

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal
informal de las viviendas del distrito de San Miguel, provincia de San
Román - Puno

Por:

Erika Leonor Pancca Calsin

Asesor:

Ing. Herson Duberly Pari Cusi

Juliaca, abril de 2019

DECLARACION JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Herson Duberly Pari Cusi, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS MUROS DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL INFORMAL DE LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO" constituye la memoria que presenta la bachiller Erika Leonor Pancca Calsin para aspirar al título Profesional de Ingeniero Civil ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca a los dos días del mes de abril del año dos mil diecinueve.

Ing. Herson Duberly Pari Cusi



Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal
informal de las viviendas del distrito de San Miguel, provincia de San
Román - Puno

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil


JURADO CALIFICADOR



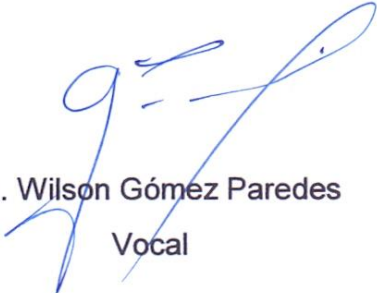
Ing. Juana Beatriz Aquise Pari
Presidenta



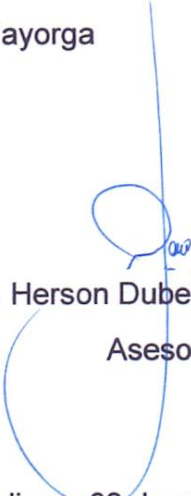
Ing. José Pacori Pacori
Secretario



Ing. Percy Armando Cota Mayorga
Vocal



Ing. Wilson Gómez Paredes
Vocal



Ing. Herson Duberly Pari Cusi
Asesor

Juliaca, 02 de abril de 2019

DEDICATORIA

Con mucho cariño a Dios y a mis queridos padres fuente de inspiración para realizar el presente trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por el hermoso regalo de la vida, por ser la luz que guía mi camino y por siempre estar a mi lado.

A mis queridos padres Hipolito Pancca y Norma Calsin, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, por su paciencia, por siempre animarme a seguir adelante y por el gran apoyo brindado durante todo el periodo de mi formación profesional. Y a mis hermanas Haylin y Nilda por su incondicional y constante apoyo.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión por haberme inculcado en sus aulas a ser una profesional íntegra, misionera e innovadora.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y en especial al Ing. Herson Duberly Pari Cusi, quienes con su experiencia y conocimiento contribuyeron en el desarrollo del presente trabajo.

Al PhD Nicola Tarque, por su valioso tiempo dedicado a la revisión y recomendaciones brindadas durante la elaboración del instrumento de evaluación aplicado en la presente investigación. Y al Mg. Holger Lovon por los conocimientos compartidos durante el proceso de ejecución de esta investigación.

A todas las personas quienes de alguna manera contribuyeron en la presente investigación y en mi formación profesional.

¡Muchas gracias!

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
TABLA DE CONTENIDO.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XV
SÍMBOLOS USADOS.....	XVI
RESUMEN	XVII
CAPÍTULO I.....	19
EL PROBLEMA	19
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21
1.2.1. Problema General.....	21
1.2.2. Problemas Específicos.....	22
1.3. JUSTIFICACIÓN	22
1.4. OBJETIVOS.....	23
1.4.1. Objetivo General.....	23
1.4.2. Objetivos específicos.....	23
CAPÍTULO II.....	24
MARCO TEÓRICO	24
2.1. INTRODUCCIÓN	24
2.2. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.....	24
2.3. MARCO CONCEPTUAL	28
2.3.1. Viviendas informales.....	28
2.3.2. Patologías en las edificaciones.....	29
2.3.3. Muros.....	31
2.3.4. Albañilería confinada.....	31
2.3.5. Comportamiento sísmico de la albañilería.....	31

	Pág.
2.3.6. Sector ladrillero artesanal.....	33
2.3.7. Unidades de arcilla.....	33
2.3.8. Elaboración de las unidades de arcilla artesanales.	33
2.3.9. Ensayos clasificatorios de unidades de albañilería.....	34
2.3.10. Ensayos no clasificatorios de unidades de albañilería.....	37
2.3.11. Mortero.....	39
2.3.12. Propiedades y ensayo de laboratorio del mortero.	39
2.3.13. El mortero y la unidad de albañilería.	40
2.3.14. Comportamiento mecánico del mortero.....	41
2.3.15. Refrendado capping.....	41
2.3.16. Prismas de albañilería.....	42
2.3.17. Defectos constructivos que determinan el comportamiento sísmico de los muros de albañilería.	46
2.3.18. Evaluación de grietas.....	47
CAPÍTULO III.....	50
MATERIALES Y MÉTODOS.....	50
3.1. METODOLOGÍA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	50
3.1.1. Metodología de investigación.....	50
3.1.2. Tipo de investigación.....	50
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	50
3.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	51
3.3.1. Hipótesis general.	51
3.3.2. Hipótesis específicas.....	51
3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	52
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	53
3.5.1. Población.	53
3.5.2. Muestra.....	53
3.5.3. Delimitación del estudio.	54
3.5.4. Zona de estudio.	55

	Pág.
3.6. METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO.....	56
3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	58
3.8. PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LOS COMPONENTES DE MUROS DE ALBAÑILERÍA.....	58
3.8.1. Ensayos clasificatorios de las unidades de albañilería.	58
3.8.2. Ensayos no clasificatorios de las unidades de albañilería.	60
3.8.3. Mortero.....	64
3.9. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MUROS DE ALBAÑILERÍA.....	65
3.9.1. Pilas.....	65
3.9.2. Muretes.....	66
CAPÍTULO IV	68
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	68
4.1. GENERALIDADES.....	68
4.2. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y PATOLOGÍAS EN VIVIENDAS. 68	
4.2.1. Descripción general de las edificaciones.....	68
4.2.2. Unidades de albañilería.....	71
4.2.3. Juntas de construcción de mortero.....	73
4.2.4. Asentamiento de muros de albañilería artesanal.....	76
4.2.5. Patologías existentes en viviendas de albañilería.	79
4.3. TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS	81
4.4. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA.....	84
4.4.1. Ensayos Clasificatorios.	84
4.4.2. Ensayos no clasificatorios.	90
4.5. MORTERO.....	97
4.6. PRISMAS DE ALBAÑILERÍA	98
4.6.1. Pilas.....	98
4.6.2. Muretes.....	103
4.7. PRUEBA DE HIPÓTESIS	109
CAPÍTULO V	114

	Pág.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	114
5.1. Conclusiones	114
5.2. Recomendaciones	116
REFERENCIAS	118

