

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“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”**

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

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:  
GAMBOA CASTRO DENIS ELMER**

**ASESOR:  
Dr. Ing. ROSA LLIQUE MONDRAGÓN**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2017**

## **AGRADECIMIENTO:**

Desde lo más profundo de mis ser, agradezco a Dios por permitir mi existencia y por la vitalidad que me ha dado para seguir adelante.

También doy gracias a mis padres Elmer Gamboa y Graciela Castro, a mis hermanas Janira, Gisela y Sarita por el apoyo económico y moral, así mismo agradezco a mi esposa Nancy, a mis hijos Gary y Andrea por ser el motivo de seguir viviendo y luchando.

Agradezco, infinitamente, a la Universidad Nacional de Cajamarca, a los docentes que forjaron mi educación inicial, primaria, secundaria y superior, a mi asesor Dr. Ing. Rosa Llique, agradezco también a mis amigos y compañeros de estudio por el apoyo y por su amistad que me han brindado durante mi formación profesional, así como en la vida diría.

Gracias a todos...

### **DEDICATORIA:**

Dedico esta tesis, a mis padres Elmer y Graciela, a mis hijos Gary y Andrea, a mi esposa Nancy, a mis hermanas Janira, Gisela y Sarita y a mis ahijados Alexander y Daniela a todos ellos por ser la razón de ser de mi existencia.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	ii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>RESUMEN</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>16</b>
1.1. Planteamiento del Problema .....	2016
1.2. Formulación del Problema.....	17
1.3. Hipótesis .....	17
1.4. Definición de variables.....	17
1.5. Justificación .....	18
1.6. Alcances y Limitaciones.....	18
1.6.1. Alcances .....	18
1.6.2. Limitaciones .....	18
1.7. Objetivos.....	19
1.7.1. Objetivo General.....	19
1.7.2. Objetivos específicos.....	19
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>20</b>
2.1. Antecedentes teóricos de la Investigación.....	20
2.1.1. Internacionales.....	20
2.1.2. Nacionales .....	21
2.1.3. Locales.....	22
2.2. Bases Teóricas .....	23
2.2.1. Concepto de Albañilería .....	23
2.2.2. Tipos de Albañilería .....	23
2.2.2.1. Clasificación por su función estructural .....	23
2.2.2.2. Clasificación por la distribución del refuerzo.....	24
2.2.3. Componentes de la albañilería.....	25
2.2.3.1. Unidad de albañilería.....	25

2.2.4. Ladrillos King Kong de concreto como unidad de albañilería.....	27
2.2.4.1. Propiedades físicas y mecánicas de ladrillo King Kong de concreto como unidad de albañilería. ....	28
2.2.4.2. Clasificación del ladrillo King Kong de concreto como unidad de albañilería.	30
2.2.4.3. Aceptación de la unidad. ....	31
2.2.4.4. Concreto vibrado en la fabricación de ladrillos King Kong.....	32
2.2.4.5. Producción de ladrillo King Kong a mediana escala.....	35
2.2.5. Mortero.....	40
2.2.6. Propiedades de la albañilería simple .....	42
2.2.6.1. Prismas de albañilería simple .....	43
2.2.6.2. Resistencia de prismas de albañilería según la norma E 070 .....	53
2.3. Marco Normativo .....	55
2.3.1. Norma Técnica E070.....	55
2.3.2. Normas Técnicas Peruanas.....	55
2.4. Definiciones de términos básicos. ....	56
<b>CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>58</b>
3.1. Ubicación geográfica de la investigación.....	58
3.2. Materiales y equipos.....	58
3.2.1. Materiales .....	58
3.2.2. Equipos e instrumentos.....	59
3.3. Metodología de la investigación.....	59
3.3.1. Tipo de investigación .....	59
3.3.2. Diseño de la investigación.....	59
3.3.3. Población de estudio.....	59
3.3.4. Muestra .....	60
3.3.5. Ensayos de los Ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba.....	60
3.3.5.1. Muestreo .....	61
3.3.5.2. Variación dimensional de los ladrillos King Kong de concreto.....	61
3.3.5.3. Alabeo de los ladrillos King Kong de concreto.....	62
3.3.5.4. Resistencia a la compresión del ladrillo King Kong de concreto.....	63
3.3.5.5. Absorción .....	65
3.3.5.6. Succión .....	66

3.3.6. Ensayos de prismas de albañilería de ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba .....	68
3.3.6.1. Ensayos en pilas de ladrillo King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba .....	68
3.3.6.2. Ensayos en muretes de ladrillo King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba .....	71
3.3.7. Ensayos del agregado fino para mortero usado en la construcción de prismas de albañilería .....	74
3.3.7.1. Extracción del agregado fino .....	74
3.3.7.2. Material más fino que pasa el tamiz N°200.....	74
3.3.7.3. Análisis granulométrico del agregado fino.....	75
3.3.7.4. Peso específico y absorción del agregado fino .....	76
3.3.7.5. Peso unitario del agregado fino .....	78
3.3.8. Mortero ... .....	80
3.3.8.1. Diseño analítico del mortero. ....	81
3.3.8.2. Resistencia a compresión de especímenes de mortero tipo P2.....	81
3.3.8.3. Ensayo de adherencia del mortero.....	82
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>84</b>
4.1. Ensayos de los Ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba.....	84
4.1.1. Variación dimensional.....	84
4.1.2. Alabeo de los ladrillos King Kong de concreto.....	86
4.1.3. Resistencia a la compresión del ladrillo King Kong de concreto.....	87
4.1.4. Absorción .....	88
4.1.5. Succión ... .....	88
4.2. Clasificación de los ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba .....	89
4.3. Prismas de albañilería de ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba .....	90
4.3.1. Pilas de ladrillo King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba .....	90
4.3.2. Muretes de ladrillo King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba... .....	92

4.4. Agregado fino para mortero usado en la construcción de prismas de albañilería ...	94
4.5. Mortero .....	95
4.5.1. Resistencia a compresión de especímenes de mortero tipo P2.....	95
4.5.2. Ensayo de adherencia del mortero.....	95
4.6. Contraste de la hipótesis .....	96
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>97</b>
5.1. Conclusiones.....	97
5.2. Recomendaciones .....	98
<b>CAPÍTULO VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>99</b>
<b>CAPÍTULO VII ANEXOS.....</b>	<b>100</b>
ANEXO I: Resultados de los ensayos de los ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba.....	100
ANEXO II: Resultados de los ensayos en pilas de ladrillo King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba.....	107
ANEXO III: Resultados de los ensayos en muretes de ladrillo King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba.....	111
ANEXO IV: Resultados de los ensayos del agregado fino para mortero.....	116
ANEXO V: Diseño analítico del mortero.....	120
ANEXO VI: Resultado de la resistencia a compresión del mortero y de adherencia.....	122
ANEXO VII: Ficha técnica Cemento Portland Tipo I.....	124
ANEXO VIII: Panel fotográfico.....	125

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.....	30
Tabla 2. Requisitos de resistencia y absorción.....	31
Tabla 3. Granulometría de la arena gruesa.....	41
Tabla 4. Tipos de mortero.....	41
Tabla 5. Factor de corrección de altura a espesores para resistencia a compresión de prismas de mampostería (NTP 399.605).....	44
Tabla 6 Factores de corrección $f'm$ por esbeltez (NTP E070).....	44
Tabla 7. Incremento del $f'm$ y $v'm$ por edad.....	45
Tabla 8. Métodos para determinar $f'm$ y $v'm$ .....	53
Tabla 9. Resistencias características de la albañilería MPa (Kg/cm <sup>2</sup> ).....	54
Tabla 10. Especificaciones del fabricante de los ladrillos King Kong de concreto.....	61
Tabla 11. Propiedades Físicas del Cemento Portland Tipo I.....	81
Tabla 12. Proporciones usadas en la elaboración del mortero.....	81
Tabla 13. Variación dimensional de los ladrillos King Kong de concreto.....	84
Tabla 14. Alabeo de los ladrillos King Kong de concreto.....	86
Tabla 15. Resistencia característica a compresión de los ladrillos King Kong de concreto.....	87
Tabla 16. Absorción, contenido de humedad y densidad de los ladrillos King Kong de concreto.....	88
Tabla 17. Succión de los ladrillos King Kong de concreto.....	88
Tabla 18. Propiedades físico mecánicas de los ladrillos King Kong de concreto.....	89
Tabla 19. Resistencia característica a compresión y módulo de elasticidad de la albañilería de Ladrillos King Kong de concreto.....	91
Tabla 20. Resistencia al corte y módulo de corte de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto.....	93
Tabla 21. Propiedades de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto.....	94
Tabla 22. Características del Agregado Fino.....	94
Tabla 23. Resultados del ensayo de compresión del mortero P2 (1:5).....	95
Tabla 24. Resistencia al corte en ensayo de adherencia mortero ladrillo King Kong de concreto.....	95
Tabla 25. Variabilidad de dimensiones efectivas de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera Rodríguez.....	100
Tabla 26. Variabilidad de dimensiones efectivas de ladrillos King Kong de concreto	

fabricados en la ladrillera el Ciprés.....	101
Tabla 27. Alabeo de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera Rodríguez.....	102
Tabla 28. Alabeo de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera El Ciprés.....	102
Tabla 29. Resistencia a compresión de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera Rodríguez.....	103
Tabla 30. Resistencia a compresión de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera El Ciprés.....	103
Tabla 31. Absorción, contenido de humedad y peso específico de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera Rodríguez.....	104
Tabla 32. Absorción, contenido de humedad y peso específico de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera El Ciprés.....	104
Tabla 33. Succión de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera Rodríguez.....	105
Tabla 34. Succión de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera El Ciprés.....	106
Tabla 35. Resistencia característica ( $f^m$ ) de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera Rodríguez.....	107
Tabla 36. Resistencia característica ( $f^m$ ) de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera El Ciprés.....	107
Tabla 37. Módulo de Elasticidad de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera Rodríguez.....	108
Tabla 38. Esfuerzo y deformación unitaria PLCR – 03.....	108
Tabla 39. Módulo de Elasticidad de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera El Ciprés.....	109
Tabla 40. Esfuerzo y deformación unitaria PLCC – 07.....	110
Tabla 41. Resistencia característica al corte de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera Rodríguez.....	111
Tabla 42. Resistencia característica al corte de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera El Ciprés.....	111
Tabla 43. Módulo de corte de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera Rodríguez.....	112
Tabla 44. Esfuerzo cortante y deformación unitaria MLCC – 03.....	112

Tabla 45. Módulo de corte de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera El Ciprés. ....	114
Tabla 46. Esfuerzo cortante y deformación unitaria MLCC – 01.....	114
Tabla 47. Material más fino que pasa el tamiz N° 200.....	116
Tabla 48. Análisis granulométrico del agregado fino ensayo N° 01.....	116
Tabla 49. Análisis granulométrico del agregado fino ensayo N° 02.....	117
Tabla 50. Análisis granulométrico del agregado fino ensayo N° 03.....	117
Tabla 51. Pesos específicos y absorción del agregado fino.....	118
Tabla 52. Peso específico del agua.....	119
Tabla 53. Factor de la medida del agua del recipiente.....	119
Tabla 54. Peso específico compactado seco del agregado fino.....	119
Tabla 55. Peso específico suelto seco del agregado fino.....	119
Tabla 56. Resistencia a compresión del mortero.....	122
Tabla 57. Resistencia al corte en ensayo de adherencia mortero unidad fabricado en la ladrillera Rodríguez.....	122
Tabla 58. Resistencia al corte en ensayo de adherencia mortero unidad fabricado en la ladrillera El Ciprés.....	123

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Variación de resistencia entre un concreto vibrado manualmente y un concreto vibrado mecánicamente.....	34
Gráfico 2. Grafico normalizado compresión vs deformación unitaria para prismas ensayados en compresión.....	46
Gráfica 3. Variación Dimensional “Longitud”.....	85
Gráfica 4. Variación Dimensional “Ancho”.....	85
Gráfica 5. Variación Dimensional “Alto”.....	86
Gráfica 6. Resistencia característica a compresión de los ladrillos King Kong de concreto.....	87
Gráfica 7. Resistencia característica de la albañilería de Ladrillos King Kong de concreto.....	91
Gráfica 8. Módulo de elasticidad de la albañilería de Ladrillos King Kong de concreto.....	91
Gráfica 9. Resistencia al corte de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto.....	93
Gráfica 10. Módulo de corte de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto.....	93
Gráfica 11. Esfuerzo vs deformación unitaria PLCR – 03.....	109
Gráfica 12. Esfuerzo vs deformación unitaria PLCC – 07.....	110
Gráfica 13. Esfuerzo cortante vs deformación unitaria MLCR – 03.....	113
Gráfica 14. Esfuerzo cortante vs deformación unitaria MLCC – 01.....	115
Gráfica 15. Curva granulométrica ensayo N° 01.....	116
Gráfica 16. Curva granulométrica ensayo N° 02.....	117
Gráfica 17. Curva de granulometría ensayo N° 03.....	118

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.01 Flujograma de la producción de ladrillo King Kong de concreto.....	37
Fig.02 Prisma estándar para el ensayo de compresión.....	44
Fig.03 Esfuerzos que se generan la unidad y el mortero por la carga P.....	46
Fig.04 Esfuerzos que se generan ante la carga a compresión diagonal.....	50
Fig.05 Cálculo de la resistencia unitaria a corte .....	50
Fig.06 Formas de fallas en muretes.....	52
Fig.07 Ubicación geográfica de la investigación.....	58
Fig.08 Ubicación de las fábricas artesanales de ladrillos King Kong de concreto.....	60
Fig.09 Marcado de los especímenes para su identificación.....	125
Fig.10 Pesado del espécimen LCR -14 y registro del peso recibido ( $W_r$ ).....	125
Fig.11 Toma de dimensiones en las unidades ladrillera Rodríguez.....	125
Fig.12 Toma de dimensiones en las unidades ladrillera El Ciprés.....	125
Fig.13 Medición del alabeo LCR – 03.....	125
Fig.14 Medición del alabeo LCC – 14.....	125
Fig.15 Ensayo a compresión del espécimen LCC – 05.....	126
Fig.16 Ensayando los ladrillos a compresión.....	126
Fig.17 Fig. 17 Secado de las unidades el agua superficial .....	126
Fig.18 Pesado de las unidades y registrado del peso saturado ( $W_s$ ).....	126
Fig. 19 Control de la altura del agua sobre las varillas en el ensayo de succión.....	127
Fig. 20 Ensayo de succión, colocación del espécimen en contacto con el agua por un minuto.....	127
Fig.21 Proceso de construcción de pilas.....	127
Fig.22 Toma de dimensiones de pilas para el cálculo de la esbeltez.....	127
Fig.23 Pila refrentado para ser ensayado.....	128
Fig.24 Ensayo a compresión axial en pilas.....	128
Fig.25 Falla ideal de una pila PLCC.....	128
Fig.26 Falla aplastamiento local en pila.....	128
Fig.27 Falla ideal de una pila PLCR.....	129
Fig.28 Falla por aplastamiento por pandeo.....	129
Fig.29 Proceso de construcción de muretes.....	129
Fig.30 Toma de medidas de los muretes.....	129
Fig.31 Muretes refrentados con yeso cemento.....	130

Fig.32 Ensayo a compresión diagonal en muretes.....	130
Fig.33 Falla mixta por corte y tracción diagonal.....	130
Fig.34 Falla mixta por tracción diagonal y corte escalonada.....	130
Fig.35 Falla por tracción diagonal.....	131
Fig.36 Falla mixta corte y tracción diagonal MLCC - 03.....	131
Fig.37 Pesado de la muestra seca (ensayo de partículas menores al tamiz N° 200).....	131
Fig.38 Lavado y tamizado de la muestra.....	131
Fig.39 Selección de la muestra por método del cuarteo.....	132
Fig.40 Proceso del tamizado (Análisis granulométrico).....	132
Fig.41 Preparación de la muestra hasta la condición superficialmente seca.....	132
Fig.42 Pesado del picnómetro lleno de la muestra más el agua.....	132
Fig.43 Pesado de recipiente metálico más la muestra para el cálculo del PUSS.....	132
Fig.44 Pesado de fiola más agua, para el cálculo de peso específico del agua.....	132
Fig.45 Ensayo a compresión de especímenes de mortero.....	133
Fig.46 Falla de espécimen de mortero.....	133
Fig.47 Ensayo de adherencia TLR.....	133
Fig.48 Ensayo de adherencia TLC.....	133

## RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de *determinar la resistencia a compresión axial y la resistencia a corte de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba*, así como sus propiedades físicas y mecánicas y clasificarlo con fines estructurales.

Para ello se construyeron 20 pilas (10 PLCR y 10 PLCC de 22x12x55.2 cm) y 12 muretes (6 MLCR y 6 MLCC de 665x665 mm), para los ensayados a compresión axial en pilas y compresión diagonal en muretes.

También se realizaron los ensayos: variación dimensional, alabeo, compresión simple, absorción y succión, para los cual se seleccionó 60 unidades (30 LCR y 30 LCC).

Determinándose la resistencia característica a compresión de los ladrillos ( $f'_b$ ) (LCR: 81.88 Kg/cm<sup>2</sup> LCC: 71.12 Kg/cm<sup>2</sup>), resistencia característica a compresión axial ( $f'_m$ ) (PLCR: 38.83 Kg/cm<sup>2</sup> y PLCC: 37.08 Kg/cm<sup>2</sup>), resistencia al corte ( $v'_m$ ) (MLCR: 6.43 Kg/cm<sup>2</sup> y MLCC: 5.81 Kg/cm<sup>2</sup>), módulo de elasticidad ( $E_m$ ) (PLCR: 26400.96 Kg/cm<sup>2</sup> y PLCC: 25291.36 Kg/cm<sup>2</sup>) y módulo de corte ( $G_m$ ) (MLCR: 7538.19 Kg/cm<sup>2</sup> y MLCC: 6789.78 Kg/cm<sup>2</sup>).

Los resultados nos permitieron clasificar a las unidades como Ladrillos II, según la NTP E070, y concluir que la resistencia a compresión axial y resistencia a corte de la albañilería, calculada mediante los ensayos, es mayor que la resistencia teórica, para los ladrillos King Kong Artesanal de arcilla ( $f'_m$ : 35 Kg/cm<sup>2</sup> y  $v'_m$  5.1 Kg/cm<sup>2</sup>), por lo que su uso está restringido para ser usados en muros portantes en edificaciones hasta 2 pisos en la zona sísmica 2 y 3.

### Palabras claves

Albañilería, ladrillo King Kong de concreto, propiedades de los ladrillos, pilas, resistencia a compresión axial, muretes, resistencia a corte.

## **ABSTRACT**

The present research was carried out with the objective of determine the resistance to axial compression and the shear strength of the masonry of concrete King Kong bricks of handcrafted concrete in the city of Cajabamba, as well as their physical and mechanical properties and classify it for structural purposes.

For this purpose, 20 stacks (10 PLCR and 10 PLCC of 22x12x55.2 cm) and 12 walls (6 MLCR and 6 MLCC of 665x665 mm) were constructed for axial compression in piles and diagonal compression in walls.

The tests were also performed: dimensional variation, warping, simple compression, absorption and suction, for which 60 units (30 LCR and 30 LCC) were selected.

The compressive strength of the bricks were determined ( $F'b$ ) (LCR: 81.88 kg / cm<sup>2</sup> LCC: 71.12 kg / cm<sup>2</sup>), axial compressive strength ( $F'm$ ) (PLCR: 38.83 kg / cm<sup>2</sup> and PLCC: 37.08 kg / cm<sup>2</sup>) (PLCR: 26400.96 Kg / cm<sup>2</sup> and PLCC: 25291.36 kg / cm<sup>2</sup>), and shear strength ( $E_m$ ) (MLCR: 6.43 kg / cm<sup>2</sup> and MLCC: 5.81 kg / cm<sup>2</sup>) ( $G_m$ ) (MLCR: 7538.19 kg / cm<sup>2</sup> and MLCC: 6789.78 kg / cm<sup>2</sup>).

The results have let us classify the units as Bricks II, according the NTP E070, and conclude the resistance to axial compression and shear strength of the masonry stimated through the tests, which is higher tan the theoric resistance, for bricks King Kong made of clay ( $f'm$ : 35 kg / cm<sup>2</sup> and  $v'm$  5.1 kg / cm<sup>2</sup>), so its use is restricted to be used in supporting walls in buildings up to 2 floors in seismic zone 2 and 3.

### **Key Words**

Masonry, king kong brick made of concrete, bricks properties, piles, axial compressive strength, walls, shear strength.

# CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

## 1.1. Planteamiento del Problema

La albañilería es un sistema que integra a la unidad de albañilería y el mortero, su buen comportamiento sísmico, depende en gran porcentaje de la calidad de materiales que lo constituyen, por lo que es necesario conocer sus propiedades físicas y mecánicas en cada zona de nuestro país.

En el Perú, la albañilería es uno de los sistemas más usados en la construcción de edificaciones, y cada región usa sus propias unidades que producen, sin haber sido estudiadas, para saber si son las adecuadas para soportar las solicitaciones estáticas y dinámicas que se presenta durante la vida de la estructura.

La ciudad de Cajabamba, capital de la provincia del mismo nombre, departamento de Cajamarca; actualmente se encuentra en proceso de expansión urbana, debido a diversos factores socioeconómicos y demográficos, lo que ha generado que las familias en su mayoría jóvenes requerirán de sus propias viviendas, siendo la alternativa más común las construcciones de albañilería.

Las edificaciones de albañilería en Cajabamba, son generalmente construidas con ladrillos King Kong de concreto, fabricados artesanalmente en el interior de la ciudad, debido a su disponibilidad y a su costo relativamente bajo, comparado con el costo del ladrillo industrial.

Estas unidades se producen en fábricas artesanales sin ningún tipo de control de calidad, del proceso de fabricación y de los insumos que se requiere. El concreto utilizado para fabricación de los ladrillos se elabora con agregados de cerro y río extraídos de canteras ubicadas en el centro poblado de Aguas Calientes la Grama y del río Condebambino, agua potable y cemento extraforte, con dosificaciones propias de cada fabricante, originando que difiera su resistencia y no haya estandarización.

Las propiedades de los ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba no se conocen, como: resistencia a compresión, variación dimensional, resistencia a compresión axial de la albañilería y resistencia a corte; que permitan hacer una comparación con las exigencias de la norma de albañilería E070.

Todas estas falencias tendrán consecuencias al producirse algún tipo de movimiento sísmico, considerando que Cajabamba está ubicado en la zona 3 según el mapa de zonificación sísmica de la norma E030 de RNE; por lo que es necesario realizar estudios que permitan determinar si las unidades de albañilería tipo King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba, cumplen con la norma técnica peruana para ser utilizadas como unidades de albañilería en la construcción de edificaciones.

## **1.2. Formulación del Problema**

¿Cuál es la resistencia a compresión axial y resistencia a corte de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba?

## **1.3. Hipótesis**

La resistencia a compresión axial de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba es mayor a 35 Kg/cm<sup>2</sup> y la resistencia a corte de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba es mayor a 5.1 Kg/cm<sup>2</sup>.

## **1.4. Definición de variables**

Variables:

- Propiedades físicas y mecánicas de los Ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba.
- Resistencia a compresión axial de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba.
- Resistencia a corte de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba.

## **1.5. Justificación**

En el presente trabajo de investigación se pretende determinar las propiedades de la albañilería, las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba y clasificarlo de acuerdo a la NTP E 070 y NTP 399.601. Con el propósito de contar con información técnica de los ladrillos y su comportamiento como parte de la albañilería, para que los proyectistas y constructores tengan las consideraciones necesarias al momento de diseñar y hacer uso de estas unidades; teniendo en cuenta que la ciudad de Cajabamba está ubicada en la zona sísmica 3 y que existe un gran número de viviendas que se construyen de albañilería usando como unidad los ladrillos tipo King Kong de concreto fabricados artesanalmente.

## **1.6. Alcances y Limitaciones**

### **1.6.1. Alcances**

La presente investigación tiene por finalidad la determinación de la resistencia a compresión axial, resistencia al corte de la albañilería y sus propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba, y clasificarlo de acuerdo a la NTP E070 y NTP 399.601.

La presente investigación está dirigida a empresas, entidades públicas, personas naturales dedicadas o inmersas en la construcción civil y población en general de la ciudad de Cajabamba. Asimismo a estudiantes que deseen ampliar la investigación de la presente tesis.

### **1.6.2. Limitaciones**

La presente investigación se limita sólo a estudiar la compresión axial, resistencia al corte de la albañilería y sus propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente, en la Ladrillera “Rodríguez” y la Ladrillera “El Ciprés” en la ciudad de Cajabamba, por ser las fábricas de mayor producción y permanencia durante todo el año.

En la investigación no se ha evaluado el proceso de fabricación, los materiales, la mano de obra ni las condiciones en que se fabrican los ladrillos King Kong fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo General**

Determinar la resistencia a compresión axial y resistencia a corte de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba.

### **1.7.2. Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas más representativas de los ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba.
- Clasificar ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba, de acuerdo a la norma técnica peruana con fines estructurales de la albañilería.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes teóricos de la Investigación**

#### **2.1.1. Internacionales**

**Afanador, Guerrero y Monroy, 2012. Propiedades Físicas y Mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería. Ocaña, Colombia. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.**

Esta investigación tuvo como objetivo determinar la resistencia a la fractura en ladrillos cerámicos macizos fabricados manualmente en el municipio de Ocaña.

La resistencia a compresión de las unidades tuvo un valor máximo de 39.50 Kg/cm<sup>2</sup>, mayor al valor promedio 23.93 Kg/cm<sup>2</sup>, representando el 28.21 % del valor esperado para el promedio de 5 unidades 140 Kg/cm<sup>2</sup> (NTC 4205)

La resistencia nominal a la compresión de muros de ladrillo macizos de arcilla cocida tiene valores que oscilan entre 0.8 hasta 2.4 MPa y un valor promedio para el municipio de Ocaña de 1.44 MPa lo cual es bajo, si lo comparamos con la especificación de resistencia de 14 MPa para ladrillos macizos (NTC 4205), representando, un alto grado de vulnerabilidad a la compresión en muros de ladrillo tolete macizo.

Los ladrillos producidos en Ocaña, tienen un TIA promedio de 0.387 g/cm<sup>2</sup>/mín., indica que las piezas de ladrillos deberán tener un pre humedecimiento mínimo de 24 horas y la AF promedio es de 17.41%, apropiado para muros interiores, pero excede en 4.41% el valor máximo para su utilización en muros exteriores porque su absorción máxima permitida es de 13%.

**Fernández L., Gómez, M., Varela J. & Vargas, G. 2009. Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto. Mérida, México. Universidad Autónoma de Yucatán.**

La investigación tuvo como objetivo proponer normas técnicas para el diseño y construcción de estructuras de mampostería en la ciudad de Mérida. Los 18 muretes de

mampostería fueron construidos con bloques huecos de concreto y mortero representativo de la práctica constructiva de la ciudad de Mérida.

Los muretes de mampostería sujetos a cargas de compresión diagonal fallaron en la junta; los modos de falla fueron tensión diagonal en juntas y falla por deslizamiento; dichos modos de falla indican que la resistencia a compresión diagonal de la mampostería es función de la adherencia bloque-mortero.

Se recomienda un valor de diseño de  $1.8 \text{ kg/cm}^2$  para la resistencia a compresión diagonal de la mampostería.

El módulo de cortante promedio de la mampostería fue de  $16,713 \text{ kg/cm}^2$  y corresponde a un 42% del módulo de elasticidad promedio de la mampostería de la región.

### **2.1.2. Nacionales**

**San Bartolomé y Angles, P. 2008: Comparación del comportamiento sísmico de muros confinados construidos con ladrillos de concreto y de arcilla. Tesis Ing. Civil. Lima, PUCP.**

La presente investigación consistió en comparar las propiedades físicas y mecánicas de dos tipos de ladrillos de concreto vibrado y arcilla, y comparar el comportamiento sísmico de un muro confinado hecho con cada tipo de ladrillo bajo una carga cíclica coplanar.

De los ensayos realizados se pudo determinar que ambos tipos de ladrillo no cumplieron con las especificaciones proporcionados por el fabricante, pero calificaron como unidades sólidas aptas para ser empleadas en la constitución de muros portantes de acuerdo a la Norma E.070.

Para fines estructurales, los ladrillos de arcilla clasificaron como tipo V (de alta durabilidad y resistencia), en cambio los ladrillos de concreto clasificaron como tipo IV. La resistencia a compresión ( $f'm$ ) fue similar tanto para las pilas construidas con ladrillos de arcilla como para las hechas con ladrillos de concreto.

La resistencia a corte ( $v'm$ ) de muretes construidos con ladrillos de arcilla fue 69% mayor que los hechos con ladrillos de concreto.

El módulo de elasticidad experimental se pudo predecir con las fórmulas  $E_m = 500 f'm$  para ladrillos de arcilla y  $E_m = 700 f'm$  para ladrillos de concreto, con menos de 10% de error.

La rigidez lateral elástica (K) del muro MC (ladrillos de concreto) fue 32% mayor que la rigidez lateral del muro MA (ladrillos de arcilla). Por otro lado, en el rango inelástico, la degradación de rigidez fue similar en ambos muros.

La resistencia al agrietamiento diagonal del muro MA (ladrillos de arcilla) fue 8% mayor que la del muro MC (ladrillos de concreto), debido a la mayor adherencia que tuvieron los ladrillos de arcilla con el mortero.

**Aguirre D. 2004. Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín. Tesis Magister Ing. Civil. Lima, PUCP.**

La presente investigación se desarrolló con la finalidad de determinar principalmente las características estructurales de la albañilería y sus componentes, con unidades fabricadas artesanalmente en las diferentes zonas de la región Junín (Palián, Cajas, Saño y Jauja).

Se concluye que las unidades ensayadas a compresión no alcanzan el valor mínimo especificado en la Norma E.070 vigente, siendo el promedio de las cuatro zonas de 39.4 kg/cm<sup>2</sup>; sin embargo, con los resultados de los otros ensayos, estas clasifican como II o III.

Los resultados finales a ser considerados para el diseño de muros de albañilería son: Resistencia a la compresión  $f'_m=27.9$  kg/cm<sup>2</sup>, Módulo de elasticidad  $E_m = 11570$  kg/cm<sup>2</sup>, Resistencia al corte  $v'_m = 5.7$  kg/cm<sup>2</sup> y Módulo de corte  $G_m = 6640$  kg/cm<sup>2</sup>.

### **2.1.3. Locales**

**Zafra J. 2015: Características físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto fabricados en la ciudad de San Marcos. Tesis Ing. Civil. Cajamarca, UNC.**

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar las características físicas (variación dimensional, alabeo, absorción) y características mecánicas (resistencia a la compresión) de los ladrillos de concreto fabricados en la ciudad de San Marcos. Se evaluaron las unidades de cinco ladrilleras tomadas como muestra representativa de las 14 ladrilleras existentes.

Los resultados obtenidos se compararon con lo establecido en la Norma Técnica E.070, 2006 teniendo como conclusión según los resultados de resistencia a compresión de las unidades  $f'_b$ , los valores de las 5 ladrilleras dan un valor promedio de 98.41 Kg/cm<sup>2</sup>,

resultado que se aproxima al mínimo de 95 Kg/cm<sup>2</sup> establecido por la norma técnica E.070. 2006, para clasificar como ladrillo de clase III.

**Ayaypoma L. 2015. Estudio de las características físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba. Tesis Ing. Civil. Cajamarca. UNC.**

En esta investigación se seleccionó 30 unidades, 3 pilas y 2 muretes de dos ladrilleras; se realizaron: Ensayos clasificatorios: variación dimensional, alabeo, compresión simple y ensayo no clasificatorios: succión, ensayos en pilas y muretes.

