2e43ca376-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdl
- Zafra, J. (2014). Características físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto fabricado en la ciudad de San Marcos – Cajamarca. [Tesis de título profesional, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/629>

ANEXOS

Anexo I: Figuras de las bases teóricas

Figura 5

Flujograma de proceso de fabricación de ladrillos de concreto.



Fuente: *Fabricación de Bloques de Concreto con una Mesa Vibradora*, Arrieta, J. y Peñaherrera, E. , 2001.

Figura 6

Moldeo artesanal de ladrillos de concreto.



Fuente: *Bloquera manual VIII: Nuevo molde trillizo para ladrillos sólidos de concreto*, Miranda, E., 2021.

Figura 7

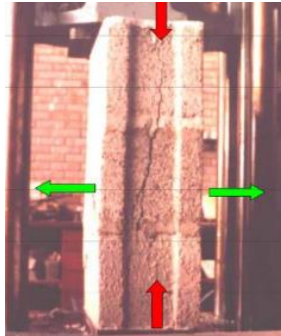
Moldeo industrial de ladrillos de concreto.



Fuente: *Máquinas para hacer bloques ladrillos de cemento concreto hormigón en México, Chile, Perú*, Osino block machine, 2019.

Figura 8

Falla ideal de una pila.



Fuente: Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería, San Bartolomé et al., 2018.

Figura 9

Falla por trituración de una pila.



Fuente: Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería, San Bartolomé et al., 2018.

Figura 10

Falla por aplastamiento local de una pila.



Fuente: Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería, San Bartolomé et al., 2018.

Figura 11

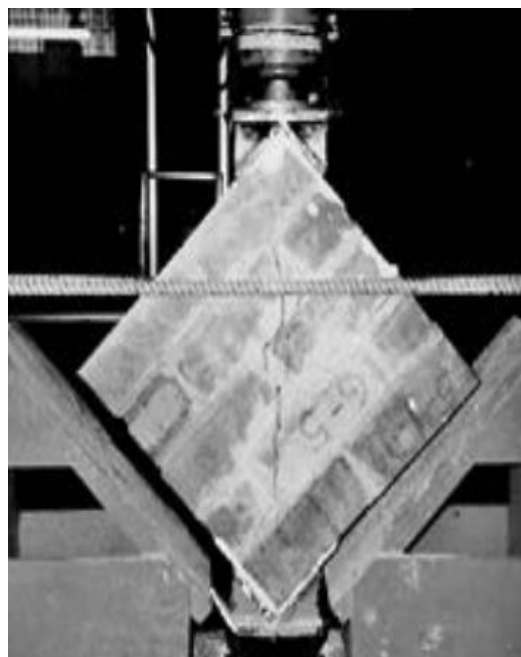
Falla de aplastamiento por pandeo de una pila.



Fuente: Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería, San Bartolomé et al., 2018.

Figura 12

Falla por tracción diagonal en murete.



Fuente: Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería, San Bartolomé et al., 2018.

Figura 13

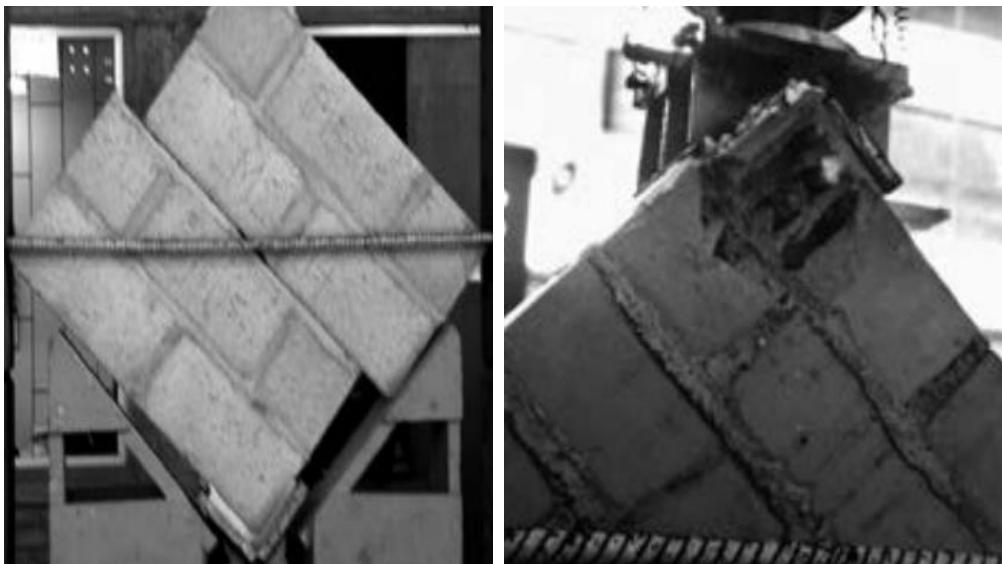
Falla escalonada y falla mixta en muretes.



Fuente: Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería, San Bartolomé et al., 2018.

Figura 14

Falla por corte y falla local.



Fuente: Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería, San Bartolomé et al., 2018.

Anexo II: Ficha técnica del Cemento Pacasmayo Portland Tipo I



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
 Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
 Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
 Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04
 Versión 03

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150
 Pacasmayo, 20 de Setiembre del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO3	%	2.7	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.92	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	7	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3750	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.10	NO ESPECÍFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3 días	MPa (Kg/cm ²)	26.1 (266)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7 días	MPa (Kg/cm ²)	33.9 (346)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28 días (*)	MPa (Kg/cm ²)	42.3 (431)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	138	Mínimo 45
Fraguado Final	min	267	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-2017 al 31-08-2017.
 La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Julio 2017.
 (*) Requisito opcional.

Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas
 Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por :

Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

Anexo III: Constancia de Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca



Universidad Nacional de Cajamarca
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Ensayo de Materiales



EL JEFE DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, DEJA:

CONSTANCIA

Consta por el presente que el **Bach. RUITON PASTOR DENNIS**, Exalumno de la Facultad de Ingeniería. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca ha realizado en las instalaciones del Laboratorio de Ensayo de Materiales "Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz" las siguientes actividades:

ÍTEM	DETALLE
01	Ensayo resistencia a compresión en unidades de albañilería.
02	Ensayos resistencia a compresión en pilas de albañilería.
03	Ensayo compresión diagonal en muretes.
04	Ensayos de absorción, succión, alabeo y variación dimensional en unidades de albañilería.

Para la Tesis Titulada: "**COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO ARTESANAL E INDUSTRIAL FABRICADOS EN EL DISTRITO DE PEDRO GÁLVEZ, SAN MARCOS – CAJAMARCA**". Dichas actividades se desarrollaron entre el 17/01/2023 al 05/06/2023.

Se expide el presente, para fines que se estime conveniente.

Cajamarca, 23 de junio de 2023.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ing. Mauro Cepeda Vargas
JEFE DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

c.c. a:
_Archivo

APÉNDICE

Apéndice I: Ensayos de las unidades de albañilería

1. Variación dimensional

Tabla 25

Ensayo de variación dimensional de ladrillos artesanales de concreto.

Especímen	Longitud (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)							
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP	H1	H2	H3	H4	HP			
LCA-1	238	239	239	238	238.50	138	140	142	141	140.25	100	99	99	100	99.50			
LCA-2	236	235	238	239	237.00	139	142	142	140	140.75	96	98	98	99	97.75			
LCA-3	239	239	242	242	240.50	140	140	142	140	140.50	96	97	99	97	97.25			
LCA-4	237	238	238	239	238.00	139	140	140	141	140.00	96	97	97	96	96.50			
LCA-5	237	239	242	241	239.75	137	140	141	139	139.25	98	98	99	99	98.50			
LCA-6	237	240	240	238	238.75	140	141	142	141	141.00	98	97	97	99	97.75			
LCA-7	237	240	240	240	239.25	140	140	142	141	140.75	99	100	99	98	99.00			
LCA-8	238	241	240	240	239.75	140	142	143	140	141.25	97	97	99	98	97.75			
LCA-9	239	237	240	241	239.25	139	143	143	140	141.25	95	96	96	98	96.25			
LCA-10	237	238	240	238	238.25	139	140	141	143	140.75	99	99	96	99	98.25			
Medidas especificadas por el fabricante					L (mm)	240					A (mm)	140					H (mm)	100
Medidas promedio					LPP (mm)	238.90					APP (mm)	140.58					HPP (mm)	97.85
Variación dimensional (%)					VD	-0.46					VD	0.41					VD	-2.15

Tabla 26*Ensayo de variación dimensional de ladrillos industriales de concreto.*

Espécimen	Longitud (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)					
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP	H1	H2	H3	H4	HP	
LCI-1	235	236	236	236	235.75	140	140	140	140	140.00	103	103	104	104	103.50	
LCI-2	236	236	236	236	236.00	141	141	141	140	140.75	105	105	104	105	104.75	
LCI-3	235	236	236	236	235.75	140	140	140	139	139.75	103	104	104	104	103.75	
LCI-4	236	236	236	236	236.00	140	139	141	140	140.00	104	105	104	104	104.25	
LCI-5	236	236	236	236	236.00	140	140	140	141	140.25	105	104	104	104	104.25	
LCI-6	236	236	237	236	236.25	140	140	139	140	139.75	104	104	104	103	103.75	
LCI-7	236	236	237	236	236.25	140	140	140	140	140.00	104	104	103	104	103.75	
LCI-8	235	236	236	236	235.75	140	140	141	140	140.25	104	105	105	105	104.75	
LCI-9	236	236	236	236	236.00	140	140	141	140	140.25	103	104	104	103	103.50	
LCI-10	236	236	236	235	235.75	140	140	140	140	140.00	104	105	104	104	104.25	
Medidas especificadas por el fabricante					L (mm)	235				A (mm)	140				H (mm)	105
Medidas promedio					LPP (mm)	235.95				APP (mm)	140.10				HPP (mm)	104.05
Variación dimensional (%)					VD	0.40				VD	0.07				VD	-0.90

2. Alabeo

Tabla 27

Ensayo de alabeo de ladrillos artesanales de concreto.