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de unidad de albañilería para fines estructurales.....	35
Tabla 2. Requisitos complementarios de ensayos de unidades de albañilería.	38
Tabla 3. Factores de corrección de $f'm$ por esbeltez.....	42
Tabla 4. Principales defectos constructivos que determinan el comportamiento sísmico de los muros de albañilería confinada.....	47
Tabla 5. Clasificación de grietas según el nivel de exposición de la estructura.	48
Tabla 6. Criterios para determinar el grado de daño de muros después de un sismo.	48
Tabla 7. Causas de agrietamiento en albañilería.	49
Tabla 8. Operacionalización de variables.....	52
Tabla 9. Duplas de espesores de juntas de mortero más comunes en muros.....	82
Tabla 10. Resultados del ensayo de variación dimensional - F1.....	85
Tabla 11. Resultados del ensayo de variación dimensional – F2.	86
Tabla 12. Resumen de resultados del ensayo de variación dimensional.....	87
Tabla 13. Resultados del ensayo de alabeo - F1.	88
Tabla 14. Resultados del ensayo de alabeo - F2.	88
Tabla 15. Resumen de resultados del ensayo de alabeo.	88
Tabla 16. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial en unidades - F1. ..	89
Tabla 17. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial en unidades - F2. ..	89
Tabla 18. Resumen de resultados del ensayo de compresión axial en unidades de albañilería.	90
Tabla 19. Resultados del ensayo de succión – F1.	91
Tabla 20. Resultados del ensayo de succión – F2.	91
Tabla 21. Resultados del ensayo de absorción – F1.....	92
Tabla 22. Resultados del ensayo de absorción – F2.....	93
Tabla 23. Resultados del ensayo de absorción máxima – F1.	94
Tabla 24. Resultados del ensayo de absorción máxima – F2.	94

	Pág.
Tabla 25. Resumen de resultados del ensayo de absorción máxima.....	94
Tabla 26. Resultados del ensayo de coeficiente de saturación – F1.....	95
Tabla 27. Resultados del ensayo de coeficiente de saturación – F2.....	95
Tabla 28. Resumen de resultados del ensayo de coeficiente de saturación.	95
Tabla 29. Resultados del ensayo de densidad – F1.....	96
Tabla 30. Resultados del ensayo de densidad – F2.....	96
Tabla 31. Resumen de resultados del ensayo de densidad.	96
Tabla 32. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión del mortero – TP.....	97
Tabla 33. Resultados del ensayo de resistencia a compresión del mortero T1,T2 y T3.	98
Tabla 34. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería – TP F1.....	99
Tabla 35. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería – T1 F1.....	99
Tabla 36. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería – T2 F1.....	99
Tabla 37. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería – T3 F1.....	99
Tabla 38. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería – TP F2.	100
Tabla 39. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería – T1 F2.....	100
Tabla 40. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería – T2 F2.....	100
Tabla 41. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería – T3 F2.....	100
Tabla 42. Resistencia a compresión diagonal de muretes – TP F1.....	103
Tabla 43. Resistencia a compresión diagonal de muretes – T1 F1.....	103
Tabla 44. Resistencia a compresión diagonal de muretes – T2 F1.....	104
Tabla 45. Resistencia a compresión diagonal de muretes – T3 F1.....	104
Tabla 46. Resistencia a compresión diagonal de muretes – TP F2.....	104
Tabla 47. Resistencia a compresión diagonal de muretes – T1 F2.	104
Tabla 48. Resistencia a compresión diagonal de muretes – T2 F2.	105
Tabla 49. Resistencia a compresión diagonal de muretes – T3 F2.	105
Tabla 50. Procedimiento a seguir para para la prueba estadística de hipótesis.	109
Tabla 51. Promedios de resultados de resistencias en prismas de albañilería.....	112

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Clasificación general de patologías en las edificaciones.....	29
Figura 2. Tipos de falla de albañilería. (a) Falla de corte por deslizamiento; (b) Falla por corte a través de una grieta diagonal; (c) Falla por flexión.	32
Figura 3. Proceso productivo de ladrillos artesanales en la Región Puno.	34
Figura 4. Determinación de la altura de la hilada.	36
Figura 5. Medición de alabeo (concavidad y convexidad) en la unidad de albañilería.....	36
Figura 6. Mecánica de la adherencia entre piezas y mortero.	41
Figura 7. Ensayo de compresión axial de pilas (izquierda) y de compresión diagonal (derecha).	42
Figura 8. Mecánica típica de falla de la mampostería a la compresión.	43
Figura 9. Grieta vertical (izquierda) y falla por trituración (derecha).	43
Figura 10. Ensayo de compresión diagonal.	44
Figura 11. Modos de falla de ensayos de compresión diagonal.	45
Figura 12. Distribución de zonas de estudio.	56
Figura 13. Diagrama de flujo.....	57
Figura 14. Ensayo de variación dimensional.....	59
Figura 15. Ensayo de alabeo de las unidades de albañilería.	59
Figura 16. Ensayo de resistencia a la compresión.	60
Figura 17. Ensayo de succión.....	61
Figura 18. Ensayo de absorción.	62
Figura 19. Ensayo de absorción máxima.	62
Figura 20. Unidades en agua en ebullición e inmersión total respectivamente.....	63
Figura 21. Unidades de albañilería con eflorescencia.....	64
Figura 22. Resistencia a compresión del mortero.	65
Figura 23. Ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería.	66
Figura 24. Ensayo de resistencia a compresión diagonal de muretes de albañilería.....	67

	Pág.
Figura 25. Viviendas de uno y dos niveles en el distrito de San Miguel.	69
Figura 26. Distribución de viviendas estudiadas según número de niveles construidos. .	69
Figura 27. Viviendas del tipo de uso comercial y familiar respectivamente.	69
Figura 28. Distribución según tipo de uso de las viviendas del distrito de San Miguel.....	69
Figura 29. Viviendas cuya secuencia constructiva son en tiempos diferentes.....	70
Figura 30. Distribución de viviendas evaluadas según secuencia constructiva.	70
Figura 31. Viviendas sin juntas sísmicas en el distrito de San Miguel.	71
Figura 32. Distribución de viviendas, según la existencia de juntas sísmicas.	71
Figura 33. Muros construidos con unidades de albañilería de quemado no uniformes....	71
Figura 34. Distribución de viviendas según la calidad de unidades de albañilería en sus muros.	72
Figura 35. Variación dimensional en unidades de albañilería que conforman los muros.	72
Figura 36. Distribución de viviendas según la variabilidad dimensional de unidades de albañilería en sus muros.....	72
Figura 37. Eflorescencia y acabado superficial de unidades de albañilería en muros.	73
Figura 38. Distribución de viviendas según el estado superficial de unidades de albañilería artesanal.....	73
Figura 39. Muros con espesores de juntas de mortero no homogéneos.	74
Figura 40. Distribución de viviendas según el espesor de juntas de mortero presentes en sus muros.	74
Figura 41. Calidad de juntas de mortero (adherencia arena-cemento).....	74
Figura 42. Distribución de viviendas según la calidad de sus juntas de mortero.	75
Figura 43. Muros con juntas de mortero sobresalientes y/o presencia de cangrejeras....	75
Figura 44. Distribución de viviendas según el acabado de juntas de mortero en muros..	76
Figura 45. Verificación de la calidad de mano de obra mediante la verticalidad y el alineamiento horizontal y vertical de los muros.....	76
Figura 46. Distribución de viviendas según el alineamiento del muro de albañilería.	77