Los resultados de la resistencia compresión  $f'_b = 63.47 \text{ Kg/cm}^2$  y  $65.51 \text{ Kg/cm}^2$ , lo clasifican como ladrillo tipo I, tienen una succión de  $39.49 \text{ g/cm}^2\text{-min}$  y  $32 \text{ g/cm}^2 - \text{min}$ , cuyos valores están fuera del rango permitido de 10 a 20 por la NTP E070, por lo que deben regarse durante 30 min antes de asentarse.

Tienen un mal comportamiento ante cargas dinámicas, resistencia característica a compresión de la albañilería de  $17.30 \text{ Kg/cm}^2$  y  $18.77 \text{ Kg/cm}^2$  y un módulo de elasticidad de  $E_m = 8.65 \text{ E}+03$ .

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Concepto de Albañilería**

La “Albañilería” o “Mampostería” se define como un conjunto de unidades trabadas o adheridas entre sí con algún material, como el mortero de barro o cemento. Las unidades pueden ser naturales (piedras) o artificiales (adobe, tapial, ladrillos o bloques). Este sistema fue creado por el hombre a fin de satisfacer sus necesidades, principalmente de vivienda. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

### **2.2.2. Tipos de Albañilería**

La albañilería se clasifica de dos maneras: por su función estructural y por la distribución del refuerzo.

#### **2.2.2.1. Clasificación por su función estructural**

La albañilería por su función estructural se clasifica en muros portantes y no portantes:

##### **A. Muros no portantes**

Son los que no reciben carga vertical, por ejemplo los cercos, parapetos y tabiques.

Estos muros deben diseñarse básicamente para cargas perpendiculares a su plano, originadas por el viento, sismo u otras cargas de empuje. No se diseñan para acciones sísmicas coplanares porque su masa es pequeña y genera fuerzas de inercia mínimas en comparación con su resistencia a fuerza cortante. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

### **B. Muros portantes**

Son los que se emplean como elementos estructurales de un edificio. Estos muros están sujetos a todo tipo de sollicitación, tanto contenida en su plano como perpendicular al mismo, tanto vertical como lateral, así como permanente o eventual. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

#### **2.2.2.2. Clasificación por la distribución del refuerzo**

De acuerdo a la distribución del refuerzo, los muros se clasifican en: Muros no reforzados o de albañilería simple y Muros reforzados (armados y confinados).

##### **A. Muros no reforzados o de albañilería simple**

Son aquellos muros que carecen de refuerzo o que teniéndolo, no cumplen con las especificaciones mínimas reglamentarias que debe tener todo muro reforzado. (NTP E 070)

De acuerdo a la Norma E.070, este tipo de edificación no debe emplearse, por el carácter frágil de su falla ante los terremotos.

Cabe destacar, que un muro de albañilería no reforzada prácticamente tiene la misma resistencia a fuerza cortante que un muro confinado de iguales características; sin embargo, las columnas de confinamiento incrementan la rigidez lateral del muro confinado, reduciendo el periodo de vibración de la edificación correspondiente a la fuerza sísmica actuante. Aparte, las columnas de confinamiento proporcionan ductilidad después de que la albañilería confinada se agrieta por corte y, además las columnas proporcionan arriostre verticales al muro confinado ante acciones sísmicas perpendiculares al plano. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

##### **B. Muros reforzados**

De acuerdo a la disposición del refuerzo, los muros se clasifican en:

- **Muro de albañilería armada (muro armado)**

Se caracteriza por llevar refuerzo en el interior de la albañilería. Para integrar el refuerzo con la albañilería, es necesario llenar los alveolos (o celdas) de los bloques con concreto líquido. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

- **Muro de albañilería confinada (muro confinado).**

La albañilería confinada se define como aquella que se encuentra íntegramente bordeada por elementos de concreto armado. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

### **2.2.3. Componentes de la albañilería**

La albañilería está compuesta por la unidad de albañilería, el mortero y otros materiales que sirven como refuerzo y complementan el sistema, como son el concreto, el acero y grout de acuerdo al tipo de albañilería. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

#### **2.2.3.1. Unidad de albañilería**

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

#### **A. Clasificación por sus dimensiones**

De acuerdo a sus dimensiones o por su tamaño, las unidades se clasifican en ladrillos y bloques. Se les llama ladrillos cuando pueden ser manipulados y asentados con una sola mano; y bloques, cuando por su peso y mayores dimensiones se deben emplear ambas manos. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

#### **B. Clasificación por su materia prima y fabricación**

Por su materia prima, las unidades de albañilería son básicamente hechas de arcilla (unidades cerámicas), de sílice-cal (unidades sílico-calcáreas) y de concreto. Por su fabricación, las unidades pueden ser artesanales o industriales. Las unidades de arcilla y de concreto admiten ambas modalidades, mientras que las unidades sílico-calcáreas son únicamente de fabricación industrial. En algunos casos, la fabricación incluye aspectos

de ambas modalidades y se denominan entonces semi – industriales. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

- **Unidades de arcilla**

Las unidades de arcilla son usualmente ladrillos, y se les llama ladrillos de arcilla o ladrillos cerámicos, El formado de las unidades de arcilla se realiza por todos los métodos de moldeo con la asistencia de presión y por extrucción. El color de las unidades de arcilla va normalmente del amarillo a rojo. La materia prima básica son arcillas compuestas de sílice y alúmina con cantidades variables de óxidos metálicos y otros ingredientes. (Gallegos, H. & Casabonne, C., 2005)

- **Unidades de concreto**

Las unidades de concreto sean ladrillos o bloques de fabricación artesanal o industrial, es una mezcla de cemento, arena y confitillo (piedra chancada de ¼”). Dependiendo de la dosificación, es posible lograr distintas resistencias a la compresión, lo cual permite obtener unidades poco resistentes para edificios bajos; y unidades más resistentes, para edificios altos. La consistencia de mezcla debe ser seca (revenimiento del orden de una pulgada), para desmoldar inmediatamente las unidades sin que se desmoronen. Estas unidades tienen un tono gris verdoso, aunque este puede variarse agregando pigmentos. Su textura usual es gruesa, con poros abiertos. Su peso puede aligerarse usando agregado ligero (piedra pómez o bolillas de tecno por). El mezclado de los materiales se hace a mano (artesanal) o a máquina (industrial) dosificando los ingredientes en peso. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

- **Unidades de sílico calcáreas**

En el Perú existe solo una fábrica que produce unidades sílico – calcáreas en varias modalidades, como: bloques, ladrillos (huecos y macizos) y unidades apilable para la albañilería de junta seca. La materia prima consiste de un 10% de cal hidratada normalizada y un 90% de arena (con un 75 % de sílice), lo que da lugar a unidades de color blanco grisáceo, aunque puede añadirse pigmentos que le cambie el color. En el proceso de fabricación una mezclados con agua los materiales, se deja reposar la mezcla en unos silos (reactores) durante unas tres horas con la finalidad de hidratar a la cal. Para el moldeo de las unidades, se utilizan prensas hidráulicas que aplican unas 500 Tn de carga. Luego, las unidades se introducen, curándolas a vapor en cámaras “autoclave” con elevada presión (entre 8 a 17 atm). Durante este proceso, la cal reacciona químicamente

con el silicio, formando un agente cementante (silicato cálcico hidratado) que une las partículas de arena formando unidades de alta resistencia a la compresión. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

### **C. Clasificación por sus huecos (alveolos)**

- **Unidades sólidas y unidades huecas**

Las unidades solidas son las que tienen huecos o, en todo caso, presentan ranuras o perforaciones perpendiculares a la superficie de asiento, que ocupan un área no mayor al 30% del área bruta. Cuando se excede este porcentaje, la unidad clasifica como hueca. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

- **Unidades alveolares**

Las unidades alveolares son aquellas que presentan grandes huecos perpendiculares a las superficies de asiento. En esta categoría se clasifican los bloques de arcilla, sílice – cal y concreto empleados en edificaciones de albañilería armada rellena con grout. Estos bloques no deben emplearse en las construcciones de albañilería confinada porque se trituren ante sismos. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

- **Unidades tubulares**

Las unidades tubulares son las que tienen perforaciones dispuestas en paralelo a la superficie de asiento; en este tipo se encuentran los ladrillos pandereta, que se utilizan en los muros no portantes; su uso en muros portantes es un error frecuente. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

#### **2.2.4. Ladrillos King Kong de concreto como unidad de albañilería**

Las unidades de concreto sean ladrillos o bloques de fabricación artesanal o industrial, es una mezcla de cemento, arena y confitillo (piedra chancada de 1/4”). Dependiendo de la dosificación, es posible lograr distintas resistencias a la compresión, lo cual permite obtener unidades poco resistentes para edificios bajos; y unidades más resistentes, para edificios altos. La consistencia de mezcla debe ser seca (revenimiento del orden de una pulgada), para desmoldar inmediatamente las unidades sin que se desmoronen. Estas unidades tienen un tono gris verdoso, aunque este puede variarse agregando pigmentos. Su textura usual es gruesa, con poros abiertos. Su peso puede aligerarse usando agregado ligero (piedra pómez o bolillas de tecno por). El mezclado de los materiales se hace a

mano (artesanal) o a máquina (industrial) dosificando los ingredientes en peso. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

El moldeo artesanal se realiza utilizando moldes metálicos cuya base deslizante permite compactar la mezcla, o compactando la mezcla mediante pisones en moldes de madera forrados internamente con láminas metálicas o lata. El desmoldado debe hacerse en un tendal sobre arena fina. Las unidades deben curarse echándoles agua a razón de dos veces al día durante 7 días consecutivos; de otro modo, la resistencia a compresión disminuirá sustancialmente. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

El moldeo semi – industrial se hace por vibro – compactación, utilizando ponedoras portátiles que producen unos 2000 ladrillos diariamente, o en máquinas Rosa Cometa, cuyo rendimiento es de unos 5000 ladrillos al día. En ambos casos es posible cambiar los moldes para fabricar ladrillos y bloques para muros, o bloques para techo. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

El moldeo Industrial es por vibro – compactación, utilizando maquinas estacionarias capaces de producir 80000 unidades diarias. El proceso industrial de curado se hacen en cámaras de vapor de 50 ° C, en cámaras autoclave (150 °C, a presión de 6 a 10 atmosferas) o con riego por aspersión. En la fabricación industrial se usa equipo mecanizado en el transporte, se pasa luego al empaquetado con bolsas de plástico (polietileno), con lo que se protege a los ladrillos de la humedad. Las unidades de concreto presentan alta variación volumétrica, por lo que es necesario protegerla de la humedad. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

La Norma E.070 indica que las unidades de concreto serán utilizadas después de lograr su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, la edad mínima para usarlas es de 28 días, de otro modo, al secar se contraerán y fisuraran los muros.

#### **2.2.4.1. Propiedades físicas y mecánicas de ladrillo King Kong de concreto como unidad de albañilería**

Conocer las propiedades de las unidades es necesario, básicamente para tener una idea sobre la resistencia de la albañilería, así como de su durabilidad ante la intemperie. Sin embargo, no se puede afirmar que la mejor unidad proporcione necesariamente la mejor albañilería. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

Las propiedades de las unidades asociadas con la resistencia de la albañilería son:

- Resistencia a la compresión
- Variabilidad dimensional

- Alabeo
- Succión

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

- Resistencia a la compresión
- Densidad
- Absorción.

## **A. Propiedades físicas**

### ✓ **Variación dimensional**

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

### ✓ **Alabeo**

El mayor alabeo (concavidad o convexidad) del ladrillo conduce a un mayor espesor de la junta. Asimismo, puede disminuir el área de contacto con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas; incluso, puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad por el peso existente en las hiladas superiores de la albañilería. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

### ✓ **Succión**

La succión es la medida de avidez de agua del ladrillo en la cara de asiento. Por lo tanto, cuando la succión es excesiva no se logra adherencias adecuadas entre el mortero y el ladrillo usando métodos ordinarios de construcción. (Morante, 2008)

### ✓ **Absorción**

La absorción del agua se mide como el paso del agua, expresado en porcentaje del peso seco, absorbido por la pieza sumergida en agua según la norma NTP 339.604. Esta propiedad se relaciona con la permeabilidad de la pieza, con la adherencia de la pieza y del mortero y con la resistencia que puede desarrollar. Se entiende por absorción al contenido de humedad total interna de la unidad de concreto que está en la condición de saturado superficialmente seco. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

✓ **Peso específico**

Nos permite determinar si un ladrillo es pesado o liviano, además indica el índice de esfuerzo de la mano de obra o de equipo requerido para su manipulación desde su fabricación hasta su asentado. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

**B. Propiedades mecánicas**

✓ **Resistencia a la compresión**

La resistencia a compresión, es por sí sola, la principal propiedad de la unidad de albañilería. Los valores altos de la resistencia a compresión señalan buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio, son muestra de unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable. (Gallegos, H. & Casabonne, C., 2005)

La resistencia unitaria se expresa como el valor de la carga de rotura dividida entre el área bruta para todo tipo de unidad. La resistencia característica  $f'b$  es el resultado promedio menos una desviación estándar. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

**2.2.4.2. Clasificación del ladrillo King Kong de concreto como unidad de albañilería**

Las unidades de albañilería en este caso específico los ladrillos de concreto se clasificaran de acuerdo a norma E – 070 y a la NTP 399.601, 2016, para lo cual es necesario realizar los ensayos que permitan determinar las siguientes propiedades físicas y mecánicas:

- ✓ Variación dimensional.
- ✓ Alabeo.
- ✓ Compresión simple.
- ✓ Absorción

Según la NTP E.070, 2006. Señala que para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas 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 <sup>2</sup> )
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)

*Fuente: NTP E-070, 2006 (Tabla N°1)*

Según la NTP 399.601, 2016 los ladrillos de concreto elaborados con esta norma deberán estar conforme a los cuatro tipos, tal como sigue:

**Tipo 24:**

Para su uso como unidades de enchape arquitectónico y muros exteriores sin revestimiento y para su uso donde requiere alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío.

**Tipo 17:**

Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión y resistencia a la acción del frío y a la penetración de la humedad.

**Tipo 14:**

Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

**Tipo 10:**

Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

**Tabla 2. Requisitos de resistencia y absorción**

<i>Resistencia a la compresión, min., MPa respecto al área bruta promedio</i>			<i>Absorción, máx., %</i>
<i>tipo</i>	<i>promedio de 3 unidades</i>	<i>unidad individual</i>	<i>(promedio de 3 unid)</i>
24	24	21	8
17	17	14	10
14	14	10	12
10	10	8	12

*Fuente: NTP 399.601 - 2016.*

**2.2.4.3. Aceptación de la unidad.**

Después de realizar los ensayos que nos permiten determinar las propiedades físicas y mecánicas, se procederá a evaluar los resultados de acuerdo a los siguientes puntos dados por el NTP E070 que se describen a continuación.

- Si la muestra presenta más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40% para unidades producidas artesanalmente, se ensayara otra muestra y de persistir la dispersión de resultados, se desechara el lote.

- La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no serán mayores que 22%. El bloque de concreto clase, tendrá una absorción no mayor de 12% de absorción. La absorción del bloque NP, no será mayor que 15%.
- El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25 mm para el bloque clase P y 12 mm para el bloque clase NP.
- La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en su superficie o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no tendrá vitrificaciones. Al ser golpeado con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico.
- La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.
- La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

#### **2.2.4.4. Concreto vibrado en la fabricación de ladrillos King Kong**

##### **A. Teoría de la vibración.**

La vibración es el método de asentamiento práctico más eficaz conseguido hasta ahora, dando un concreto de características bien definidas, como son la resistencia mecánica, compacidad y un buen acabado. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

La vibración consiste en someter al concreto a una serie de sacudidas y con una frecuencia elevada. Bajo este efecto, la masa de concreto que se halla en un estado más o menos suelto según su consistencia, entra a un proceso de acomodo y se va asentando uniforme y gradualmente, reduciendo notablemente el aire atrapado. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

La duración de la vibración influye determinantemente en la compacidad del elemento. Un inconveniente que se encuentra a menudo en el campo de la vibración, es el efecto de pared, fenómeno que tiene lugar en aquellas piezas de paredes altas y espesor reducido. Aunque se haya calculado un vibrador que responda a la masa total a vibrar, el asentamiento no será completo si tiene lugar tal fenómeno, debiéndose adoptar aparatos de mayor potencia para subsanar el efecto pared. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

Los concretos de consistencia seca son los que dan mayor resistencia pero su aplicación en obras resulta muy difícil por su poca Trabajabilidad, la vibración viene a solucionar

este problema, permitiendo el empleo de mezclas con asentamientos entre 0" a 1". (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

## **B. Principios fundamentales de la vibración**

La vibración queda determinada por su frecuencia e intensidad. Frecuencia es el número de impulsiones o pequeños golpes a que se somete el concreto en un minuto. Amplitud es el máximo desplazamiento de la superficie vibrante entre dos impulsiones. La vibración puede ser de alta o baja frecuencia. Se considera de baja frecuencia valores usuales de 3000 vibraciones por minuto; cuando éstas son iguales o superiores a 6000 vibraciones/minuto se consideran en el rango de alta frecuencia. Con este último se logra una mejor compactación: vibración de baja frecuencia obliga el empleo de mezclas con un mayor relación a/c. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

Un factor de considerable importancia es el tiempo que dura el proceso de vibración. Este tiempo depende, entre los factores más importantes, de la frecuencia de vibración, de la calidad del agregado, de la riqueza en cemento de la mezcla; al aumentar la frecuencia disminuye el tiempo de vibrado, sin embargo, la vibración muy enérgica y prolongada puede producir efectos desfavorables, la vibración se da por completa cuando la lechada de cemento empieza a fluir a la superficie. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

## **C. Propiedades del concreto vibrado**

### **• Compacidad**

Al amasar un concreto se emplea una cantidad de agua superior a la que el cemento necesita para su perfecta hidratación y que es muy inferior al volumen de agua empleado normalmente en el amasado. Absorbida el agua de combinación por el cemento, la cantidad restante, y que se añade exclusivamente para dar trabajabilidad al concreto, tiende a evaporarse, dejando de ese modo una gran cantidad de poros, resultando un concreto con una compacidad más o menos acusada, según sea la cantidad de agua evaporada. Esta situación trae como exigencia la necesidad de reducir en lo posible la cantidad de agua de amasado con el fin de conseguir un concreto de gran compacidad. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

### **• Impermeabilidad**

La impermeabilidad de un concreto es función de su compacidad. La granulometría juega un papel muy importante en la impermeabilidad. Con una granulometría continua y un

elevado dosaje de cemento, completados por una enérgica vibración, se obtiene un concreto altamente impermeable. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

La absorción de humedad del concreto vibrado es aproximadamente la mitad de la correspondiente al concreto ordinario. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

- **Resistencia mecánica**

La resistencia mecánica del concreto es quizás el factor más importante dentro de las propiedades del mismo. La resistencia del concreto aumenta considerablemente si se aplica una vibración intensa. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

- **Resistencia a la abrasión y congelamiento**

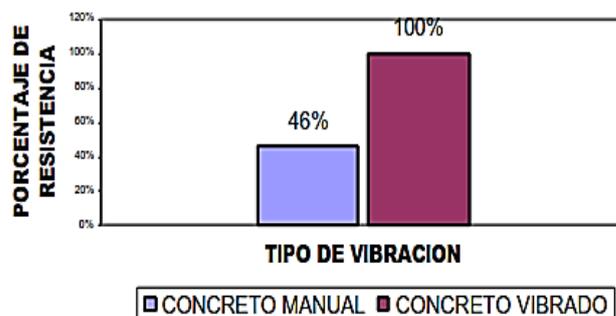
La resistencia del concreto vibrado a las acciones extremas se deriva de su propia compacidad; la resistencia al desgaste es mayor. Otra ventaja es su resistencia a las heladas por tener menos agua de amasado y ser más compacto. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001).

- **Desmolde rápido**

En la fabricación de elementos prefabricados de concreto vibrado puede conseguir un desmolde inmediato si el concreto es de granulometría adecuada y se ha amasado con poca agua. Si al efectuar esta operación la pieza se rompe, se puede afirmar que la causa se encuentra en un exceso de agua o de material fino. La rotura puede sobrevenir también al no estar suficientemente consolidado el concreto, es decir, la vibración ha sido de poca duración. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

#### **D. Resistencia de concreto en probetas vibradas**

La investigación realizada por el Arrieta J. y Peñaherrera E., 2001 nos muestran los resultados y la diferencia entre la resistencia probetas fabricadas con un concreto compactado manualmente y un concreto vibrado.



*Gráfico 1. Variación de resistencia entre un concreto vibrado manualmente y un concreto vibrado mecánicamente. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)*

#### **2.2.4.5. Producción de ladrillo King Kong a mediana escala**

El equipo adecuado para la fabricación de los ladrillos King Kong se da con una mesa vibradora, equipo que por el poco peso permite la facilidad del transporte y manipuleo y puede ser llevado a obra. Las mesas vibradoras constan esencialmente de una plataforma metálica, debajo de la cual se coloca el motor que transmite el efecto vibratorio a través de uno o varios accesorios (poleas, resortes, correas, etc.). (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

El número y potencia de los motores y accesorios vibradores dependen del peso total a vibrar (peso del molde, de la mesa y de la masa del concreto) y se distribuye de una manera uniforme a lo largo de la mesa. En el caso que haya un solo motor, éste se coloca en el centro de la plataforma. El tamaño de las mesas es muy variable, según sean las dimensiones de los elementos a vibrar. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

Una producción a mediana escala puede adaptarse a las condiciones de trabajo que se dan en una obra, considerando que los equipos y herramientas pueden movilizarse sin inconvenientes. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

#### **A. Implementación de los equipos.**

Los equipos necesarios, para la producción de ladrillos King Kong de concreto son necesario una Mesa vibradora, que puede ser de diferente potencia y un Molde metálico. Los moldes metálicos tienen un mecanismo de expulsión constituido por una platina adosada a unas asas rotatorias. La caja del molde debe tener en la base, dimensiones ligeramente mayores que en la parte superior la cual facilita el desmoldaje. Debe limpiarse con petróleo después de cada jornada. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

#### **B. Áreas de producción**

Una producción a mediana escala móvil o estacionaria requiere contar con zonas apropiadas para las diferentes etapas de fabricación, éstas deberán ser niveladas con un terreno apisonado como mínimo y de conveniente accesos para camiones; se debe prever el abastecimiento de agua y fluido eléctrico.

Se debe ambientar una zona de 50 m<sup>2</sup> distribuida en:

- ✓ Zonas de materiales y agregado
- ✓ Zona de mezclado y fabricación
- ✓ Zona de desmolde
- ✓ Zona de curado y almacenado

### **C. Flujograma de producción**

En todo proceso productivo de elementos para la construcción, se realizan una serie de actividades las cuales guardan estrecha relación entre sí; la calidad del producto final dependerá de que los diferentes procesos se realicen cumpliendo con los requisitos técnicos.

De la misma manera, en cada proceso desde las actividades iniciales hasta las finales, deben organizarse concatenadamente y por etapas claramente definidas, que concluyen en la elaboración del producto. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

*Fig. 1 Flujoograma de la producción de ladrillo King Kong de concreto.*



## **D. Proceso de fabricación**

Equipado el taller con las áreas especificadas, y establecido el flujo de fabricación se puede dar inicio a la producción.

- **Dosificación**

Dosificación es el término que se utiliza para definir las proporciones de agregados, agua cemento que conforma la mezcla para la elaboración de la unidad.

La dosificación o proporcionamiento de los materiales se hará por volumen, utilizando latas, parihuelas o cajones de madera, carretillas o lampadas, tratando de evitar este último sistema. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

- **Mezclado**

Mezclado manual.- Definido el proporcionamiento de la mezcla, se acarrea los materiales al área de mezclado. En primer lugar se dispondrá de arena, luego, encima el agregado grueso; seguidamente se agregará el cemento, realizando el mezclado en seco empleando lampa. Será preciso realizar por lo menos dos vueltas de los materiales. Después del mezclado se incorpora el agua en el centro del hoyo de la mezcla, luego se cubre el agua con el material seco de los costados, para luego mezclar todo uniformemente. La mezcla húmeda debe voltearse por lo menos tres vueltas. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

Mezclado mecánico.- Para mezclar el material utilizando mezcladora (tipo trompo o de tolva) se debe iniciar mezclando previamente en seco el cemento y los agregados en el tambor, hasta obtener una mezcla de color uniforme; luego se agrega agua y se continua la mezcla húmeda durante 3 a 6 minutos. Si los agregados son muy absorbentes, incorporar a los agregados la mitad o los 2/3 partes de agua necesaria para la mezcla antes de añadir el cemento; finalmente agregar el cemento y el resto del agua, continuando la operación de 2 a 3 minutos. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

- **Moldeado fraguado**

Obtenida la mezcla se procede a vaciarla dentro del molde metálico colocado sobre la mesa vibradora; el método de llenado se debe realizar en capas y con la ayuda de una varilla se puede acomodar la mezcla. El vibrado se mantiene hasta que aparezca una película de agua en la superficie, luego del mismo se retira el molde de la mesa y se lleva al área de fraguado, con la ayuda de pie y en forma vertical se desmolda el ladrillo. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

- **Fraguado**

Una vez fabricados los ladrillos, éstos deben permanecer en un lugar que les garantice protección del sol y de los vientos, con la finalidad de que puedan fraguar sin secarse.

El periodo de fraguado debe ser de 4 a 8 horas, pero se recomienda dejar los ladrillos de un día para otro. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

Si los ladrillos se dejarán expuestos al sol o a vientos fuertes se ocasionaría una pérdida rápida del agua de la mezcla, o sea un secado prematuro, que reducirá la resistencia final de los ladrillos y provocará fisuramiento del concreto. Luego de ese tiempo, los ladrillos pueden ser retirados y ser colocados en rumas para su curado. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

- **Curado**

El curado de los ladrillos consiste en mantener los ladrillos húmedos para permitir que continúe la reacción química del cemento, con el fin de obtener una buena calidad y resistencia especificada. Por esto es necesario curar los ladrillos como cualquier otro producto de concreto. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

Los ladrillos se deben colocar en rumas de máximo cuatro unidades y dejando una separación horizontal entre ellas de dos centímetros, como mínimo, para que se puedan humedecer totalmente por todos los lados y se permitan la circulación de aire.

Para curar los ladrillos se riega periódicamente con agua durante siete días. Se humedecen los ladrillos al menos tres veces al día o lo necesario para que no se comiencen a secar en los bordes. Se les puede cubrir con plásticos, papeles o costales húmedos para evitar que se evapore fácilmente el agua. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

El curado se puede realizar también sumergiendo los ladrillos en un pozo o piscina llena de agua saturada con cal, durante un periodo de tres días. Lo más recomendado para el proceso de curado, y también para el almacenamiento, es hacer un entarimado de madera, que permita utilizar mejor el espacio y al mismo tiempo evitar daños en los ladrillos. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

- **Secado y almacenamiento**

La zona destinada para el almacenamiento de los ladrillos debe ser suficiente para mantener la producción de aproximadamente dos semanas y permitir que después del curado los bloques se sequen lentamente. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

La zona de almacenamiento debe ser totalmente cubierta para que los ladrillos no se humedezcan con lluvia antes de los 28 días, que es su período de endurecimiento. Si no se dispone de una cubierta o techo, se debe proteger con plástico. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

Los ladrillos no se deben tirar, sino que deben ser manipulados y colocados de una manera organizada, sin afectar su forma final. (Arrieta, J. y Peñaherrera, E., 2001)

### **2.2.5. Mortero**

El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. (NTP E – 070, 2006)

Para elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las normas NTP 399.607 y 399.610.

El mortero es un adhesivo y su adhesión completa, fuerte y durable con la unidad de albañilería es su objetivo más importante: todas sus otras propiedades incluida su resistencia son, incidentales. En este contexto la relación agua / cemento, específica y variable carece de importancia. (Gallegos, H. & Casabonne, C., 2005)

La función principal del mortero en la albañilería es adherir las unidades, corrigiendo las irregularidades geométricas de altura que estas tienen, así como sellar las juntas contra la penetración del aire y de la humedad. Cuando el muro de albañilería es portante de carga vertical, el mortero cumple además la función resistente, por lo que es conveniente que las resistencias a compresión de las unidades y el mortero sean parecidas. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

#### **A. Componentes del mortero**

Los materiales aglomerantes del mortero pueden ser:

- Cemento portland tipo I y II, NTP 334.009
- Cemento adicionado IP, NTP 334.830
- Una mezcla de cemento portland o cemento adicionado y cal hidratada normalizada de acuerdo a la NTP 339.002.

El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales (NTP E070, 2006).

Es ideal que se use arena gruesa, con granos redondeados y de una granulometría completa (con variedad en el tamaño de las partículas), que permita llenar los espacios vacíos con el material cementante, formando un mortero denso y resistente a la intemperie. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

**Tabla 3. Granulometría de la arena gruesa**

<b>MALLA ASTM</b>	<b>% QUE PASA</b>
<b>N° 4 (4.75 mm)</b>	100
<b>N° 8 (2.36 mm)</b>	95 a 100
<b>N° 16 (1.18 mm)</b>	70 a 100
<b>N° 30 (0.60 mm)</b>	40 a 75
<b>N° 50 (0.30 mm)</b>	10 a 35
<b>N° 100 (0.15 mm)</b>	2 a 15
<b>N° 200 (0.075 mm)</b>	Menos de 2

*Fuente: NTP E070 (Tabla 3)*

Considerando la NTP E070, se debe cumplir las siguientes recomendaciones:

- No debe quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas.
- El módulo de fineza estará comprendido entre 1.6 y 2.5.
- El porcentaje máximo de partículas quebradizas será 1% en peso.
- No debe emplearse arena de mar.
- El Agua será potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica.

### **B. Clasificación del mortero**

Los morteros se clasifican en tipo P, empleados en construcción de muros portantes: y NP utilizado en muros no portantes. (NTP E070, 2006).

Los componentes de los morteros tendrán las proporciones volumétricas (en estado suelto) indicadas en la Tabla 4.