Espécimen	Cara superior (mm)		Cara inferior (mm)		Alabeo (mm)
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	
LCA-1	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0
LCA-2	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5
LCA-3	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0
LCA-4	0.0	1.0	0.0	2.0	2.0
LCA-5	0.0	0.5	0.0	1.0	1.0
LCA-6	0.0	0.5	0.0	1.0	1.0
LCA-7	0.0	0.5	0.5	0.0	0.5
LCA-8	0.0	0.5	1.0	0.0	1.0
LCA-9	0.0	1.5	0.5	0.0	1.5
LCA-10	0.0	0.5	1.0	0.0	1.0
Alabeo promedio (mm)					1.1

Tabla 28

Ensayo de alabeo de ladrillos industriales de concreto.

Espécimen	Cara superior (mm)		Cara inferior (mm)		Alabeo (mm)
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	
LCI-1	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5
LCI-2	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5
LCI-3	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5
LCI-4	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5
LCI-5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LCI-6	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5
LCI-7	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5
LCI-8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5
LCI-9	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
LCI-10	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5
Alabeo promedio (mm)					0.5

3. Absorción

Tabla 29

Ensayo de absorción de ladrillos artesanales de concreto.

Espécimen	Peso seco (gr.)	Peso saturado (gr.)	Absorción (%)
LCA-1	6552.00	7128.00	8.08
LCA-2	6555.00	7081.00	7.43
LCA-3	6737.00	7256.00	7.15
LCA-4	6227.00	6796.00	8.37
LCA-5	6522.00	7057.00	7.58
LCA-6	6393.00	6965.00	8.21
LCA-7	6850.00	7340.00	6.68
LCA-8	6862.00	7362.00	6.79
LCA-9	6649.00	7183.00	7.43
LCA-10	6642.00	7198.00	7.72
Absorción promedio (%)			7.55
Desviación estándar			0.57
Coefficiente de variación			7.59%

Tabla 30

Ensayo de absorción de ladrillos industriales de concreto.

Espécimen	Peso seco (gr.)	Peso saturado (gr.)	Absorción (%)
LCI-1	6717.00	7077.00	5.09
LCI-2	7104.00	7444.00	4.57
LCI-3	6860.00	7215.00	4.92
LCI-4	6827.00	7201.00	5.19
LCI-5	6901.00	7275.00	5.14
LCI-6	6849.00	7211.00	5.02
LCI-7	6859.00	7230.00	5.13
LCI-8	7048.00	7433.00	5.18
LCI-9	6879.00	7251.00	5.13
LCI-10	6950.00	7315.00	4.99
Absorción promedio (%)			5.04
Desviación estándar			0.19
Coefficiente de variación			3.70%

4. Succión

Tabla 31

Ensayo de succión de ladrillos artesanales de concreto.

Espécimen	Ancho (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Peso seco (gr.)	Peso saturado (gr.)	Succión (gr/ (200cm ² x min))
LCA-1	14.20	23.80	337.96	6552.00	6601.00	29.00
LCA-2	14.10	24.00	338.40	6555.00	6605.00	29.55
LCA-3	14.10	24.10	339.81	6737.00	6781.00	25.90
LCA-4	14.10	23.80	335.58	6227.00	6270.00	25.63
LCA-5	14.00	24.10	337.40	6522.00	6569.00	27.86
LCA-6	14.20	24.00	340.80	6393.00	6437.00	25.82
LCA-7	14.20	24.10	342.22	6850.00	6892.00	24.55
LCA-8	14.10	24.00	338.40	6862.00	6896.00	20.09
LCA-9	14.20	24.10	342.22	6649.00	6694.00	26.30
LCA-10	14.10	24.10	339.81	6642.00	6682.00	23.54
Succión promedio (g / (200cm² x min))						25.82
Desviación estándar						2.75
Coefficiente de variación						10.65%

Tabla 32

Ensayo de succión de ladrillos industriales de concreto.

Espécimen	Ancho (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Peso seco (gr.)	Peso saturado (gr.)	Succión (gr/ (200cm ² x min))
LCI-1	14.20	23.60	335.12	6717.00	6731.00	8.36
LCI-2	14.20	23.70	336.54	7104.00	7117.00	7.73
LCI-3	14.00	23.60	330.40	6860.00	6876.00	9.69
LCI-4	14.10	23.60	332.76	6827.00	6838.00	6.61
LCI-5	14.20	23.60	335.12	6901.00	6917.00	9.55
LCI-6	14.10	23.80	335.58	6849.00	6862.00	7.75
LCI-7	14.00	23.70	331.80	6859.00	6874.00	9.04
LCI-8	14.20	23.60	335.12	7048.00	7060.00	7.16
LCI-9	14.10	23.60	332.76	6879.00	6893.00	8.41
LCI-10	14.00	23.60	330.40	6950.00	6963.00	7.87
Succión promedio (g / (200cm² x min))						8.22
Desviación estándar						1.00
Coefficiente de variación						12.13%

5. Resistencia a la compresión

Tabla 33

Dimensiones de las muestras de ladrillos artesanales de concreto para ensayo de resistencia a la compresión.

Espécimen	Largo (mm)					Ancho (mm)				
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP
LCA-1	238	242	242	240	240.50	139	141	142	141	140.75
LCA-2	237	238	238	239	238.00	139	140	142	141	140.50
LCA-3	240	240	239	240	239.75	140	143	143	143	142.25
LCA-4	239	240	239	239	239.25	138	141	143	142	141.00
LCA-5	238	239	238	239	238.50	138	141	141	140	140.00
LCA-6	239	240	239	240	239.50	138	140	143	142	140.75
LCA-7	238	239	240	237	238.50	140	142	142	144	142.00
LCA-8	239	240	242	242	240.75	140	142	140	141	140.75
LCA-9	238	239	238	240	238.75	139	140	142	141	140.50
LCA-10	240	239	238	240	239.25	138	141	143	142	141.00

Tabla 34

Ensayo de resistencia a la compresión característica de ladrillos artesanales de concreto.

Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima		fb	
				(Tn)	(kg)	(MPa)	(kg/cm ²)
LCA-1	24.050	14.075	338.504	35.0	35000	10.14	103.40
LCA-2	23.800	14.050	334.390	33.5	33500	9.82	100.18
LCA-3	23.975	14.225	341.044	33.0	33000	9.49	96.76
LCA-4	23.925	14.100	337.343	35.0	35000	10.17	103.75
LCA-5	23.850	14.000	333.900	32.0	32000	9.40	95.84
LCA-6	23.950	14.075	337.096	34.0	34000	9.89	100.86
LCA-7	23.850	14.200	338.670	34.5	34500	9.99	101.87
LCA-8	24.075	14.075	338.856	35.0	35000	10.13	103.29
LCA-9	23.875	14.050	335.444	36.5	36500	10.67	108.81
LCA-10	23.925	14.100	337.343	33.5	33500	9.74	99.31
Resistencia a la compresión promedio						9.94	101.41
Desviación estándar						0.37	3.75
Resistencia a la compresión promedio característica f[']b						9.58	97.65
Coefficiente de variación						3.70%	3.70%

Tabla 35

Dimensiones de las muestras de ladrillos industriales de concreto para ensayo de resistencia a la compresión.

Espécimen	Largo (mm)					Ancho (mm)				
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP
LCI-1	236	236	236	237	236.25	141	140	141	140	140.50
LCI-2	236	237	237	237	236.00	140	140	140	140	140.00
LCI-3	236	237	236	237	236.50	139	140	141	140	140.00
LCI-4	236	237	236	236	236.25	140	140	140	140	140.00
LCI-5	236	236	237	237	236.50	140	140	142	140	140.50
LCI-6	236	236	236	236	236.00	140	140	141	140	140.25
LCI-7	236	236	237	236	236.25	140	139	140	140	139.75
LCI-8	236	237	238	238	237.25	140	140	141	141	140.50
LCI-9	236	237	237	236	236.50	139	140	141	140	140.00
LCI-10	237	237	237	236	236.75	140	140	141	140	140.25

Tabla 36

Ensayo de resistencia a la compresión característica de ladrillos industriales de concreto.

Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Carga máxima		fb	
				(Tn)	(kg)	(MPa)	(kg/cm ²)
LCI-1	23.625	14.050	331.931	58.0	58000	17.14	174.73
LCI-2	23.600	14.000	330.400	56.0	56000	16.62	169.49
LCI-3	23.650	14.000	331.100	52.0	52000	15.40	157.05
LCI-4	23.625	14.000	330.750	53.0	53000	15.71	160.24
LCI-5	23.650	14.050	332.283	56.0	56000	16.53	168.53
LCI-6	23.600	14.025	330.990	53.5	53500	15.85	161.64
LCI-7	23.625	13.975	330.159	50.5	50500	15.00	152.96
LCI-8	23.725	14.050	333.336	50.0	50000	14.71	150.00
LCI-9	23.650	14.000	331.100	54.0	54000	15.99	163.09
LCI-10	23.675	14.025	332.042	50.0	50000	14.77	150.58
Resistencia a la compresión promedio						15.77	160.83
Desviación estándar						0.82	8.38
Resistencia a la compresión promedio característica f^ˆb						14.95	152.45
Coefficiente de variación						5.21%	5.21%

Apéndice II: Ensayos de la arena gruesa del mortero

1. Granulometría y módulo de finura

Tabla 37

Granulometría y módulo de finura de la arena gruesa (ensayo 01).