	Pág.
Figura 47. Muros de aparejo cabeza y soga utilizados en la construcción de viviendas..	77
Figura 48. Distribución de viviendas según el tipo de aparejo utilizado en sus muros.....	77
Figura 49. Estética de los muros de albañilería artesanal en las viviendas evaluadas.	78
Figura 50. Distribución de viviendas según la estética que muestran sus muros.	78
Figura 51. Formas de confinamiento de muros en las viviendas evaluadas.....	79
Figura 52. Distribución de viviendas según el acabado de sus muros.	79
Figura 53. Distribución de patologías existentes en viviendas del distrito de San Miguel.	80
Figura 54. Tipologías constructivas en base a juntas de espesor de mortero en muros de las viviendas del distrito de San Miguel.	82
Figura 55. Tipologías constructivas y sus características representadas en prismas de albañilería.	83
Figura 56. Resumen de resultados del ensayo de succión en unidades de albañilería. ..	92
Figura 57. Resumen de resultados del ensayo de absorción.....	93
Figura 58. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial F1.....	101
Figura 59. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial F2.....	101
Figura 60. Resistencia a la compresión axial vs variables.	102
Figura 61. Falla por aplastamiento en pilas de albañilería.	102
Figura 62. Falla ideal (Grieta vertical) en pilas de albañilería.....	103
Figura 63. Resultados del ensayo de resistencia a compresión diagonal F1.	106
Figura 64. Resultados del ensayo de resistencia a compresión diagonal F2.	106
Figura 65. Resistencia a compresión diagonal vs variables.	106
Figura 66. Fallas mixtas y por cizalle en muretes - Tipología Patrón.....	107
Figura 67. Fallas mixtas y por cizalle en muretes - T1.	107
Figura 68. Fallas mixtas, por cizalle y escalonadas en muretes - T2.....	108
Figura 69. Fallas escalonadas y por cizalle en muretes - T3.....	108
Figura 70. Región de rechazo, aceptación y valor crítico en las pruebas de hipótesis. .	112

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Panel fotográfico.....	122
Anexo B. Matriz instrumental.	128
Anexo C. Constancia de validación de instrumento.	129
Anexo D. Instrumento de evaluación.	130
Anexo E. Ficha de evaluación de una de las viviendas analizadas.	132
Anexo F. Ensayos de laboratorios.	134
Anexo G. Constancia de laboratorios.....	152

SÍMBOLOS USADOS

NTE	Norma Técnica de Edificación
RNE	Reglamento Nacional de Edificaciones
ASTM	Asociación Americana de Ensayo de Materiales
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
$f'b$	Resistencia característica a compresión axial de la unidad
$f'c$	Resistencia a la compresión del mortero
$f'm$	Resistencia característica a compresión axial de la albañilería
$v'm$	Resistencia característica al corte del murete
MPa	Megapascales
TP	Tipología constructiva Patrón
T1	Tipología constructiva N°01
T2	Tipología constructiva N°02
T3	Tipología constructiva N°03
F1	Fabricante de unidades de albañilería artesanal N°01
F2	Fabricante de unidades de albañilería artesanal N°02

RESUMEN

La autoconstrucción y autogestión son muy frecuentes en diversos sectores de la ciudad de San Miguel, esto se debe a carencias económicas y a la necesidad de contar con una vivienda propia de los habitantes de esta ciudad. La vulnerabilidad de dichas edificaciones puede verse reflejada a través de diversas patologías pese a la existencia del RNE. En ese contexto, se ha caracterizado y evaluado los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas de la ciudad de San Miguel. Asimismo, las características, patologías y tipologías constructivas se han obtenido mediante fichas de evaluación, para adaptar las tipologías más comunes mediante prototipos en un laboratorio y así predecir el comportamiento de los muros ante un evento extremo como un sismo; obteniendo entre otros resultados, que el 57.61% de viviendas se han construido con un espesor de junta de mortero de 1.5 a 3cm, y por ende tendría una resistencia a compresión diagonal que representa sólo el 56% del valor recomendado por la NTE E 070. No obstante, se concluye que las características físicas de muros y sus componentes son de condición regular; las unidades de albañilería artesanal son de baja resistencia y elevado nivel de succión, la resistencia a compresión de los prismas de albañilería disminuye a medida que el espesor de junta de mortero incrementa; por ende, son numerosas las viviendas que se encuentran vulnerables, esto se debe a las patologías y características constructivas que cada una de ellas presenta.

Palabras clave: Muros de albañilería, informalidad constructiva, albañilería artesanal, tipologías constructivas, patologías

ABSTRACT

Self-construction and self-management are very frequent in various sectors of the city of San Miguel, this is due to economic shortcomings and the need to have a housing own of the inhabitants of this city. The vulnerability of these edifications can be reflected through various pathologies despite the existence of the RNE. In this context, the walls of informal handcrafted masonry in the dwellings of the city of San Miguel have been characterized and evaluated. Likewise, the characteristics, pathologies and constructive typologies have been obtained by means of evaluation sheets, in order to adapt the most common typologies by means of prototypes in a laboratory and thus predict the behaviour of the walls in the face of an extreme event such as an earthquake; obtaining, among other results, that 57.61% of dwellings have been built with a mortar joint thickness of 1.5 to 3cm, and therefore would have a diagonal compressive strength that represents only 56% of the value recommended by NTE E 070. Nevertheless, it is concluded that the physical characteristics of the walls and their components are of regular condition; the artisanal masonry units are of low resistance and high suction level, the compressive strength of the masonry prisms decreases as the thickness of the mortar joint increases; therefore, numerous dwellings are vulnerable, this is due to the constructive characteristics and pathologies that each one of them presents.

Key-words: Masonry walls; constructive informality; craft masonry; constructive typologies; pathologies

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A través de los años, los sismos en nuestro país han generado daños importantes en algunas edificaciones de albañilería, principalmente en aquellas construidas sin asistencia técnica.

El comportamiento estructural observado en sismos pasados ha servido para analizar y mejorar la norma de diseño sísmico E 030 y la de albañilería E 070. “Sin embargo, la adecuación de las construcciones a las exigencias de las normas vigentes es aún incipiente, lo que da lugar a edificaciones que presentan un inadecuado comportamiento sísmico” (San Bartolomé, Quiun, y Silva, 2011, p. 151).

La zonificación sísmica según la Norma Técnica E 030 (i.e. Diseño sismorresistente) la ciudad de Juliaca se encuentra ubicada en la zona 3, por lo que se le considera como una zona vulnerable ante un eventual sismo.