**Tabla 4. Tipos de mortero**

<b>TIPO</b>	<b>COMPONENTES</b>			<b>USOS</b>
	<b>CEMENTO</b>	<b>CAL</b>	<b>ARENA</b>	
<b>P1</b>	1	0 a ¼	3 a 3 ½	Muros Portantes
<b>P2</b>	1	0 a ½	4 a 5	Muros Portantes
<b>NP</b>	1	-	Hasta 6	Muros no Portantes

*Fuente NTP E070 – 2006 (Tabla 4)*

### **C. Propiedades del mortero**

- **Consistencia (temple o fluidez)**

Se define como la capacidad que tiene la mezcla de poder discurrir (fluir) o de ser trabajable con el badilejo. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

- **Retentividad**

Se define como la capacidad que tiene la mezcla para mantener su consistencia, o de continuar siendo trabajable después de un lapso de tiempo. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

### **D. Ensayo de compresión**

El ensayo a compresión se hace rompiendo a los 28 días, en una máquina de compresión, testigos cúbicos de 5 cm de lado, cilindros de 5 cm de diámetro y 10 cm de lato o prismas de base cuadrada en los que la altura es el doble del lado. (Gallegos, H. & Casabonne, C., 2005)

El ensayo a compresión solo tiene el fin de controlar la calidad del mortero, mediada a través de la dispersión de resultados, ya que la adherencia unidad – mortero es más importante, aparte que los esfuerzos de compresión producidos por la carga de gravedad en los edificios de mediana altura son pequeños. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

Es conveniente que la resistencia a compresión del mortero y la unidad sean semejantes a fin de evitar falla por desplazamiento y tratar de dar homogeneidad a la albañilería. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

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

La albañilería simple es aquella que carece de refuerzo, o que teniéndolo no cumple con las exigencias de la norma E.070. En general, el refuerzo convencional que se utiliza tanto albañilería confinada como en la armada sirve tan solo para proveer ductilidad al sistema, controlando el deterioro de la albañilería. En consecuencia, la albañilería simple es el material estructural que proporciona resistencia a compresión y a fuerza cortante, así como la mayor parte de la rigidez lateral. Por lo cual es necesario conocer sus propiedades, las cuales se pueden obtener de ensayos en prismas de albañilería simple. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

### **2.2.6.1. Prismas de albañilería simple**

Las resistencias de la albañilería a compresión y corte definen el comportamiento estructural de los diferentes elementos de albañilería ante la acción de solicitaciones reales. Con el propósito de determinar dichas resistencias se realizan ensayos sobre especímenes que se acerquen en lo posible al comportamiento real de la albañilería. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

En la Norma E.070 se exige, dependiendo de la magnitud de la obra, la elaboración de pequeños prismas de albañilería simple llamados Pilas y Muretes, construidos bajo las mismas condiciones con que se edificaran los muros reales. Los ensayos de pilas y muretes permiten determinar:

- ✓ Las resistencias características a compresión ( $f'm$ ) y a corte ( $v'm$ ) de la albañilería, esas resistencias permiten predecir los niveles de resistencia de un muro real.
- ✓ Los módulos de elasticidad ( $E_m$ ) y de corte ( $G_m$ ), utilizados en el análisis estructural.
- ✓ Las formas de falla, con las cuales es posible predecir como fallaran los muros reales ante los terremotos.
- ✓ La calidad de la albañilería y de la mano de obra, medida a través de la dispersión de resultados de los ensayos realizados.

Estos prismas deben ser pequeños, fáciles de almacenar y transportar desde la obra hasta el laboratorio, así como manipular para poder montarlos en el equipo de ensayo.

Las pilas presentan una esbeltez (altura/espesor) comprendida de 2 a 5. Los muretes deben ser de forma cuadrada con lados iguales a 60 cm para muretes hechos con ladrillos.

La edad estándar para ensayarlos es a los 28 días. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

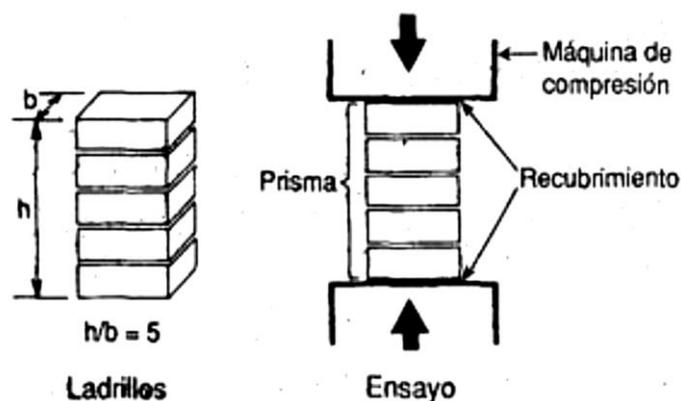
#### **2.2.6.1.1. Refrentado (Capping)**

En las zonas donde el prisma vaya estar en contacto con los cabezales metálicos del equipo de ensayo, se aplica un Refrentado (Capping) blando con mortero yeso-cemento de unos 3mm de espesor, con la finalidad de corregir las irregularidades que presente la albañilería. Incluso si el murete no es completamente cuadrado puede lograrse la forma cuadrada mediante el Capping. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

#### **2.2.6.1.2. Ensayos de compresión en pilas**

El ensayo de compresión en las pilas de la albañilería sirve para determinar la resistencia a compresión axial ( $f'm$ ) referida al área bruta de la sección transversal. Eventualmente

si se instrumenta y se registra la deformación axial en la pila se puede determinar el módulo de elasticidad de la albañilería ( $E_m$ ).



*Fig. 2 Prisma estándar para el ensayo de compresión.*

**Fuente:** (Gallegos, H. & Casabonne, C., 2005)

### A. Esbeltez en pilas

La esbeltez en pilas se define como la relación entre la altura de la pila y su espesor (la menor dimensión de la sección transversal). Este valor debe estar comprendido entre 2 y 5, aunque los valores más representativos oscilan entre 4 y 5.

En pilas “pequeñas”, los valores de resistencia a compresión son mayores que los que arrojan las pilas “esbeltas”, debido a la mayor restricción al desplazamiento lateral inducida por los cabezales del equipo de ensayo en pilas de poca esbeltez.

Por esta razón la NTP 399.605 y la Norma E.070 proporcionan factores de corrección por esbeltez, aunque estos factores difieren entre sí. Pero se recomienda que las pilas consten de por lo menos 3 hiladas. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

**Tabla 5. Factor de corrección de altura a espesores para resistencia a compresión de prismas de mampostería.**

$hb/tp^A$	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
<b>Factor de corrección</b>	0.75	0.86	1	1.04	1.07	1.15	1.22

*Fuente:* Norma NTP 399.605, 2013.

$hb/tp^A$ : Relación de altura y la menor dimensión lateral del prisma

**Tabla 06: Factores de corrección  $f'm$  por esbeltez.**

<b>Esbeltez</b>	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
<b>Factor</b>	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

*Fuente:* NTP E – 070 (Tabla 10)

## B. Técnicas de ensayo

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

Los prismas serán almacenados a una temperatura de 10 °C durante 28 días. Los prismas podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días pero no menor de 14 días; en este caso; la resistencia característica se obtendrá incrementándola por los factores mostrados en la Tabla 8 de la Norma E070.

**Tabla 7. Incremento del  $f'm$  y  $v'm$  por edad.**

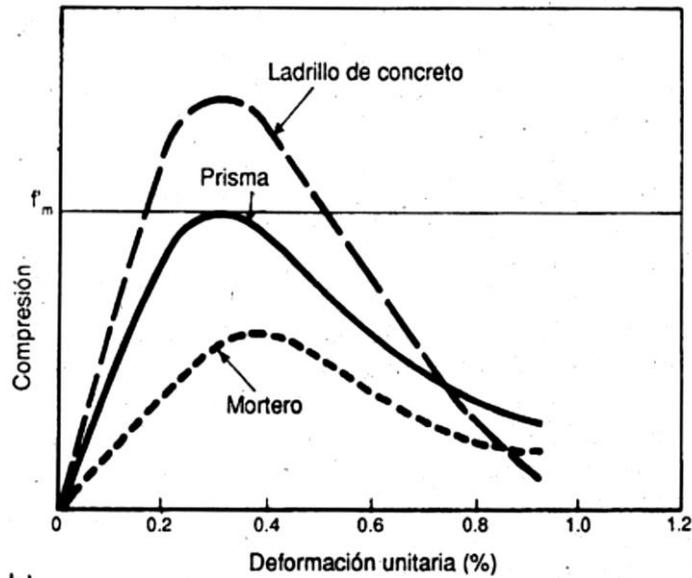
EDAD		14	21
		DÍAS	DÍAS
Muretes	Ladrillos de arcilla	1.15	1.05
	Bloques de concreto	1.25	1.05
Pilas	Ladrillos de arcilla y bloques de concreto	1.10	1.00

**Fuente:** NTP E – 070 (Tabla 8)

## C. Comportamiento teórico a compresión

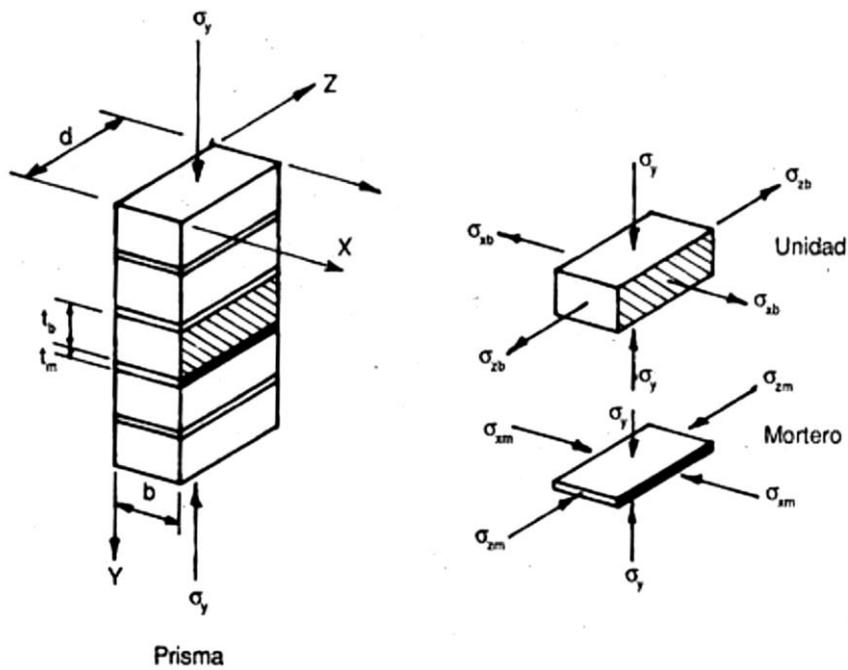
El espécimen utilizado para determinar la resistencia a compresión de la albañilería, es un prisma de ladrillos pegados con mortero uno sobre otro. El comportamiento y la forma de falla del prisma depende de la interacción ladrillo – mortero. El ladrillo y el mortero por ser materiales diferentes, ante un mismo esfuerzo de compresión se deforman lateralmente de manera distinta. (Morante, 2008)

En la albañilería que analizamos, es usual que los ladrillos sean más resistentes y rígidos que el mortero. En consecuencia, la expansión lateral libre del mortero, asumiendo módulos de Poisson de valor similar para el ladrillo y el mortero, será mucho mayor para este último. Debido a que en el prisma, y el muro real de albañilería, el ladrillo y el mortero deben deformarse lo mismo lateralmente a causa, sobre todo, de la fricción entre ambos materiales, la expansión lateral del mortero estará restringida por el ladrillo. En otras palabras: el mortero, en el prisma cargado, está sometido a compresión triaxial, y el ladrillo a una combinación de compresión biaxial. (Gallegos, H. & Casabonne, C., 2005)



**Gráfico 2.** Gráfico normalizado compresión vs deformación unitaria para prismas ensayados en compresión.

**Fuente:** (Gallegos, H. & Casabonne, C., 2005)



**Fig. 3** Esfuerzos que se generan la unidad y el mortero por la carga  $P$ .

**Fuente:** (Gallegos, H. & Casabonne, C., 2005)

Por lo general, el ladrillo es menos deformable que el mortero y puesto que debe existir compatibilidad de desplazamientos, el ladrillo restringe las deformaciones laterales del mortero produciendo en el mortero esfuerzos de compresión en dirección transversal y el

mortero produce en el ladrillo esfuerzos de tensión en dirección transversal. Son estos esfuerzos de tracción los que producen la fractura vertical del ladrillo. (Morante, A., 2008)

**D. Resistencia característica a compresión axial ( $f'm$ )**

La resistencia individual a compresión axial de una pila ( $f_m$ ) se obtiene dividiendo la carga de rotura ( $P$ ) entre el área bruta ( $Ab$ ) de sección transversal, sin importar que la unidad de albañilería utilizada califique como hueca o sólida, sea ladrillo o bloque. Este valor se corrige por el factor de esbeltez especificado en la Tabla 10 de la Norma E.070, o por los factores de corrección dados por la Norma NTP 399.605, y si la edad de las pilas es distinta a la estándar (28 días), se corrige por el factor indicado en la Tabla 8, para ladrillos de arcilla y bloques de concreto. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

Una vez ensayada todas las pilas, se obtiene el valor promedio ( $f_m$ ) y la desviación estándar ( $\sigma$ ) de la muestra ensayada, para después evaluar, de acuerdo a la Norma E070, la resistencia característica ( $f'm$ ), restando al valor promedio la desviación estándar.

$$f_m = \frac{P}{Ab} \dots \dots \dots (1)$$

$$f'm = f_m - \sigma \dots \dots \dots (2)$$

El restar una desviación estándar al valor promedio estadísticamente significa que el 84% de las pilas ensayadas tendrán una resistencia mayor que el valor característico. Paralelamente, puede obtenerse la dispersión porcentual de resultados como  $100(\sigma/f_m)$ . Una dispersión superior al 30% es inaceptable, y quiere decir que existen fallas en la mano de obra o que los materiales utilizados no tienen la calidad adecuada. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

**E. Formas de falla**

La albañilería es un material compuesto, heterogéneo y anisotropico, en el que los planos de debilidad coinciden con las juntas verticales y horizontales y en el que se integra, en un comportamiento único, materiales con características elásticas disimiles. (Gallegos, H. & Casabonne, C., 2005)

El comportamiento y el tipo de falla de las pilas ante cargas axiales están influenciados por la interacción que se desarrolla entre las caras de asiento de las unidades y el mortero. Las unidades y el mortero tienen diferente rigidez, entonces al ser sometidas al mismo esfuerzo normal, y al estar integrado los materiales, el material menos deformable

(generalmente las unidades) restringen las deformaciones transversales del material más deformable (el mortero), introduciéndole esfuerzos de compresión en la dirección transversal, que se traducen en tracciones laterales sobre la unidad, que dan lugar a las grietas verticales. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

La *falla ideal* de las pilas de albañilería es una *grieta vertical* en la cara de menor dimensión, que corta unidad y mortero, producida por tracción debida a la expansión lateral (efecto de Poisson) causada por la compresión aplicada. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

En cambio, *las fallas por trituración* de las unidades son indeseables por ser frágiles y explosivas, esta falla se presenta por lo general cuando se utilizan unidades huecas. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

La *falla por aplastamiento* en una zona localizada de la pila, o aplastamiento por pandeo de la pila, también puede ocurrir cuando existen efectos distintos a los de compresión pura, particularmente cuando aparecen componentes de flexión (pandeo). Esta se da por: imperfecciones en la construcción reflejada en la configuración geométrica del espécimen, por una falta de paralelismo entre las caras del asiento extremas, o por la falta de alineamiento ente el eje de carga y el eje longitudinal de la pila. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

#### **F. Módulo de elasticidad de la albañilería ( $E_m$ )**

El módulo de elasticidad es la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria, para su determinación es necesario la determinación de las deformaciones que se generan al incrementar la carga, para ello es necesario la instrumentación con equipos que nos permitan captar estas deformaciones. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

$$E_m = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \dots \dots \dots (3)$$

Para calcular  $E_m$  se trabaja con la parte más lineal de la gráfica carga vs deformación, y se elimina la porción inicial que contempla el reacomodo de los instrumentos. Usualmente la porción de la gráfica en análisis está comprendida entre el 10% y 50% de la carga de rotura. (Norma NTP 399.605, 2013).

### **2.2.6.1.3. Ensayo de compresión en muretes**

El ensayo de compresión diagonal en muretes de la albañilería sirve para determinar la resistencia característica a corte ( $v'm$ ), y eventualmente si se instrumenta y se registra la deformaciones diagonales se puede determinar el módulo de corte de la albañilería (Gm). (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

El ensayo se realiza sobre muretes de 600 mm x 600 mm de dimensión mínima, aplicando una carga de compresión a lo largo de una diagonal, originando de esta manera un falla por tracción diagonal que hace que el espécimen se fisure en la dirección paralela a la aplicación de la carga. (NTP 399.621, 2004).

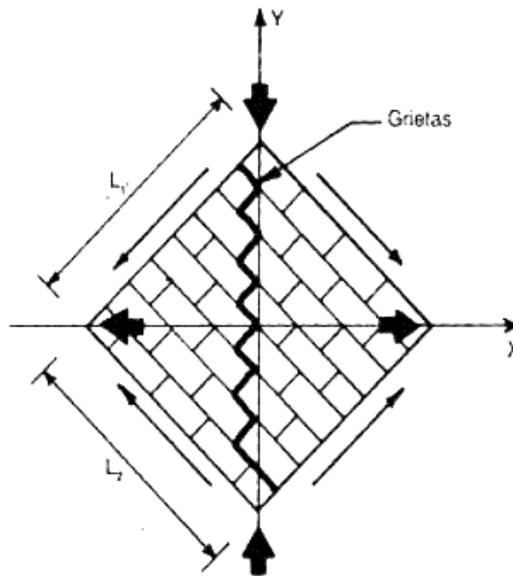
#### **A. Técnica de ensayo.**

El ensayo de compresión diagonal se realiza según el procedimiento especificado por la norma técnica peruana NTP 399.621.

El ensayo se realiza en por lo menos tres muretes iguales, construidos utilizando en todos la misma unidad de albañilería, mortero y mano de obra. Primero se debe colocar las escuadras de carga superior e inferior, luego colocar y centrar el espécimen y plomar. Cuando se requerido medir el acortamiento de la diagonal y estiramiento de la diagonal horizontal se usa comprensómetros y extensómetros o sensores de deformación unitaria tipo de resistencia eléctrica de 150 mm, colocados en la dirección de las diagonales, tan cerca de sus intersecciones como sea posible. Luego se procede a la aplicación de la carga en forma continua hasta la carga ultima, la carga se puede aplicar a cualquier velocidad conveniente hasta la mitad del valor máximo esperado, después de lo cual se ajustaran los controles del equipo de manera que el resto de la carga se aplique a una velocidad uniforme de 1 tonelada por minuto, o a una velocidad tal que la carga máxima se alcance en no menos de 1 minuto ni más de 2 minutos. Escoger los incrementos de manera que se obtenga por lo menos 10 lecturas de deformación o de deformación unitaria, para determinar la curva esfuerzo deformación unitaria. Tales lecturas deberían obtenerse para cargas tan cercanas a la carga última como sea posible. (NTP 399.621, 2004).

#### **B. Comportamiento teórico a compresión diagonal**

El ensayo consiste en aplicar una carga de compresión diagonal al murete que produce esfuerzos de compresión en la diagonal vertical y al mismo tiempo produce esfuerzos de tracción en la diagonal perpendicular. (Morante, 2008)



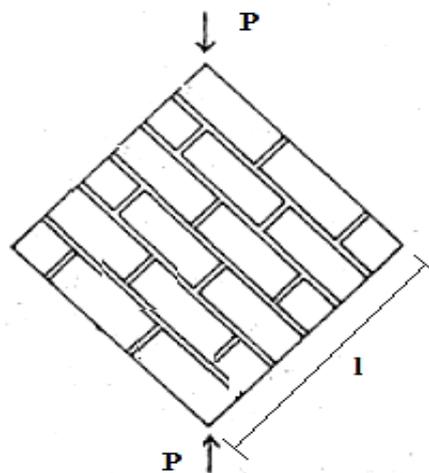
**Fig. 4** Esfuerzos que se generan ante la carga a compresión diagonal.

**Fuente:** (Gallegos, H. & Casabonne, C., 2005)

Como la resistencia a la tracción de la albañilería es menor que la resistencia a la compresión y aunque se trate de un ensayo de compresión diagonal, el modo de falla siempre es por tracción diagonal, pudiendo manifestarse en un tipo de falla escalonada cuando la adherencia mortero-ladrillo no es adecuada, o en una grieta que corta al ladrillo cuando la adherencia es óptima. (Morante, 2008)

**C. Resistencia característica a corte ( $v'm$ ).**

Calcular el esfuerzo cortante o resistencia a corte, en los muretes sobre la base del área bruta de la diagonal cargada como sigue:



**Fig. 5.** Cálculo de la resistencia unitaria a corte.

**Fuente:** Formulas NTP 399.621

$$v_m = \frac{0.707 P}{A_b} \dots\dots (4)$$

$$A_b = \frac{l+h}{2} * t \dots\dots (5)$$

*Dónde:  $v_m$  = esfuerzo cortante o resistencia a corte*

*P = carga aplicada*

*A<sub>b</sub> = área bruta del espécimen*

*l = largo del murete*

*h = altura del murete*

*t = espesor del murete*

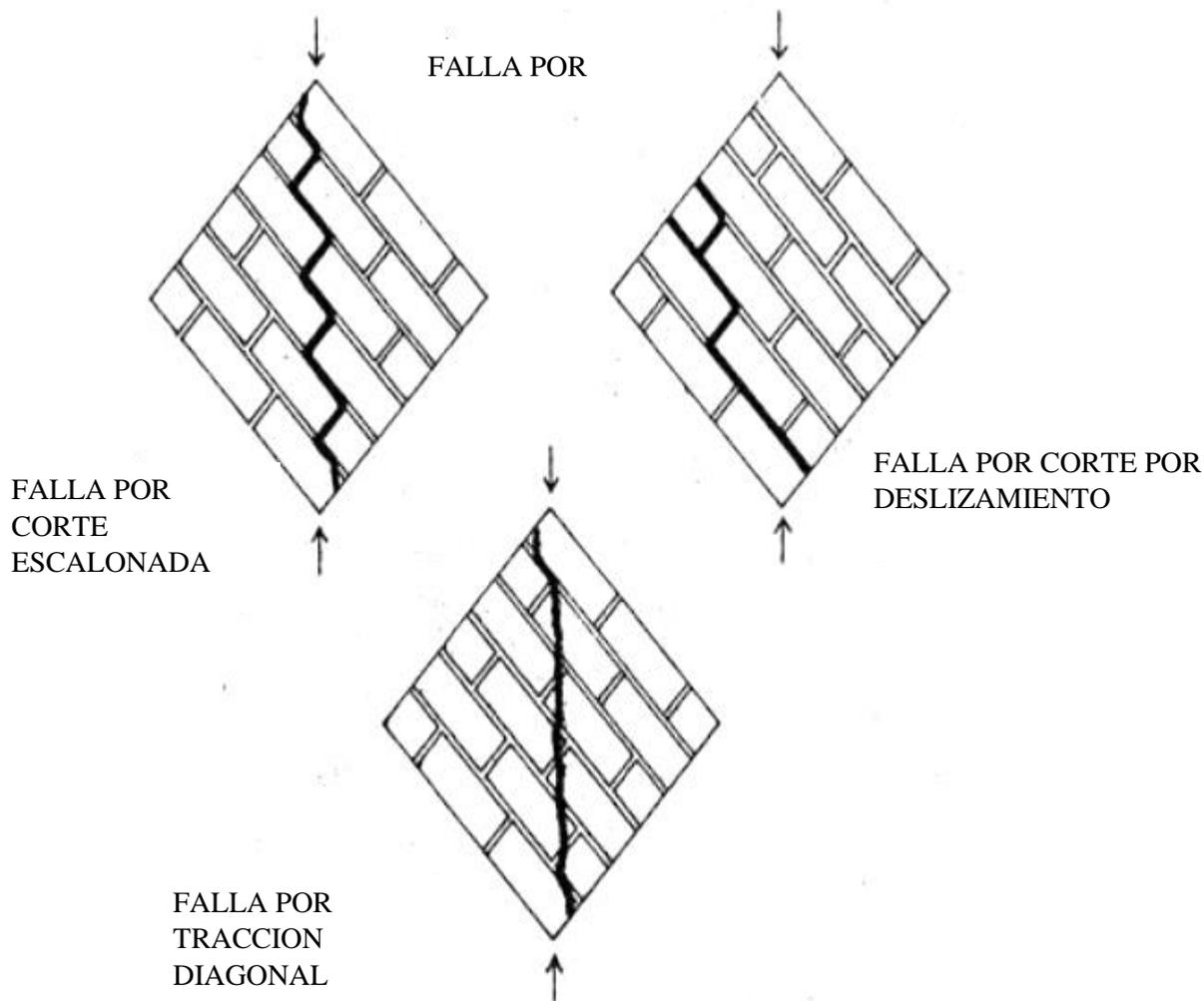
Una vez ensayados todos los muretes, se obtiene el valor promedio ( $v_m$ ) y la desviación estándar ( $\sigma$ ) de la muestra ensayada, para después evaluar, de acuerdo a la Norma E.070, la resistencia característica, restando al valor promedio la desviación estándar.

$$v'm = v_m - \sigma \dots\dots\dots (6)$$

El restar la desviación estándar al valor promedio, estadísticamente, significa que el 84% de los muretes ensayados tendrán una resistencia mayor que el valor característico. Paralelamente puede obtenerse la dispersión porcentual de resultados como:  $100(\sigma/v_m)$ . Una dispersión superior al 30% es inaceptable, y quiere decir que existen fallas en la mano de obra o que los materiales utilizados no tienen la calidad adecuada. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

**D. Formas de falla.**

El modo de falla del testigo es generalmente por corte o por tracción diagonal. Esto ocurre de manera frágil al producirse la primera grieta. Cuando las unidades son huecas o perforadas, o de muy reducida resistencia el testigo puede fallar por aplastamiento causada por la compresión diagonal; esta falla puede ser de carácter explosiva. (Gallegos, H. & Casabonne, C., 2005)



**Fig. 6** Formas de fallas en muretes.  
**Fuente:** (Gallegos, H. & Casabonne, C., 2005)

Otras formas de falla son la falla mixta que combina la falla por tracción diagonal y la falla por corte escalonada, la falla local por la trituration en los puntos de contacto con el cabezal angular del equipo de ensayo. (Gallegos, H. & Casabonne, C., 2005)

**E. Módulo de corte (Gm)**

Para determinar el módulo de corte de la albañilería (Gm), se necesita instrumentar una cara de los muretes con instrumentos que midan la deformación en ambas diagonales. Durante el ensayo, se registra la gráfica carga (P) – desplazamiento (D).

Deformación angular se calcula como sigue:

$$\gamma = \frac{\Delta V + \Delta H}{g} \dots \dots \dots (7)$$

Módulo de corte o rigidez se calcula como sigue:

$$Gm = \frac{\Delta v_m}{\Delta \gamma} \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

$\gamma$  = deformación angular mm/mm

$\Delta H$  = acortamiento horizontal, en mm

$\Delta V$  = acortamiento vertical, en mm

$g$  = longitud de medición de deformaciones horizontal y vertical en mm

En la formula anterior, los incrementos en el esfuerzo cortante y en la deformación angular,  $\Delta v_m$  y  $\Delta \gamma$  respectivamente, se calcularan para el rango comprendido entre 10% y 50% del esfuerzo cortante máximo del ensayo. (NTP 399.621, 2004)

**2.2.6.2. Resistencia de prismas de albañilería según la norma E 070**

La resistencia de la albañilería a compresión axial ( $f'm$ ) y a corte ( $v'm$ ) se determinara de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, según se indica en la tabla 7 de NTP E070.

**Tabla 8. Métodos para determina  $f'm$  y  $v'm$**

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS		
	ZONA SISMICA			ZONA SISMICA			ZONA SISMICA		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
( $f'm$ )	A	A	A	B	B	A	B	B	B
( $v'm$ )	A	A	A	B	A	A	B	B	A

**Fuente:** NTP E070 (Tabla 7)

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

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

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

El valor de  $v'm$  para diseño no será mayor de:  $0.319 \sqrt{f'm}$  en MPa y  $\sqrt{f'm}$  en Kg/cm<sup>2</sup>.

En caso de no realizarse ensayos de prismas, podrá emplearse valores mostrados en la tabla 9, correspondientes a pilas y muretes construidos con mortero 1:4 (cuando la unidad es de arcilla) y 1:1/2:4 (cuando la materia prima es sílice-cal o concreto), para otras unidades u otro tipo de mortero se tendrá que realizar los ensayos respectivos.

**Tabla 9. Resistencias características de la albañilería MPa (Kg/cm<sup>2</sup>)**

<b>Materia Prima</b>	<b>Denominación</b>	<b>UNIDAD <i>f'b</i></b>	<b>PILAS <i>f'm</i></b>	<b>MURETES <i>v'm</i></b>
<b>Arcilla</b>	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)
<b>Sílice - cal</b>	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)
<b>Concreto</b>		4.9 (50)	7.3 (74)	0.8 (8.6)
		6.4 (65)	8.3 (85)	0.9 (9.2)
	Bloque Tipo P (*)	7.4 (75)	9.3 (95)	1.0 (9.7)
		8.3 (85)	11.8 (120)	1.1 (10.9)

**Fuente:** NTP E-070, 2006. (\*) Utilizados para la construcción de muros armado.

El módulo de elasticidad ( $E_m$ ) y de corte ( $G_m$ ) para la albañilería se considera como sigue:

- Unidades de arcilla  $E_m = 500 f'm$
- Unidades sílico calcáreas  $E_m = 600 f'm$
- Unidades de concreto vibrado  $E_m = 700 f'm$
- Para todo tipo de unidad de albañilería:  $G_m = 0.4 E_m$

## **2.3. Marco Normativo**

### **2.3.1. Norma Técnica E070**

Esta norma tiene como alcance establecer los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados.

### **2.3.2. Normas Técnicas Peruanas**

- ✓ NTP 399.601, 2016 establece los requisitos que deben cumplir los ladrillos de concreto de peso normal.
- ✓ NTP 399.604 – Revisada 2015, establece los métodos de muestreo, los procedimientos y cálculos de los ensayos en las unidades de albañilería de concreto.
- ✓ NTP 399.605, 2013. Establece los procedimientos, y cálculos para el ensayo en pilas.
- ✓ NTP 399.613, establece los métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en la albañilería.
- ✓ NTP 399.621, 2004 – Revisada 2015. Establece el método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.
- ✓ NTP 400.010, 2008 – Revisada 2013. Establece los métodos de extracción y preparación de muestras del agregado.
- ✓ NTP 400.011, 2008 – Revisada 2013, definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concreto.
- ✓ NTP 400.012, 2008 – Revisada 2013. Establece los métodos de ensayo para determinar el análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- ✓ NTP 400.017, 2002 – Revisada 2013. Establece el método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.
- ✓ NTP 400.018, 2002 – Revisada 201. Determinación del material que pasa el tamiz normalizado N° 200.
- ✓ NTP 400.022, 2002. Establece el método de ensayo normalizado, para el peso específico y absorción del agregado fino.

## 2.4. Definiciones de términos básicos.

- ***Albañilería***

Material estructural compuesto por “unidades de albañilería” asentadas con mortero o por “unidades de albañilería” apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido. (NTP E070, 2006)

- ***Albañilería simple***

Albañilería sin refuerzo o con refuerzo que no cumple con los requisitos mínimos de esta norma. (NTP E070, 2006).

- ***Unidad de albañilería***

Ladrillos o bloques de arcilla cocida, concreto o sílice – cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular. (NTP E070, 2006)

- ***Unidad de albañilería sólida***

Unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene una área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano. (NTP E070, 2006).

- ***Ladrillo de concreto***

Unidad de albañilería de dimensiones modulares fabricado con cemento portland, agua y agregados, que puede ser manipulado con una sola mano. (NTP 399.601, 2016)

- ***Mortero***

Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería. (NTP E070, 2006).

- ***Agregado fino***

Agregado extraído de rocas o piedras proveniente de la disgregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037. (NTP 400.011, 2008).

- ***Resistencia a compresión***

Es la relación entre carga de rotura a compresión de un ladrillo y sección bruta. (NTP 399.601, 2016)

- ***Dimensiones de fabricación***

Son aquellas dimensiones adoptadas por el fabricante. (NTP 399.601, 2016).

- ***Dimensiones efectivas***

Son aquellas que se obtienen por medición directa efectuadas sobre el ladrillo. (NTP 399.601, 2006).