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	%Retenido acumulado	%Que pasa
N.º 4	4.75	0	0.00%	0.00%	100.00%
N.º 8	2.38	82	13.67%	13.67%	86.33%
N.º 16	1.18	72	12.00%	25.67%	74.33%
N.º 30	0.60	78	13.00%	38.67%	61.33%
N.º 50	0.30	165	27.50%	66.17%	33.83%
N.º 100	0.15	139	23.17%	89.33%	10.67%
N.º 200	0.07	41	6.83%	96.17%	3.83%
Cazoleta		23	3.83%	100.00%	0.00%
Total		600	100.00%		
Módulo de finura		2.34			

Figura 15

Curva granulométrica (ensayo 01).

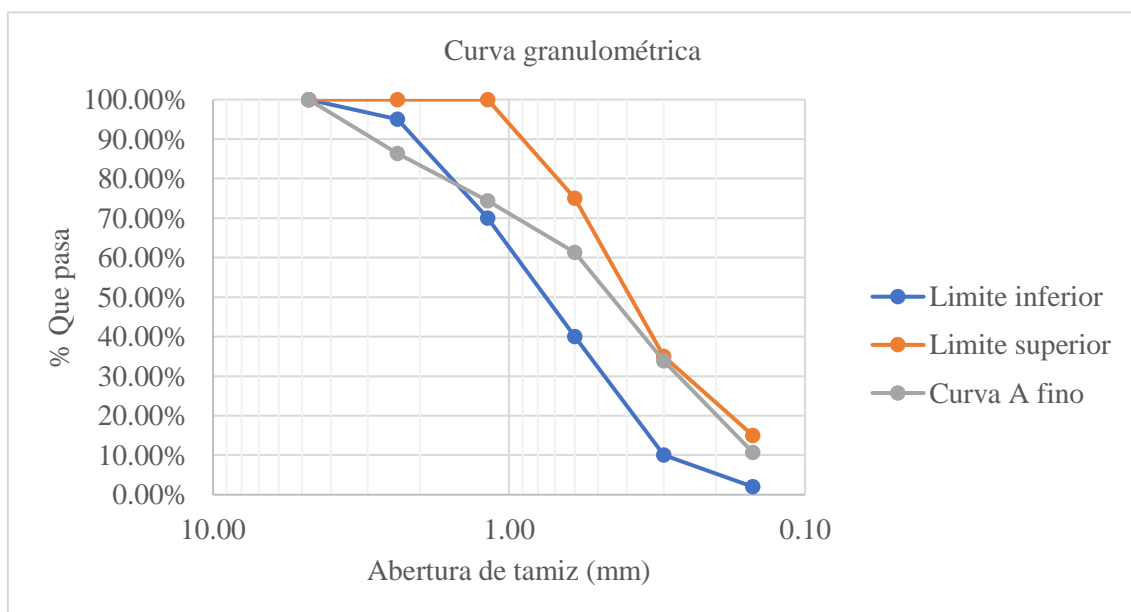


Tabla 38*Granulometría y módulo de finura de la arena gruesa (ensayo 02).*

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	%Retenido acumulado	%Que pasa
N.º 4	4.75	0	0.00%	0.00%	100.00%
N.º 8	2.38	90	15.00%	15.00%	85.00%
N.º 16	1.18	79	13.17%	28.17%	71.83%
N.º 30	0.60	80	13.33%	41.50%	58.50%
N.º 50	0.30	163	27.17%	68.67%	31.33%
N.º 100	0.15	129	21.50%	90.17%	9.83%
N.º 200	0.07	39	6.50%	96.67%	3.33%
Cazoleta		20	3.33%	100.00%	0.00%
Total		600	100.00%		
Módulo de finura		2.44			

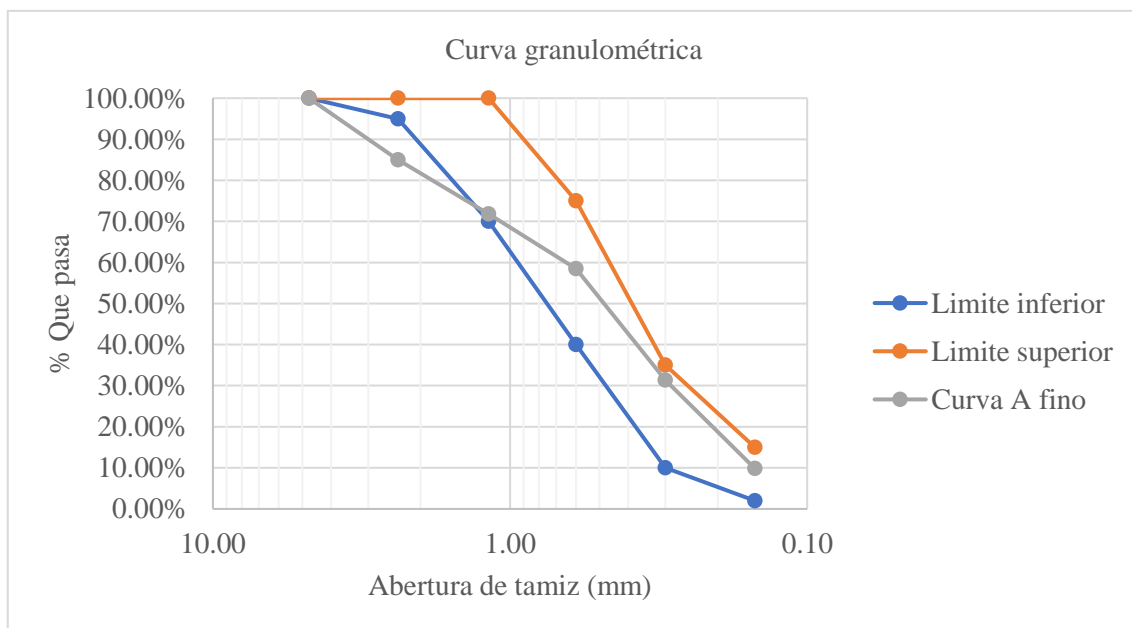
Figura 16*Curva granulométrica (ensayo 02).*

Tabla 39*Granulometría y módulo de finura de la arena gruesa (ensayo 03).*

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	%Retenido acumulado	%Que pasa
N.º 4	4.75	0	0.00%	0.00%	100.00%
N.º 8	2.38	86	14.33%	14.33%	85.67%
N.º 16	1.18	80	13.33%	27.67%	72.33%
N.º 30	0.60	79	13.17%	40.83%	59.17%
N.º 50	0.30	175	29.17%	70.00%	30.00%
N.º 100	0.15	121	20.17%	90.17%	9.83%
N.º 200	0.07	38	6.33%	96.50%	3.50%
Cazoleta		21	3.50%	100.00%	0.00%
Total		600	100.00%		
Módulo de finura		2.43			

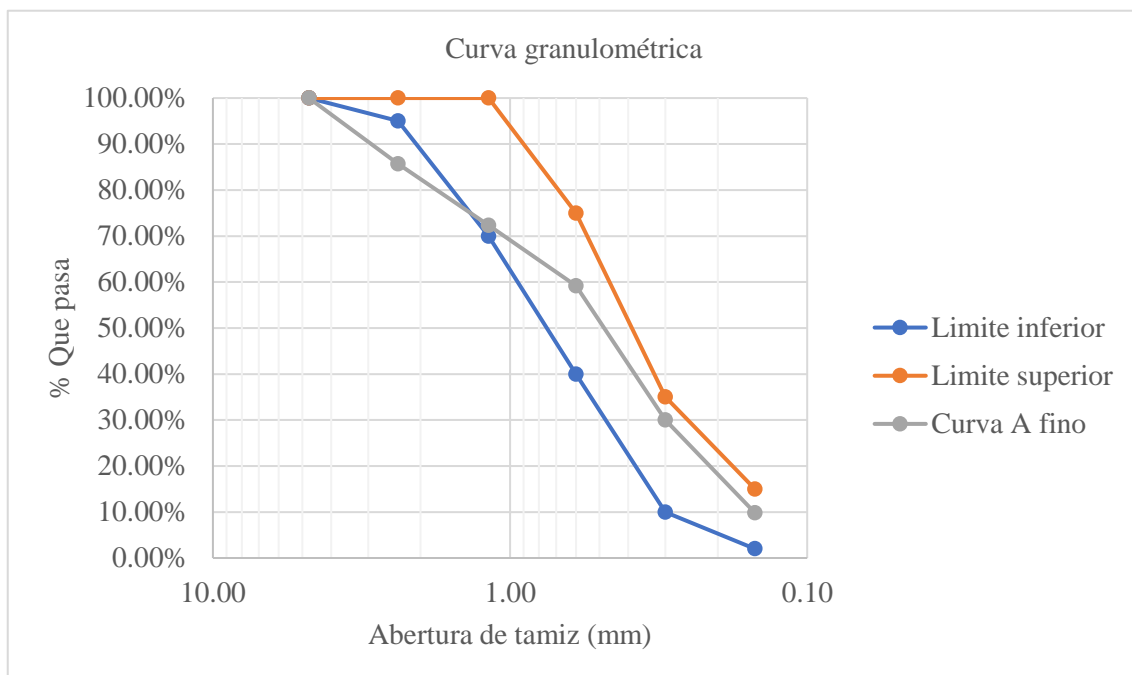
Figura 17*Curva granulométrica (ensayo 03).*

Tabla 40*Cálculo módulo de finura de la arena.*

Ensayo N.º	Módulo de finura
1	2.34
2	2.44
3	2.43
Promedio	2.40

2. Contenido de humedad**Tabla 41***Contenido de humedad de la arena gruesa del mortero.*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso tara (gr)	56	56	56
Peso tara + agregado fino húmedo (gr)	556	556	556
Peso de agregado fino húmedo (gr)	500	500	500
Peso tara + agregado fino seco (gr)	539	542	540
Peso del agua (gr)	17	14	16
Peso de agregado fino seco (gr)	483	486	484
Contenido de humedad (%)	3.52	2.88	3.31
Contenido de humedad promedio (%)		3.24	