INEI (2017) afirma que la tasa de crecimiento poblacional promedio anual de la provincia de San Román es de 2.5%, lo que también origina el aumento en la demanda de viviendas para los nuevos hogares que van formándose cada año.

La autoconstrucción y la autogestión son muy frecuentes en diversos sectores del distrito de San Miguel esto se debe a las carencias económicas y la necesidad de contar con una vivienda propia de la población sanmiguelina. Por lo que, muchos pobladores construyen con materiales sin estándares de calidad, sin dirección técnica (i.e. con maestros de obra o albañiles que conocen el trabajo pero muchas veces no tienen la certeza del conocimiento más allá de la práctica) y sin manejar el RNE. Dichas viviendas tienen serias deficiencias de tipo estructural, arquitectónica y constructiva que las hacen vulnerables a fenómenos naturales como los sismos.

Existen distintas modalidades de construcción con albañilería, la más común en el distrito de San Miguel es el sistema de albañilería confinada. Tena y Miranda (2003), indican que en este sistema, además de los muros se utilizan elementos adicionales de concreto reforzado con la finalidad de aumentar el confinamiento del muro y mejorar con ello su capacidad para resistir cargas verticales y laterales. Además, que se incrementa su resistencia y deformación lateral. Sin embargo, debido a la informalidad constructiva, muchas veces el sistema de albañilería confinada no llega a cumplir con su función, esto se debe a la incidencia de diversos factores como unidades de albañilería que no cumplen con los parámetros de la NTE E 070, espesores de juntas de mortero demasiado gruesas, proporciones volumétricas del mortero no adecuadas y la baja calidad de mano de obra empleada.

Otra de las modalidades constructivas con albañilería, es el sistema aporticado, donde los muros son utilizados como relleno, puesto que, son edificados una vez finalizada la construcción de los elementos de concreto armado; por ende, no existe una buena interacción columnas-muro mediante los dentados ya que éstos no existen. Esto hace que su comportamiento sísmico sea muy diferente al de la albañilería confinada, debido a la secuencia constructiva que se emplea en cada uno.

Los materiales con los que se construyen forman un rol muy importante en el comportamiento de una estructura, por lo que éstos deben contar con estándares de calidad para lograr un buen comportamiento estructural. Según observaciones las unidades de albañilería que predominan en los muros de los primeros niveles de las viviendas del distrito de San Miguel, son las del tipo macizo producidas artesanalmente, de las que se desconocen sus características y propiedades físico – mecánicas. Tena y Miranda (2003), afirman que la producción de ladrillos es muy diversa en términos de calidad de materia prima utilizada, procesos de fabricación y formas geométricas que se comercializan. Por otro lado, el mortero presenta una gran variabilidad, dado que comúnmente los espesores con los que se unen las unidades de albañilería no son

homogéneos. Y que además se utilizan distintas dosificaciones de materiales como cemento, agua y arena, lo que puede relacionarse al empleo de mano de obra no calificada para la construcción de viviendas. El desconocimiento de las características constructivas y propiedades físico-mecánicas de los materiales (i.e. unidades de albañilería y mortero) tienen como consecuencia el desconocimiento de las propiedades mecánicas de los muros de albañilería y saber en qué medida estos cumplen con lo requerido en la NTE E 070.

Astorga y Rivero (2009), afirman que la diversidad de patologías que se manifiestan en las edificaciones es numerosa, además, es un tema muy complejo. Dificilmente se logra establecer las causas o motivos de múltiples efectos (desde pequeños deterioros y molestias para sus ocupantes, hasta grandes fallas que pueden causar el colapso de la edificación o parte de ella) con precisión. En muchos casos ni siquiera la experiencia de un experto es suficiente para proporcionar una respuesta completamente certera. Por lo que, es importante dar a conocer, describir y analizar el estado actual de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel, para que en estudios futuros dichas viviendas (i.e. muros) puedan ser reforzadas en caso sea necesario. Puesto que, ante la ocurrencia de un evento extremo como un terremoto o sismo, el daño a presentarse resultaría siendo muy perjudicial.

Para evitar, controlar y corregir defectos en edificaciones, es necesario la intervención de personal capacitado y honrado durante la elaboración y ejecución del proyecto. Porque, una edificación “bien construida” proporciona una solución sostenible a largo plazo en virtud de su durabilidad, adaptabilidad y facilidad de mantenimiento.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General.

¿Las características y propiedades mecánicas de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel cumplen con los parámetros establecidos en la Norma Técnica E 070?

1.2.2. Problemas Específicos.

- ¿Cuáles son las características de los muros de albañilería artesanal informal construidos en las viviendas del distrito de San Miguel?
- ¿Cuáles son las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería artesanal y mortero que se utilizan en la construcción de muros de las viviendas del distrito de San Miguel?
- ¿Cuáles son las propiedades mecánicas de pilas y muretes de albañilería artesanal?

1.3. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación beneficiará a la población de San Miguel, ya que se profundizará en estudios de riesgo sísmico. Debido a que actualmente la práctica constructiva (informal), no asegura un buen comportamiento estructural.

Los muros de albañilería están formados principalmente por dos elementos: piezas prismáticas que constituyen las unidades de arcilla o bloques y el mortero que se utiliza para unir dichas piezas.

Las unidades de albañilería forman un rol muy importante en el comportamiento de una estructura, por lo que deberían de contar con ciertas propiedades para evitar un mal comportamiento estructural. Tena y Miranda (2003) mencionan que, existen variaciones en los valores de las resistencias a compresión de las unidades de albañilería.

Por lo que, es necesario dar a conocer y describir el estado actual de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel, en contraste a lo indicado en la Norma Técnica E 070, para que en estudios futuros dichas viviendas puedan ser reforzadas en caso sea necesario.

La vulnerabilidad de dichos muros de albañilería artesanal informal suele reflejarse a través de diversas patologías que surgen en las edificaciones, que pueden originar

múltiples efectos, desde pequeños daños y molestias para sus ocupantes, hasta grandes fallas que pueden ocasionar el colapso de la edificación o parte de ella.

La población hace una considerable inversión en la construcción de sus viviendas, llegando a ser incluso el ahorro de varios años. Es necesario que las viviendas se encuentren seguras ante un evento sísmico. Puesto que, todo el dinero invertido puede verse en vano, ya que, una estructura de albañilería “bien construida” proporciona una solución sostenible a largo plazo ya sea en virtud de su durabilidad, resistencia, adaptabilidad y facilidad de mantenimiento.

Profundizar en el conocimiento de las propiedades mecánicas de la albañilería artesanal informal utilizada en las viviendas del distrito de San Miguel, permitirá corregir errores en viviendas existentes y ayudará a tomar decisiones de orden político, puesto que las ordenanzas municipales sobre construcción llegarán a ser más estrictas para la construcción de futuras viviendas.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General.