- ***Resistencia individual a compresión axial de la albañilería ( $f_m$ )***

Es el resultado que se obtiene dividiendo la carga de rotura entre el área bruta de la sección transversal corregida por el factor de corrección por esbeltez dado por la NTP E070. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

- ***Resistencia característica compresión axial de la albañilería ( $f'_m$ )***

Es el valor promedio de las resistencias individual a compresión axial de la albañilería de la muestra ensayada menos una desviación estándar. (NTP E070, 2006)

- ***Resistencia individual al corte de la albañilería ( $v_m$ )***

Es el resultado que se obtiene dividiendo la carga de rotura entre el área bruta de la diagonal cargada. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

- ***Resistencia característica a corte de la albañilería ( $v'_m$ )***

Es el valor promedio de las resistencias individual a corte de la albañilería de la muestra ensayada menos una desviación estándar. (NTP E070, 2006)

## CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Ubicación geográfica de la investigación

La investigación fue realizada en el laboratorio de ensayo de materiales “Carlos Esparza Díaz” ubicado en el Pabellón 1C de la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca.



**Fig. 7** Ubicación geográfica de la investigación.  
**Fuente:** <http://www.mundivideo.com/coordenadas.htm>

La investigación fue desarrollada a partir del mes de julio del 2016 a junio del 2017.

### 3.2. Materiales y equipos

#### 3.2.1. Materiales

- Ladrillos King Kong fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba.
- Arena gruesa de río
- Cemento portland tipo I Pacasmayo
- Yeso
- Agua potable

### **3.2.2. Equipos e instrumentos**

- Máquina Universal para compresión.
- Máquina para compresión diagonal de muretes.
- Estufa  $110 \pm 5$  °C.
- 01 Balanza electrónica con 0.01 g de precisión.
- 01 Nivel de mano.
- 02 Deformímetros.
- 01 Regla metálica graduada en divisiones de 1 mm.
- 01 Vernier en divisiones de 0.4 mm.
- Mallas ASTM N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200.
- 02 Varilla de fierro liso de 5/8” de diámetro
- 02 cubetas
- 01 wincha

### **3.3. Metodología de la investigación**

#### **3.3.1. Tipo de investigación**

Investigación descriptiva, debido que en ella se describen, las características y las propiedades de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto para luego analizar y comparar para ver si cumplen con la norma técnica peruana.

#### **3.3.2. Diseño de la investigación**

Diseño no experimental: porque no se manipularon variables durante el desarrollo del trabajo de investigación.

#### **3.3.3. Población de estudio**

La población de estudio son los ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la Ladrillera “Rodríguez” y la Ladrillera “El Ciprés” de la ciudad de Cajabamba.

Las 2 fábricas han sido seleccionadas de 5 ladrilleras existentes en la ciudad por el investigador, debido a su producción permanente durante todo el año a diferencia de las demás que se ven afectadas por falta de agua, la cual es restringida por la Municipalidad Provincial de Cajabamba, en épocas de estiaje, así como por su mayor incidencia en el

mercado de la ciudad de Cajabamba, en comparación a las demás las cuales su producción está por debajo de las seleccionadas.

### 3.3.4. Muestra

La muestra para la presente investigación fue de 250 ladrillos King Kong de concreto por cada fábrica, de las cuales se seleccionaron 30 ladrillos de cada muestra, para los ensayos que permiten determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos y se construyeron 10 pilas y 6 muretes por cada fábrica para determinar las propiedades de la albañilería.

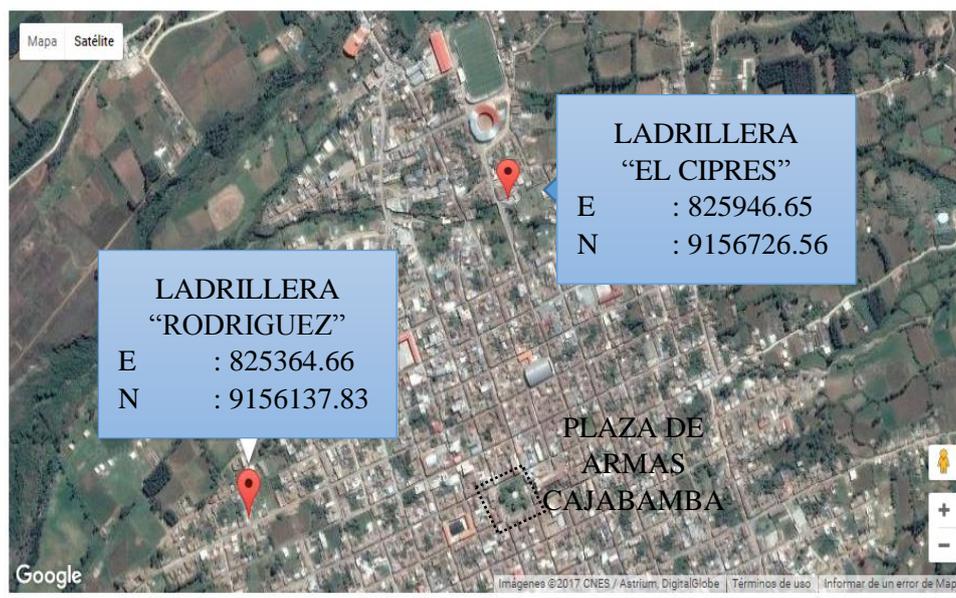
La muestra se seleccionó cumpliendo las cantidades mínimas, requeridas para realizar los ensayos, dadas por la NTP 399.604.

### 3.3.5. Ensayos de los Ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba

Las fábricas artesanales de ladrillo King Kong en la ciudad de Cajabamba, de las cuales se ha obtenido las muestras para realizar la investigación, son:

- “Ladrillera Rodríguez”, ubicada en el Jr. Ciro Alegría S/N
- “Ladrillera el Ciprés” ubicada en el Jr. San Nicolás de Tolentino S/N

Ambas ubicadas en el casco urbano de la ciudad de Cajabamba, como se aprecia en la Fig.8.



**Fig. 8** Ubicación de las fábricas artesanales de ladrillos King Kong de concreto.

**Fuente:** <http://www.mundivideo.com/coordenadas.htm>

### 3.3.5.1. Muestreo

Se inició recopilando datos de las fábricas de ladrillo King Kong de Cajabamba, luego se seleccionaron dos, la ladrillera Rodríguez y ladrillera el Ciprés, de acuerdo al criterios descritos anteriormente.

La producción promedio por mes de ambas fábricas artesanales de ladrillos King Kong, por información de los propietarios, está en promedio de 30 000 a 60 000 unidades, y sus especificaciones de fábrica de sus ladrillos se muestran en la Tabla 10.

La muestra fue seleccionada en cada una de las fábricas de manera aleatoria por el investigador en las cantidades especificadas en la muestra, de la presente investigación, teniendo en consideración la NTP 399.604, la cual indica que se seleccionaran 6 unidades de cada lote de 10 000 unidades o menos y 12 unidades de cada lote de más de 10 000 y menos de 100 000 unidades.

Seleccionada la muestra se trasladó desde la ciudad de Cajabamba en un camión al Laboratorio Carlos Esparza Díaz y almacenadas, teniendo el cuidado no se modifiquen las características de las unidades.

**Tabla 10. Especificaciones del fabricante de los ladrillos King Kong de concreto.**

<i>Parámetro</i>	<i>Ladrillo King Kong Ladrillera Rodríguez</i>	<i>Ladrillo King Kong Ladrillera El Ciprés</i>
<b>Dosificación en volumen (cemento: arena gruesa: confitillo ¼")</b>	1:4:3.5/ agua 15 L por bolsa ±2 L	1:4:4/ agua 18 L por bolsa ±2 L
<b>Dimensiones de fabricación</b>	10x12x22 cm	10x12x22 cm
<b>Peso</b>	5 a 6 Kg	5 a 6 Kg
<b>Resistencia a compresión</b>	-----	-----

### 3.3.5.2. Variación dimensional de los ladrillos King Kong de concreto

Para realizar el siguiente ensayo se procedió siguiendo las indicaciones dadas en la NTP 399.604 en el ítem N° 6 Medición de dimensiones.

- **Aparatos**

Regla de acero graduada en divisiones de 1.0 mm.

- **Número de especímenes**

De los 30 especímenes seleccionados por cada muestra se seleccionaron 15 unidades.

- **Procedimiento**

Una vez seleccionado los especímenes, se procede a medir y registrar, el ancho (A) en la longitud media de las superficies de apoyo superior e inferior, la altura (H) en la longitud media de cada cara, y la longitud (L) en la altura media de cada cara. (NTP 399.604).

- **Cálculos**

De los datos obtenidos se procedió a calcular el promedio para el ancho, alto y largo de cada uno de los especímenes con la siguiente formula:

$$A_o = \frac{A1 + A2 + A3 + A4}{4} \dots \dots \dots (9) \quad H_o = \frac{H1 + H2 + H3 + H4}{4} \dots \dots \dots (10)$$

$$L_o = \frac{L1 + L2 + L3 + L4}{4} \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

Ao, Ho, Lo: ancho, alto y longitud promedio en mm.

Ai, Hi, Li: Dimensiones medidas en los 4 lados del ancho, alto y longitud en mm.

Se calculó la variación dimensional V (%) aplicando la siguiente formula:

$$V\% = \frac{A_f - A_o}{A_f} \times 100 \dots \dots \dots (12) \quad V\% = \frac{H_f - H_o}{H_f} \times 100 \dots \dots \dots (13)$$

$$V\% = \frac{L_f - L_o}{L_f} \times 100 \dots \dots \dots (14)$$

Donde:

V%: variación dimensional en porcentaje.

Af, Hf, Lf: dimensiones de fabricaciones en mm.

Ao, Ho, Lo: dimensiones promedio en mm.

### **3.3.5.3. Alabeo de los ladrillos King Kong de concreto**

Para este ensayo se usa como referencia la NTP 699.613.

- **Aparatos**

Regla o cuña de medición con divisiones de 1mm.

Superficie plana de vidrio no menor de 300x300 mm.

- **Números de especímenes**

Se usaran los especímenes usados en el ensayo de variación dimensional, es decir 15 de cada fábrica.

- **Procedimiento**

*Cóncava*

Se colocó el espécimen sobre la superficie plana, luego haciendo uso de la cuña o la regla graduada, se tomó la medida de la concavidad de la unidad.

*Convexa*

Se colocó el espécimen con la superficie convexa en contacto con la superficie plana y con las esquinas aproximadamente equidistantes de la superficie plana. Usando la regla de acero o cuña, se midió la distancia con aproximación de 1mm.

- **Cálculos**

El alabeo se evalúa a partir de la concavidad y convexidad de las unidades, para lo cual se promedió los valores de las unidades cóncavas y convexas en milímetros.

#### **3.3.5.4. Resistencia a la compresión del ladrillo King Kong de concreto**

El ensayo se ha realizado teniendo como referencia la NTP 399.604, en el ítem N° 7.

- **Aparatos**

**Maquina universal a compresión uniaxial.**

Maquina equipada con dos bloques de soporte de acero, uno de los cuales es una rotula con plato que transmitirá la carga a la superficie superior del espécimen de albañilería, y la otra un bloque rígido plano sobre el cual descansará el espécimen.

- **Especímenes**

La NTP 399.604, indica que el ensayo se realizara en un mínimo de 3 unidades, para nuestro caso y debido a que tiene carácter de investigación, se han tomado las otras 15 muestras de las 30 seleccionadas por cada fábrica.

Los especímenes se almacenaron no apilados y separados por no menos de 13 mm, por más de 48 horas. Se continuo hasta que dos pesadas sucesivas a intervalos de 2 horas muestren un incremento de perdida no mayor que 0.2 % del peso previo determinado del espécimen y hasta que ninguna humedad o mancha de humedad sea visible sobre cualquiera de las superficies de la unidad.

- **Refrentado de los especímenes de prueba**

El refrentado de los especímenes se ha realizado de acuerdo a la NTP 399.604, siguiendo el segundo procedimiento mostrado en la norma, Refrentado con yeso – cemento, para lo cual, extendemos uniformemente en una superficie de refrentado, pasta de yeso cemento de alta resistencia, nivelando y puliendo dicha superficie y teniendo en cuenta que el espesor medio del refrentado no excederá de 3.2 mm indicado por la NTP 399.604.

La proporción yeso – cemento que se ha usado es de 4:1.

- **Procedimiento**

- ✓ Después de haber refrentado los especímenes y haber pasado el tiempo mínimo de 2 horas se procedió a ensayar los especímenes.
- ✓ Se colocó uno a uno los especímenes en la maquina universal a compresión con el centroide de sus superficies de apoyo alineada verticalmente con el centro de empuje de la rótula de la máquina de ensayo. Se ubicó las unidades en la misma dirección de servicio.
- ✓ Se aplicó la carga hasta la mitad de la máxima prevista a cualquier velocidad conveniente, después se ajustó los controles de la máquina para dar un recorrido uniforme del cabezal móvil tal que la carga restante sea aplicada en no menos de 1 minuto y no más de 2 minutos.
- ✓ Ser registró la carga máxima.

- **Cálculos**

Resistencia unitaria a compresión de la unidad de albañilería se calculó aplicando la siguiente formula:

$$fb = \frac{Pmax}{Ab} \dots \dots \dots (15)$$

$$Ab = L \times A \dots \dots \dots (16)$$

Donde:

fb: resistencia unitaria a compresión Kg/cm<sup>2</sup>

Ab: área bruta

L, A: largo y ancho promedio del espécimen en cm.

La NTP E070, indica que la resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería ( $f'b$ ) se obtendrá restando una desviación estándar al valor medio de la muestra.

Al restarle una desviación estándar al valor promedio estadísticamente significa que por lo menos el 84 % de las unidades ensayadas tendrán una resistencia mayor al valor característico ( $f'b$ ), o que es aceptable tener hasta un 16 % de unidades defectuosas.

$$f'b = fb \text{ prom} - \sigma \dots \dots (17)$$

Donde:

$f'b$ : resistencia característica a compresión axial en Kg/cm<sup>2</sup>.

$fb \text{ prom}$ : resistencia unitaria promedio a compresión en Kg/cm<sup>2</sup>

$\sigma$ : desviación estándar

### 3.3.5.5. Absorción

El ensayo se ha realizado tomando como referencia la NTP 399.604.

- **Aparatos**

Balanza con aproximación a 0.01 g.

- **Numero de especímenes**

Según la norma NTP 399.604 se utilizaran un mínimo de tres unidades enteras que hayan sido marcadas, pesadas, y registradas.

Para nuestro caso se ensayaron 15 especímenes por cada tipo de ladrillera.

- **Procedimiento**

- ✓ Se sumergió los especímenes de prueba en agua por 24 horas.
- ✓ Se pesó los especímenes sumergidos totalmente en agua, suspendiéndolo con un alambre y registramos  $W_i$  (peso sumergido).
- ✓ Se sacó del agua y drenó por 1 minuto, retirando el agua superficial visible con un paño húmedo; pesamos y registramos  $W_s$  (peso saturado).
- ✓ Se secó los especímenes en un horno a 100 °C a 115 °C por no menos de 24 horas y hasta que dos pesadas sucesivas en intervalos de 2 h muestren un incremento de la pérdida no mayor que 0.2 % del peso último previamente determinado del espécimen.
- ✓ Se registró los pesos de los especímenes  $W_d$  (peso secado al horno).

- **Cálculos**

Se determinó la absorción aplicando la formula dada por la NTP 399.604.

$$Absorción, \frac{Kg}{m^3} = \left[ \frac{W_s - W_d}{W_s - W_i} \right] * 1000 \dots \dots \dots (18)$$

$$Absorción, \% = \left[ \frac{W_s - W_d}{W_d} \right] * 100 \dots \dots \dots (19)$$

Donde:

Ws = peso saturado del espécimen, (Kg)

Wi = peso sumergido del espécimen, (Kg)

Wd = peso seco al horno del espécimen, (Kg)

Wr = peso recibido de la unidad (Kg)

Se determinó el contenido de humedad aplicando la formula dada por la NTP 399.604.

$$Contenido de humedad, \% absorcion total = \left( \frac{(W_r - W_d)}{(W_s - W_d)} \right) * 100 \dots \dots \dots (20)$$

Se determinó la densidad aplicando la formula dada por la NTP 399.604.

$$Densidad (D), \frac{Kg}{m^3} = \left( \frac{W_d}{(W_s - W_i)} \right) * 1000 \dots \dots \dots (21)$$

### 3.3.5.6. Succión

El ensayo se realizó tomando como referencia la NTP 399.613.

- **Aparatos**

- ✓ 01 Bandeja metálica.
- ✓ Soporte para ladrillos, se usaron dos varillas de acero de 5/8” de diámetro
- ✓ Balanza con una aproximación de 0.01g
- ✓ Horno de secado

- **Número de especímenes**

La NTP 399.613 indica que se deben ensayar 5 unidades enteras, para nuestro caso se han ensayado 5 unidades para cada cara de ladrillo y 15 por cada fábrica.

- **Procedimiento**

- ✓ Se secó las unidades en el horno a una temperatura de 100 °C a 115 °C por 24 horas.
- ✓ Se colocó a enfriar al aire libre por un periodo de 4 horas, se continua hasta que dos pesadas sucesivas a intervalos de dos horas muestren un incremento o perdida no mayor de 0.2 % desde la última pesada del espécimen, registrando peso seco.
- ✓ Se midió con una aproximación de 1.27 mm la longitud y el ancho de la superficie plana los especímenes de prueba para determinar el área que va estar en contacto con el agua.
- ✓ Se preparó la bandeja con agua y las varillas de 5/8", nivelando.
- ✓ Se colocó los espécimen uno en uno en la bandeja nivelada sobre las varillas, luego se agregó el agua restante hasta que el nivel de la misma sea 3 mm ± 0.25 mm sobre los soportes.
- ✓ Se dejó por un periodo de 1 min ± 1 s en contacto el espécimen con el agua.
- ✓ Cumplido el tiempo se retiró el espécimen y se secó el agua superficial dentro de los 10 s siguientes y se volvió a pesar el espécimen con una aproximación de 0.5 g durante los 2 min siguientes.

- **Cálculos**

La succión se calculó aplicando la fórmula dada por la NTP 399.613, que se aplica en el siguiente caso:

Si el área del espécimen difiere en más de ±2.5 % de 200 cm<sup>2</sup>, se corregirá el peso mediante la ecuación que se indica a continuación, con una aproximación de 0.1 g:

$$S (g/minuto/200cm^2) = \frac{200 W}{LB} \dots \dots \dots (22)$$

Donde:

S: Diferencia de pesos corregida, sobre la base de 200 cm<sup>2</sup>.

W: Diferencia de pesos del espécimen (g).

L: Longitud del espécimen (cm).

B: Ancho del espécimen (cm).

Informar como la absorción inicial en 1 minuto el resultado de la succión corregida del espécimen (S), con una aproximación a 0.1 g.

Calculamos y reportamos el promedio de la succión inicial de todos los especímenes ensayados, con aproximación a 0.1 g/min/200 cm<sup>2</sup>.

### **3.3.6. Ensayos de prismas de albañilería de ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba**

La NTP E070, indica que la resistencia de la albañilería a compresión axial ( $f'm$ ) y a corte ( $v'm$ ), se determina de manera empírica o mediante ensayos de prismas. Por lo que en la presente investigación realizamos los ensayos que nos permitan determinar estas características de la albañilería.

#### **3.3.6.1. Ensayos en pilas de ladrillo King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba**

El ensayo se realizó teniendo como referencia la NTP 399.605.

- **Aparatos**

- ✓ Máquina universal a compresión.
- ✓ Regla metálica graduada con aproximación a 1 mm.
- ✓ Deformímetro, se usó para determinar las deformaciones de las pilas durante el ensayo.
- ✓ Las placas de acero con espesor no menor de 25.4 mm y longitud y ancho mayor en 15 mm que la longitud y ancho del espécimen.

- **Especímenes**

**Tamaño y forma:** son prismas construidos con 5 ladrillos asentados de soga uno sobre del otro.

**Número de especímenes,** se han construido 20 pilas, 10 por cada ladrillera.

**Construcción de especímenes:** Se construyó 20 pilas de cinco ladrillos, 10 por cada ladrillera, asentadas usando mortero diseñado analíticamente usando la proporción dado por la NTP E070 para el mortero tipo P2 con proporción 1:5 (cemento: arena). La construcción de pilas se realizó teniendo las consideraciones de verticalidad y nivelación de las unidades de tal manera de no tener una variación considerable en la altura de las pilas, así mismo se controló el espesor de la junta, teniendo juntas de 1.3 cm. para ladrillera Rodríguez y 1.3 cm para ladrillera El Ciprés. Se realizó el curado con agua por siete días.

- **Procedimiento**

- ✓ Cumplido los 28 días se procedió hacer el refrentado con yeso cemento, para corregir irregularidades y algunos errores de nivelación.
- ✓ Se realizó la identificación de las pilas, y toma de medidas tanto altura (H) como espesor (t) y largo (L).
- ✓ Se colocó de uno en uno los especímenes en la máquina de compresión universal, centrándolo y ubicando estratégicamente el deformímetro para medir las deformaciones.

Luego se procedió a aplicar la carga a velocidad constante, sin producir impactos de tal modo que cada ensayo tenga una duración entre 3 y 4 min, y tomando lectura en el dial de las deformaciones cada 500 Kg de carga aplicada.

- **Cálculos**

Este ensayo nos permitió determinar la resistencia característica a compresión axial ( $f'_b$ ) y el módulo de elasticidad ( $E_m$ ).

*Calculo de la resistencia característica a compresión axial ( $f'_m$ )*, para ello se calculó la esbeltez de cada pila,

$$Esbeltez = \frac{H}{t} \dots \dots \dots (23)$$

Con este valor se determinó el factor de corrección (FC), interpolando de acuerdo a los factores de la Tabla 05, extraída de la NTP 399.605.

Luego se calculó la resistencia individual a compresión axial de una pila ( $f_m$ ) aplicando la siguiente formula:

$$f_m = \frac{P_{max}}{A_b} \dots \dots \dots (24)$$

$$A_b = L * t \dots \dots \dots (25)$$

Este valor  $f_b$ , se lo corrigió por el factor de corrección por esbeltez.

$$f_m \text{ corregido} = f_m * FC \dots \dots \dots (26)$$

La resistencia característica a compresión axial ( $f'm$ ) se obtiene del valor promedio de las resistencias individuales a compresión axial corregida ( $f_m$  corregido) de las pilas ensayadas menos la desviación estándar ( $\sigma$ ):

$$f'm = f_m \text{ corregido promedio} - \sigma \dots \dots \dots (27)$$

Donde:

$f_m$ : resistencia individual a compresión axial (Kg/cm<sup>2</sup>)

P máx.: carga máxima a compresión (Kg)

$A_b$ : Área bruta (cm<sup>2</sup>)

L, t: largo y espesor de la pila (cm)

$f_m$  corregido: resistencia individual a compresión axial corregida (Kg/cm<sup>2</sup>)

FC: factor de corrección por esbeltez.

$f'm$ : resistencia característica a compresión axial (Kg/cm<sup>2</sup>)

$\sigma$ : desviación estándar.

**Calculo del módulo de elasticidad ( $E_m$ )**, con las lecturas tomadas del deformímetro, de las deformaciones de la pilas por cada 500 Kg de carga aplicada, se procedió a realizar las gráficas esfuerzo vs deformación unitaria para los 10 especímenes de cada fábrica. De la gráfica cuya dispersión generada por los datos, se determinó la línea de tendencia y la ecuación.

Para calcular el módulo de elasticidad  $E_m$ , se trabajó con la gráfica esfuerzo deformación unitaria, para lo cual se elimina la porción inicial que contempla el reacomodo de los instrumentos. Usualmente la porción de la gráfica en análisis está comprendida entre el 10% y el 50% de la carga de rotura, para estos porcentajes se determinó el esfuerzo y la deformación unitaria. Luego se aplica la siguiente formula:

$$E_m = \frac{\delta}{\varepsilon} = \frac{\delta_{50\%} - \delta_{10\%}}{\varepsilon_{50\%} - \varepsilon_{10\%}} \dots \dots \dots (28)$$

Donde:

$E_m$ : módulo de elasticidad (Kg/cm<sup>2</sup>)

$\delta$ ,  $\delta_{50\%}$ ,  $\delta_{10\%}$  : esfuerzo al 50% y 10% en Kg/cm<sup>2</sup>.

$\varepsilon$ ,  $\varepsilon_{50\%}$ ,  $\varepsilon_{10\%}$  : deformación unitaria al 50% y 10%.

Finalmente el módulo de elasticidad será el promedio de los módulos de elasticidad de las pilas ensayadas, para la muestra ensayada. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

### **3.3.6.2. Ensayos en muretes de ladrillo King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba**

El ensayo se realizó teniendo como referencia la NTP 399.621.

- **Aparatos**

- ✓ Máquina de ensayo, la máquina de ensayo usada para ensayar los especímenes tiene la suficiente capacidad de carga en compresión y es manipulable de tal manera que permite controlar la velocidad de carga.
- ✓ Escuadras de carga, se usó 02 escuadras de acero
- ✓ Cordel (durante la construcción de muretes)
- ✓ Nivel de mano (durante la construcción de muretes)
- ✓ Herramientas manuales de constructor (durante la construcción de muretes)

- **Especímenes**

**Tamaño y forma:** cumpliendo la NTP 399.621, de que los muretes tendrá una dimensión mínima de 600 x 600 mm, los muretes construidos para esta investigación tienen una medida de 665 x 665 mm en promedio, consta de 6 hiladas.

**Número de especímenes:** la NTP 399.621, indica que los ensayos se harán en por lo menos tres muretes, para la presente investigación se elaboró 12 muretes 6 por cada ladrillera.

**Construcción de los especímenes:** Se construyó 12 muretes, asentados en 6 hiladas, 3 ladrillos por hilada para lograr en lo posible dimensiones semejantes tanto alto como largo, se usó mortero diseñado analíticamente con la proporcione dada por la NTP E070 para el mortero tipo P2 cuya proporción cemento: arena es 1:5. Se controló la altura de la junta considerando 1.3 cm. Se curó por 7 días, sin ser movidos.

- **Procedimiento**

- ✓ Cumplido los 28 días, se procedió hacer el refrentado con yeso cemento, en las esquinas de una diagonal, de tal manera de corregir irregularidades y obtener ángulos rectos y tomar las medidas largo (L), alto (H) y espesor “(t).

- ✓ Cumpliendo el tiempo mínimo de dos horas de secado el refrentado, se procedió a colocar las escuadras y colocar el espécimen en la máquina de ensayo, centrándolo y plomándolo, luego se colocó la escuadra superior bajando el pistón de carga hasta lograr la estabilidad del espécimen.
- ✓ Se colocó los deformímetros en posición adecuada, uno en la máquina de ensayo para determinar la deformación vertical y el otro para la deformación horizontal.  
Las lecturas de las deformaciones tanto vertical como horizontal, se hizo cada 200 Kg de aplicación de la carga.
- ✓ Finalmente se procedió a aplicar la carga, cumpliendo la NTP 399.621, a incrementos adecuados, que permitan tomar el registro, tanto de la carga como de las deformaciones. Pasado la mitad de la carga última se ajustaron los controles de tal manera que el resto de carga se aplicó en no menos de 1 minuto ni más de 2 minutos.

• **Cálculos**

Con los datos obtenidos se calculó:

**Resistencia unitaria al corte ( $vm$ )**, aplicando la siguiente formula:

$$vm = \frac{0.707 * Pmax}{Ab} \dots \dots \dots (29)$$

$$Ab = \frac{L + H}{2} * t \dots \dots \dots (30)$$

Donde:

$vm$ : resistencia unitaria a corte (Kg/cm<sup>2</sup>)

P max: carga aplicada (Kg)

Ab: área bruta (cm<sup>2</sup>)

L, H, t: largo, alto y espesor del murete (cm).

**Resistencia característica a corte**, se obtuvo de restar, al promedio de la resistencia unitaria a corte ( $vm$  prom) de los muretes ensayados, la desviación estándar ( $\sigma$ ).

$$v'm = vm \text{ prom} - \sigma \dots \dots \dots (31)$$

Donde:

$v'm$ : resistencia característica a corte (Kg/cm<sup>2</sup>).

$vm$  prom: resistencia unitaria a corte promedio (Kg/cm<sup>2</sup>)

$\sigma$ : desviación estándar

**Módulo de corte**, para calcular el módulo de corte, se calculó la deformación angular a partir de las deformaciones unitarias horizontal y vertical.

$$\gamma = \epsilon_H + \epsilon_V \dots \dots \dots (32)$$

$$\epsilon_H = \frac{\Delta H}{g} \dots \dots \dots (33)$$

$$\epsilon_V = \frac{\Delta V}{g} \dots \dots \dots (34)$$

$$g = \sqrt{L^2 + H^2} \dots \dots \dots (35)$$

Donde:

$\gamma$ : Deformación angular.

$\epsilon_H, \epsilon_V$ : Deformación unitaria horizontal y vertical (cm/cm)

$\Delta H, \Delta V$ : Deformación horizontal y vertical (cm)

$g$ : Longitud de medición de deformaciones horizontal y vertical (cm) (Longitud de la diagonal)

Con estos valores, procedió a graficar, la curva esfuerzo vs deformación, determinando la línea de tendencia de la dispersión y su ecuación, para luego ubicar la parte más lineal que debe estar ubicado entre el 10% y 50% del esfuerzo cortante máximo, determinando en este rango, el incremento de  $\Delta v_m$  y  $\Delta \gamma$ , para luego calcular el módulo de corte aplicando la siguiente formula: (NTP 399.621)

$$G_m = \frac{\Delta v_m}{\Delta \gamma} = \frac{v_m 50\% - v_m 10\%}{\gamma 50\% - \gamma 10\%} \dots \dots \dots (36)$$

Donde:

$G_m$ : módulo de corte (Kg/cm<sup>2</sup>)

$\Delta v_m$ : incremento del esfuerzo cortante o resistencia al 0000corte (Kg/cm<sup>2</sup>)

$\Delta \gamma$ : Incremento de la deformación angular (cm/cm)

$v_m 50\%, v_m 10\%$ : esfuerzo cortante al 50% y 10%.

$\gamma 50\%, \gamma 10\%$ : deformación angular al 50% y 10%.

Finalmente el módulo de corte (Gm) será el promedio de los módulos de corte de la muestra ensayada. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011)

### **3.3.7. Ensayos del agregado fino para mortero usado en la construcción de prismas de albañilería**

Los ensayos del agregado fino se realizaron con el fin de diseñar el mortero que se utilizó en la construcción de pilas y muretes.

#### **3.3.7.1. Extracción del agregado fino**

El agregado fino, que fue utilizado como componente del mortero para la construcción de muretes y pilas, se extrajo de la cantera la Victoria, la cual tiene como punto de venta y almacenamiento en el Km 5.4 de la carretera de Cajamarca a Baños del Inca.

La extracción y muestreo se hizo de depósito, del cual se compró 1 m<sup>3</sup> y se muestreo para los diferentes ensayos 10 Kg, y por el método del cuarteo se muestreo para cada ensayo.

#### **3.3.7.2. Material más fino que pasa el tamiz N°200**

Este ensayo se realizó teniendo como referencia la NTP 400.018.

- **Aparatos**

- ✓ Balanza, con aproximación al 0.01 g.
- ✓ Tamiz N° 200.

- **Cantidad de muestra**

Para este ensayo se tomó una muestra seca de 300 g, después de haberlo puesto a secar en la estufa a 110 ° C ± 5° C.

- **Procedimiento**

- ✓ Primero se pesó una muestra seca de 300 g.
- ✓ Luego se vació en el tamiz N 200, agregando agua sobre la muestra, lo lavamos evitando pérdida de muestra.
- ✓ Finalmente se recogió la muestra que queda en el tamiz N° 200 y lo ponemos a secar por 24 horas, luego se pesó la muestra seca lavada.