3. Peso unitario suelto**Tabla 42***Datos para el cálculo del peso unitario suelto de la arena.*

Peso molde (kg)	3.877
Placa de vidrio (kg)	0.528
Peso molde + placa de vidrio (kg)	4.405
Peso molde + placa de vidrio + agua (kg)	7.417
Temperatura del agua (°C)	20.1
Densidad del agua (kg/m ³)	998.17
Volumen recipiente (m ³)	0.00302
Factor F (1/m³)	331.40

Tabla 43*Peso unitario suelto de la arena gruesa del mortero.*

N.º de muestra	Peso del recipiente (kg)	Peso del recipiente + muestra (kg)	Peso de la muestra (kg)	Factor (F)	Peso unitario suelto (kg/m³)
1	3.877	8.691	4.814	331.40	1595.36
2	3.877	8.797	4.920	331.40	1630.49
3	3.877	8.801	4.924	331.40	1631.81
Peso unitario suelto promedio (kg/m³)					1619.22

4. Peso unitario compactado**Tabla 44***Peso unitario compactado de la arena gruesa del mortero.*

N.º de muestra	Peso del recipiente (kg)	Peso del recipiente + muestra (kg)	Peso de la muestra (kg)	Factor (F)	Peso unitario compactado (kg/m³)
1	3.877	9.185	5.308	331.40	1759.07
2	3.877	9.234	5.357	331.40	1775.31
3	3.877	9.272	5.395	331.40	1787.90
Peso unitario compactado promedio (kg/m³)					1774.09

5. Peso específico, peso específico saturado superficialmente seco, peso específico aparente y absorción de la arena gruesa del mortero

Tabla 45

Peso específico, peso específico saturado superficialmente seco, peso específico aparente y absorción de la arena gruesa del mortero.

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
Peso muestra SSS (gr)	500	500	500	
Peso fiola (gr)	193	193	193	
Peso fiola + agua (gr)	690	690	690	Promedio
Peso de fiola + agua + muestra (gr)	996	998	999	
Peso agregado fino seco (gr)	490	484	486	
Volumen de agua añadida al frasco (cm ³)	303	305	306	
Absorción (%)	2.04	3.31	2.88	2.74
Peso específico de masa (gr/cm³)	2.53	2.52	2.54	2.53
Peso específico de masa SSS (gr/cm³)	2.58	2.60	2.62	2.60
Peso específico aparente (gr/cm³)	2.66	2.75	2.75	2.72

Apéndice III: Ensayos del mortero

1. Diseño del mortero

Tabla 46

Diseño analítico del mortero.

Diseño de mortero			
Mortero tipo P2 1:5/0.85			
Propiedades de los materiales			
Arena			
Peso unitario suelto:	1619.22		kg/m ³
Peso unitario compacto:	1774.09		kg/m ³
Peso específico de masa:	2.53		g/cm ³
Peso específico de masa s.s.s.:	2.60		g/cm ³
Peso específico aparente:	2.72		g/cm ³
Absorción:	2.74		%
Contenido de humedad:	3.24		%
Módulo de finura:	2.40		
Cemento			
Densidad relativa	3.10		g/cm ³
Agua			
Peso específico	1000		kg/m ³
Diseño analítico			
Mortero tipo P2 1:5/0.85	CEMENTO	AGREGADO FINO	AGUA
Proporción volumen	1	5	0.85
Volumen aparente (pie ³)	1	5.00	0.85
Peso seco (kg)	42.500	229.256	36.125
Volumen absoluto (m ³)	0.0137097	0.0906017	0.0361250
Total (m ³)		0.1404363	
Bolsas por m ³		7.1206641	
Materiales por m ³ (secos)	302.63	1632.45	257.23
Materiales por m ³ (húmedos)	302.63	1685.27	249.19
Proporción en peso (material seco)	1	5.39	36.13 lts/bolsa
Proporción en peso (material húmedo)	1	5.57	34.99 lts/bolsa

2. Resistencia a la compresión de los cubos de mortero

Tabla 47

Dimensiones de las muestras de cubos de mortero para ensayo de resistencia a la compresión.

Especímen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)				
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP	H1	H2	H3	H4	HP
M1-I	51.37	51.29	50.86	50.90	51.11	49.99	49.95	49.66	49.50	49.78	50.09	49.65	49.95	50.04	49.93
M2-I	50.77	50.64	50.73	50.98	50.78	50.49	50.39	50.32	50.08	50.32	51.18	51.06	51.00	51.70	51.24
M3-I	49.51	49.83	49.80	49.97	49.78	50.80	51.19	50.08	50.60	50.67	49.98	49.52	49.49	50.19	49.80
M1-II	50.86	50.97	50.57	50.38	50.70	49.54	49.80	49.32	49.74	49.60	50.08	50.21	50.42	49.53	50.06
M2-II	50.40	50.65	51.08	50.33	50.62	49.55	50.83	49.25	50.38	50.00	51.53	50.92	50.83	51.62	51.23
M3-II	50.93	50.63	50.10	50.54	50.55	49.38	49.82	49.94	49.94	49.77	50.23	49.85	49.86	50.11	50.01

Tabla 48*Ensayo de resistencia a la compresión de cubos de mortero.*

Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm²)	Carga máx. (kg)	fc (kg/cm²)
M1- I	5.111	4.978	25.438	3345.96	131.54
M2-I	5.078	5.032	25.552	3696.41	144.66
M3-I	4.978	5.067	25.221	3523.94	139.72
M1-II	5.070	4.960	25.145	3563.37	141.71
M2-II	5.062	5.000	25.309	3417.48	135.03
M3-II	5.055	4.977	25.159	3536.65	140.57
Resistencia a la compresión promedio					138.87
Desviación estándar					4.77
Resistencia a la compresión característica					134.10
Coefficiente de variación					3.43%

Apéndice IV: Ensayos de las pilas de albañilería

1. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería

Tabla 49

Dimensiones de las pilas de albañilería de ladrillos artesanales de concreto para ensayo de resistencia a la compresión axial.

Especímen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)				
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP	H1	H2	H3	H4	HP
PLCA-1	238	239	239	240	239.00	140	139	142	141	140.50	327	327	327	327	327.00
PLCA-2	239	238	241	241	239.75	140	140	141	142	140.75	329	330	329	329	329.25
PLCA-3	239	239	242	241	240.25	140	140	140	142	140.50	328	328	327	327	327.50
PLCA-4	240	239	242	241	240.50	139	140	142	142	140.75	330	331	330	331	330.50

Tabla 50

Resistencia a la compresión axial de las pilas de albañilería de ladrillos artesanales de concreto.

Especímen	Dimensiones			Área (cm ²)	Esbeltez (H/Tp)	Carga máx.		f _m (kg/cm ²)	Factor corrección esbeltez	f _m corregido (kg/cm ²)
	LP (mm)	AP (mm)	HP (mm)			(Tn)	(kg)			
PLCA-1	239.00	140.50	327.00	335.80	2.33	9.5	9500	28.29	1.026	29.03
PLCA-2	239.75	140.75	329.25	337.45	2.34	8.0	8000	23.71	1.027	24.35
PLCA-3	240.25	140.50	327.50	337.55	2.33	10.5	10500	31.11	1.026	31.92
PLCA-4	240.50	140.75	330.50	338.50	2.35	9.0	9000	26.59	1.028	27.33
Resistencia a la compresión promedio (kg/cm²)										28.16
Desviación estándar										3.17
Resistencia a la compresión promedio característica f'_m (kg/cm²)										24.99
Coefficiente de variación										11.25%

Tabla 51*Deformaciones y esfuerzos de la pila: PLCA-1.*

PLCA-1				
Área (cm²):		335.80		
Altura (cm):		327.00		
Carga (Tn)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm²)
0.0	0	0.00	0.0000	0.0000
0.5	500	0.00	0.0000	1.4890
1.0	1000	0.00	0.0000	2.9780
1.5	1500	0.13	0.0004	4.4670
2.0	2000	0.32	0.0010	5.9560
2.5	2500	0.44	0.0013	7.4450
3.0	3000	0.58	0.0018	8.9340
3.5	3500	0.77	0.0024	10.4230
4.0	4000	0.88	0.0027	11.9120
4.5	4500	1.03	0.0031	13.4010
5.0	5000	1.17	0.0036	14.8900
5.5	5500	1.30	0.0040	16.3790
6.0	6000	1.46	0.0045	17.8680
6.5	6500	1.61	0.0049	19.3570
7.0	7000	1.76	0.0054	20.8461
7.5	7500	1.91	0.0058	22.3351
8.0	8000	2.05	0.0063	23.8241
8.5	8500	2.22	0.0068	25.3131
9.0	9000	2.37	0.0072	26.8021
9.5	9500	2.99	0.0091	28.2911

Tabla 52*Deformaciones y esfuerzos de la pila: PLCA-2.*

PLCA-2				
Área (cm²):		337.45		
Altura (cm):		329.25		
Carga (Tn)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm²)
0.0	0	0.00	0.0000	0.0000
0.5	500	0.00	0.0000	1.4817
1.0	1000	0.00	0.0000	2.9634
1.5	1500	0.03	0.0001	4.4451
2.0	2000	0.19	0.0006	5.9268
2.5	2500	0.37	0.0011	7.4085
3.0	3000	0.53	0.0016	8.8903
3.5	3500	0.66	0.0020	10.3720
4.0	4000	0.84	0.0026	11.8537
4.5	4500	1.01	0.0031	13.3354
5.0	5000	1.19	0.0036	14.8171
5.5	5500	1.35	0.0041	16.2988
6.0	6000	1.58	0.0048	17.7805
6.5	6500	1.84	0.0056	19.2622
7.0	7000	2.41	0.0073	20.7439
7.5	7500	2.69	0.0082	22.2256
8.0	8000	3.09	0.0094	23.7073