Evaluar las características y propiedades mecánicas de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel en contraste a los parámetros establecidos en la Norma Técnica E 070.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Caracterizar los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel mediante fichas de evaluación e inspección visual in situ.
- Determinar las propiedades físico - mecánicas de las unidades de albañilería artesanal y el mortero que forman parte de los muros de las viviendas.
- Determinar las propiedades mecánicas de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo, se describen los antecedentes de estudios y bases teóricas correspondientes al tema de investigación, que tiene por objetivo relacionar el problema en estudio con las teorías, conceptos e informes relacionados al tema. Se explican algunos términos relacionados a la informalidad constructiva, patologías en edificaciones, albañilería confinada, comportamiento sísmico de la albañilería, unidades de arcilla, ensayos clasificatorios y no clasificatorios de unidades de arcilla y ensayos en prismas de albañilería.

2.2. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

Almeida, Guedes, Arêde y Costa (2014), estudiaron el comportamiento estructural de muros en albañilería de granito de tela única presentes en la mayoría de edificios antiguos del norte de Portugal. La identificación de las tipologías más frecuentes fue realizada a partir de la observación visual y levantamiento geométrico y material de muros reales aplicando metodologías e indicadores geométricos en la cuantificación de la irregularidad. La caracterización mecánica pasó por la realización de un programa de ensayos en muros construidos en laboratorio, teniendo como referencia los resultados obtenidos en ensayos efectuados en muros reales. Este análisis permitió cuantificar diversos parámetros mecánicos (resistencia, deformabilidad, ductilidad, capacidad de disipación de energía) y evaluar la influencia de la geometría en la respuesta estructural de muros poco abordados en la literatura. La estructura mecánica se ha restablecido a un gran programa de pruebas de las paredes construido en laboratorio, basado en el resultado de un estudio de referencia que demuestre la prueba experimental de los muros reales. Este análisis permite cuantificar varios parámetros (fuerza, deformabilidad, ductilidad, energía de disipación de capacidad) y evaluar la influencia de la geometría en las respuestas sobre la respuesta de la superficie de la pared, que es una señal de advertencia dirigida en los casos. Se evaluó

la influencia de la geometría en el desempeño estructural de estos muros, haciendo variar la forma, la dimensión y la disposición de las piedras en el muro exterior. En cuanto a los ensayos de corte-compresión, las principales conclusiones son que los muros regulares exhiben una mayor capacidad resistente debido a la mayor regularidad de las zonas de contacto entre piedras, y las paredes más irregulares evidencian mayor capacidad de disipación de energía y amortiguación.

Binda, Baronio, Penazzi, Palma y Tiraboschi (2014), proponen un procedimiento de estudio diseñado para caracterizar, desde el punto de vista morfológico y experimental, mampostería de piedra con varias vestiduras; cuyo objetivo se logra mediante una clasificación que parte del muestreo sistemático por áreas geográficas y prevé el reconocimiento, dentro de éstas, de más técnicas de construcción. Los muros se estudian en sus características geométricas y constructivas profundizando a través de pruebas in situ y en laboratorio el conocimiento de las características de los materiales también con el fin de elegir técnicas adecuadas para las intervenciones. La metodología adoptada ha contribuido a un diagnóstico adecuado de posibles daños, diferentes a los más conocidos. Los daños más notables fueron: colapso del revestimiento externo de la mampostería con varias vestiduras tanto reparadas como no reparadas con la técnica de inyección, colapso local debido a heterogeneidades materiales geométricas o locales incluso en el caso de intervenciones, colapso debido a la aplicación inadecuada de técnicas de intervención que pueden deberse tanto a técnicas inadecuadas como a una ejecución deficiente. El presente estudio está indicado para un diagnóstico preventivo en términos de vulnerabilidad, con el fin de conocer las condiciones reales de riesgo de los edificios, pero también está dirigido al diseño de la intervención de reparación o prevención de daños. Si el conocimiento de técnicas constructivas y materiales de las estructuras de mampostería es suficientemente detallado, la elección de técnicas de intervención para la consolidación también se puede llevar a cabo de una forma más apropiada. La información recopilada en una base de datos también puede permanecer como documentación para futuras intervenciones o como

ejemplo para otros proyectos, recomendados in situ y en el laboratorio representan un nivel mínimo de conocimiento de materiales que se puede lograr incluso en casos de falta de fondos para la experimentación.

Quiróz (2014), realizó un estudio sobre la evaluación de los defectos en la construcción de viviendas informales de albañilería en el sector de fila alta, provincia de Jaén – Cajamarca, entre sus objetivos evaluó los defectos en la construcción de viviendas informales de albañilería. Para ello manejó la siguiente metodología, es una investigación en campo no experimental, tipo transversal y correlacional; y de método descriptivo; se realizó una contrastación de la normatividad y recomendaciones técnicas vigentes (carácter local y nacional), sobre construcción de viviendas, con las características y parámetros encontrados en campo. Donde concluyó que, todas las viviendas analizadas presentan defectos y errores cometidos en la construcción, por no contar con planos, ni asesoramiento profesional y por la limitación de recursos económicos. Los muros asentados con mala calidad de mano de obra; cercos, alféizar y muros de tabiquería no aislados en la estructura son los defectos más frecuentes; por otro lado, el defecto menos frecuente encontrado en la construcción de viviendas informales es la combinación de ladrillos y adobe en muros.

Shaquihuanga (2014), realizó un estudio sobre la evaluación del estado actual de los muros de albañilería confinada en las viviendas del sector fila alta – Jaén; dichos muros se evaluaron a través de las deficiencias técnicas y patologías, la recolección de datos se realizó mediante inspecciones una preliminar y una detallada. Se usaron formatos en los cuales se registró las deficiencias técnicas como son: selección del tipo de unidades de albañilería, espesor de junta de albañilería, trabado de unidades, unión muro-techo, unión muro-columna y patologías como: grietas en muros, eflorescencia y humedad. Dicho estudio concluyó que el 88% de muros tenían espesores de juntas mayores a 1.5cm, el 19% de muros están desplomados, en el caso de patologías se determinó que el 15.28% de muros presentan grietas y el 37.5% presentan fallas por eflorescencia y humedad.

Lulichac (2015), realizó un estudio sobre la determinación de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca, para lograr ello utilizó la siguiente metodología: una investigación experimental que consiste en la manipulación de variables experimentales como son, las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería (resistencia a compresión, variación dimensional, alabeo, absorción, succión), con el fin de descubrir de qué modo o porque causas se produce una situación o acontecimiento en particular. Dicho estudio concluyó que ninguna de las ladrilleras estudiadas alcanzó la resistencia mínima que exige la Norma Técnica E 070; asimismo no cumplían con las dimensiones que presentan en sus especificaciones, etc. En resumen, más del 10% de los valores de cada una de las propiedades físico-mecánicas de las ladrilleras estudiadas no cumplen con las exigencias mínimas establecidas en la Norma Técnica E 070.