- **Cálculos**

Los cálculos se realizó aplicando la siguiente formula:

$$\% \text{ partículas menores al tamiz N}^\circ 200 = \left( \frac{P_{smo} - P_{sml}}{P_{smo}} \right) * 100 \dots \dots \dots (37)$$

Donde:

Psmo: Peso seco de la muestra original (g).

Psml: Peso seco de la muestra lavada (g)

### 3.3.7.3. Análisis granulométrico del agregado fino

Este ensayo se realizó teniendo como referencia la NTP 400.012, usando el método del cribado.

- **Aparatos**

- ✓ Balanza con aproximación a 0.01 g.
- ✓ Tamices N°: 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200.
- ✓ Estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ° C ± 5° C.

- **Cantidad de muestra**

Para realizar este ensayo se tomó tres muestras de 1200 g cada una por el método de cuarteo, considerando que la cantidad de la muestra de ensayo, luego del secado, será de 300 g mínimo (NTP 400.012, 2013).

- **Procedimiento**

- ✓ Se secó la muestra a una temperatura de 110 ° C ± 5° C.
- ✓ Se seleccionó los tamices requeridos para el ensayo (Tamiz N°: 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200), los cuales fueron ordenados de mayor a menor considerando su abertura.
- ✓ Se vertió la muestra sobre el tamiz de mayor abertura, y se agito el conjunto de manera manual por un periodo suficiente de tal manera que al final no más del 1% de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasará a través de él durante 1 min de tamizado manual.
- ✓ Se pesó el peso retenido en cada tamiz.

- **Cálculos**

Según la NTP 400.012 cuando se requiere calcular el módulo de fineza , sumando el porcentaje acumulado retenido de material de cada uno de los siguientes tamices (porcentaje acumulado retenido) y dividir la suma entre 100: 150 µm ( N° 100); 300 µm ( N° 50); 600 µm ( N° 30); 1,18 mm (N° 16); 2,36 mm (N° 8); 4,75 mm (N° 4); 9,5 mm

(3/8 de pulgada); 19,0 mm (3/4 de pulgada); 37,5 mm (1 1/2 pulgada) y mayores; incrementando en la relación 2 a 1.

Primero se calculó los porcentajes retenido acumulados:

$$\%R = \frac{PR}{PT} * 100 \dots \dots \dots (38)$$

Donde:

- ✓ PR: Peso acumulado retenido en el tamiz n.
- ✓ PT: Peso total de la muestra
- ✓ %R: Porcentaje retenido acumulado.

Calculo del módulo de finura:

$$MF = \frac{\sum \%R}{100} \dots \dots \dots (39)$$

Donde:

- ✓  $\sum \%R$ : sumatoria de los porcentajes retenidos en los tamices N° 100, 50, 30, 16, 8 y 4.
- ✓ MF: módulo de fineza.

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

Este ensayo se realizó teniendo como referencia la NTP 400.022, la cual nos permite determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción.

##### **• Aparatos**

- ✓ Balanza, sensible a 0.01g con capacidad de 1000 g o más.
- ✓ Frasco o picnómetro, de 500 cm<sup>3</sup> de capacidad, calibrado hasta 0.1 cm<sup>3</sup>.
- ✓ Molde cónico metálico, de 40 mm ± 3 mm de diámetro en la parte superior y 90 mm ± 3 mm de diámetro en la parte inferior, y 75 mm ± 3 mm de altura.
- ✓ Barra compactadora de metal, de 340 g ± 5 g de peso con un extremo de superficie plana de 25 mm ± 3 mm de diámetro.
- ✓ Estufa, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C ± 5 °C.

##### **• Cantidad y preparación de la muestra**

- ✓ Por el método del cuarteo se extrajo una muestra de 1000 g.

- ✓ La muestra extraída se colocó a secar por 24 horas en la estufa a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Se cubrió la muestra con agua y se dejó reposar por 24 horas.
- ✓ Cumplido el tiempo se extendió la muestra sobre una superficie plana expuesta a una corriente de aire, removiéndolo repetitivamente, hasta que los granos no se adhieran marcadamente entre sí.
- ✓ Luego se procedió a colocar el agregado en el molde cónico, golpeándolo 25 veces con la barra y levantando el molde verticalmente.
- ✓ Se repitió este proceso descrito en el párrafo anterior, a intervalos frecuentes, hasta que el agregado al levantar el cono se derrumbó, esto indica que el agregado fino ha alcanzado la condición de superficie seca.

• **Procedimiento**

- ✓ Se pesó el picnómetro lleno de agua hasta  $500\text{ cm}^3$  (B).
- ✓ De la muestra en condición superficie seca, se llenó  $500\text{ g}$  (S), en el picnómetro.
- ✓ Se adicionó agua hasta aproximadamente  $500\text{ cm}^3$ .
- ✓ Después de una hora se completó los  $500\text{ cm}^3$  y determinamos el peso total (C).
- ✓ Luego se sacó el agregado fino del frasco y se colocó a secar en la estufa a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 24 h, luego se enfrió por 1 hora y se pesó (A).

• **Cálculos**

Con los datos registrados de los ensayos, se calculó los pesos específicos y la absorción aplicando las siguientes formulas:

- ✓ Peso específico de masa

$$P_{em} = \frac{A}{(B + S - C)} \dots \dots \dots (40)$$

Donde:

Pem: peso específico de masa (g/cm<sup>3</sup>)

A: Peso en el aire de la muestra secada en el horno (g).

B: Peso del picnómetro llenado de agua (g) o volumen en cm<sup>3</sup>.

C: Peso del Picnómetro lleno de la muestra y el agua (g)

S: Peso de la muestra de saturado con superficialmente seca (g)

- ✓ Peso específico de masa saturado con superficie seca (PeSSS)

$$PeSSS = \frac{S}{(B + S - C)} \dots \dots \dots (41)$$

- ✓ Peso específico aparente (Pea).

$$Pea = \frac{A}{(B + A - C)} \dots \dots \dots (42)$$

- ✓ Absorción

$$Ab = \frac{(S - A)}{A} * 100 \dots \dots \dots (43)$$

### 3.3.7.5. Peso unitario del agregado fino

El ensayo se realizó teniendo como referencia la NTP 400.017, la cual permite determinar el peso unitario suelto seco y peso unitario compactado seco.

- **Aparatos**

- ✓ Balanza, sensible a 0.01g.
- ✓ Barra compactadora, de acero liso de 5/8” de diámetro y 60 cm de longitud.
- ✓ Cilindro metálico.
- ✓ Cucharon.
- ✓ Plancha de vidrio.
- ✓ Picnómetro de 500 ml.

- **Cantidad de muestra**

Según la NTP 400.017, la muestra de ensayo será de aproximadamente 125% a 200% de la cantidad requerida para llenar la medida y será manipulada evitando su segregación.

Para este ensayo se puso a secar 6 Kg del agregado a peso constante en un horno preferiblemente a 110° C ± 5° C.

- **Procedimiento**

- ✓ Primero se calculó el peso específico del agua, para lo cual se pesó el picnómetro vacío y luego le agregamos agua, hasta la marca de 500 cm<sup>3</sup> y nuevamente se pesó. Se repitió este proceso tres veces, tomando nota los datos para luego realizar el cálculo.

- ✓ Seguidamente se calibró la medida del recipiente cilíndrico, para lo cual se pesó el recipiente, luego agregamos agua y cubriéndolo con la plancha de vidrio para eliminar el exceso y las burbujas de aire, se registró su peso. Se repitió 3 veces este procedimiento.
- ✓ Para determinar el peso unitario suelto seco, se llenó el recipiente con el cucharón desde una altura no mayor de 5 cm del borde del recipiente, hasta rebosar el recipiente, luego se eliminó el excedente, sin apisonar. Se registró el peso del recipiente lleno. Se repitió 3 veces este procedimiento.
- ✓ Para determinar el peso unitario compactado seco, seguimos el procedimiento dado en la NTP 400.017, para lo cual se llenó la tercera parte del recipiente y se niveló la superficie con la mano. Luego se apisonó la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se llenó hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compactó con 25 golpes como antes. Finalmente, se llenó la medida hasta rebosar, golpeándolo 25 veces con la barra compactadora; el agregado sobrante se eliminó utilizando la barra compactadora como regla. Se pesó el conjunto y repetimos este proceso 3 veces.

• **Cálculos**

Con los datos obtenidos de los ensayos, se procedió a calcular el PUSS y PUCS, aplicando las siguientes formulas:

- ✓ Peso específico del agua:

$$Pe\ agua = \frac{Pfa - Pf}{Va} \dots \dots \dots (44)$$

Donde:

Pe agua: Peso específico del agua g/cm<sup>3</sup>

Pfa: Peso de picnómetro más agua

Pf: Peso del Picnómetro vacío.

Va: Volumen del agua (500 cm<sup>3</sup>).

- ✓ Factor de la medida del recipiente:

$$F = \frac{Pe\ agua}{Prva - Prv} \dots \dots \dots (45)$$

Donde:

F: factor de medida del recipiente  $\text{cm}^{-3}$

Prva: Peso del recipiente más vidrio más agua (g).

Prv: Peso del recipiente más vidrio (g)

✓ Peso unitario suelto seco:

$$PUSS = (Pra - Pr) * F \dots \dots \dots (46)$$

Donde:

PUSS: Peso unitario suelto seco ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

Pra: Peso del recipiente más agregado fino (g)

Pr: Peso del recipiente (g)

✓ Peso unitario compactado seco:

$$PUCS = (Pra - Pr) * F \dots \dots \dots (47)$$

Donde:

PUSS: Peso unitario suelto seco ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

Pra: Peso del recipiente más agregado fino (g)

Pr: Peso del recipiente (g)

Para todos los casos se considera como resultado el promedio.

### 3.3.8. Mortero

El tipo de mortero que se utilizó en la construcción de pilas y muretes es mortero Tipo P2 dado por NTP E 070, cuyas proporciones cemento: arena son 1:5, su uso es para muros portantes.

El mortero se ha elaborado con el agregado fino, de la cantera la Victoria, del cual se ha realizado ensayos para determinar sus propiedades, las cuales nos han permitido realizar el diseño analítico del mortero.

El cemento que se uso es el cemento Tipo I (NTP 334.009 y ASTM 150), de marca PACASMAYO, el cual tiene las siguientes propiedades:

**Tabla 11. Propiedades Físicas del Cemento Portland Tipo I.**

PROPIEDADES FISICAS	UNIDAD	CANTIDAD
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	3.12
Contenido de aire	%	8
Superficie específica	cm <sup>2</sup> /g	3770

**Fuente:** Ficha técnica Cementos Pacasmayo S.A.A del 20/07/2016.

El agua usada para la elaboración del mortero, es agua potable de la Universidad Nacional de Cajamarca, la cual cumple con la NTP 399.088.

### 3.3.8.1. Diseño analítico del mortero.

El mortero Tipo P2, se diseñó, teniendo como materiales agregado fino de la cantera la Victoria, Cemento tipo I Pacasmayo, agua potable.

Las proporciones en peso y volumen son las siguientes:

**Tabla 12: Proporciones usadas en la elaboración del mortero.**

MATERIALES	PROPORCION EN VOLUMEN	PROPORCION EN PESO
Cemento: Arena: Agua	1:5:43.22 L/bolsa	1:5.11:41.09 L/bolsa

### 3.3.8.2. Resistencia a compresión de especímenes de mortero tipo P2

Este ensayo se realiza para determinar la resistencia a compresión del mortero, para de esta manera poder comparar la resistencia del mortero con la de los ladrillos, y verificar que ambas resistencias se aproximen y así poder tener una albañilería más homogénea.

- **Aparatos**

- ✓ Maquina universal a compresión.

- **Especímenes**

Para determinar la resistencia a compresión del mortero se han elaborado 20 especímenes de 2 pulgadas de diámetro por 4 pulgadas de alto, las cuales han sido curadas 7 días con agua, y probadas a los 28 días.

- **Procedimiento**

Cumplido la edad de 28 días de los especímenes, se ensayó los 20 especímenes, y se registró la carga última.

- **Cálculos**

Con los datos de los ensayos, se calculó la resistencia a compresión del mortero, aplicando las siguientes formulas:

La resistencia unitaria a compresión del mortero será:

$$f_c = \frac{P_u}{A} \dots \dots \dots (48)$$

$$A = \frac{D^2 * \pi}{4} \dots \dots \dots (49)$$

Donde:

Pu: carga ultima en Kg.

A: área bruta de especimen cm<sup>2</sup>

D: diámetro en cm.

La resistencia característica a compresión del mortero será el promedio de la resistencia individual menos una desviación estándar.

$$f'_c = f_c \text{ promedio} - \sigma \dots \dots \dots (50)$$

Donde:

f'c: Resistencia característica a compresión del mortero en Kg/cm<sup>2</sup>.

Fc promedio: Resistencia individual a compresión del mortero en Kg/cm<sup>2</sup>

σ: Desviación estándar Kg/cm<sup>2</sup>

### **3.3.8.3. Ensayo de adherencia del mortero.**

El ensayo se realizó, con el propósito de determinar la adherencia a partir de la resistencia al corte que puede soportar la junta en los tripletes.

- **Aparatos**

✓ Maquina universal a compresión.

- **Especímenes**

Para determinar la resistencia al corte se construyeron 5 tripletes por cada ladrillera, mortero con proporción 1:5, el mismo que se va usar en la elaboración de pilas y muretes.

- **Procedimiento**

Cumplido la edad de 28 días de los especímenes, se ensayaron los 10 especímenes, aplicando la carga en la parte superior del triplete, y registrando la carga ultima.

- **Cálculos**

Con los datos de los ensayos, calculamos la resistencia al corte, aplicando las siguientes formulas:

La resistencia al corte será:

$$Rc = \frac{Pu}{Acor} \dots \dots \dots (51)$$

$$Acor = L * A \dots \dots \dots (52)$$

Donde:

Rc: Resistencia al corte en Kg/cm<sup>2</sup>.

Pu: carga ultima en Kg.

Acor: área de corte especiemem cm<sup>2</sup>

L, A: Largo y ancho de la junta en cm.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Ensayos de los Ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba

#### 4.1.1. Variación dimensional

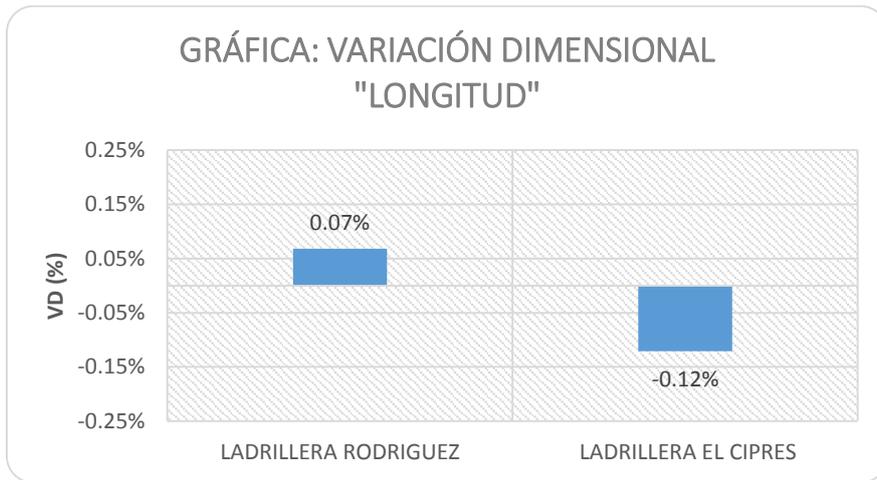
- ✓ Los ladrillos King Kong de concreto, cumplen con las variaciones permisibles dadas por la NTP 399.601, la cual indica que la dimensiones (ancho, alto y largo) no deben diferir por  $\pm 3.2$  mm de las dimensiones estándar especificadas por el fabricante.
- ✓ Tiene mayor variación dimensional en longitud, los ladrillos fabricados en la Ladrillera El Ciprés (-0.12 % y C.V. 0.26 %) que los ladrillos fabricados en la Ladrillera Rodríguez (0.07% y C.V. 0.19%).
- ✓ Tiene mayor variación dimensional en ancho y alto, los ladrillos fabricados en la Ladrillera El Rodríguez (Ancho: -0.40 % y C.V. 0.31 %) y (Alto: 0.67 % y C.V. 0.88 %) que los ladrillos fabricados en la Ladrillera El Ciprés (Ancho: -0.01 % y C.V. 0.42%) y (Alto: 0.38 % y C.V. 1.26%).
- ✓ Los ladrillos King Kong, considerando esta propiedad, califican para ser Ladrillo tipo V, por tener una variación dimensional menor a  $\pm 1\%$  según la NTP E070.

**Tabla 13: Variación dimensional de los ladrillos King Kong de concreto.**

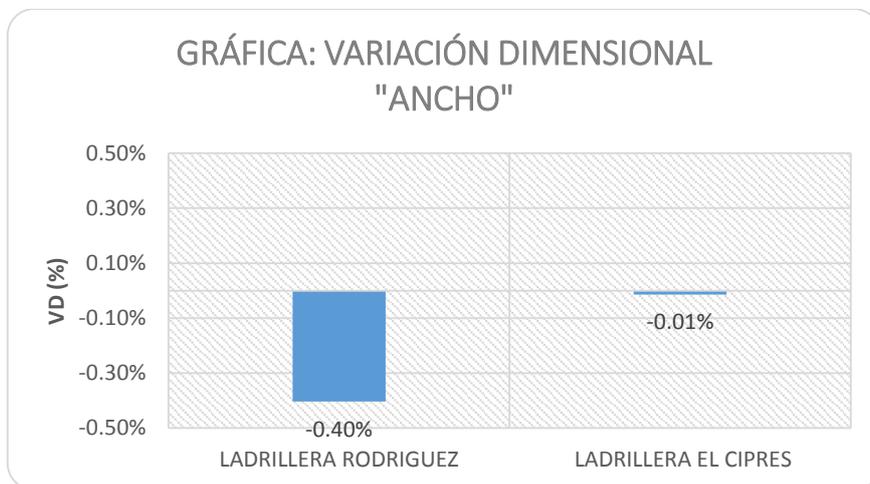
Descripción		Ladrillera Rodríguez	Ladrillera el Ciprés	Variación permisible	Variación permisible	
<b>LONGITUD</b>	Longitud efectiva prom (mm)	Lp	219.85	220.27		
	Desviación estándar	$\sigma$	0.42	0.58		
	Coefficiente de variación	C.V.	0.19%	0.26%		
	Longitud de fábrica (mm)	L	220.00	220.00	$\pm 3.2$ mm	$\pm 1.45\%$
	<b>Variación Dimensional</b>	<b>%</b>	<b>0.07%</b>	<b>-0.12%</b>		
<b>ANCHO</b>	Ancho efectivo prom. (mm)	Ap	120.48	120.02		
	Desviación estándar	$\sigma$	0.37	0.50		
	Coefficiente de variación	C.V.	0.31%	0.42%		
	Ancho de fábrica (mm)	A	120.00	120.00	$\pm 3.2$ mm	$\pm 2.67\%$
	<b>Variación Dimensional</b>	<b>%</b>	<b>-0.40%</b>	<b>-0.01%</b>		

<b>ALTO</b>	Altura efectiva prom. (mm)	Hp	99.33	99.62		
	Desviación estándar	$\sigma$	0.87	1.25		
	Coefficiente de variación	C.V.	0.88%	1.26%		
	Altura de fábrica (mm)	H	100.00	100.00	$\pm 3.2$ mm	$\pm 3.20\%$
	<b>Variación Dimensional</b>	<b>%</b>	<b>0.67%</b>	<b>0.38%</b>		

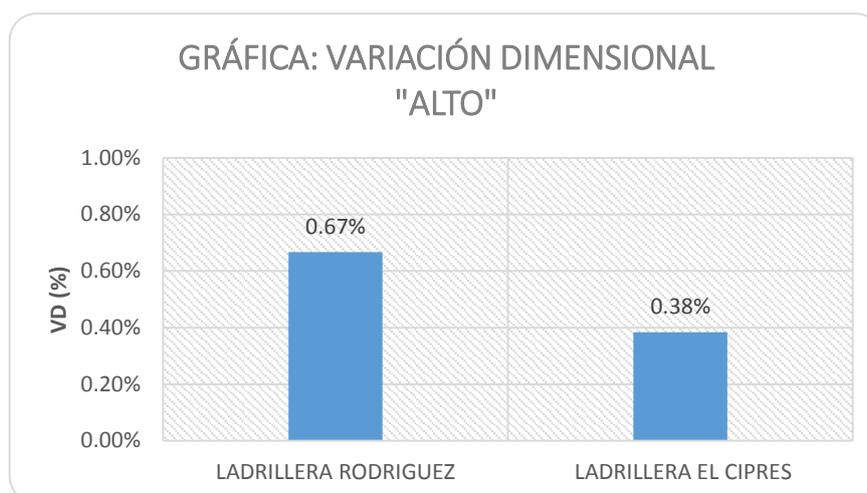
**Gráfica 3. Variación Dimensional "Longitud".**



**Gráfica 4. Variación Dimensional "Ancho".**



**Gráfica 5. Variación Dimensional "Alto".**



#### 4.1.2. Alabeo de los ladrillos King Kong de concreto

- ✓ Del ensayo de alabeo, se obtuvieron resultados en milímetros de la concavidad o convexidad de las unidades.
- ✓ Tienen mayor alabeo cóncavo los ladrillos fabricados en la ladrillera El Ciprés (2.05 mm) comparado con los ladrillos fabricados en la ladrillera Rodríguez (1.79 mm).
- ✓ El alabeo convexo para ambos tipos de ladrillos es igual (2.61 mm).
- ✓ Existe mayor número de unidades convexas para ambas ladrilleras.
- ✓ Considerando esta propiedad, los ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba, califican para ser clasificados como Ladrillo IV, de acuerdo a la NTP E070, cuyo valor máximo es 4 mm.
- ✓ Las juntas del mortero será una junta normal de 1 a 1.5 cm, considerando que el alabeo cumple con las especificaciones de la NTP E070, por lo que la resistencia de la albañilería no se ve afectada, debido que al aumentar la junta en 1 mm la resistencia disminuye el 15%.

**Tabla 14. Alabeo de los ladrillos King Kong de concreto.**

Ladrillera	Forma	Unidad	Valor	N° de unidades	
				Cara A	Cara B
Ladrillera Rodríguez	Cóncavo	mm	1.79	7	6
	Convexo	mm	2.61	8	9
Ladrillera El Ciprés	Cóncavo	mm	2.05	1	10
	Convexo	mm	2.61	14	5

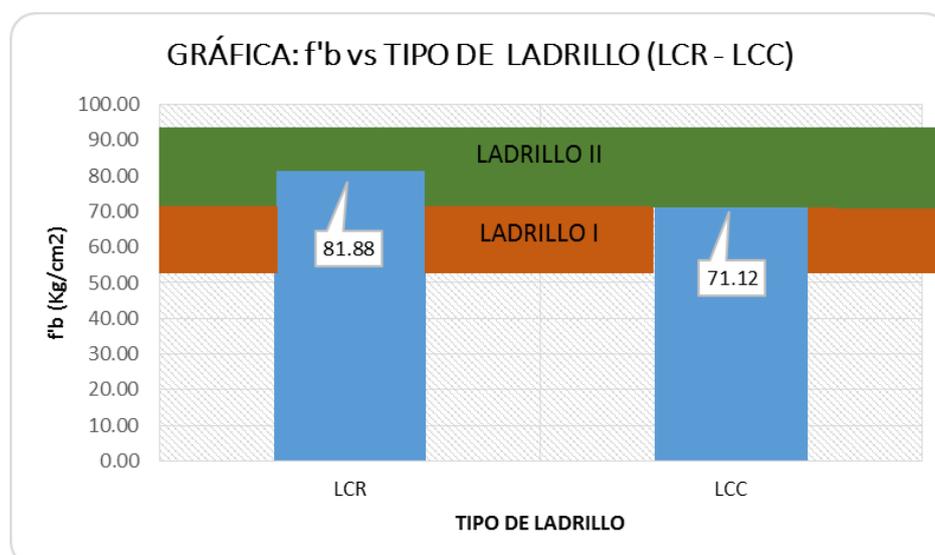
#### 4.1.3. Resistencia a la compresión del ladrillo King Kong de concreto

- ✓ La resistencia característica ( $f^b$ ) del ladrillo fabricado en la ladrillera Rodríguez ( $f^b = 81.88 \text{ Kg/cm}^2$ ) es mayor resistencia que los ladrillos fabricados en la ladrillera El Ciprés ( $f^b = 71.12 \text{ Kg/cm}^2$ ).
- ✓ El coeficiente de variación para ambos casos es menor al 40%, por lo que la muestra es aceptables de acuerdo a la NTP E070.
- ✓ Los ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ladrillera Rodríguez y Ladrillera el Ciprés, califican como Ladrillos II, cuya resistencia mínima es de  $70 \text{ Kg/cm}^2$ , según la NTP E070 (Tabla 1).
- ✓ Los ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ladrillera Rodríguez y ladrillera el Ciprés, no pueden ser clasificados de acuerdo a la NTP 399.601, cuyos requisitos se muestra en la Tabla 02 de la presente investigación, debido a que la resistencia a compresión mínima requerida para ser considerado Tipo 10 es de  $10 \text{ MPa}$  ( $101.97 \text{ Kg/cm}^2$ ), siendo este valor muy alto comparado con los valores obtenidos.

**Tabla 15. Resistencia característica a compresión de los ladrillos King Kong de concreto.**

Tipo	Resistencia característica $f^b$ Kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia característica $f^b$ MPa	Coefficiente de variación (%)
LCR	81.88	8.03	16.53%
LCC	71.12	6.98	11.93%

**Gráfica 6. Resistencia característica a compresión de los ladrillos King Kong de concreto.**



#### 4.1.4. Absorción

- ✓ Los resultados de los ensayos de absorción, muestran que los ladrillos fabricados en la ladrillera Rodríguez (LCR) tiene menor absorción (5.42%) y contenido de humedad, % absorción total (27.93%), que los ladrillos fabricados en la ladrillera El Ciprés (LCC) (5.78% y 29.34%).
- ✓ Considerando esta propiedad, los ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ladrillera Rodríguez y ladrillera el Ciprés, califican para ser considerados como ladrillos tipo 24 cuya absorción máxima es de 8 % de acuerdo a la NTP 399.601. y cumplen con la absorción máxima de 22% dado por la NTP E070 para las unidades de arcilla y sílico calcáreos.
- ✓ El peso específico de los ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ladrillera Rodríguez (2172.44 Kg/m<sup>3</sup>) y ladrillera el Ciprés (2138.29 Kg/m<sup>3</sup>), son consideradas como unidad de albañilería de peso normal de acuerdo a la NTP 399.601, donde define como, a aquellas unidades que en condiciones de secado tienen un peso específico de 2000 Kg/m<sup>3</sup> o más.

**Tabla 16. Absorción, contenido de humedad y peso específico de los ladrillos King Kong de concreto.**

<b>Tipo</b>	<b>Absorción (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Absorción (%)</b>	<b>Contenido de humedad (%)</b>	<b>Peso específico (Pe), Kg/m<sup>3</sup></b>
<b>LCR</b>	117.68	5.42	27.93	2172.44
<b>LCC</b>	123.30	5.78	29.34	2138.29

#### 4.1.5. Succión

- ✓ La succión que presentan los ladrillos fabricados en la ladrillera Rodríguez (17.85 g/minuto/200cm<sup>2</sup>), es menor que la succión de los ladrillos fabricados en la Ladrillera El Ciprés (19.35 g/minuto/200cm<sup>2</sup>).
- ✓ Durante su asentado, solo se pasara una brocha húmeda sobre las caras de asentados o rociarlas.

**Tabla 17. Succión de los ladrillos King Kong de concreto.**

<b>Descripción</b>		<b>Ladrillera Rodríguez</b>	<b>Ladrillera El Ciprés</b>
<b>S (g/minuto/200cm<sup>2</sup>) Promedio</b>	S	17.85	19.35
<b>Desviación estándar</b>	$\sigma$	1.43	1.48
<b>Coficiente de variación.</b>	C.V	8.01%	7.66%

#### 4.2. Clasificación de los ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba

- ✓ Analizando las propiedades físicas y mecánicas los ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ladrillera Rodríguez y Ladrillera el Ciprés y comparando con los valores que considera la NTP E070 (Tabla 1), para clasificar a las unidades de albañilería para fines estructurales, de las propiedades: Variación dimensional, Alabeo, Resistencia característica a compresión, cumplen para ser clasificados como Ladrillos II.
- ✓ Comparando los resultados de las propiedades físicas y mecánicas los ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ladrillera Rodríguez y Ladrillera el Ciprés con los valores que considera la NTP 399.601 (Tabla 2, Requisitos de resistencia y absorción), de las propiedades: Resistencia característica a compresión y Absorción, cumplen con la Absorción máxima de 8% calificando para ser clasificado como tipo 24, pero no califican con respecto a la Resistencia característica a compresión, estando por debajo de la resistencia mínima de 10 MPa que considera para el Tipo 10; por lo que no se pueden ser clasificados de acuerdo a la NTP 399.601.

**Tabla 18. Propiedades físico mecánicas de los ladrillos King Kong de concreto.**

<b>Propiedades físicas y mecánicas</b>	<b>Unid.</b>	<b>Ladrillera Rodríguez</b>	<b>Ladrillera El Ciprés</b>
<b>Resistencia a la compresión (f'b)</b>	Kg/cm <sup>2</sup>	81.88	71.12
<b>Variación Dimensional</b>	%	0.07% (Largo)	-0.12% (Largo)
		-0.40% (Ancho)	-0.01% (Ancho)
		0.67% (Alto)	0.38% (Alto)
<b>Alabeo</b>	mm	1.79 (Cóncavo)	2.05 (Cóncavo)
		2.61 (Convexo)	2.61 (Convexo)
<b>Absorción</b>	%	5.42	5.78
<b>Densidad</b>	Kg/m <sup>3</sup>	2172.44	2138.29
<b>Humedad, % Absorción Total</b>	%	27.93	29.34
<b>Succión</b>	g/minuto/200cm <sup>2</sup>	17.85	19.35

### **4.3. Prismas de albañilería de ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba**

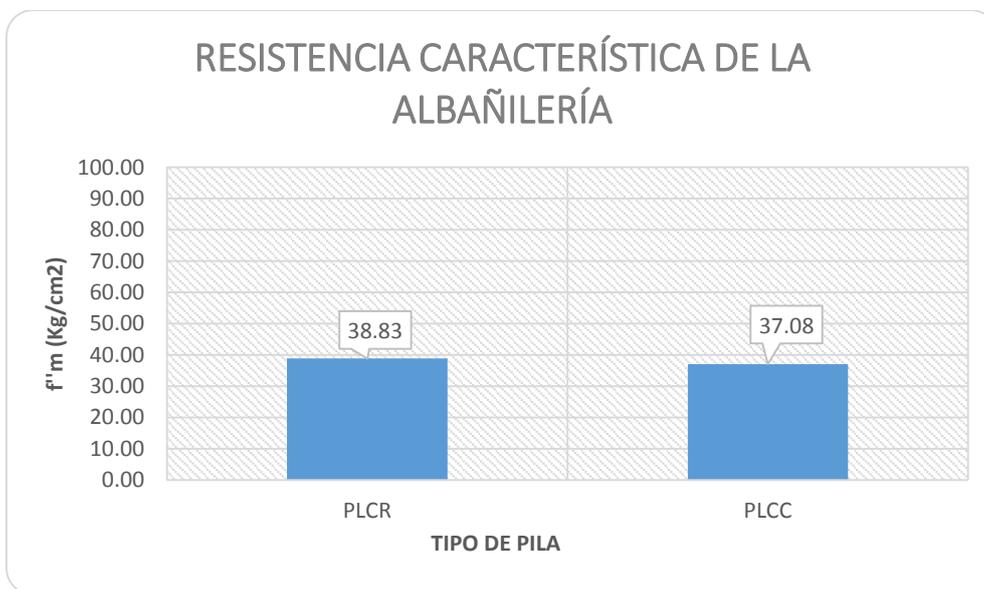
#### **4.3.1. Pilas de ladrillo King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba**

- ✓ Se construyeron 12 pilas, de acuerdo a la NTP 399.605, 6 por cada ladrillera, con juntas de 1.3 cm, dentro de los valores estipulados de 1 cm a 1.5 cm, por la NTP E070, debido a que las unidades no tienen alabeo excesivo. La pilas tuvieron las siguientes dimensiones en promedio, Ladrillera Rodríguez 12.05x22.06x55.12, Ladrillera el Ciprés 12.04x22.03x55.40 y fueron sometidas al ensayo de compresión axial, y corregidas por esbeltez de acuerdo a los factores dados por la NTP 399.605, determinándose la resistencia a compresión axial y módulo de elasticidad de la albañilería.
- ✓ La resistencia característica a compresión axial y el módulo de elasticidad de la albañilería de los ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la Ladrillera Rodríguez ( $f^m = 38.83 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $E_m = 26400.96 \text{ Kg/cm}^2$ ), son mayores que la de los ladrillos fabricados en la Ladrillera el Ciprés ( $f^m = 37.08 \text{ g/cm}^2$ ,  $E_m = 25291.36 \text{ Kg/cm}^2$ ), como se puede apreciar en los Gráfico 07 y 08.
- ✓ El módulo de elasticidad de la albañilería de los ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la Ladrillera Rodríguez y en la Ladrillera el Ciprés tiene una diferencia - 2.86 % y - 2.55 % respectivamente, comparado con la módulo de elasticidad calculado teóricamente de con la formula dado por la NTP E070 como se muestra en la Tabla 19.
- ✓ La resistencia características a compresión de la albañilería ( $f^m$ ), para los ladrillos fabricados en la Ladrillera Rodríguez y El Ciprés, son mayores en 10.94% y 5.94 % respectivamente, comparado con la resistencia característica para la albañilería de ladrillos King Kong de arcilla artesanales, cuyo valores es de 35 Kg/cm<sup>2</sup> según la NTP E070 (Tabla 9).
- ✓ Los tipos de fallas que se presentaron en las pilas fueron: falla ideal, falla por aplastamiento local y falla por aplastamiento por pandeo como se aprecian en las Fig. 25, 26, 27 y 28 en el Anexo N° VIII.