Tabla 53*Deformaciones y esfuerzos de la pila: PLCA-3.*

PLCA-3				
Área (cm²):		337.55		
Altura (cm):		327.50		
Carga (Tn)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm²)
0.0	0	0.00	0.0000	0.0000
0.5	500	0.00	0.0000	1.4813
1.0	1000	0.00	0.0000	2.9625
1.5	1500	0.07	0.0002	4.4438
2.0	2000	0.18	0.0005	5.9250
2.5	2500	0.38	0.0012	7.4063
3.0	3000	0.59	0.0018	8.8875
3.5	3500	0.68	0.0021	10.3688
4.0	4000	0.82	0.0025	11.8501
4.5	4500	1.06	0.0032	13.3313
5.0	5000	1.24	0.0038	14.8126
5.5	5500	1.44	0.0044	16.2938
6.0	6000	1.57	0.0048	17.7751
6.5	6500	1.76	0.0054	19.2563
7.0	7000	1.82	0.0056	20.7376
7.5	7500	1.88	0.0057	22.2188
8.0	8000	1.95	0.0060	23.7001
8.5	8500	2.02	0.0062	25.1814
9.0	9000	2.09	0.0064	26.6626
9.5	9500	2.21	0.0067	28.1439
10.0	10000	2.32	0.0071	29.6251
10.5	10500	2.88	0.0088	31.1064

Tabla 54*Deformaciones y esfuerzos de la pila: PLCA-4.*

PLCA-4				
Área (cm²):		338.50		
Altura (cm):		330.50		
Carga (Tn)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm²)
0.0	0	0.00	0.0000	0.0000
0.5	500	0.00	0.0000	1.4771
1.0	1000	0.00	0.0000	2.9542
1.5	1500	0.00	0.0000	4.4313
2.0	2000	0.06	0.0002	5.9084
2.5	2500	0.13	0.0004	7.3854
3.0	3000	0.24	0.0007	8.8625
3.5	3500	0.34	0.0010	10.3396
4.0	4000	0.43	0.0013	11.8167
4.5	4500	0.54	0.0016	13.2938
5.0	5000	0.66	0.0020	14.7709
5.5	5500	0.77	0.0023	16.2480
6.0	6000	0.92	0.0028	17.7251
6.5	6500	1.05	0.0032	19.2022
7.0	7000	1.22	0.0037	20.6792
7.5	7500	1.44	0.0044	22.1563
8.0	8000	2.54	0.0077	23.6334
8.5	8500	3.16	0.0096	25.1105
9.0	9000	3.26	0.0099	26.5876

Figura 18

Curva de esfuerzo vs deformación unitaria del ensayo a compresión axial en pilas de ladrillos artesanales de concreto.

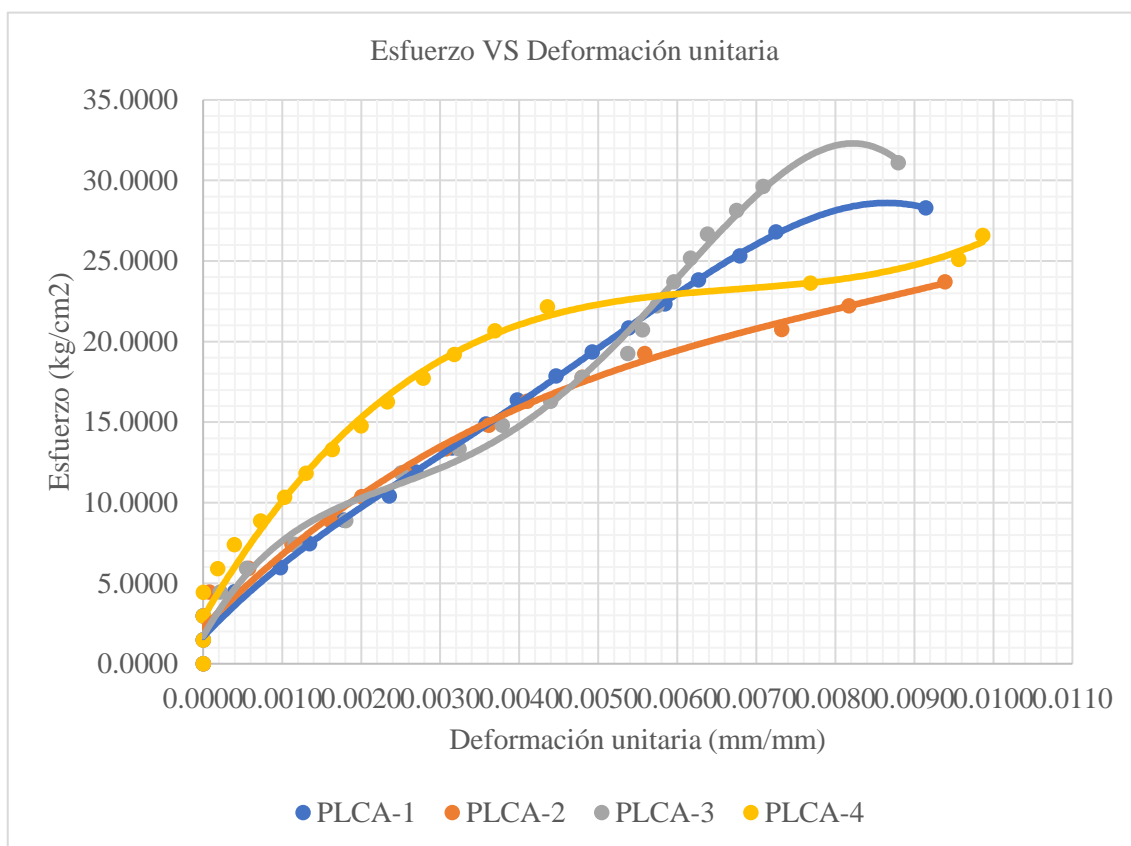


Tabla 55

Módulo de elasticidad de pilas de ladrillos artesanales de concreto.

Espécimen	σ (50%) (kg/cm ²)	ϵ_u (50%)	Em Práctica (kg/cm ²)
PLCA-1	14.15	0.0033	5358.16
PLCA-2	11.85	0.0024	6173.79
PLCA-3	15.55	0.0042	4628.93
PLCA-4	13.29	0.0016	10385.78
Módulo de elasticidad Em promedio (kg/cm²)			6636.66

Tabla 56

Dimensiones de las pilas de albañilería de ladrillos industriales de concreto para ensayo de resistencia a la compresión axial.

Espécimen	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)				
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP	H1	H2	H3	H4	HP
PLCA-1	236	236	237	237	236.50	140	140	140	140	140.00	338	337	337	337	337.25
PLCA-2	236	236	237	236	236.25	140	139	141	141	140.25	337	338	337	336	337.00
PLCA-3	236	236	237	237	236.50	139	140	140	140	139.75	336	337	336	337	336.50
PLCA-4	236	236	237	237	236.50	139	140	140	140	139.75	337	337	337	337	337.00

Tabla 57

Resistencia a la compresión axial de las pilas de albañilería de ladrillos industriales de concreto.

Espécimen	Dimensiones			Área (cm ²)	Esbeltez (H/Tp)	Carga máx.		fm (kg/cm ²)	Factor corrección esbeltez	fm corregido (kg/cm ²)
	LP (mm)	AP (mm)	HP (mm)			(Tn)	(kg)			
PLCA-1	236.50	140.00	337.25	331.10	2.41	31.0	31000	93.63	1.033	96.72
PLCA-2	236.25	140.25	337.00	331.34	2.40	35.5	35500	107.14	1.032	110.57
PLCA-3	236.50	139.75	336.50	330.51	2.41	34.5	34500	104.38	1.033	107.83
PLCA-4	236.50	139.75	337.00	330.51	2.41	30.0	30000	90.77	1.033	93.76
Resistencia a la compresión promedio (kg/cm²)										102.22
Desviación estándar										8.22
Resistencia a la compresión promedio característica f_m (kg/cm²)										94.00
Coficiente de variación										8.05%

Tabla 58*Deformaciones y esfuerzos de la pila: PLCI-1.*

PLCI-1				
Área (cm²):		331.10		
Altura (cm):		337.25		
Carga (Tn)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm²)
0.0	0	0.00	0.0000	0.0000
1.0	1000	0.00	0.0000	3.0202
2.0	2000	0.05	0.0001	6.0405
3.0	3000	0.18	0.0005	9.0607
4.0	4000	0.28	0.0008	12.0809
5.0	5000	0.39	0.0012	15.1012
6.0	6000	0.49	0.0015	18.1214
7.0	7000	0.57	0.0017	21.1416
8.0	8000	0.65	0.0019	24.1619
9.0	9000	0.73	0.0022	27.1821
10.0	10000	0.83	0.0025	30.2024
11.0	11000	0.90	0.0027	33.2226
12.0	12000	0.96	0.0028	36.2428
13.0	13000	1.02	0.0030	39.2631
14.0	14000	1.08	0.0032	42.2833
15.0	15000	1.15	0.0034	45.3035
16.0	16000	1.20	0.0036	48.3238
17.0	17000	1.28	0.0038	51.3440
18.0	18000	1.33	0.0039	54.3642
19.0	19000	1.39	0.0041	57.3845
20.0	20000	1.46	0.0043	60.4047
21.0	21000	1.52	0.0045	63.4249
22.0	22000	1.58	0.0047	66.4452
23.0	23000	1.65	0.0049	69.4654
24.0	24000	1.71	0.0051	72.4857
25.0	25000	1.77	0.0052	75.5059
26.0	26000	2.02	0.0060	78.5261
27.0	27000	2.10	0.0062	81.5464
28.0	28000	2.29	0.0068	84.5666
29.0	29000	2.38	0.0071	87.5868
30.0	30000	2.47	0.0073	90.6071
31.0	31000	2.59	0.0077	93.6273