Laucata (2013), realizó un estudio sobre el análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo, entre sus objetivos propuso contribuir en la disminución de la vulnerabilidad sísmica en las viviendas informales de albañilería confinada en el Perú, lo que involucra conocer las características de las viviendas informales, realizar un análisis de la vulnerabilidad sísmica y proporcionar una solución para mitigar el riesgo sísmico de las viviendas informales de albañilería confinada. Para lograr ello realizó el estudio de los materiales que conforman la albañilería confinada. Usando encuestas, cuyas preguntas fueron planteadas por el autor. Donde concluyó que, los materiales utilizados en la construcción de las viviendas encuestadas son de regular a deficiente calidad, existe un inadecuado control de calidad sobre los materiales, las unidades de albañilería utilizadas en las viviendas poseen baja resistencia, alta variabilidad dimensional y gran absorción. Esto ha demostrado que es la falta de conocimiento técnico y asesoría oportuna de profesionales, la causa principal que existan deficiencias.

Aguirre (2004), desarrolló un estudio sobre la evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín,

entre sus objetivos determinó el tipo de materia prima empleado para la fabricación de ladrillos artesanales, evaluó las características físicas y mecánicas de las unidades de arcilla fabricadas artesanalmente en la región y que abastecen a ésta, para así poder comparar los resultados de los ensayos con la Norma E 070 (1982), la propuesta de Norma (2004), INDECOPI NTP y otros estudios similares en otras zonas efectuadas. Para lo cual se utilizó la siguiente metodología: primero se describió la historia y diferentes tipos de albañilería, luego se dan las cifras estadísticas de la tipología de estas construcciones y finalmente se hizo la evaluación estructural de algunos modelos representativos. Dicha investigación concluye que; según los resultados de resistencia a compresión de las unidades (f'_{b}), la mayoría de los valores de los resultados no se aproximan a 50 kg/cm² recomendado en Norma E 070 2004, el peso específico se encuentra dentro de un rango admisible para este tipo de unidades; de la resistencia a la compresión en pilas se obtuvo que las unidades presentan un mejor comportamiento como albañilería y no como unidad. De la resistencia a compresión diagonal en los muretes se obtuvo que la mayoría de las zonas en estudio superan el valor mínimo establecido en la Norma E 070, con los cuales, según la propuesta de Norma, clasificarían como unidades king kong artesanal.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. Viviendas informales.

Existen dos tipos de viviendas informales: la que se desarrolla por la autoconstrucción y la que se desarrolla por la autogestión.

a) Autoconstrucción.

Los mismos propietarios y sus familiares, y eventualmente vecinos, con un principio de solidaridad, se apoyan con el concepto del Ayni, (i.e. Hoy por ti, mañana por mí). Construyendo sus casas a un menor costo que si contrataran operarios para ello, en trabajos como movimiento de tierras, fractura de rocas, así como en vaciado de concreto (Arboccó, 2014). Muchas veces la construcción de la vivienda se va realizando de a poco, es decir se termina de construir en tiempos diferentes.

b) Autogestión.

Se denomina autogestión, cuando un propietario desea construir su vivienda pero no posee conocimientos sobre construcción, entonces opta por contratar a alguien que muchas veces no tiene el conocimiento más allá de una gran intuición (sin mayores conocimientos arquitectónicos, estructurales y funcionales) y posiblemente su experiencia, que no necesariamente sea un maestro de obra.

2.3.2. Patologías en las edificaciones.

La vulnerabilidad de las estructuras suele reflejarse a través de patologías que aparecen en las edificaciones, ocasionando múltiples efectos, desde pequeños daños y molestias para sus ocupantes, hasta grandes fallas que pueden causar el colapso de la edificación o parte de ella. La diversidad de patologías que se manifiestan en las edificaciones es infinita; además de ser un tema muy complejo. Difícilmente se logra determinar con precisión, las causas o motivos de muchas de las manifestaciones que presentan las estructuras; en muchos casos ni siquiera la experiencia de un experto es suficiente para dar una respuesta totalmente certera (Astorga y Rivero, 2009).



Figura 1. Clasificación general de patologías en las edificaciones. Tomada de Patologías en las Edificaciones de Astorga y Rivero 2009.

a) Patologías por defectos.

Las patologías que aparecen por defectos, son aquellas “relacionadas con las características intrínsecas de la estructura, son los efectos que surgen en la edificación producto de un mal diseño, una errada configuración estructural, una construcción mal elaborada, o un empleo de materiales deficientes o inapropiados para la obra” (Astorga y Rivero, 2009, p. 2). Un defecto en la edificación, la puede convertir en vulnerable y dejar expuesta a sufrir daños y deterioros de magnitudes incalculables. Por lo que, este tipo de patologías se deben evitar, controlar y corregir con la intervención de personal capacitado y honrado durante la elaboración y ejecución del proyecto.

b) Patologías por daños.

Según Astorga y Rivero (2009), “son las que se manifiestan durante y/o luego de la incidencia de una fuerza o agente externo a la edificación. Los daños pueden ser producto de la ocurrencia de un evento natural, como un sismo, inundación, derrumbe, entre otros” (p. 2). Los daños también pueden ser causa del uso inadecuado de las estructuras, como la sobrecarga de la edificación. La ocurrencia de eventos naturales son inevitables, pero lo que sí se puede evitar es que éste se convierta en un desastre. Por lo que, se deben construir edificaciones menos vulnerables (sin defectos en el diseño, materiales y construcción) y respetando los criterios establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

c) Patologías por deterioro.

Astorga y Rivero (2009), afirman que “la exposición al medio ambiente, los ciclos continuos de lluvia y sol, el contacto con sustancias químicas presentes en el agua, aire y el entorno; hacen que la estructura se debilite continuamente” (p. 2). A pesar de que los proyectos se diseñan con un tiempo determinado de vida útil, con el transcurrir del tiempo, las estructuras van presentando deterioros, por lo que es necesario, un adecuado y permanente mantenimiento para ayudar a prevenir el deterioro normal e inevitable de las edificaciones causado por el pasar del tiempo.

2.3.3. Muros.

Mosqueira y Tarque (2005), indican que “los muros son elementos estructurales principales que proporcionan rigidez lateral a las viviendas frente a la acción de los sismos. Además, transmiten a la cimentación las cargas provenientes de la losa” (p. 90). Para que las cargas de gravedad puedan transmitirse directamente hasta la cimentación, los muros de niveles superiores deben estar alineados con los muros del nivel inferior.

2.3.4. Albañilería confinada.

Son aquellas viviendas que tienen por sistema estructural muros de unidades de arcilla cocida, confinados en todo su perímetro por elementos de concreto vaciados posteriormente a la construcción del muro, y losas aligeradas como diafragma rígido. En su proceso constructivo se crea una conexión dentada entre el muro y las columnas o confinamientos de concreto armado (Manchego y Pari, 2016). Es importante seguir la secuencia constructiva indicada para que se forme un conjunto que actúe de manera integral, especialmente ante la ocurrencia de eventos naturales como los sismos.