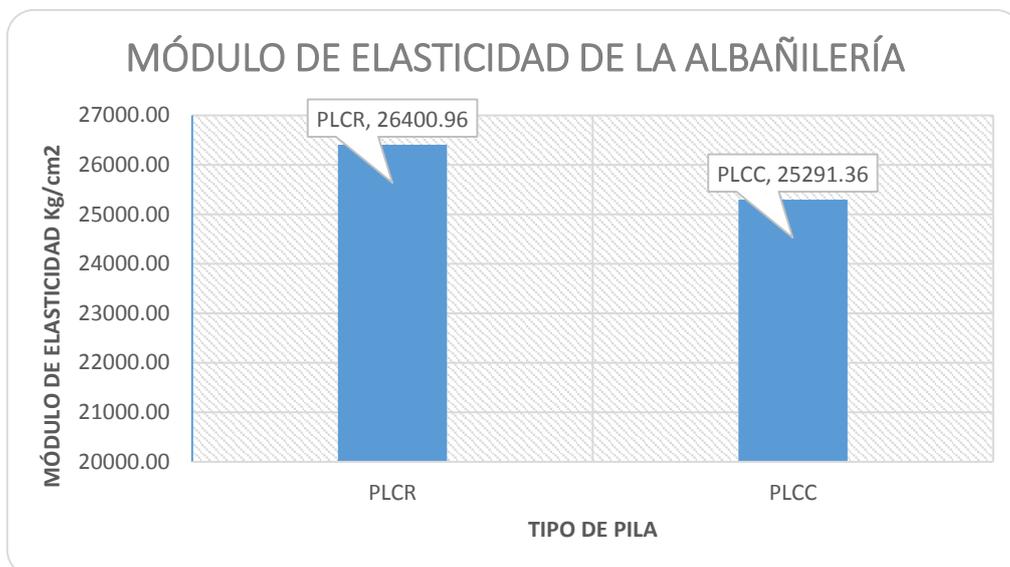
**Tabla 19. Resistencia característica a compresión y módulo de elasticidad de la albañilería de Ladrillos King Kong de concreto.**

Tipo de Unidad	f'm	Em	Em=700f'm	Em/f'm (Ensayo)	Em/f'm NTP E070	Diferencia con teórico NTP E.070
	Kg/cm2 (Ensayo)	Kg/cm2 (Ensayo)	Kg/cm2 NTP E.070			
PLCR	38.83	26400.96	27179.61	679.95	700.00	-2.86%
PLCC	37.08	25291.36	25952.86	682.16	700.00	-2.55%

**Gráfica 7. Resistencia característica de la albañilería de Ladrillos King Kong de concreto.**



**Gráfica 8. Módulo de elasticidad de la albañilería de Ladrillos King Kong de concreto.**



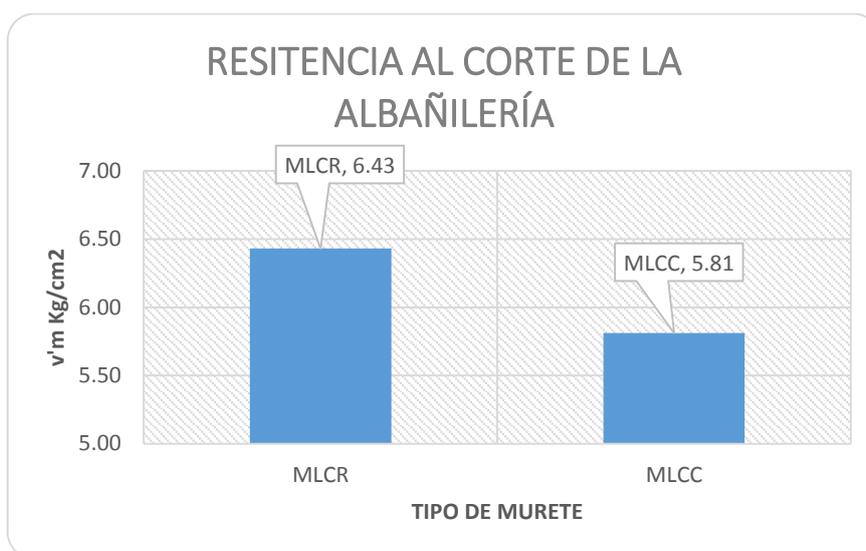
#### **4.3.2. Muretes de ladrillo King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba**

- ✓ Los muretes fueron construidos cumpliendo las dimensiones mínimas especificado por la NTP 399.621 de 60 cm x 60 cm, los muretes construidos tuvieron dimensiones aproximadas de 665x665 mm, con juntas de 1.3 cm. La mínima irregularidad que se presentó en las dimensiones fueron corregidas con el refrentado yeso cemento, los muretes fueron sometidos al ensayo de compresión diagonal, determinándose la resistencia al corte y el módulo de corte.
- ✓ La resistencia al corte y el módulo de corte de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la Ladrillera Rodríguez ( $v'm = 6.43 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $Gm = 7538.19 \text{ Kg/cm}^2$ ), es mayor que la albañilería de Ladrillos fabricados en la Ladrillera El Ciprés ( $v'm = 5.81 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $Gm = 6789.78 \text{ Kg/cm}^2$ ), como se puede apreciar en los gráficos N° 09 y 10.
- ✓ La resistencia característica al corte de los MLCR ( $v'm = 6.43 \text{ Kg/cm}^2$ ), es mayor que la resistencia al corte máxima ( $v'm \text{ Max} = 6.23 \text{ Kg/cm}^2$ ) calculada mediante la fórmula dado por NTP E070, por lo que para el diseño de la albañilería se adopta el valor  $v'm \text{ Max}$ .
- ✓ La resistencia característica al corte de los MLCC ( $v'm = 5.81 \text{ Kg/cm}^2$ ), es menor que la resistencia al corte máxima ( $v'm \text{ Max} = 6.09 \text{ Kg/cm}^2$ ) calculada mediante la fórmula dado por NTP E070, por lo que para el diseño de la albañilería se adopta el valor  $v'm$  obtenido del ensayo.
- ✓ Los módulos de elasticidad  $Gm$ , de los MLCR y MLCC están por debajo del calculado teóricamente con la fórmula dado por NTP E070, con una diferencia de -28.62 % y -32.88 % respectivamente como se muestra en la Tabla 20.
- ✓ La resistencia característica al corte, de la albañilería de ladrillos King Kong fabricados en la Ladrillera Rodríguez ( $v'm = 6.43 \text{ Kg/cm}^2$ ) y ladrillera el Ciprés ( $v'm = 5.81 \text{ Kg/cm}^2$ ), es mayor que la resistencia característica al corte de los ladrillos King Kong artesanales de arcilla ( $v'm = 5.1 \text{ Kg/cm}^2$ ) dado por la NTP E070 en la Tabla 9.
- ✓ Los tipos de falla que se presentaron en los muretes fueron: Falla mixta por corte y tracción diagonal, Falla mixta por tracción diagonal y corte escalonada y falla por tracción diagonal como se aprecia en las Fig. 33, 34, 35 y 36 Anexo VIII.

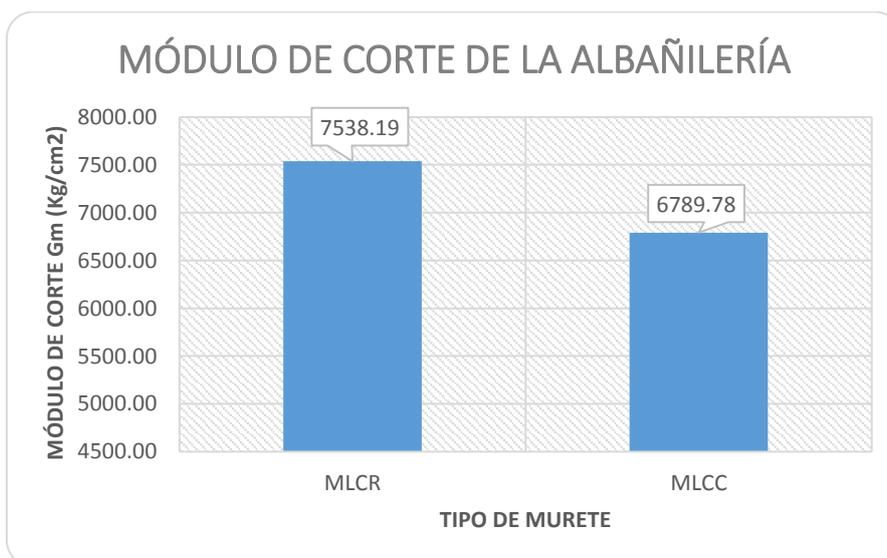
**Tabla 20. Resistencia al corte y módulo de corte de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto.**

Tipo de Unidad	v'm	f'm	Vm Max	v'm	Em	Gm	Gm	Diferencia con el teórico NTP E070
	ensayo	ensayo	$\sqrt{f'm}$	Diseño	ensayo	ensayo	0.4*Em	
	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	
MLCR	6.43	38.83	6.23	6.23	26400.96	7538.19	10560.38	-28.62%
MLCC	5.81	37.08	6.09	5.81	25291.36	6789.78	10116.54	-32.88%

**Gráfica 9. Resistencia al corte de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto.**



**Gráfica 10. Módulo de corte de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto.**



Analizando los resultados de las propiedades de las unidades y de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la Ladrillera Rodríguez y en la Ladrillera el Ciprés,  $f'b$ ,  $f'm$  y  $v'm$ , son mayores que los valores dados para la albañilería con ladrillo King Kong de arcilla artesanal por la NTP E070, cuyos valores son:  $f'b = 55 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $f'm = 35 \text{ Kg/cm}^2$  y  $v'm = 5.1 \text{ Kg/cm}^2$ , por lo que los ladrillos King Kong de concreto fabricados en la Ladrillera Rodríguez y Ladrillera el Ciprés, pueden ser usados para muros portantes hasta 2 pisos en las zonas sísmicas 2 y 3 y en todo el edificio en zona sísmica 1, según la NTP E070 (Tabla 2 Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales).

**Tabla 21. Propiedades de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto.**

Propiedad	Unid.	Ladrillera Rodríguez	Ladrillera El Ciprés
Resistencia a compresión axial ( $f'm$ )	Kg/cm <sup>2</sup>	38.83	37.08
Resistencia al corte ( $v'm$ )	Kg/cm <sup>2</sup>	6.43	5.81
Módulo de Elasticidad (Em)	Kg/cm <sup>2</sup>	26400.96	25291.36
Módulo de Corte (Gm)	Kg/cm <sup>2</sup>	7538.19	6789.78

#### 4.4. Agregado fino para mortero usado en la construcción de prismas de albañilería

Los resultados de los ensayos en el agregado fino se muestra en el cuadro N° 22, de los cuales podemos indicar que el Modulo de Fineza, cuyo valor es 2.46, está dentro del rango de 1.6 y 2.5 que indica la NTP E070, cumpliendo la granulometría de la arena gruesa que debe ser usada para mortero.

Los peso específicos calculados, nos han permitido calcular las proporciones exactas del mortero que se usó en la elaboración de pilas y muretes.

**Tabla 22. Características del Agregado Fino.**

Características		Valor	Unidad
Módulo de fineza	MF	2.46	
Peso unitario suelto seco	PUSS	1.51	gr/cm <sup>3</sup>
Peso unitario compactado seco	PUCS	1.66	gr/cm <sup>3</sup>
Peso específico de masa	Pem	2.60	gr/cm <sup>3</sup>
Peso específico de masa saturado con superficie seca	PeSSS	2.63	gr/cm <sup>3</sup>
Peso específico aparente	Pea	2.68	gr/cm <sup>3</sup>
Absorción	Abs	1.14	%
% de material más fino que pasa el tamiz n° 200		4.32	%

## 4.5. Mortero

### 4.5.1. Resistencia a compresión de especímenes de mortero tipo P2.

Los resultados que se muestran en la Tabla 23, del ensayo a compresión de especímenes de mortero tipo P2 cuya proporción es 1:5 y su uso es para muros portantes, según la NTP E 070, muestran una resistencia característica a compresión de 87.31 Kg/cm<sup>2</sup>, con un coeficiente de variación de 10%, haciendo aceptable la muestra, así mismo nos permite comparar la resistencia del mortero con la resistencia de las unidades de la albañilería, cuyos resultados son 81.88 Kg/cm<sup>2</sup> para las unidades fabricadas en la Ladrillera Rodríguez y 71.12 Kg/cm<sup>2</sup> para las unidades fabricadas en la Ladrillera El Ciprés, teniendo una variación de 6.63% (5.43 Kg/cm<sup>2</sup>) y 22.76 % (16.19 Kg/cm<sup>2</sup>) respectivamente; siendo esta variación relativamente baja, lo cual permite que la albañilería sea más homogénea con respecto a su resistencia.

**Tabla 23. Resultados del ensayo de compresión del mortero P2 (1:5)**

<i>Descripción</i>	<i>Valor</i>	
<i>Promedio resistencia <math>f_c</math></i>	9.51 MPa	96.97 Kg/cm <sup>2</sup>
<i>Desviación estándar <math>\sigma</math></i>	0.95 MPa	9.67 Kg/cm <sup>2</sup>
<i>Resistencia característica a compresión <math>f'_c</math></i>	8.56 MPa	87.31 Kg/cm <sup>2</sup>
<i>Coefficiente de variación (%)</i>	10.0%	10.0%

### 4.5.2. Ensayo de adherencia del mortero.

Los resultados del ensayo de adherencia, nos permite ver que la adherencia en tripletes elaborados con ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera Rodríguez resienten un mayor esfuerzo cortante ( $R_c = 8.91$  Kg/cm<sup>2</sup>), que en los tripletes fabricados con ladrillos fabricados en la ladrillera El Ciprés ( $R_c = 8.41$  Kg/cm<sup>2</sup>), indicando una mejor adherencia en la albañilería con ladrillos fabricados en la Ladrillera Rodríguez que con los ladrillos fabricados en la Ladrillera El Ciprés.

**Tabla 24. Resistencia al corte en ensayo de adherencia mortero ladrillo King Kong de concreto.**

<b>Tipo</b>	<b>Resistencia al corte</b>
	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>TLR</b>	8.91
<b>TLC</b>	8.41

#### **4.6. Contraste de la hipótesis**

De los resultados obtenidos podemos contrastar la hipótesis planteada la cual si cumple:  
La resistencia a compresión axial de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba, en la Ladrillera Rodríguez (LCR) y Ladrillera El Ciprés (LCC), es: 38.83 Kg/cm<sup>2</sup> y 37.08 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, siendo mayores que 35 Kg/cm<sup>2</sup> planteado en la hipótesis.

La resistencia a corte de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba, en la Ladrillera Rodríguez y Ladrillera El Ciprés, es: 6.43 Kg/cm<sup>2</sup> y 5.81 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, siendo mayores que 5.1 Kg/cm<sup>2</sup> planteado en la hipótesis.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- La resistencia a compresión axial de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba es mayor que 35 Kg/cm<sup>2</sup> y la resistencia a corte de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba es mayor que 5.1 Kg/cm<sup>2</sup>, por lo que se concluye que la hipótesis se cumple.
- La resistencia a compresión axial y resistencia a corte de la albañilería de ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba, en la Ladrillera Rodríguez es  $f'm = 38.83 \text{ Kg/cm}^2$  y  $v'm = 6.43 \text{ Kg/cm}^2$  y en la ladrillera El Ciprés es  $f'm = 37.08 \text{ Kg/cm}^2$  y  $v'm = 5.81 \text{ Kg/cm}^2$ .
- Las propiedades físicas y mecánicas más representativas de los ladrillos King Kong de concreto son: Resistencia a compresión: Ladrillera Rodríguez  $f'b = 81.88 \text{ Kg/cm}^2$  y ladrillera El Ciprés  $f'b = 71.12 \text{ Kg/cm}^2$ ; Variación dimensional: Ladrillera Rodríguez (Longitud 0.07%, Ancho: -0.40 %, Alto: 0.67 %) y Ladrillera El Ciprés (Longitud -0.12 %, Ancho: -0.01%, Alto: 0.38 %); Alabeo Ladrillera Rodríguez (Cóncavo: 1.79 mm y Convexo: 2.61 mm) y ladrillera El Ciprés (Cóncavo: 2.05 mm y Convexo: 2.61 mm).
- Los ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba, en la ladrillera Rodríguez y Ladrillera el Ciprés, se clasifican como Ladrillos II de acuerdo a la NTP E070, no pudiéndose clasificar de acuerdo a la NTP 399.601, debido a que su resistencia está por debajo de la resistencia mínima considerada para ser ladrillos tipo 10.
- Los ladrillos King Kong de concreto fabricados en la Ladrillera Rodríguez y Ladrillera el Ciprés, pueden ser usados para muros portantes hasta 2 pisos en las zonas sísmicas 2 y 3.

## **5.2. Recomendaciones**

- Realizar investigaciones comparativas de la influencia del espesor de junta en la resistencia a compresión axial y a corte de la albañilería con ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba.
- Realizar investigaciones sobre la influencia en la resistencia mecánica que tiene el uso de agregado de río, de cerro y la combinación como materia prima para la fabricación artesanal de ladrillos King Kong de concreto.
- Se recomienda seguir investigando en la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería producidas artesanalmente en las diferentes ciudades de nuestra región Cajamarca.

## CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afanador, Guerrero y Monroy, 2012. Propiedades Físicas y Mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería. Ocaña, Colombia. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. 43-58p.
- Baqueiro, Gómez, Varela, J. & Vargas, G. 2009. Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto. Mérida, México. Universidad Autónoma de Yucatán. 41-50p
- San Bartolomé y Angles, P. 2008: Comparación del comportamiento sísmico de muros confinados construidos con ladrillos de concreto y de arcilla. Tesis Ing. Civil, Lima, PUCP.
- Aguirre D. 2004. Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín. Tesis Magister Ing. Civil, Lima, PUCP
- Arrieta J. Freyre y Peñaherrera, E. 2001, Fabricación de Bloques de Concreto con una Mesa Vibradora. Lima, UNI - CISMID.
- San Bartolomé & Morante, A. 2008, Mejora de la Adherencia Mortero-Ladrillo de Concreto. Tesis Ing. Civil, Lima, PUCP.
- San Bartolomé, Quiun, D. y Silva, W. 2011, Diseño y Construcciones de estructuras Sismo resistentes de Albañilería, Lima. PUCP.
- Gallegos H. Casabonne, C. 2005. Albañilería Estructural, Lima. PUCP.
- Norma Técnica Peruana E070, 2006, Albañilería.
- NTP 399.601, 2016. Ladrillos de concreto, Requisitos.
- NTP 399.604, 2002. Métodos de muestreo y ensayos en las unidades de albañilería de concreto.
- NTP 399.605, 2013. Método de ensayo en pilas.
- NTP 399.621, 2004. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.

## CAPÍTULO VII: ANEXOS

### ANEXO I: Resultados de los ensayos de los ladrillos King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba.

*Tabla 25. Variabilidad de dimensiones efectivas de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera Rodríguez.*

<i>Dimensiones de fabricación:</i>																	
	<b>Largo: 220 mm</b>				<b>Ancho 120 mm</b>						<b>Alto: 100 mm</b>						
Especímen	Longitud Efectiva (mm)				Ancho Efectivo (mm)						Altura Efectiva (mm)						
	L1	L2	L3	L4	Lo	A1	A2	A3	A4	Ao	H1	H2	H3	H4	Ho		
LCR-01	219.00	219.00	222.00	219.00	<b>219.75</b>	119.00	121.00	121.00	121.00	<b>120.50</b>	100.00	100.00	99.00	100.00	<b>99.75</b>		
LCR-02	219.00	220.00	221.00	219.00	<b>219.75</b>	119.00	121.00	121.00	120.00	<b>120.25</b>	100.00	100.00	99.00	99.00	<b>99.50</b>		
LCR-03	220.00	219.00	220.00	220.00	<b>219.75</b>	119.00	120.00	121.00	120.00	<b>120.00</b>	98.00	99.00	99.00	99.00	<b>98.75</b>		
LCR-04	219.00	220.00	220.00	221.00	<b>220.00</b>	121.00	121.00	120.00	121.00	<b>120.75</b>	100.00	100.00	99.00	100.00	<b>99.75</b>		
LCR-05	218.00	219.00	221.00	220.00	<b>219.50</b>	119.00	121.00	122.00	121.00	<b>120.75</b>	100.00	100.00	100.00	99.00	<b>99.75</b>		
LCR-06	220.00	221.00	220.00	221.00	<b>220.50</b>	121.00	121.00	122.00	120.00	<b>121.00</b>	99.00	98.00	101.00	101.00	<b>99.75</b>		
LCR-07	219.00	220.00	221.00	220.00	<b>220.00</b>	120.00	121.00	121.00	121.00	<b>120.75</b>	97.00	99.00	97.00	100.00	<b>98.25</b>		
LCR-08	219.00	220.00	220.00	220.00	<b>219.75</b>	119.00	120.00	120.00	120.00	<b>119.75</b>	98.00	100.00	101.00	98.00	<b>99.25</b>		
LCR-09	218.00	220.00	221.00	219.00	<b>219.50</b>	119.00	121.00	121.00	121.00	<b>120.50</b>	98.00	99.00	100.00	99.00	<b>99.00</b>		
LCR-10	220.00	221.00	222.00	220.00	<b>220.75</b>	119.00	121.00	120.00	120.00	<b>120.00</b>	98.00	98.00	99.00	98.00	<b>98.25</b>		
LCR-11	218.00	220.00	220.00	219.00	<b>219.25</b>	119.00	120.00	122.00	121.00	<b>120.50</b>	98.00	99.00	98.00	97.00	<b>98.00</b>		
LCR-12	219.00	220.00	221.00	220.00	<b>220.00</b>	121.00	120.00	122.00	121.00	<b>121.00</b>	99.00	100.00	101.00	100.00	<b>100.00</b>		
LCR-13	219.00	220.00	222.00	220.00	<b>220.25</b>	120.00	120.00	121.00	120.00	<b>120.25</b>	102.00	100.00	102.00	102.00	<b>101.50</b>		
LCR-14	219.00	220.00	220.00	220.00	<b>219.75</b>	120.00	120.00	122.00	121.00	<b>120.75</b>	100.00	99.00	99.00	100.00	<b>99.50</b>		
LCR-15	219.00	219.00	219.00	220.00	<b>219.25</b>	119.00	121.00	121.00	121.00	<b>120.50</b>	100.00	99.00	99.00	98.00	<b>99.00</b>		
<b>Longitud efectiva promedio</b>	<b>Lp=</b>				<b>219.85</b>	<b>Ancho efectivo prom.</b>				<b>Ap =</b>	<b>120.48</b>	<b>Altura efectiva prom.</b>				<b>Hp=</b>	<b>99.33</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>σ =</b>				<b>0.42</b>	<b>Desviación estándar</b>				<b>σ =</b>	<b>0.37</b>	<b>Desviación estándar</b>				<b>σ =</b>	<b>0.87</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>C.V.</b>				<b>0.19%</b>	<b>Coefficiente de variación</b>				<b>c.v</b>	<b>0.31%</b>	<b>Coefficiente de variación (C.V.)</b>				<b>c.v</b>	<b>0.88%</b>
<b>Longitud de fabrica</b>	<b>L=</b>				<b>220</b>	<b>Ancho de fabrica</b>				<b>A=</b>	<b>120</b>	<b>Altura de fabrica</b>				<b>H=</b>	<b>100</b>
<b>Variación Dimensional</b>	<b>%=</b>				<b>0.07%</b>	<b>Variación Dimensional</b>				<b>%=</b>	<b>0.40%</b>	<b>Variación Dimensional</b>				<b>%=</b>	<b>0.67%</b>

**Tabla 26. Variabilidad de dimensiones efectivas de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera el Ciprés.**

Dimensiones de fabricación:																	
	<b>Largo: 220 mm</b>				<b>Ancho: 120 mm</b>						<b>Alto: 100 mm</b>						
Espécimen	Longitud Efectiva (mm)				Ancho Efectivo (mm)						Altura Efectiva (mm)						
	L1	L2	L3	L4	Lo	A1	A2	A3	A4	Ao	H1	H2	H3	H4	Ho		
LCC-01	221.00	221.00	221.00	220.00	<b>220.75</b>	120.00	121.00	122.00	120.00	<b>120.75</b>	97.00	99.00	101.00	100.00	<b>99.25</b>		
LCC-02	218.00	219.00	219.00	220.00	<b>219.00</b>	120.00	120.00	122.00	119.00	<b>120.25</b>	101.00	101.00	99.00	100.00	<b>100.25</b>		
LCC-03	218.00	220.00	223.00	220.00	<b>220.25</b>	119.00	119.00	121.00	120.00	<b>119.75</b>	98.00	98.00	98.00	99.00	<b>98.25</b>		
LCC-04	218.00	220.00	225.00	222.00	<b>221.25</b>	120.00	120.00	121.00	120.00	<b>120.25</b>	99.00	99.00	99.00	97.00	<b>98.50</b>		
LCC-05	220.00	220.00	221.00	220.00	<b>220.25</b>	120.00	120.00	121.00	120.00	<b>120.25</b>	101.00	101.00	102.00	101.00	<b>101.25</b>		
LCC-06	219.00	219.00	222.00	221.00	<b>220.25</b>	119.00	119.00	120.00	119.00	<b>119.25</b>	100.00	102.00	100.00	99.00	<b>100.25</b>		
LCC-07	218.00	221.00	221.00	220.00	<b>220.00</b>	120.00	119.00	121.00	120.00	<b>120.00</b>	102.00	99.00	99.00	102.00	<b>100.50</b>		
LCC-08	219.00	219.00	222.00	220.00	<b>220.00</b>	119.00	119.00	121.00	120.00	<b>119.75</b>	98.00	102.00	101.00	100.00	<b>100.25</b>		
LCC-09	219.00	221.00	222.00	222.00	<b>221.00</b>	121.00	120.00	122.00	120.00	<b>120.75</b>	98.00	99.00	98.00	98.00	<b>98.25</b>		
LCC-10	218.00	221.00	221.00	219.00	<b>219.75</b>	119.00	119.00	118.00	120.00	<b>119.00</b>	98.00	97.00	95.00	98.00	<b>97.00</b>		
LCC-11	220.00	220.00	221.00	220.00	<b>220.25</b>	120.00	120.00	122.00	120.00	<b>120.50</b>	100.00	100.00	100.00	101.00	<b>100.25</b>		
LCC-12	219.00	221.00	222.00	220.00	<b>220.50</b>	120.00	119.00	121.00	121.00	<b>120.25</b>	102.00	102.00	101.00	102.00	<b>101.75</b>		
LCC-13	218.00	220.00	220.00	220.00	<b>219.50</b>	119.00	119.00	120.00	120.00	<b>119.50</b>	100.00	100.00	98.00	101.00	<b>99.75</b>		
LCC-14	220.00	221.00	222.00	220.00	<b>220.75</b>	120.00	120.00	121.00	119.00	<b>120.00</b>	98.00	99.00	99.00	100.00	<b>99.00</b>		
LCC-15	220.00	220.00	222.00	220.00	<b>220.50</b>	119.00	120.00	121.00	120.00	<b>120.00</b>	99.00	101.00	98.00	101.00	<b>99.75</b>		
<b>Longitud efectiva promedio</b>	<b>Lp=</b>				<b>220.27</b>	<b>Ancho efectivo prom.</b>				<b>Ap =</b>	<b>120.02</b>	<b>Altura efectiva prom.</b>				<b>Hp=</b>	<b>99.62</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>σ =</b>				<b>0.58</b>	<b>Desviación estándar</b>				<b>σ =</b>	<b>0.50</b>	<b>Desviación estándar</b>				<b>σ =</b>	<b>1.25</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>C.V.</b>				<b>0.26%</b>	<b>Coefficiente de variación</b>				<b>C.V.</b>	<b>0.42%</b>	<b>Coefficiente de variación (C.V.)</b>				<b>c.v</b>	<b>1.26%</b>
<b>Longitud de fabrica</b>	<b>L=</b>				<b>220</b>	<b>Ancho de fabrica</b>				<b>A=</b>	<b>120</b>	<b>Altura de fabrica</b>				<b>H=</b>	<b>100</b>
<b>Variación Dimensional</b>	<b>%=</b>				<b>0.12%</b>	<b>Variación Dimensional</b>				<b>%=</b>	<b>0.01%</b>	<b>Variación Dimensional</b>				<b>%=</b>	<b>0.38%</b>

**Tabla 27. Alabeo de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera**

*Rodríguez.*

ESPECIMEN	CARA A		CARA B	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	(mm)		(mm)	
LCR-01		3	3	
LCR-02	1			2
LCR-03		1	2	
LCR-04		2	2	
LCR-05		1	2	
LCR-06	1			6
LCR-07	2			3
LCR-08	2			2
LCR-09	1			2
LCR-10		1	2	
LCR-11		3	1	
LCR-12	3			2
LCR-13		2		3
LCR-14	1			4
LCR-15		3		5
PROMEDIO	<b>CÓNCAVO</b>	<b>1.79</b>	<b>mm</b>	
	<b>CONVEXO</b>	<b>2.61</b>	<b>mm</b>	