Tabla 59*Deformaciones y esfuerzos de la pila: PLCI-2.*

PLCI-2				
Área (cm²):		331.34		
Altura (cm):		337.00		
Carga (Tn)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm²)
0.0	0	0.00	0.0000	0.0000
1.0	1000	0.00	0.0000	3.0180
2.0	2000	0.12	0.0004	6.0361
3.0	3000	0.28	0.0008	9.0541
4.0	4000	0.41	0.0012	12.0722
5.0	5000	0.52	0.0015	15.0902
6.0	6000	0.62	0.0018	18.1083
7.0	7000	0.70	0.0021	21.1263
8.0	8000	0.77	0.0023	24.1443
9.0	9000	0.84	0.0025	27.1624
10.0	10000	0.91	0.0027	30.1804
11.0	11000	0.98	0.0029	33.1985
12.0	12000	1.04	0.0031	36.2165
13.0	13000	1.11	0.0033	39.2345
14.0	14000	1.17	0.0035	42.2526
15.0	15000	1.21	0.0036	45.2706
16.0	16000	1.26	0.0037	48.2887
17.0	17000	1.31	0.0039	51.3067
18.0	18000	1.37	0.0041	54.3248
19.0	19000	1.41	0.0042	57.3428
20.0	20000	1.47	0.0044	60.3608
21.0	21000	1.53	0.0045	63.3789
22.0	22000	1.58	0.0047	66.3969
23.0	23000	1.65	0.0049	69.4150
24.0	24000	1.70	0.0050	72.4330
25.0	25000	1.77	0.0053	75.4511
26.0	26000	1.81	0.0054	78.4691
27.0	27000	1.87	0.0055	81.4871
28.0	28000	1.93	0.0057	84.5052
29.0	29000	1.97	0.0058	87.5232
30.0	30000	2.02	0.0060	90.5413
31.0	31000	2.13	0.0063	93.5593
32.0	32000	2.24	0.0066	96.5774
33.0	33000	2.36	0.0070	99.5954
34.0	34000	2.46	0.0073	102.6134
35.0	35000	2.56	0.0076	105.6315
35.5	35500	2.82	0.0084	107.1405

Tabla 60*Deformaciones y esfuerzos de la pila: PLCI-3.*

PLCI-3				
Área (cm²):		330.51		
Altura (cm):		336.50		
Carga (Tn)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm²)
0.0	0	0.00	0.0000	0.0000
1.0	1000	0.00	0.0000	3.0256
2.0	2000	0.06	0.0002	6.0513
3.0	3000	0.23	0.0007	9.0769
4.0	4000	0.39	0.0012	12.1026
5.0	5000	0.50	0.0015	15.1282
6.0	6000	0.62	0.0018	18.1538
7.0	7000	0.72	0.0021	21.1795
8.0	8000	0.82	0.0024	24.2051
9.0	9000	0.91	0.0027	27.2307
10.0	10000	0.98	0.0029	30.2564
11.0	11000	1.04	0.0031	33.2820
12.0	12000	1.10	0.0033	36.3077
13.0	13000	1.17	0.0035	39.3333
14.0	14000	1.23	0.0037	42.3589
15.0	15000	1.29	0.0038	45.3846
16.0	16000	1.35	0.0040	48.4102
17.0	17000	1.41	0.0042	51.4359
18.0	18000	1.48	0.0044	54.4615
19.0	19000	1.53	0.0045	57.4871
20.0	20000	1.58	0.0047	60.5128
21.0	21000	1.64	0.0049	63.5384
22.0	22000	1.68	0.0050	66.5640
23.0	23000	1.75	0.0052	69.5897
24.0	24000	1.80	0.0053	72.6153
25.0	25000	1.85	0.0055	75.6410
26.0	26000	1.90	0.0056	78.6666
27.0	27000	1.95	0.0058	81.6922
28.0	28000	2.00	0.0059	84.7179
29.0	29000	2.04	0.0061	87.7435
30.0	30000	2.08	0.0062	90.7692
31.0	31000	2.14	0.0064	93.7948
32.0	32000	2.18	0.0065	96.8204
33.0	33000	2.23	0.0066	99.8461
34.0	34000	2.30	0.0068	102.8717
34.5	34500	2.38	0.0071	104.3845

Tabla 61*Deformaciones y esfuerzos de la pila: PLCI-4.*

PLCI-4				
Área (cm²):		330.51		
Altura (cm):		337.00		
Carga (Tn)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (kg/cm²)
0.0	0	0.00	0.0000	0.0000
1.0	1000	0.00	0.0000	3.0256
2.0	2000	0.01	0.0000	6.0513
3.0	3000	0.10	0.0003	9.0769
4.0	4000	0.20	0.0006	12.1026
5.0	5000	0.29	0.0009	15.1282
6.0	6000	0.37	0.0011	18.1538
7.0	7000	0.46	0.0014	21.1795
8.0	8000	0.56	0.0017	24.2051
9.0	9000	0.63	0.0019	27.2307
10.0	10000	0.69	0.0020	30.2564
11.0	11000	0.77	0.0023	33.2820
12.0	12000	0.84	0.0025	36.3077
13.0	13000	0.91	0.0027	39.3333
14.0	14000	0.98	0.0029	42.3589
15.0	15000	1.05	0.0031	45.3846
16.0	16000	1.12	0.0033	48.4102
17.0	17000	1.20	0.0036	51.4359
18.0	18000	1.26	0.0037	54.4615
19.0	19000	1.33	0.0039	57.4871
20.0	20000	1.39	0.0041	60.5128
21.0	21000	1.47	0.0044	63.5384
22.0	22000	1.54	0.0046	66.5640
23.0	23000	1.61	0.0048	69.5897
24.0	24000	1.67	0.0050	72.6153
25.0	25000	1.74	0.0052	75.6410
26.0	26000	1.81	0.0054	78.6666
27.0	27000	2.04	0.0061	81.6922
28.0	28000	2.32	0.0069	84.7179
29.0	29000	2.59	0.0077	87.7435
30.0	30000	2.78	0.0082	90.7692

Figura 19

Curva de esfuerzo vs deformación unitaria del ensayo a compresión axial en pilas de ladrillos industriales de concreto.

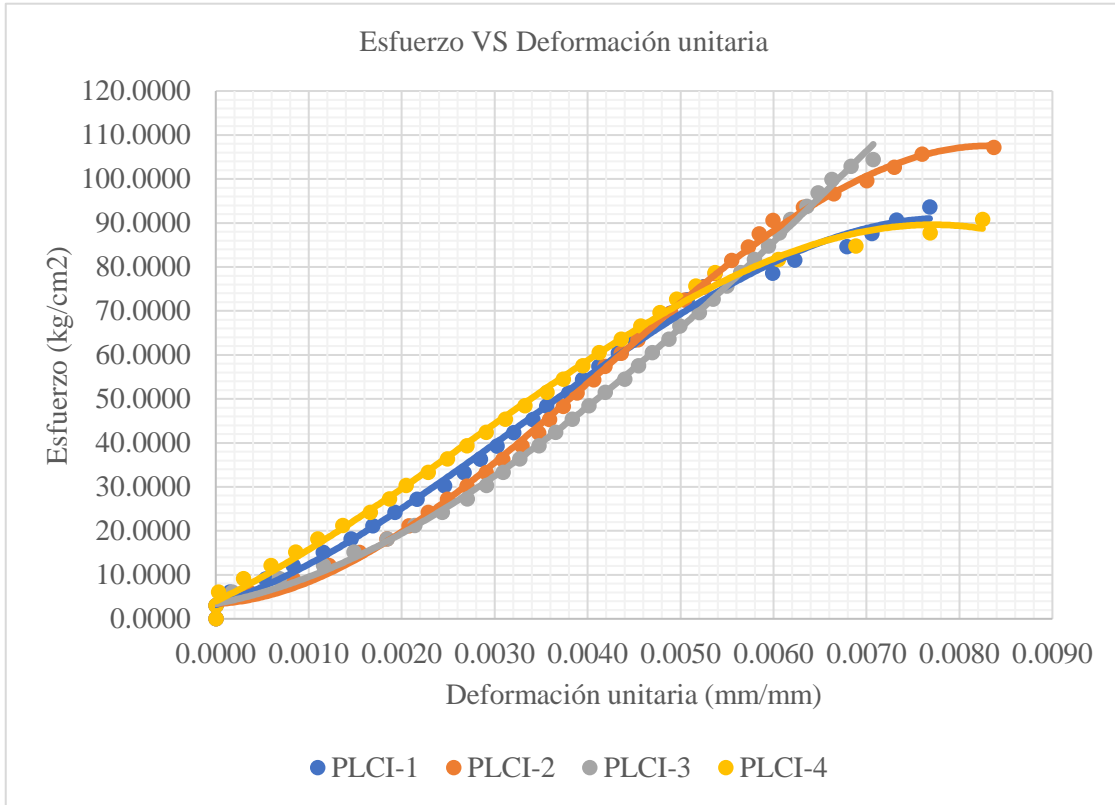


Tabla 62

Módulo de elasticidad de pilas de ladrillos industriales de concreto.

Espécimen	σ (50%) (kg/cm ²)	ϵ_u (50%)	Em Práctica (kg/cm ²)
PLCA-1	46.81	0.0034	17210.90
PLCA-2	53.57	0.004	16740.70
PLCA-3	52.19	0.0042	15533.41
PLCA-4	45.38	0.0031	18300.23
Módulo de elasticidad Em promedio (kg/cm²)			16946.31

Apéndice V: Ensayos de los muretes de albañilería

1. Resistencia a compresión diagonal de muretes de albañilería

Tabla 63

Dimensiones de los muretes de ladrillos artesanales de concreto para ensayo de resistencia a la compresión diagonal.