**Tabla 28. Alabeo de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera El**

*Ciprés.*

ESPECIMEN	CARA A		CARA B	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	(mm)		(mm)	
LCC-01		3		2
LCC-02		5	2	
LCC-03		1	2	
LCC-04		2	2	
LCC-05	2		3	
LCC-06		3	3	
LCC-07		2		3
LCC-08		2	2	
LCC-09		2	1	
LCC-10		1	1	
LCC-11		2	3	
LCC-12		2		4
LCC-13		3		3
LCC-14		1	2	
LCC-15		2		3
PROMEDIO	<b>CÓNCAVO</b>	<b>2.05</b>	<b>mm</b>	
	<b>CONVEXO</b>	<b>2.61</b>	<b>mm</b>	

**Tabla 29. Resistencia a compresión de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera Rodríguez.**

Espécimen	peso (kg)	Lo (mm)	Ao (mm)	Ho (mm)	Carga Máx. (Tn)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'b (MPa)	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )
LCR-01	5.4682	219.75	120.50	99.75	32.00	264.80	11.86	120.85
LCR-02	5.4223	219.75	120.25	99.50	30.00	264.25	11.14	113.53
LCR-03	5.3455	219.75	120.00	98.75	28.00	263.70	10.42	106.18
LCR-04	5.4036	220.00	120.75	99.75	21.00	265.65	7.75	79.05
LCR-05	5.4341	219.50	120.75	99.75	28.50	265.05	10.55	107.53
LCR-06	5.3554	220.50	121.00	99.75	25.70	266.81	9.45	96.33
LCR-07	5.3662	220.00	120.75	98.25	29.00	265.65	10.71	109.17
LCR-08	5.2428	219.75	119.75	99.25	24.50	263.15	9.13	93.10
LCR-09	5.3290	219.50	120.50	99.00	20.80	264.50	7.71	78.64
LCR-10	5.3165	220.75	120.00	98.25	25.00	264.90	9.26	94.38
LCR-11	5.3051	219.25	120.50	98.00	23.00	264.20	8.54	87.06
LCR-12	5.5445	220.00	121.00	100.00	23.50	266.20	8.66	88.28
LCR-13	5.5331	220.25	120.25	101.50	18.75	264.85	6.94	70.79
LCR-14	5.3817	219.75	120.75	99.50	34.00	265.35	12.57	128.13
LCR-15	5.3474	219.25	120.50	99.00	26.00	264.20	9.65	98.41
Resistencia a la compresión Promedio						<b>fb</b>	<b>9.62</b>	<b>98.09</b>
Desviación estándar						<b><math>\sigma</math></b>	<b>1.59</b>	<b>16.22</b>
Resistencia característica a la compresión						<b>f'b</b>	<b>8.03</b>	<b>81.88</b>
Coeficiente de variación (%)						<b>C.V.</b>	<b>16.53%</b>	<b>16.53%</b>

**Tabla 30. Resistencia a compresión de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera El Ciprés.**

Espécimen	peso (kg)	Lo (mm)	Ao (mm)	Ho (mm)	Carga Máx. (Tn)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'b (MPa)	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )
LCC-01	5.5699	220.75	120.75	99.25	24.50	266.56	9.02	91.91
LCC-02	5.6867	219.00	120.25	100.25	18.80	263.35	7.00	71.39
LCC-03	5.4612	220.25	119.75	98.25	18.40	263.75	6.84	69.76
LCC-04	5.4321	221.25	120.25	98.50	19.00	266.05	7.01	71.41
LCC-05	5.5927	220.25	120.25	101.25	23.00	264.85	8.52	86.84
LCC-06	5.6448	220.25	119.25	100.25	23.00	262.65	8.59	87.57
LCC-07	5.6435	220.00	120.00	100.50	23.50	264.00	8.73	89.02
LCC-08	5.5662	220.00	119.75	100.25	25.50	263.45	9.50	96.79
LCC-09	5.3936	221.00	120.75	98.25	19.50	266.86	7.17	73.07
LCC-10	5.3389	219.75	119.00	97.00	21.50	261.50	8.07	82.22
LCC-11	5.6204	220.25	120.50	100.25	23.00	265.40	8.50	86.66
LCC-12	5.6852	220.50	120.25	101.75	24.00	265.15	8.88	90.51
LCC-13	5.4849	219.50	119.50	99.75	18.00	262.30	6.73	68.62
LCC-14	5.4154	220.75	120.00	99.00	19.50	264.90	7.22	73.61
LCC-15	5.6265	220.50	120.00	99.75	19.00	264.60	7.04	71.81
Resistencia a la compresión Promedio						<b>fb</b>	<b>7.92</b>	<b>80.75</b>
Desviación estándar						<b><math>\sigma</math></b>	<b>0.94</b>	<b>9.63</b>
Resistencia característica a la compresión						<b>f'b</b>	<b>6.98</b>	<b>71.12</b>
Coeficiente de variación (%)						<b>C.V.</b>	<b>11.93%</b>	<b>11.93%</b>

**Tabla 31. Absorción, contenido de humedad y peso específico de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera Rodríguez.**

Espécimen	Wr (Kg)	Wi (Kg)	Ws (Kg)	Wd (Kg)	Absorción (Kg/m3)	Absorción (%)	Cont. de humedad (%)	Densidad (D), Kg/m3
LCR-01	5.4150	3.1503	5.6161	5.3458	109.62	5.06	25.60	2167.98
LCR-02	5.3950	3.0675	5.5898	5.3256	104.75	4.96	26.27	2111.41
LCR-03	5.3900	3.2170	5.6083	5.3071	125.96	5.68	27.52	2219.34
LCR-04	5.1300	3.0437	5.3535	5.0435	134.21	6.15	27.90	2183.52
LCR-05	5.3900	3.2186	5.5924	5.3122	118.04	5.27	27.77	2237.85
LCR-06	5.4015	3.2215	5.6031	5.3326	113.58	5.07	25.47	2239.08
LCR-07	5.1689	2.9625	5.4100	5.0650	140.96	6.81	30.12	2069.46
LCR-08	5.3600	3.1895	5.5846	5.2750	129.26	5.87	27.45	2202.41
LCR-09	5.4117	3.1225	5.6000	5.3250	111.00	5.16	31.53	2149.34
LCR-10	5.3426	3.1589	5.5789	5.2780	124.34	5.70	21.47	2180.99
LCR-11	5.3993	3.1175	5.5900	5.3100	113.25	5.27	31.89	2147.62
LCR-12	5.3851	3.1427	5.5489	5.3051	101.30	4.59	32.80	2204.78
LCR-13	5.4026	3.1386	5.5918	5.3299	106.76	4.91	27.76	2172.63
LCR-14	5.3909	3.1125	5.5900	5.3000	117.05	5.47	31.34	2139.25
LCR-15	5.5098	3.2125	5.7300	5.4400	115.19	5.33	24.07	2160.87
Promedio					<b>117.68</b>	<b>5.42</b>	<b>27.93</b>	<b>2172.44</b>
Desviación estándar					<b>11.24</b>	<b>0.56</b>	<b>3.16</b>	<b>46.13</b>
Coeficiente de Variación (C.V.)					<b>9.55%</b>	<b>10.26%</b>	<b>11.33%</b>	<b>2.12%</b>

**Tabla 32. Absorción, contenido de humedad y peso específico de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera El Ciprés.**

Espécimen	Wr (Kg)	Wi (Kg)	Ws (Kg)	Wd (Kg)	Absorción (Kg/m3)	Absorción (%)	Cont. de humedad (%)	Densidad (D), Kg/m3
LCC-01	5.6326	3.258	5.850	5.520	127.29	5.98	34.12	2129.22
LCC-02	5.5593	3.233	5.795	5.465	128.78	6.04	28.58	2132.68
LCC-03	5.6150	3.308	5.845	5.555	114.29	5.22	20.69	2189.16
LCC-04	5.4398	3.163	5.560	5.348	88.43	3.96	43.30	2230.66
LCC-05	5.4144	3.143	5.675	5.330	136.23	6.47	24.46	2104.64
LCC-06	5.6060	3.294	5.816	5.510	121.27	5.55	31.33	2185.10
LCC-07	5.6215	3.275	5.835	5.546	112.89	5.21	26.12	2166.41
LCC-08	5.2835	3.073	5.530	5.208	131.03	6.18	23.45	2119.23
LCC-09	5.4102	3.098	5.612	5.325	114.18	5.39	29.69	2118.54
LCC-10	5.3238	3.083	5.570	5.230	136.68	6.50	27.59	2102.51
LCC-11	5.4415	3.130	5.632	5.316	126.11	5.93	39.78	2124.94
LCC-12	5.5523	3.218	5.795	5.460	129.97	6.14	27.55	2118.33
LCC-13	5.4216	3.105	5.620	5.345	109.34	5.14	27.85	2125.25
LCC-14	5.4185	3.148	5.655	5.320	133.60	6.30	29.40	2121.64
LCC-15	5.4579	3.173	5.720	5.365	139.35	6.62	26.17	2105.99
Promedio					<b>123.30</b>	<b>5.78</b>	<b>29.34</b>	<b>2138.29</b>
Desviación estándar					<b>13.51</b>	<b>0.70</b>	<b>5.94</b>	<b>37.27</b>
Coeficiente de Variación (C.V.)					<b>10.96%</b>	<b>12.18%</b>	<b>20.24%</b>	<b>1.74%</b>

**Tabla 33: Succión de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera Rodríguez.**

CARA SUPERIOR DE ASIENTO (LCR)						
Espécimen	Pseco (g)	Pmojado(g)	A (cm)	L (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	S
LCR-01	5345.80	5370.00	12.050	21.98	264.80	18.28
LCR-02	5325.60	5351.00	12.025	21.98	264.25	19.22
LCR-03	5307.10	5330.00	12.000	21.98	263.70	17.37
LCR-04	5043.80	5065.00	12.075	22.00	265.65	15.96
LCR-05	5312.20	5338.00	12.075	21.95	265.05	19.47
S (g/minuto/200cm <sup>2</sup> ) Promedio					<b>S</b>	<b>18.06</b>
Desviación estándar					<b>σ</b>	<b>1.44</b>
Coeficiente de variación.					<b>C.V.</b>	<b>7.96%</b>
CARA INFERIOR DE ASIENTO (LCR)						
Espécimen	Pseco (g)	Pmojado(g)	A (cm)	L (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	S
LCR-01	5332.60	5356.800	12.100	22.05	266.81	18.14
LCR-02	5065.00	5090.000	12.075	22.00	265.65	18.82
LCR-03	5275.00	5297.000	11.975	21.98	263.15	16.72
LCR-04	5325.00	5345.000	12.050	21.95	264.50	15.12
LCR-05	5278.00	5301.000	12.000	22.08	264.90	17.37
Promedio					<b>S</b>	<b>17.23</b>
Desviación estándar					<b>σ</b>	<b>1.42</b>
Coeficiente de variación.					<b>C.V.</b>	<b>8.25%</b>
CARA LATERAL (LCR)						
Espécimen	Pseco (g)	Pmojado(g)	A (cm)	H (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	S
LCR-01	5310.00	5320.000	12.050	9.80	118.09	16.94
LCR-02	5305.14	5317.000	12.100	10.00	121.00	19.60
LCR-03	5329.90	5341.900	12.025	10.15	122.05	19.66
LCR-04	5300.00	5310.000	12.075	9.95	120.15	16.65
LCR-05	5440.00	5451.000	12.050	9.90	119.30	18.44
S (g/minuto/200cm <sup>2</sup> ) Promedio					<b>S</b>	<b>18.26</b>
Desviación estándar					<b>σ</b>	<b>1.43</b>
Coeficiente de variación.					<b>C.V.</b>	<b>7.82%</b>

**Tabla 34. Succión de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera El Ciprés.**

CARA - SUPERIOR DE ASIENTO (LCC)						
Espécimen	Pseco (g)	Pmojado(g)	A (cm)	L (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	S
LCC-01	5520.00	5545.00	12.075	22.08	266.56	18.76
LCC-02	5465.00	5490.00	12.025	21.90	263.35	18.99
LCC-03	5555.00	5581.00	11.975	22.03	263.75	19.72
LCC-04	5348.00	5370.00	12.025	22.13	266.05	16.54
LCC-05	5330.00	5357.00	12.025	22.03	264.85	20.39
S (g/minuto/200cm <sup>2</sup> ) Promedio					<b>S</b>	<b>18.88</b>
Desviación estándar					<b>σ</b>	<b>1.46</b>
Coeficiente de variación.					<b>C.V.</b>	<b>7.72%</b>
CARA - INFERIOR DE ASIENTO (LCC)						
Espécimen	Pseco (g)	Pojado(g)	A (cm)	L (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	S
LCC-01	5208.00	5233.000	11.98	22.00	263.45	18.98
LCC-02	5365.00	5390.000	12.00	22.10	265.20	18.85
LCC-03	5348.00	5370.000	12.03	21.98	264.25	16.65
LCC-04	5546.00	5572.000	12.00	22.03	264.30	19.67
LCC-05	5510.20	5538.000	11.93	22.05	262.95	21.15
S (g/minuto/200cm <sup>2</sup> ) Promedio					<b>S</b>	<b>19.06</b>
Desviación estándar					<b>σ</b>	<b>1.63</b>
Coeficiente de variación.					<b>C.V.</b>	<b>8.53%</b>
CARA - INFERIOR DE ASIENTO (LCC)						
Espécimen	Pseco (g)	Pmojado(g)	A (cm)	H (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	S
LCC-01	5230.00	5242.000	11.900	9.700	115.43	20.79
LCC-02	5460.00	5472.000	12.025	10.025	120.55	19.91
LCC-03	5345.00	5357.000	12.075	10.175	122.86	19.53
LCC-04	5320.00	5331.000	12.000	9.975	119.70	18.38
LCC-05	5325.00	5338.000	11.950	9.900	118.31	21.98
S (g/minuto/200cm <sup>2</sup> ) Promedio					<b>S</b>	<b>20.12</b>
Desviación estándar					<b>σ</b>	<b>1.35</b>
Coeficiente de variación.					<b>C.V.</b>	<b>6.72%</b>

**ANEXO II: Resultados de los ensayos en pilas de ladrillo King Kong de concreto  
fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba.**

**Tabla 35. Resistencia característica ( $f'm$ ) de ladrillos King Kong de concreto fabricados  
en la ladrillera Rodríguez.**

Especimen	Dimensiones			Esbeltez	P. Max	Área	fm	FC	fm corregida
	L (cm)	t (cm)	H (cm)						
<b>PLCR-01</b>	22.00	12.05	55.55	4.61	10020.00	265.07	37.80	1.193	45.09
<b>PLCR-02</b>	22.05	12.03	55.20	4.59	9430.00	265.21	35.56	1.191	42.36
<b>PLCR-03</b>	22.17	12.03	55.10	4.58	9120.00	266.59	34.21	1.191	40.73
<b>PLCR-04</b>	22.02	12.10	55.05	4.55	9000.00	266.27	33.80	1.189	40.17
<b>PLCR-05</b>	22.17	12.04	55.10	4.58	9840.00	266.80	36.88	1.190	43.90
<b>PLCR-06</b>	22.05	12.05	54.75	4.54	8550.00	265.71	32.18	1.188	38.23
<b>PLCR-07</b>	22.03	12.05	55.00	4.57	9650.00	265.31	36.37	1.190	43.27
<b>PLCR-08</b>	22.15	12.03	55.40	4.61	9250.00	266.44	34.72	1.192	41.40
<b>PLCR-09</b>	22.02	12.06	55.00	4.56	9000.00	265.55	33.89	1.189	40.31
<b>PLCR-10</b>	22.00	12.03	55.05	4.57	8300.00	264.73	31.35	1.190	37.32
fm promedio Kg/cm2									<b>41.28</b>
Desviación estándar Kg/cm2									<b>2.45</b>
Resistencia característica $f'm$									<b>38.83</b>
Coeficiente de variación %									<b>5.93%</b>

**Tabla 36. Resistencia característica ( $f'm$ ) de ladrillos King Kong de concreto fabricados  
en la ladrillera El Ciprés.**

Especimen	Dimensiones			Esbeltez	P. Max	Área	fm	FC	fm corregida
	L (cm)	t (cm)	H (cm)						
<b>PLCC-01</b>	22.03	12.04	55.10	4.58	9380.00	265.20	35.37	1.190	42.10
<b>PLCC-02</b>	22.03	12.05	55.55	4.61	8350.00	265.43	31.46	1.193	37.52
<b>PLCC-03</b>	22.04	12.03	55.10	4.58	9450.00	265.12	35.64	1.191	42.44
<b>PLCC-04</b>	22.02	12.03	55.45	4.61	9080.00	264.86	34.28	1.193	40.89
<b>PLCC-05</b>	22.03	12.05	55.50	4.61	8920.00	265.38	33.61	1.192	40.08
<b>PLCC-06</b>	22.02	12.03	55.60	4.62	9150.00	264.80	34.55	1.194	41.24
<b>PLCC-07</b>	22.04	12.04	55.00	4.57	8430.00	265.40	31.76	1.190	37.79
<b>PLCC-08</b>	22.05	12.05	55.55	4.61	9050.00	265.66	34.07	1.193	40.63
<b>PLCC-09</b>	22.06	12.04	55.55	4.62	8100.00	265.47	30.51	1.193	36.40
<b>PLCC-10</b>	22.02	12.04	55.55	4.61	7950.00	265.11	29.99	1.193	35.77
fm promedio Kg/cm2									<b>39.49</b>
Desviación estándar Kg/cm2									<b>2.41</b>
Resistencia característica $f'm$									<b>37.08</b>
Coeficiente de variación %									<b>6.11%</b>

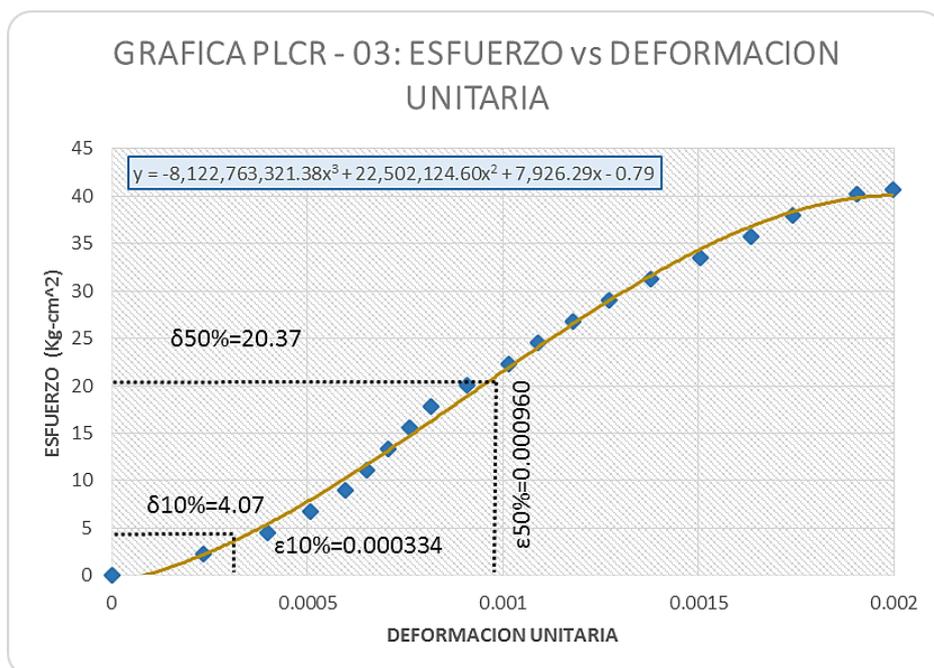
**Tabla 37. Módulo de Elasticidad de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera Rodríguez.**

Espécimen	Esfuerzo	Carga Axial ( $\delta$ )		Deformación unitaria		Módulo de Elasticidad
	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b><math>\delta</math>10%</b>	<b><math>\delta</math>50%</b>	<b><math>\epsilon</math> 10%</b>	<b><math>\epsilon</math> 50%</b>	<b>Em (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>PLCR-01</b>	45.09	4.51	22.54	0.0002710	0.0009410	26917.95
<b>PLCR-02</b>	42.36	4.24	21.18	0.000372	0.000963	28668.71
<b>PLCR-03</b>	40.73	4.07	20.37	0.000334	0.000960	26027.54
<b>PLCR-04</b>	40.17	4.02	20.09	0.000271	0.000848	27850.88
<b>PLCR-05</b>	43.90	4.39	21.95	0.000311	0.001046	23893.80
<b>PLCR-06</b>	38.23	3.82	19.11	0.000199	0.000770	26779.73
<b>PLCR-07</b>	43.27	4.33	21.63	0.000256	0.000910	26463.95
<b>PLCR-08</b>	41.40	4.14	20.70	0.000260	0.000916	25241.32
<b>PLCR-09</b>	40.31	4.03	20.15	0.000275	0.000879	26692.68
<b>PLCR-10</b>	37.32	3.73	18.66	0.000260	0.000846	25472.99
				Promedio Em (kg/cm <sup>2</sup> )		<b>26400.96</b>

**Tabla 38. Esfuerzo y deformación unitaria PLCR - 03.**

<b>PLCR-03</b>					
<b>Ancho (cm)</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Alto (cm)</b>	<b>FC</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	
<b>12.03</b>	22.17	55.10	1.191	266.590	
<b>Carga (Tn)</b>	<b>Carga (Kg)</b>	<b>Deformación</b>	<b>FC</b>	<b>Esfuerzo (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Defor. Unit.</b>
<b>0.00</b>	0	0.000	1.191	0.00	0.00000
<b>0.50</b>	500	0.013	1.191	2.23	0.00024
<b>1.00</b>	1000	0.022	1.191	4.47	0.00040
<b>1.50</b>	1500	0.028	1.191	6.70	0.00051
<b>2.00</b>	2000	0.033	1.191	8.93	0.00060
<b>2.50</b>	2500	0.036	1.191	11.17	0.00065
<b>3.00</b>	3000	0.039	1.191	13.40	0.00071
<b>3.50</b>	3500	0.042	1.191	15.63	0.00076
<b>4.00</b>	4000	0.045	1.191	17.87	0.00082
<b>4.50</b>	4500	0.050	1.191	20.10	0.00091
<b>5.00</b>	5000	0.056	1.191	22.33	0.00102
<b>5.50</b>	5500	0.060	1.191	24.56	0.00109
<b>6.00</b>	6000	0.065	1.191	26.80	0.00118
<b>6.50</b>	6500	0.070	1.191	29.03	0.00127
<b>7.00</b>	7000	0.076	1.191	31.26	0.00138
<b>7.50</b>	7500	0.083	1.191	33.50	0.00151
<b>8.00</b>	8000	0.090	1.191	35.73	0.00163
<b>8.50</b>	8500	0.096	1.191	37.96	0.00174
<b>9.00</b>	9000	0.105	1.191	40.20	0.00191
<b>9.12</b>	9120	0.110	1.191	40.73	0.00200

**Gráfica 11. Esfuerzo vs deformación unitaria PLCR – 03.**



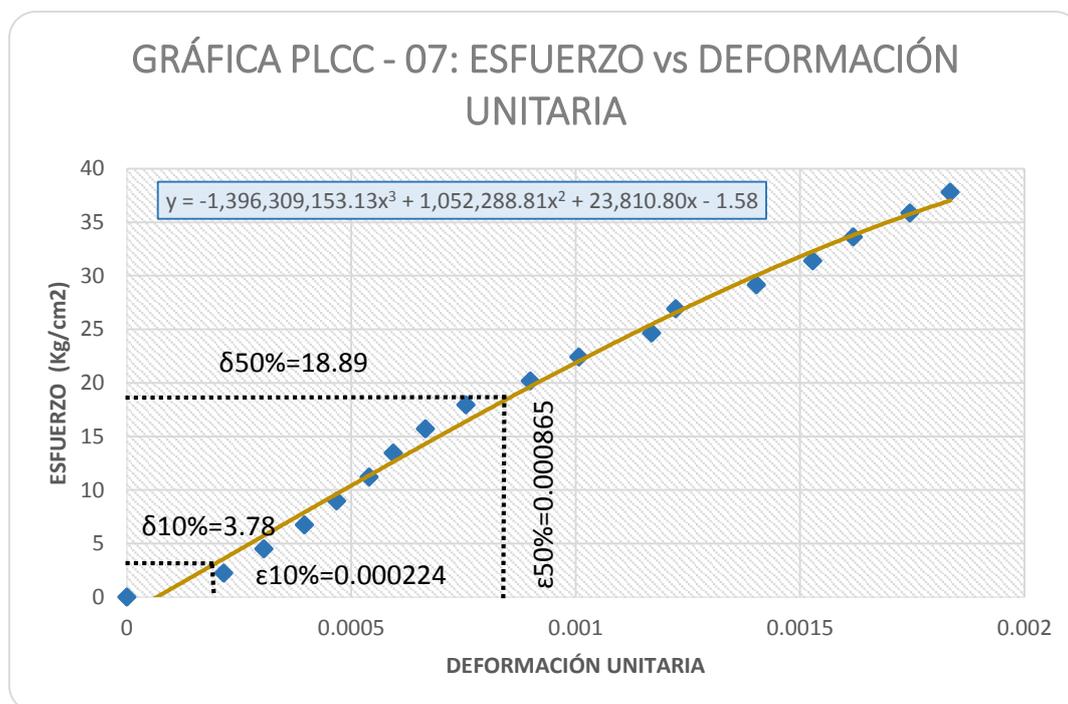
**Tabla 39. Módulo de Elasticidad de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera El Ciprés.**

Especimen	Esfuerzo	Carga Axial ( $\delta$ )		Deformación unitaria		Módulo de Elasticidad
	Kg/cm <sup>2</sup>	$\delta$ 10%	$\delta$ 50%	$\epsilon$ 10%	$\epsilon$ 50%	Em (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>PLCC-01</b>	42.10	4.21	21.05	0.000211	0.000911	24057.52
<b>PLCC-02</b>	37.52	3.75	18.76	0.000185	0.000768	25741.65
<b>PLCC-03</b>	42.44	4.24	21.22	0.000255	0.000914	25752.22
<b>PLCC-04</b>	40.89	4.09	20.44	0.000208	0.000877	24445.74
<b>PLCC-05</b>	40.08	4.01	20.04	0.000209	0.000800	27127.18
<b>PLCC-06</b>	41.24	4.12	20.62	0.000326	0.000971	25577.62
<b>PLCC-07</b>	37.79	3.78	18.89	0.000224	0.000865	23580.13
<b>PLCC-08</b>	40.63	4.06	20.31	0.000279	0.000891	26554.88
<b>PLCC-09</b>	36.40	3.64	18.20	0.000239	0.000802	25863.74
<b>PLCC-10</b>	35.77	3.58	17.89	0.000203	0.000794	24212.88
Promedio Em (kg/cm <sup>2</sup> )						<b>25291.36</b>

**Tabla 40. Esfuerzo y deformación unitaria PLCC – 07.**

PLCC-07					
Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	FC	Área (cm <sup>2</sup> )	
12.04	22.04	55.00	1.190	265.401	
Carga (Tn)	Carga (Kg)	Deformación	FC	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Defor. Unit.
0.00	0	0.000	1.190	0.00	0.00000
0.50	500	0.012	1.190	2.24	0.00022
1.00	1000	0.017	1.190	4.48	0.00031
1.50	1500	0.022	1.190	6.72	0.00040
2.00	2000	0.026	1.190	8.96	0.00047
2.50	2500	0.030	1.190	11.21	0.00054
3.00	3000	0.033	1.190	13.45	0.00059
3.50	3500	0.037	1.190	15.69	0.00067
4.00	4000	0.042	1.190	17.93	0.00076
4.50	4500	0.050	1.190	20.17	0.00090
5.00	5000	0.056	1.190	22.41	0.00101
5.50	5500	0.065	1.190	24.65	0.00117
6.00	6000	0.068	1.190	26.89	0.00122
6.50	6500	0.078	1.190	29.14	0.00140
7.00	7000	0.085	1.190	31.38	0.00153
7.50	7500	0.090	1.190	33.62	0.00162
8.00	8000	0.097	1.190	35.86	0.00174
8.43	8430	0.102	1.190	37.79	0.00183

**Gráfica 12: Esfuerzo vs deformación unitaria PLCC – 07.**



**ANEXO III: Resultados de los ensayos en muretes de ladrillo King Kong de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba.**

**Tabla 41. Resistencia característica al corte de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera Rodríguez.**

Espécimen	Peso (Kg)	Dimensiones			P. Max Kg	Área cm <sup>2</sup>	Vm		
		L (cm)	A (cm)	H (cm)			kg/cm <sup>2</sup>		
MLCR-01	61.99	67.10	12.13	66.25	8400	808.43	7.35		
MLCR-02	62.24	67.40	12.05	65.90	9300	803.13	8.19		
MLCR-03	61.84	66.60	12.21	66.15	7300	810.44	6.37		
MLCR-04	62.64	67.20	12.39	66.65	9400	829.20	8.01		
MLCR-05	62.14	66.35	12.38	65.95	7100	818.94	6.13		
MLCR-06	61.64	66.85	12.17	65.90	8800	807.45	7.71		
<b>Vm Promedio</b>							7.29	kg/cm <sup>2</sup>	
<b>Desviación estándar</b>							0.86	kg/cm <sup>2</sup>	
<b>Resistencia característica al corte v'm</b>							6.43	kg/cm <sup>2</sup>	
<b>Coficiente de variación</b>							11.80	%	

**Tabla 42. Resistencia característica al corte de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera El Ciprés.**

Espécimen	Peso (Kg)	Dimensiones			P. Max Kg	Área cm <sup>2</sup>	vm		
		L (cm)	A (cm)	H (cm)			kg/cm <sup>2</sup>		
MLCC-01	67.55	66.75	12.51	66.35	8200	832.21	6.97		
MLCC-02	67.85	67.05	12.19	66.25	7340	812.13	6.39		
MLCC-03	67.95	67.00	12.25	66.55	8400	817.66	7.26		
MLCC-04	67.70	67.15	12.23	66.20	6800	815.10	5.90		
MLCC-05	67.45	66.70	12.17	66.40	6610	809.91	5.77		
MLCC-06	67.15	66.90	12.30	66.55	7150	820.72	6.16		
<b>Vm Promedio</b>							6.41	kg/cm <sup>2</sup>	
<b>Desviación estándar</b>							0.60	kg/cm <sup>2</sup>	
<b>Resistencia característica al corte v'm</b>							5.81	kg/cm <sup>2</sup>	
<b>Coficiente de variación</b>							9.29	%	