Espécimen	Longitud (mm)					Ancho (mm)				
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP
MLCA-1	660	658	660	660	659.50	142	140	142	142	141.50
MLCA-2	660	657	657	657	657.75	142	140	142	142	141.50
MLCA-3	660	658	660	660	659.50	142	140	142	142	141.50
Espécimen	Altura (mm)					Diagonal (mm)				
	H1	H2	H3	H4	HP	D1	D2	D3	D4	DP
MLCA-1	660	658	658	660	659.00	930	931	933	933	931.75
MLCA-2	660	657	657	660	658.50	929	931	931	931	930.50
MLCA-3	660	657	657	660	658.50	931	934	934	930	932.25

Tabla 64

Resistencia a la compresión diagonal de los muretes de ladrillos artesanales de concreto.

Espécimen	Dimensiones			Área Ab (cm ²)	Carga máx.		Vm (kg/cm ²)
	LP (mm)	AP (mm)	HP (mm)		(Tn)	(kg)	
MLCA-1	659.50	141.50	659.00	932.84	7.56	7560	5.73
MLCA-2	657.75	141.50	658.50	931.25	8.78	8780	6.67
MLCA-3	659.50	141.50	658.50	932.49	7.32	7320	5.55
Resistencia a la compresión promedio (kg/cm²)							5.98
Desviación estándar							0.60
Resistencia a la compresión promedio característica V'm (kg/cm²)							5.38
Coefficiente de variación							10.02%

Tabla 65*Deformaciones y esfuerzos del murete: MLCA-1.*

MLCA-1				
Área (cm²)		932.84		
Diagonal (mm)		931.75		
Carga (kg)	Deformación vertical (mm)	Deformación horizontal (mm)	Deformación angular Ym	Esfuerzo (kg/cm²)
0	0.00	0.00	0.00000	0.00
500	0.00	0.00	0.00000	0.38
1000	0.10	0.00	0.00005	0.76
1500	0.34	0.00	0.00018	1.14
2000	0.52	0.00	0.00028	1.52
2500	0.81	0.00	0.00043	1.89
3000	1.08	0.00	0.00058	2.27
3500	1.10	0.00	0.00059	2.65
4000	1.27	0.10	0.00074	3.03
4500	1.38	0.10	0.00079	3.41
5000	1.45	0.30	0.00094	3.79
5500	1.88	0.70	0.00138	4.17
6000	1.95	0.90	0.00153	4.55
6500	2.17	0.90	0.00165	4.93
7000	2.25	0.90	0.00169	5.31
7500	2.32	1.00	0.00178	5.68
7560	2.48	1.20	0.00197	5.73

Tabla 66*Deformaciones y esfuerzos del murete: MLCA-2.*

MLCA-2				
Área (cm²)		931.25		
Diagonal (mm)		930.50		
Carga (kg)	Deformación vertical (mm)	Deformación horizontal (mm)	Deformación angular Ym	Esfuerzo (kg/cm²)
0	0.00	0.00	0.00000	0.00
500	0.00	0.00	0.00000	0.38
1000	0.32	0.10	0.00023	0.76
1500	1.47	0.40	0.00100	1.14
2000	2.19	0.70	0.00155	1.52
2500	2.70	0.90	0.00193	1.90
3000	3.17	1.00	0.00224	2.28
3500	3.58	1.10	0.00251	2.66
4000	3.88	1.20	0.00273	3.04
4500	4.14	1.40	0.00298	3.42
5000	4.55	1.60	0.00330	3.80
5500	4.84	1.60	0.00346	4.18
6000	5.13	1.60	0.00362	4.56
6500	5.32	1.70	0.00377	4.93
7000	5.57	1.80	0.00396	5.31
7500	5.87	2.00	0.00423	5.69
8000	6.06	2.20	0.00444	6.07
8500	6.33	2.20	0.00458	6.45
8780	6.50	2.30	0.00473	6.67

Tabla 67*Deformaciones y esfuerzos del murete: MLCA-3.*

MLCA-3				
Área (cm²)		932.49		
Diagonal (mm)		932.25		
Carga (kg)	Deformación vertical (mm)	Deformación horizontal (mm)	Deformación angular Ym	Esfuerzo (kg/cm²)
0	0.00	0.00	0.00000	0.00
500	0.25	0.00	0.00013	0.38
1000	0.73	0.00	0.00039	0.76
1500	0.75	0.10	0.00046	1.14
2000	1.19	0.30	0.00080	1.52
2500	1.68	0.80	0.00133	1.90
3000	1.93	1.00	0.00157	2.27
3500	2.14	1.10	0.00174	2.65
4000	2.38	1.20	0.00192	3.03
4500	2.66	1.40	0.00218	3.41
5000	3.22	1.40	0.00248	3.79
5500	3.46	1.50	0.00266	4.17
6000	3.77	1.60	0.00288	4.55
6500	3.78	1.60	0.00289	4.93
7000	4.05	1.70	0.00308	5.31
7320	4.27	1.80	0.00326	5.55

Figura 20

Curva de esfuerzo vs deformación angular del ensayo a compresión diagonal de muretes de ladrillos artesanales de concreto.

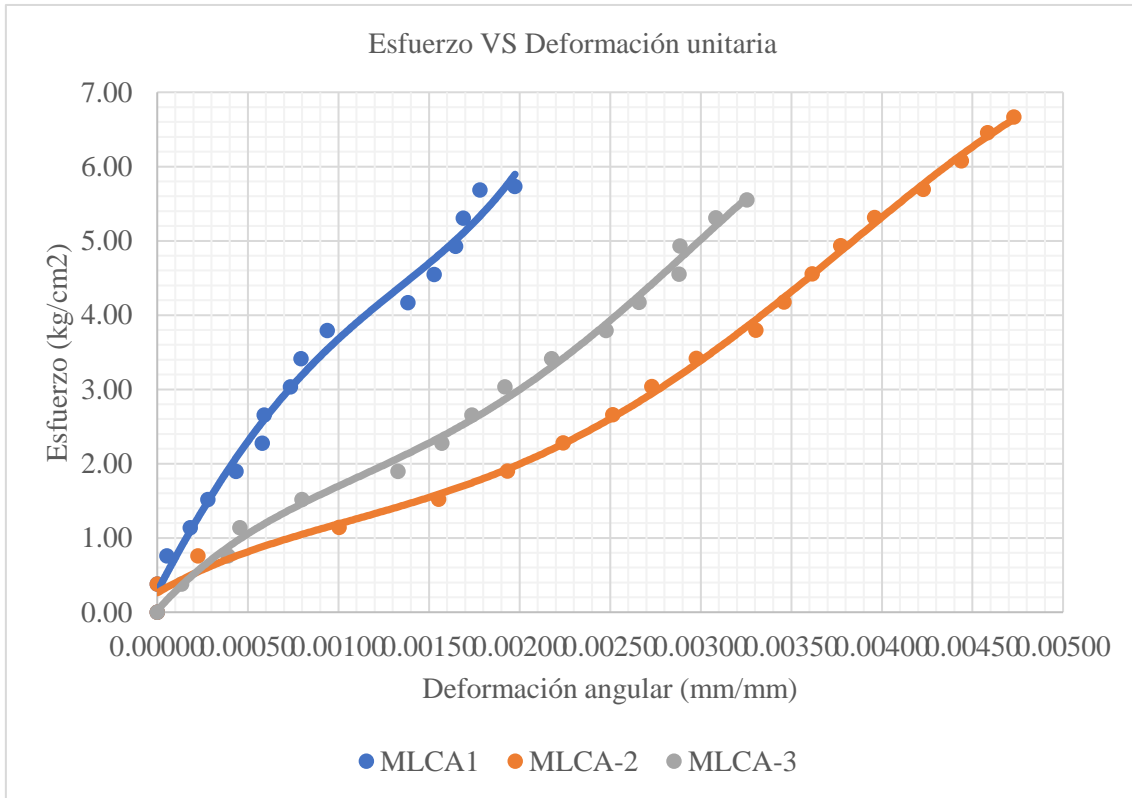


Tabla 68

Módulo de rigidez de muretes de ladrillos artesanales de concreto.

Espécimen	Vm (10%) (kg/cm ²)	Vm (50%) (kg/cm ²)	Ym (10%)	Ym (50%)	Módulo de rigidez G (kg/cm ²)
MLCA-1	0.57	2.86	0.0000	0.0007	3274.13
MLCA-2	0.67	3.33	0.0000	0.0028	952.25
MLCA-3	0.55	2.77	0.0000	0.00180	1233.32
Módulo de rigidez G promedio (kg/cm²)					1819.90

Tabla 69

Dimensiones de los muretes de ladrillos industriales de concreto para ensayo de resistencia a la compresión diagonal.

Espécimen	Longitud (mm)					Ancho (mm)				
	L1	L2	L3	L4	LP	A1	A2	A3	A4	AP
MLCI-1	690	690	690	688	689.50	140	140	141	140	140.25
MLCI-2	690	688	690	688	689.00	141	140	140	140	140.25
MLCI-3	690	690	687	690	689.25	140	141	140	140	140.25
	Altura (mm)					Diagonal (mm)				
	H1	H2	H3	H4	HP	D1	D2	D3	D4	DP
MLCI-1	690	688	688	688	688.50	975	976	975	975	975.25
MLCI-2	690	687	687	687	687.75	975	976	975	976	975.50
MLCI-3	690	688	688	688	688.50	975	975	975	976	975.25

Tabla 70

Resistencia a la compresión diagonal de los muretes de ladrillos industriales de concreto.

Espécimen	Dimensiones			Área Ab (cm ²)	Carga máx.		Vm (kg/cm ²)
	LP (mm)	AP (mm)	HP (mm)		(Tn)	(kg)	
MLCI-1	689.50	140.25	688.50	966.32	24.63	24630	18.02
MLCI-2	689.00	140.25	687.75	965.45	22.94	22940	16.80
MLCI-3	689.25	140.25	688.50	966.15	23.71	23710	17.35
Resistencia a la compresión promedio (kg/cm²)							17.39
Desviación estándar							0.61
Resistencia a la compresión promedio característica V'm (kg/cm²)							16.78
Coefficiente de variación							3.52%

Tabla 71*Deformaciones y esfuerzos del murete: MLCI-1.*

MLCI-1				
Área (cm²)		966.32		
Diagonal (mm)		975.25		
Carga (kg)	Deformación vertical (mm)	Deformación horizontal (mm)	Deformación angular Ym	Esfuerzo (kg/cm²)
0	0.00	0.00	0.00000	0.00
1000	0.20	0.00	0.00010	0.73
2000	0.41	0.00	0.00021	1.46
3000	0.67	0.10	0.00039	2.19
4000	0.84	0.20	0.00053	2.93
5000	1.21	0.20	0.00072	3.66
6000	1.57	0.30	0.00096	4.39
7000	1.69	0.40	0.00107	5.12
8000	2.13	0.40	0.00130	5.85
9000	2.32	0.60	0.00150	6.58
10000	2.55	0.70	0.00167	7.32
11000	2.72	0.70	0.00175	8.05
12000	3.12	0.80	0.00201	8.78
13000	3.42	0.90	0.00221	9.51
14000	3.64	0.90	0.00233	10.24
15000	3.82	1.00	0.00247	10.97
16000	3.93	1.00	0.00253	11.71
17000	4.00	1.00	0.00256	12.44
18000	4.12	1.10	0.00268	13.17
19000	4.23	1.10	0.00273	13.90
20000	4.33	1.20	0.00284	14.63
21000	4.41	1.20	0.00288	15.36
22000	4.50	1.30	0.00297	16.10
23000	4.65	1.30	0.00305	16.83
24000	4.86	1.40	0.00321	17.56
24630	5.12	1.40	0.00334	18.02

Tabla 72*Deformaciones y esfuerzos del murete: MLCI-2.*

MLCI-2				
Área (cm²)		965.45		
Diagonal (mm)		975.50		
Carga (kg)	Deformación vertical (mm)	Deformación horizontal (mm)	Deformación angular Ym	Esfuerzo (kg/cm²)
0	0.00	0.00	0.00000	0.00
1000	0.09	0.00	0.00005	0.73
2000	0.25	0.00	0.00013	1.46
3000	0.41	0.00	0.00021	2.20
4000	0.64	0.00	0.00033	2.93
5000	0.86	0.10	0.00049	3.66
6000	1.09	0.20	0.00066	4.39
7000	1.21	0.40	0.00083	5.13
8000	1.48	0.40	0.00096	5.86
9000	1.67	0.50	0.00111	6.59
10000	1.82	0.60	0.00124	7.32
11000	2.03	0.60	0.00135	8.06
12000	2.25	0.80	0.00156	8.79
13000	2.48	0.90	0.00173	9.52
14000	2.69	0.90	0.00184	10.25
15000	2.80	1.00	0.00195	10.98
16000	2.96	1.00	0.00203	11.72
17000	3.26	1.00	0.00218	12.45
18000	3.48	1.00	0.00230	13.18
19000	3.56	1.10	0.00239	13.91
20000	3.78	1.10	0.00250	14.65
21000	4.02	1.10	0.00262	15.38
22000	4.20	1.10	0.00272	16.11
22940	4.29	1.10	0.00276	16.80

Tabla 73*Deformaciones y esfuerzos del murete: MLCI-3.*

MLCI-3				
Área (cm²)		966.15		
Diagonal (mm)		975.25		
Carga (kg)	Deformación vertical (mm)	Deformación horizontal (mm)	Deformación angular Ym	Esfuerzo (kg/cm²)
0	0.00	0.00	0.00000	0.00
1000	0.04	0.00	0.00002	0.73
2000	0.27	0.00	0.00014	1.46
3000	0.67	0.00	0.00034	2.20
4000	0.96	0.00	0.00049	2.93
5000	1.01	0.10	0.00057	3.66
6000	1.32	0.10	0.00073	4.39
7000	1.46	0.10	0.00080	5.12
8000	1.85	0.30	0.00110	5.85
9000	2.04	0.50	0.00130	6.59
10000	2.29	0.50	0.00143	7.32
11000	2.56	0.70	0.00167	8.05
12000	2.71	0.70	0.00175	8.78
13000	2.98	0.70	0.00189	9.51
14000	3.09	0.80	0.00199	10.24
15000	3.25	0.90	0.00213	10.98
16000	3.51	0.90	0.00226	11.71
17000	3.74	0.90	0.00238	12.44
18000	3.99	0.90	0.00251	13.17
19000	4.16	1.00	0.00265	13.90
20000	4.28	1.00	0.00271	14.64
21000	4.39	1.00	0.00276	15.37
22000	4.51	1.20	0.00293	16.10
23000	4.79	1.20	0.00307	16.83
23710	4.92	1.20	0.00314	17.35

Figura 21

Curva de esfuerzo vs deformación angular del ensayo a compresión diagonal de muretes de ladrillos industriales de concreto.

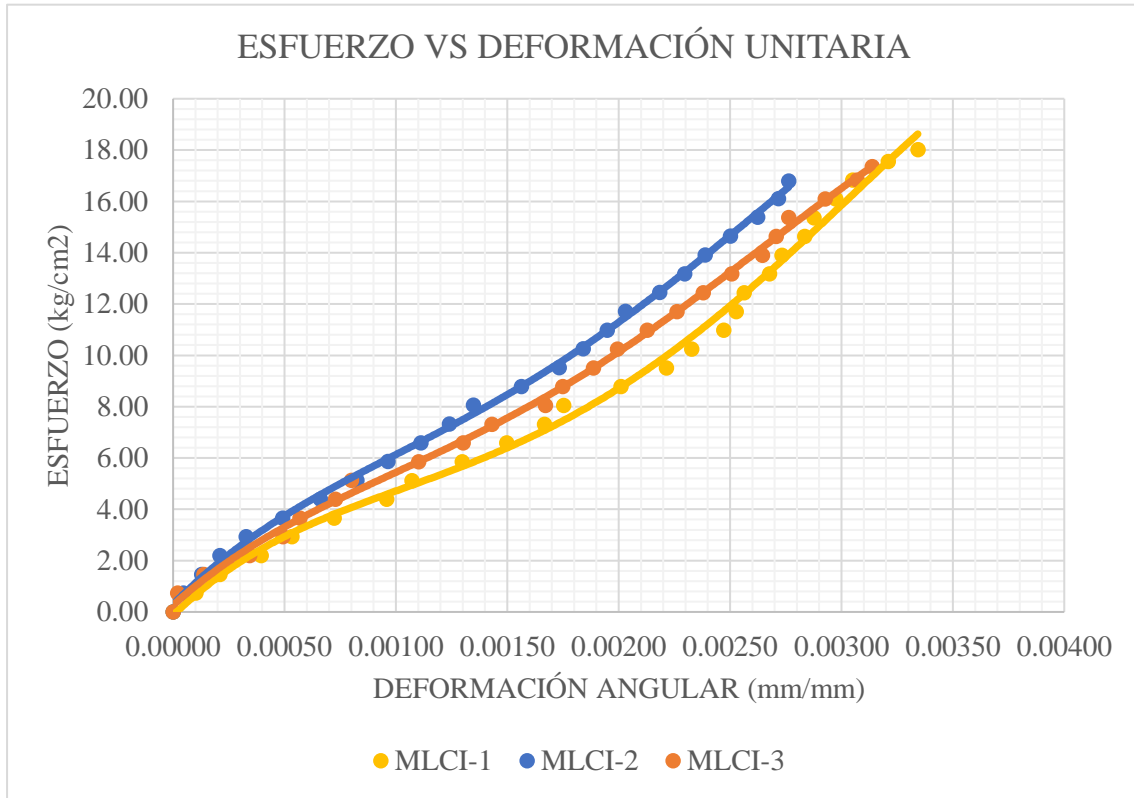


Tabla 74

Módulo de rigidez de muretes de ladrillos industriales de concreto.

Especímen	Vm (10%) (kg/cm ²)	Vm (50%) (kg/cm ²)	Ym (10%)	Ym (50%)	Módulo de rigidez G (kg/cm ²)
MLCI-1	1.80	9.01	0.0000	0.00208	3465.44
MLCI-2	1.68	8.40	0.0000	0.0016	4199.76
MLCI-3	1.74	8.68	0.0000	0.00190	3652.70
Módulo de rigidez G promedio (kg/cm²)					3772.63

Apéndice VI: Panel fotográfico

Figura 22

Centros de producción de ladrillos artesanales y ladrillos industriales.



Figura 23

Ensayo de variación dimensional de ladrillos de concreto artesanales e industriales.



Figura 24

Ensayo de alabeo de ladrillos de concreto artesanales e industriales.



Figura 25

Ensayo de absorción de ladrillos de concreto artesanales e industriales.



Figura 26

Ensayo de succión de ladrillos de concreto artesanales e industriales.



Figura 27

Ensayo de resistencia a compresión simple de ladrillos artesanales de concreto.



Figura 28

Ensayo de resistencia a compresión simple de ladrillos industriales de concreto.



Figura 29

Ensayos de granulometría y peso unitario suelto y compactado de la arena gruesa.



Figura 30

Ensayo de peso específico de la arena gruesa.



Figura 31

Ensayo de resistencia a compresión de cubos de mortero.



Figura 32

Elaboración de pilas y muretes de ladrillos artesanales de concreto.



Figura 33

Elaboración de pilas y muretes de ladrillos industriales de concreto.



Figura 34

Refrendado de pilas y muretes.



Figura 35

Ensayo a compresión axial de pilas de ladrillos artesanales de concreto.



Figura 36

Ensayo a compresión axial de pilas de ladrillos industriales de concreto.



Figura 37

Ensayo a compresión diagonal de muretes de ladrillos artesanales de concreto.



Figura 38

Ensayo a compresión diagonal de muretes de ladrillos industriales de concreto.