**Tabla 43. Módulo de corte de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera Rodríguez.**

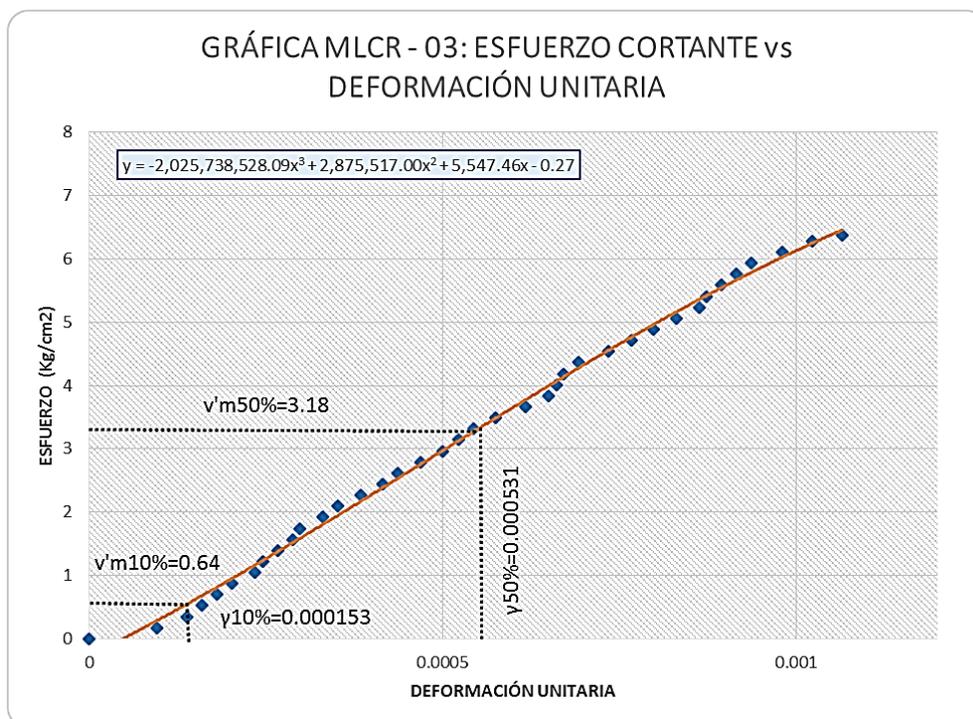
Especímen	V <sub>m</sub>	Δv <sub>m</sub> (10%)	Δv <sub>m</sub> (50%)	Δv <sub>m</sub>	Δy (10%)	Δy (50%)	Δy	Módulo de Corte (Gm)
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	cm/cm	cm/cm	cm/cm	kg/cm <sup>2</sup>
<b>MLCR-01</b>	7.35	0.73	3.67	2.94	0.000247	0.000646	0.00040	7364.46
<b>MLCR-02</b>	8.19	0.82	4.09	3.27	0.000240	0.000625	0.00039	8505.79
<b>MLCR-03</b>	6.37	0.64	3.18	2.55	0.000153	0.000531	0.00038	6738.92
<b>MLCR-04</b>	8.01	0.80	4.01	3.21	0.000260	0.000675	0.00041	7728.74
<b>MLCR-05</b>	6.13	0.61	3.06	2.45	0.000135	0.000490	0.00036	6906.51
<b>MLCR-06</b>	7.71	0.77	3.85	3.08	0.000224	0.000610	0.00039	7984.69
<i>PROMEDIO Gm (Kg/cm<sup>2</sup>)</i>								<b>7538.19</b>

**Tabla 44. Esfuerzo cortante y deformación unitaria MLCR – 03.**

<b>MLCR-03</b>					
L (cm)	A (cm)	H (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )		
<b>66.60</b>	12.21	66.15	810.439		
Carga (Tn)	Carga (Kg)	Deformación Vertical (cm)	Deformación Horizontal (cm)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Defor. Unit. (cm/cm)
<b>0.00</b>	0	0.000	0.000	0.00	0.00000
<b>0.20</b>	200	0.005	0.004	0.17	0.00010
<b>0.40</b>	400	0.007	0.006	0.35	0.00014
<b>0.60</b>	600	0.008	0.007	0.52	0.00016
<b>0.80</b>	800	0.009	0.008	0.70	0.00018
<b>1.00</b>	1000	0.010	0.009	0.87	0.00020
<b>1.20</b>	1200	0.012	0.010	1.05	0.00023
<b>1.40</b>	1400	0.013	0.010	1.22	0.00025
<b>1.60</b>	1600	0.014	0.011	1.40	0.00027
<b>1.80</b>	1800	0.015	0.012	1.57	0.00029
<b>2.00</b>	2000	0.015	0.013	1.74	0.00030
<b>2.20</b>	2200	0.016	0.015	1.92	0.00033
<b>2.40</b>	2400	0.017	0.016	2.09	0.00035
<b>2.60</b>	2600	0.018	0.018	2.27	0.00038
<b>2.80</b>	2800	0.020	0.019	2.44	0.00042
<b>3.00</b>	3000	0.021	0.020	2.62	0.00044
<b>3.20</b>	3200	0.023	0.021	2.79	0.00047
<b>3.40</b>	3400	0.024	0.023	2.97	0.00050
<b>3.60</b>	3600	0.025	0.024	3.14	0.00052
<b>3.80</b>	3800	0.026	0.025	3.31	0.00054
<b>4.00</b>	4000	0.028	0.026	3.49	0.00058
<b>4.20</b>	4200	0.030	0.028	3.66	0.00062

4.40	4400	0.031	0.030	3.84	0.00065
4.60	4600	0.031	0.031	4.01	0.00066
4.80	4800	0.032	0.031	4.19	0.00067
5.00	5000	0.033	0.032	4.36	0.00069
5.20	5200	0.035	0.034	4.54	0.00074
5.40	5400	0.036	0.036	4.71	0.00077
5.60	5600	0.037	0.038	4.89	0.00080
5.80	5800	0.038	0.040	5.06	0.00083
6.00	6000	0.040	0.041	5.23	0.00086
6.20	6200	0.040	0.042	5.41	0.00087
6.40	6400	0.041	0.043	5.58	0.00089
6.60	6600	0.042	0.044	5.76	0.00092
6.80	6800	0.043	0.045	5.93	0.00094
7.00	7000	0.045	0.047	6.11	0.00098
7.20	7200	0.047	0.049	6.28	0.00102
7.30	7300	0.050	0.050	6.37	0.00107

**Gráfica 13: Esfuerzo cortante vs deformación unitaria MLCR – 03.**



**Tabla 45. Módulo de corte de ladrillos King Kong de concreto fabricados en la ladrillera El Ciprés.**

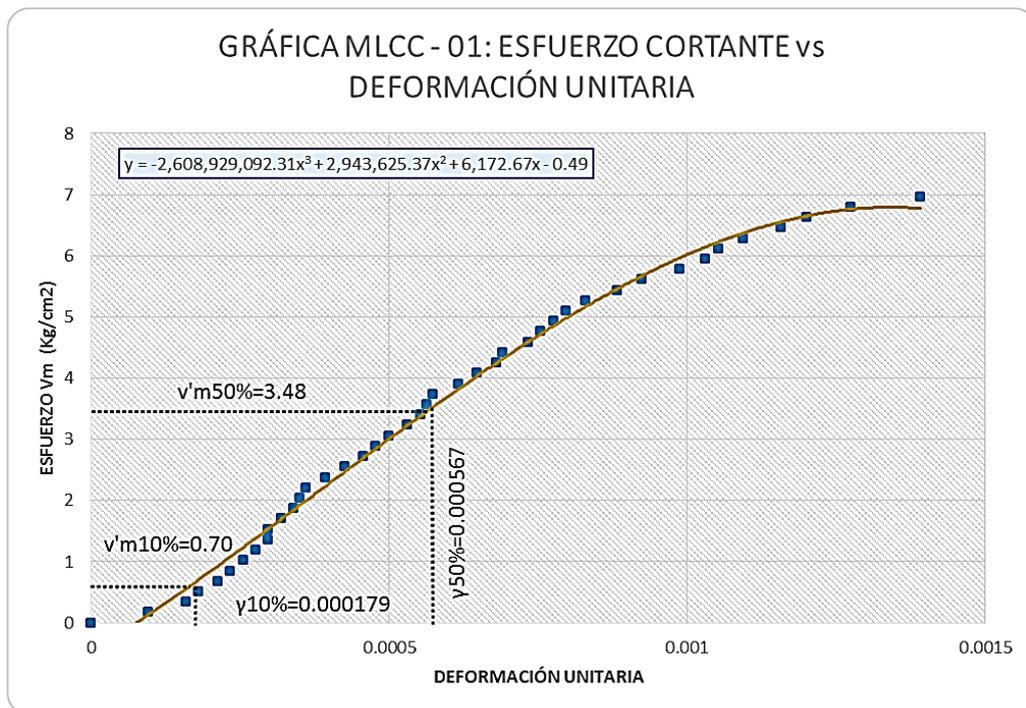
Especímen	Vm	$\Delta v_m$ (10%)	$\Delta v_m$ (50%)	$\Delta v_m$	$\Delta y$ (10%)	$\Delta y$ (50%)	$\Delta y$	Módulo de Corte (Gm)
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	cm/cm	cm/cm	cm/cm	kg/cm <sup>2</sup>
MLCC-01	6.97	0.70	3.48	2.79	0.000179	0.000567	0.000388	7181.74
MLCC-02	6.39	0.64	3.19	2.56	0.000169	0.000552	0.000383	6675.20
MLCC-03	7.26	0.73	3.63	2.91	0.000211	0.000668	0.000457	6357.26
MLCC-04	5.90	0.59	2.95	2.36	0.000168	0.000525	0.000357	6612.29
MLCC-05	5.77	0.58	2.89	2.31	0.000165	0.000502	0.000337	6852.83
MLCC-06	6.16	0.62	3.08	2.46	0.000174	0.000523	0.000349	7059.38
<i>PROMEDIO Gm (Kg/cm<sup>2</sup>)</i>								6789.78

**Tabla 46. Esfuerzo cortante y deformación unitaria MLCC – 01.**

MLCC-01					
L (cm)	A (cm)	H (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )		
66.75	12.51	66.35	832.208		
Carga (Tn)	Carga (Kg)	Deformación Vertical (cm)	Deformación Horizontal (cm)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Defor. Unit. (cm/cm)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.00000
0.20	200	0.005	0.004	0.17	0.00010
0.40	400	0.008	0.007	0.34	0.00016
0.60	600	0.009	0.008	0.51	0.00018
0.80	800	0.011	0.009	0.68	0.00021
1.00	1000	0.012	0.010	0.85	0.00023
1.20	1200	0.013	0.011	1.02	0.00026
1.40	1400	0.014	0.012	1.19	0.00028
1.60	1600	0.015	0.013	1.36	0.00030
1.80	1800	0.015	0.013	1.53	0.00030
2.00	2000	0.016	0.014	1.70	0.00032
2.20	2200	0.017	0.015	1.87	0.00034
2.40	2400	0.018	0.015	2.04	0.00035
2.60	2600	0.018	0.016	2.21	0.00036
2.80	2800	0.020	0.017	2.38	0.00039
3.00	3000	0.022	0.018	2.55	0.00043
3.20	3200	0.023	0.020	2.72	0.00046
3.40	3400	0.024	0.021	2.89	0.00048
3.60	3600	0.025	0.022	3.06	0.00050
3.80	3800	0.026	0.024	3.23	0.00053
4.00	4000	0.027	0.025	3.40	0.00055
4.20	4200	0.028	0.025	3.57	0.00056
4.40	4400	0.028	0.026	3.74	0.00057

4.60	4600	0.030	0.028	3.91	0.00062
4.80	4800	0.032	0.029	4.08	0.00065
5.00	5000	0.034	0.030	4.25	0.00068
5.20	5200	0.035	0.030	4.42	0.00069
5.40	5400	0.036	0.033	4.59	0.00073
5.60	5600	0.037	0.034	4.76	0.00075
5.80	5800	0.038	0.035	4.93	0.00078
6.00	6000	0.039	0.036	5.10	0.00080
6.20	6200	0.040	0.038	5.27	0.00083
6.40	6400	0.043	0.040	5.44	0.00088
6.60	6600	0.045	0.042	5.61	0.00092
6.80	6800	0.048	0.045	5.78	0.00099
7.00	7000	0.051	0.046	5.95	0.00103
7.20	7200	0.052	0.047	6.12	0.00105
7.40	7400	0.053	0.050	6.29	0.00109
7.60	7600	0.055	0.054	6.46	0.00116
7.80	7800	0.057	0.056	6.63	0.00120
8.00	8000	0.060	0.060	6.80	0.00128
8.20	8200	0.067	0.064	6.97	0.00139

**Gráfica 14: Esfuerzo cortante vs deformación unitaria MLCC – 01.**



**ANEXO IV: Resultados de los ensayos del agregado fino para mortero.**

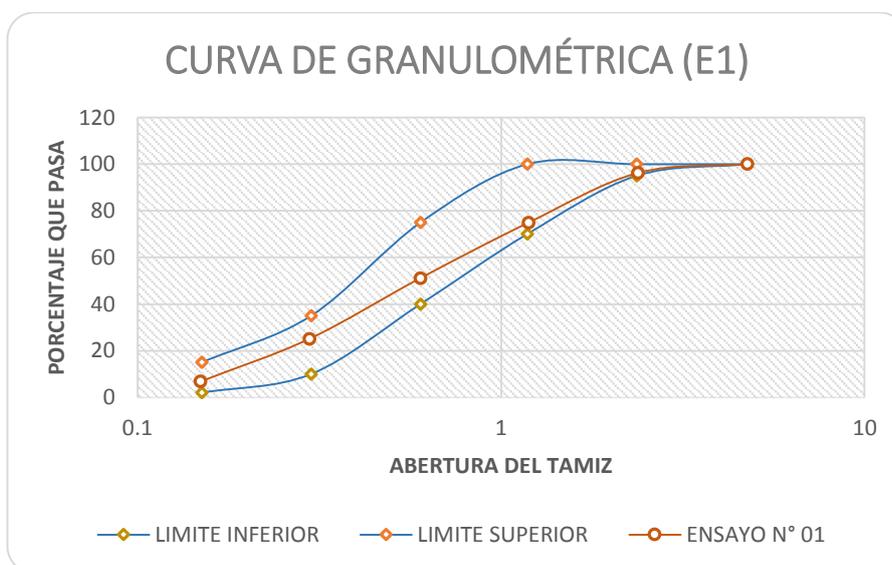
**Tabla 47. Material más fino que pasa el tamiz N° 200.**

Descripción	Unidad	1° ensayo	2° ensayo	3° ensayo	Promedio
<b>Peso seco de la muestra original</b>	gr	300.00	300.00	300.00	300.00
<b>Peso seco de la muestra lavada</b>	gr	287.20	286.10	287.80	287.03
<b>Peso del material más fino que pasa el tamiz N° 200</b>	gr	12.80	13.90	12.20	12.97
<b>% de material más fino que pasa el tamiz N° 200</b>	%	4.27	4.63	4.07	4.32

**Tabla 48. Análisis granulométrico del agregado fino ensayo N° 01.**

ENSAYO N° 01					
Malla ASTM	abertura (mm)	peso retenido (gr)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
N° 4	4.760	0	0.00	0.00	100.00
N° 08	2.380	45.5	3.79	3.79	96.21
N° 16	1.190	255.9	21.33	25.12	74.88
N° 30	0.600	285.6	23.80	48.92	51.08
N° 50	0.297	312.5	26.04	74.96	25.04
N° 100	0.149	219.7	18.31	93.27	6.73
N°200	0.074	60.9	5.08	98.34	1.66
< N° 200	0.074	19.9	1.66	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		1200.00	100.00	MF	2.46

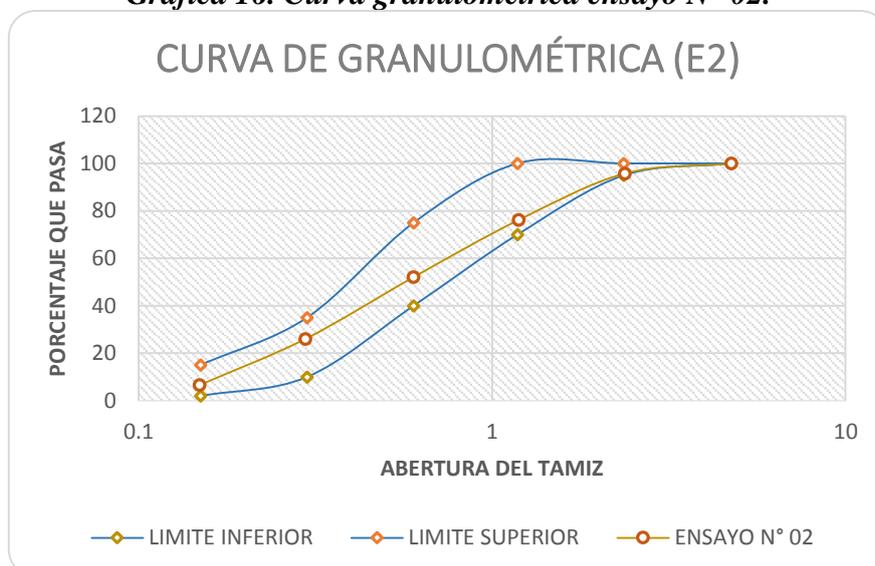
**Gráfica 15. Curva granulométrica ensayo N° 01.**



**Tabla 49. Análisis granulométrico del agregado fino ensayo N° 02.**

ENSAYO N° 02					
Malla ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
N° 4	4.760	0	0.00	0.00	100.00
N° 08	2.380	50.5	4.21	4.21	95.79
N° 16	1.190	235.4	19.62	23.83	76.18
N° 30	0.600	289.6	24.13	47.96	52.04
N° 50	0.297	312.4	26.03	73.99	26.01
N° 100	0.149	234	19.50	93.49	6.51
N°200	0.074	56.6	4.72	98.21	1.79
< N° 200	0.074	21.5	1.79	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		1200.00	100.00	MF	2.43

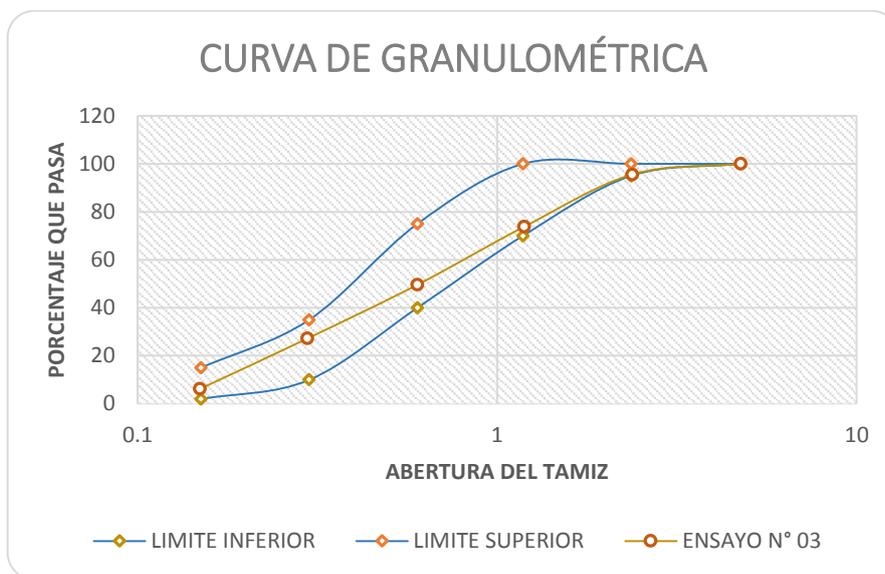
**Gráfica 16. Curva granulométrica ensayo N° 02.**



**Tabla 50. Análisis granulométrico del agregado fino ensayo N° 03.**

ENSAYO N° 03					
Malla ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
3/8	9.500	0	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.760	0	0.00	0.00	100.00
N° 08	2.380	53.1	4.43	4.43	95.58
N° 16	1.190	261.4	21.78	26.21	73.79
N° 30	0.600	290.5	24.21	50.42	49.58
N° 50	0.297	268	22.33	72.75	27.25
N° 100	0.149	252.4	21.03	93.78	6.22
N°200	0.074	58.1	4.84	98.63	1.38
< N° 200	0.074	16.5	1.38	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		1200.00	100.00	MF	2.48

**Gráfica 17. Curva de granulometría ensayo N° 03.**



**Tabla 51. Pesos específicos y absorción del agregado fino.**

Descripción	Unidad	1°	2°	3°	Promedio
<b>Peso de la muestra saturada con superficialmente seca (S)</b>	gr	500.00	500.00	500.00	-----
<b>Peso del picnómetro lleno de la muestra y el agua ( C )</b>	gr	963.8	963.9	963.7	-----
<b>Peso del picnómetro llenado de agua (B)</b>	gr	654.10	654.10	654.10	-----
<b>Peso de la Muestra seca al horno (A)</b>	gr	494.60	494.30	494.20	-----
<b>Peso específico de masa (Pem)</b>	gr/cm <sup>3</sup>	2.599	2.599	2.596	2.60
<b>Peso específico de masa saturado con superficie seca (PeSSS)</b>	gr/cm <sup>3</sup>	2.627	2.629	2.626	2.63
<b>Peso específico aparente (Pea)</b>	gr/cm <sup>3</sup>	2.675	2.679	2.677	2.68
<b>Absorción</b>	%	1.092	1.153	1.174	1.14

**Tabla 52: Peso específico del agua.**

Descripción	Unidad	1°	2°	3°	Promedio
Peso de Fiola + Agua	gr	654.10	654.20	654.35	654.22
Peso de Fiola	gr	157.30	157.30	157.30	157.30
Peso de Agua	gr	496.80	496.90	497.05	496.92
Volumen de Agua	cm3	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso específico del Agua	gr/cm3	0.994	0.994	0.994	0.994

**Tabla 53. Factor de la medida del agua del recipiente.**

Descripción	Unidad	1°	2°	3°	Promedio
Peso de Recipiente + Vidrio	gr	4757.600	4757.600	4757.600	4757.600
Peso de Recipiente + Vidrio + Agua	gr	7762.400	7762.300	7762.500	7762.400
Peso de Agua	gr	3004.800	3004.700	3004.900	3004.800
Peso específico del Agua	gr/cm3	0.994	0.994	0.994	0.994
F	cm-3	0.00033067	0.00033075	0.00033083	0.00033075

**Tabla 54. Peso específico compactado seco del agregado fino.**

Descripción	Unidad	1°	2°	3°	Promedio
Peso del Recipiente	gr	3880.20	3880.20	3880.20	3880.20
Peso del Recipiente + agregado	gr	8891.50	8885.90	8909.50	8895.63
Peso del Agregado	gr	5011.30	5005.70	5029.30	5015.43
F	cm-3	0.00033075	0.00033075	0.00033075	0.000330749
PUCS	gr/cm3	1.657	1.656	1.663	1.659

**Tabla 55. Peso específico suelto seco del agregado fino.**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	1°	2°	3°	PROMEDIO
Peso del Recipiente	gr	3880.20	3880.20	3880.20	3880.20
Peso del Recipiente + agregado	gr	8424.10	8453.80	8430.45	8436.12
Peso del Agregado	gr	4543.90	4573.60	4550.25	4555.92
F	cm-3	0.00033075	0.00033075	0.00033075	0.000330749
PUSS	gr/cm3	1.503	1.513	1.505	1.507

## ANEXO V: DISEÑO ANALÍTICO DEL MORTERO

### I. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES:

#### CEMENTO:

Tipo	I NTP 334.009
Peso específico	3.12 g/cm <sup>3</sup>

#### AGREGADO FINO:

Peso específico de masa (Pem)	2.60 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico de masa saturado con superficie seca (PeSSS)	2.63 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico aparente (Pea)	2.68 g/cm <sup>3</sup>
Absorción	1.14 %
Peso unitario suelto seco	1.51 g/cm <sup>3</sup>
Peso unitario compactado seco	1.66 g/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad	1.80 %
Módulo de fineza	2.46
Partículas menores al tamiz 200	4.32 %
Asentamiento	4"- 6"

### II. MORTERO TIPO P2

Dosificación	Cemento	Arena
	1	5

*Fuente: NTP E070*

Aire atrapado	3.5 %
Agua aproximado	1.0

#### 2.1. MATERIALES VOLUMEN POR UNA BOLSA DE CEMENTO

Cemento	1.00 pie <sup>3</sup>
Arena	5.00 pie <sup>3</sup>

#### 2.2. PESO SECO DE LOS MATERIALES

Cemento	42.50 Kg
Arena	213.35 Kg
Agua	42.50 Kg

#### 2.3. VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS MATERIALES SIN AIRE ATRAPADO

Cemento	0.014 m <sup>3</sup>
Arena	0.082 m <sup>3</sup>
Agua	0.043 m <sup>3</sup>
Volumen por bolsa de cemento	0.138 m <sup>3</sup>

2.4.	VOLUMEN DEL MORTERO SIN AIRE ATRAPADO	
	Volumen mortero	1 m3
	Volumen sin aire atrapado	0.965 m3
2.5.	FACTOR CEMENTO	
	Bolsas por m3 de mortero	6.98
2.6.	MATERIALES POR M3 DE MORTERO	
	Cemento	296.66 Kg
	Arena	1489.22 Kg
	Agua	296.66 L
2.7.	MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD	
	Cemento	296.66 Kg
	Arena	1516.03 Kg
	Agua	286.82 L
2.8.	PROPORCION EN PESO	
	Cemento	1.00 Kg
	Arena	5.11 Kg
	Agua	41.09 L/bolsa
2.9.	PROPORCION EN VOLUMEN	
	Cemento	1.00
	Arena	5.00
	Agua	41.09 L/bolsa

**ANEXO VI: Resultado de la resistencia a compresión del mortero y de adherencia.**

**Tabla 56. Resistencia a compresión del mortero.**

<b>Espécimen</b>	<b>Carga (Kg)</b>	<b>Diámetro (cm)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia del mortero MPa</b>	<b>Resistencia del mortero kg/cm<sup>2</sup></b>
M01	1920.00	5.08	20.27	9.29	94.73
M02	1720.00	5.08	20.27	8.32	84.86
M03	2180.00	5.08	20.27	10.55	107.56
M04	1840.00	5.08	20.27	8.90	90.78
M05	2150.00	5.08	20.27	10.40	106.08
M06	1920.00	5.08	20.27	9.29	94.73
M07	1820.00	5.08	20.27	8.81	89.80
M08	1990.00	5.08	20.27	9.63	98.18
M09	2260.00	5.08	20.27	10.93	111.50
M10	1810.00	5.08	20.27	8.76	89.30
M11	2050.00	5.08	20.27	9.92	101.14
M12	1730.00	5.08	20.27	8.37	85.35
M13	1970.00	5.08	20.27	9.53	97.20
M14	2150.00	5.08	20.27	10.40	106.08
M15	2220.00	5.08	20.27	10.74	109.53
M16	1630.00	5.08	20.27	7.89	80.42
M17	1890.00	5.08	20.27	9.14	93.25
M18	1790.00	5.08	20.27	8.66	88.32
M19	1950.00	5.08	20.27	9.43	96.21
M20	2320.00	5.08	20.27	11.23	114.46
Promedio resistencia $f_c$				9.51	96.97
Desviación estándar $\sigma$				0.95 MPa	9.67 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia característica a compresión $f'_c$				8.56 MPa	87.31 Kg/cm <sup>2</sup>
Coeficiente de variación (%)				10.0%	10.0%

**Tabla 57. Resistencia al corte en ensayo de adherencia mortero unidad fabricado en la ladrillera Rodríguez.**

<b>Espécimen</b>	<b>Alto (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Espesor de la junta (mm)</b>	<b>Carga aplicada Kg</b>	<b>Resistencia al corte Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Promedio Kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>TLR - 01</b>	12.10	10.00	12.00	1200.00	9.92	8.91
<b>TLR - 02</b>	12.20	10.10	14.50	920.00	7.47	
<b>TLR - 03</b>	12.00	10.20	13.50	1050.00	8.58	
<b>TLR - 04</b>	11.90	10.00	13.00	1150.00	9.66	
<b>TLR - 05</b>	12.05	10.05	14.80	1080.00	8.92	

**Tabla 58. Resistencia al corte en ensayo de adherencia mortero unidad fabricado en la ladrillera El Ciprés.**

<b>Espécimen</b>	<b>Alto</b>	<b>Ancho</b>	<b>Espesor de la junta</b>	<b>Carga aplicada</b>	<b>Resistencia al corte</b>	<b>Promedio</b>
	<b>(cm)</b>	<b>(cm)</b>	<b>(mm)</b>	<b>Kg</b>	<b>Kg/cm2</b>	<b>Kg/cm2</b>
<b>TLC - 01</b>	12.20	10.00	11.80	1150.00	9.43	
<b>TLC - 02</b>	12.30	10.20	12.50	1080.00	8.61	
<b>TLC - 03</b>	12.00	10.10	13.70	1030.00	8.50	
<b>TLC - 04</b>	11.95	10.00	14.30	850.00	7.11	8.41
<b>TLC - 05</b>	12.1	10.05	14.7	1025	8.43	

## ANEXO N° VII



### 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



SGC-REG-06-G0002  
Versión 01

## Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150  
Pacasmayo, 20 de Julio del 2016

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	<b>2.2</b>	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	<b>2.8</b>	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	<b>3.0</b>	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	<b>0.73</b>	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	<b>8</b>	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	<b>0.10</b>	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> /g	<b>3770</b>	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	<b>3.12</b>	NO ESPECIFICA

#### Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>31.7</b> <b>(323)</b>	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>38.5</b> <b>(392)</b>	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>46.5</b> <b>(474)</b>	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

#### Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	<b>132</b>	Mínimo 45
Fraguado Final	min	<b>289</b>	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-06-2016 al 30-06-2016  
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Mayo 2016  
(\*) Requisito opcional.

Ing. Ivanoff V. Rojas Tello

**Superintendente de Control de Calidad**

## ANEXO N° VIII: Panel Fotográfico



*Fig. 09 Marcado de los especímenes para su identificación.*



*Fig. 10 Pesado del espécimen LCR -14 y registro del peso recibido ( $W_r$ ).*



*Fig. 11 Toma de dimensiones en las unidades ladrillera Rodríguez.*



*Fig. 12 Toma de dimensiones en las unidades ladrillera El Ciprés.*



*Fig. 13 Medición del alabeo LCR - 03*



*Fig. 14 Medición del alabeo LCC - 14*



**Fig. 15** Ensayo a compresión del espécimen LCC  
- 05.



**Fig. 16** Ensayando los ladrillos a  
compresión.



**Fig. 17** Secado de las unidades el agua superficial



**Fig. 18** Pesado de las unidades y  
registrado dl peso saturado ( $W_s$ ).



**Fig. 19** Control de la altura del agua sobre las varillas en el ensayo de succión.



**Fig. 20** Ensayo de succión, colocación del espécimen en contacto con el agua por 1 minuto.



**Fig. 21** Proceso de construcción de pilas.



**Fig. 22** Toma de dimensiones de pilas para el cálculo de la esbeltez.



*Fig. 23 Pila refrentado para ser ensayado.*



*Fig. 24 Ensayo a compresión axial en pilas.*



*Fig. 25 Falla ideal de una pila PLCC.*



*Fig. 26 Falla aplastamiento local en pila.*



*Fig. 27 Falla ideal de una pila PLCR.*



*Fig. 28 Falla por aplastamiento por pandeo.*



*Fig. 29 Proceso de construcción de muretes.*



*Fig. 30 Toma de medidas de los muretes.*



*Fig. 31 Muretes refrentados con yeso cemento.*



*Fig. 32 Ensayo a compresión diagonal en muretes.*



*Fig. 33 Falla mixta por corte y tracción diagonal.*



*Fig. 34 Falla mixta por tracción diagonal y corte escalonada.*



**Fig. 35** Falla por tracción diagonal.



**Fig. 36** Falla mixta corte y tracción diagonal MLCC - 03.



**Fig. 37** Pesado de la muestra seca (ensayo de partículas menores al tamiz N° 200).



**Fig. 38** Lavado y tamizado de la muestra.



**Fig. 39** Selección de la muestra por método del cuarteo.



**Fig. 40** Proceso del tamizado (Análisis granulométrico).



**Fig. 41** Preparación de la muestra hasta la condición superficialmente seca.



**Fig. 42** Pesado del picnómetro lleno de la muestra más el agua.



**Fig. 43** Pesado de recipiente metálico más la muestra para el cálculo del PUS.



**Fig. 44** Pesado de fiola más agua, para el cálculo de peso específico del agua.



**Fig. 45** Ensayo a compresión de especímenes de mortero.



**Fig. 46** Falla de espécimen de mortero.



**Fig. 47** Ensayo de adherencia TLR.



**Fig. 48** Ensayo de adherencia TLC.