2.3.5. Comportamiento sísmico de la albañilería.

El comportamiento sísmico de un muro de albañilería en el interior de un pórtico de concreto armado es completamente diferente al comportamiento de un muro confinado; esta diferencia se debe principalmente al procedimiento de construcción, al margen del tipo de unidad o mortero. La técnica constructiva de muros confinados, hace que “en los muros confinados se desarrolle una gran adherencia en las zonas de interfase columna-muro y viga-muro” (San Bartolomé, 1994, p. 14). Por el contrario, cuando se construyen primero los elementos de concreto y después los muros, ante la ocurrencia de un sismo los muros terminan separándose de las columnas, como si existiese una junta vertical entre ambos elementos, quedando los muros sin arriostres verticales en sus bordes y volcándose (San Bartolomé, Quiun, y Silva, 2011). Abanto (2016) refiere que las construcciones de albañilería sometidas a fuerzas sísmicas, han presentado las siguientes fallas:

a) Falla por corte.

La falla por compresión, es típica de materiales de baja resistencia a compresión en muros confinados en marcos muy rígidos y muros esbeltos. “La falla a través de una grieta diagonal puede ser de dos tipos, dependiendo de las características de los materiales y de la distribución de los materiales inducidos” (Abanto, 2016, p. 77). La primera, es la grieta de tracción que se distingue por atravesar de manera indistinta las unidades y el mortero, lo que significa una buena adherencia entre ambos; el otro tipo de grieta se caracteriza por el deslizamiento de las unidades sobre las juntas de mortero, esto se debe a una deficiente adherencia entre los materiales.

b) Falla por flexión.

Ocurre generalmente en muros sin elementos de concreto armado, en donde “al no existir restricción al desplazamiento vertical en la parte superior del muro, se originan momentos flexionantes que determinan la falla, debido a que la resistencia a tracción de la albañilería es mínima, el muro trabaja como un elemento en voladizo” (Abanto, 2016, p. 77). Originándose grietas horizontales en las juntas inferiores del muro, en el lado en el que está aplicada la fuerza horizontal. Para evitar ello es muy importante una adecuada construcción de las vigas soleras.

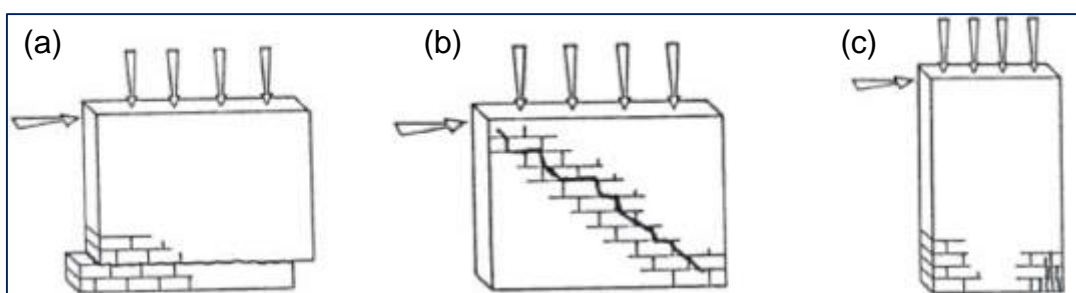


Figura 2. Tipos de falla de albañilería. (a) Falla de corte por deslizamiento; (b) Falla por corte a través de una grieta diagonal; (c) Falla por flexión.

c) Falla por asentamiento diferencial.

El asentamiento diferencial se presenta cuando el terreno es de baja capacidad portante y no se ha diseñado una adecuada cimentación para este tipo de suelo. El asentamiento

del suelo es debido al reacomodo de las partículas debido a la vibración ocasionada por un terremoto. La forma típica de esta falla es una grieta vertical a todo lo alto del muro (Abanto, 2016).

2.3.6. Sector ladrillero artesanal.

El sector de los ladrilleros artesanales en el Perú presenta una variedad de problemas, entre los cuales se encuentran: la baja eficiencia en los hornos de quemado, baja calidad de productos terminados, deficientes procesos de comercialización y, como consecuencia, la precaria economía en la que se desarrollan estos productores (Swisscontact y Asociación de Comunicadores Calandria, 2009).

2.3.7. Unidades de arcilla.

En la producción de unidades de arcilla existe una gran variedad, tanto en la calidad de materia prima utilizada, en los procesos de manufactura y en las formas geométricas que se comercializan (Tena y Miranda, 2003). “El formado de las unidades de arcilla se realiza por todos los métodos de moldeo, con la asistencia de presión (no es posible fabricar unidades de arcilla por moldeo asistido con vibración), y por extrusión” (Gallegos y Casabonne, 2005, p. 92).

2.3.8. Elaboración de las unidades de arcilla artesanales.

La elaboración de unidades de forma empírica, sin conocer la composición química de su materia prima, la influencia de éstos en sus propiedades y los métodos de cocción que se siguen; traen como consecuencia un producto final sin homogeneidad, sin la resistencia mecánica suficiente, sin una densidad y un peso adecuado. Lo que genera un alto porcentaje de pérdida por cada lote que ingresa al horno y una menor calidad del producto final que se expende para la construcción de viviendas.

Los materiales empleados para la fabricación de unidades son: la arcilla, tierra o arena y agua. La arcilla generalmente proviene de canteras cercanas a los hornos. Las unidades son elaboradas artesanalmente sin ningún tipo de mecanización. La fabricación, la

extracción de la arcilla es realizada con palas y picos, luego son trasladadas en carretillas hacia la zona de mezclado y moldeo. El mezclado es realizado a mano y para el moldeo utilizan moldes de madera. El proceso productivo que se sigue en la región Puno se muestra en el siguiente esquema:

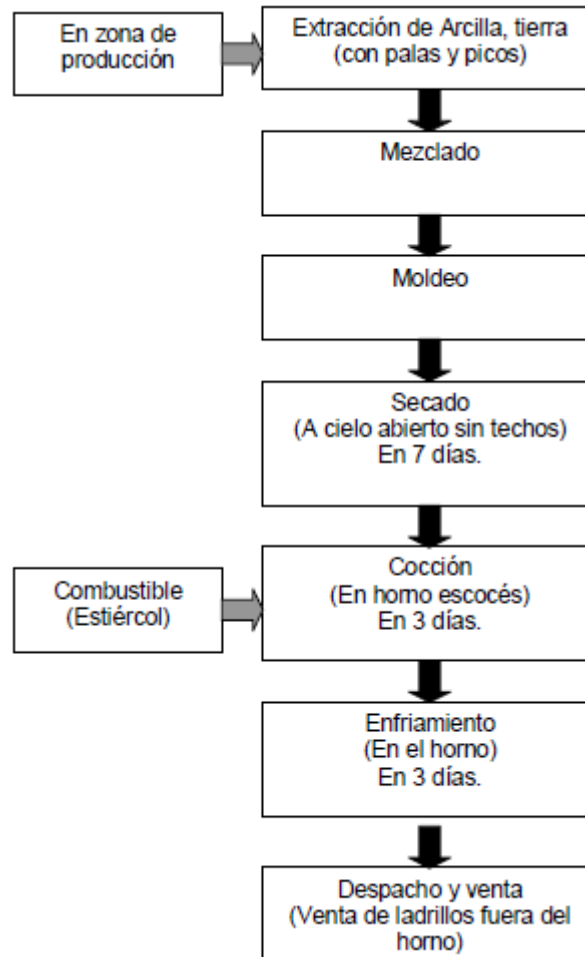


Figura 3. Proceso productivo de ladrillos artesanales en la Región Puno. Tomada de Swisscontact Y Asociación de Comunicadores Calandria, 2009.

2.3.9. Ensayos clasificatorios de unidades de albañilería.

En esta parte se describen tres tipos de ensayos establecidos en la NTE E 070: variación dimensional, alabeo y resistencia a la compresión, los cuales se encuentran relacionados con la clasificación de la unidad con fines estructurales, los parámetros de clasificación se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1
Clasificación de unidad de albañilería para fines estructurales.

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

* Bloque usado en la construcción de muros portantes.

** Bloque usado en la construcción de muros no portantes.

Nota: Adaptado de Norma Técnica E 070 ALBAÑILERÍA, 2018.

Considerándose a cada tipo según la clasificación de la Norma ITINTEC 331.017, como:

- **TIPO I:** Unidades que poseen una resistencia y durabilidad muy baja; son aptos para ser usados bajo condiciones de exigencias mínimas (viviendas de 1 o 2 niveles), y evitando el contacto directo con la lluvia o suelo.
- **TIPO II:** Se clasifican a las unidades de baja resistencia y durabilidad; son aptos para usarse bajo condiciones de servicio moderadas (no deben estar en contacto directo con la lluvia, suelo o agua).
- **TIPO III:** Son unidades de mediana resistencia y durabilidad, aptos para emplearse en construcciones sujetas a condiciones de bajo intemperismo.
- **TIPO IV:** Son unidades de alta resistencia y durabilidad; aptos para ser utilizados bajo condiciones de servicio rigurosas. Pueden estar sujetas a condiciones de intemperismo moderado, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.
- **TIPO V:** Tienen una resistencia y durabilidad elevada; son aptos para emplearse en condiciones de servicio muy rigurosas, pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo similares al TIPO IV.

a) Variación dimensional.

Con este ensayo se mide el porcentaje de dispersión que existe entre las dimensiones (i.e. largo, ancho y alto) teóricas de las unidades especificadas por el fabricante y las dimensiones reales con las que cuenta la unidad en obra. Gallegos y Casabonne (2005), nos indican que la variabilidad dimensional precisa la altura de las hiladas de mortero, puesto que, a mayor variación en las alturas de las unidades, surge la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero incluso por encima de los estrictamente necesario por adhesión.

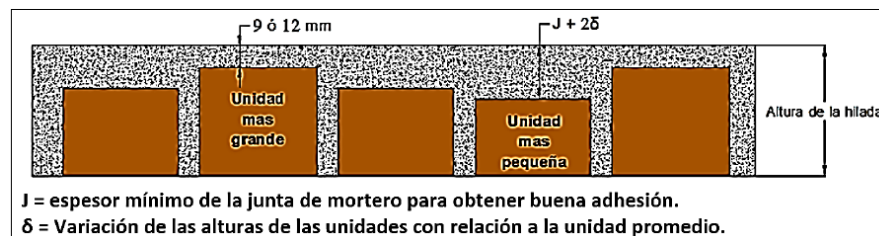


Figura 4. Determinación de la altura de la hilada. Tomada de Gallegos y Casabonne, 2005.

b) Alabeo.

Con el ensayo, se busca calcular cuan cóncavo (i.e. presenta espacios vacíos) o convexo (i.e. presenta elevaciones sobresalientes) es la unidad. Puesto que, altos valores de alabeo pueden causar que las juntas de mortero horizontales presenten vacíos, es decir, una mala adherencia entra la unidad y el mortero, por ende, una menor resistencia del muro.

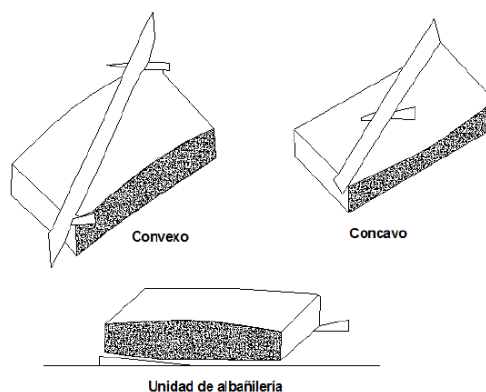


Figura 5. Medición de alabeo (concavidad y convexidad) en la unidad de albañilería. Adaptado de Gallegos y Casabonne, 2005.

c) Resistencia a la compresión.

La resistencia de una unidad, depende principalmente de su composición (materia prima) y proceso de cocido durante su fabricación. Gallegos y Casabonne (2005), afirman que los valores altos de resistencia señalan buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio, son muestra de unidades poco resistentes y poco durables.

2.3.10. Ensayos no clasificatorios de unidades de albañilería.

Son ensayos que sirven para definir el procedimiento constructivo de los muros de albañilería. En esta parte se describen el ensayo de succión, absorción, absorción máxima, coeficiente de saturación y densidad.

a) Succión.

Es la medida de la velocidad inicial de absorción en la cara de asiento de la unidad, es una propiedad muy importante para definir la relación mortero-unidad en la interfase de contacto entre ambos. Cuando la succión es muy elevada, es decir, cuando la unidad absorbe rápidamente el agua del mortero, éste se deforma y endurece, lo que produce un contacto incompleto e inadecuado con la cara de asiento de la siguiente unidad (i.e. hilada superior). La consecuencia de todo ello, son uniones de baja resistencia y permeables al agua.

b) Absorción.

Según la ITINTEC (1978), “es la medida de la permeabilidad de la unidad de albañilería, que frecuentemente se considera como medida de la porosidad”. Esto significa que, ante la existencia de una mayor filtración de la unidad por medio de sus poros, ésta es más propensa a desintegrarse, cuando se encuentre en contacto directo y constante con la humedad y sea sometido a congelación. Una unidad porosa es menos resistente, que otra más resistente a la acción del tiempo.

c) Absorción máxima.

Es considerada como “la medida de la impermeabilidad; los valores indicados como máximos en la Norma se aplican a condiciones de uso en que se requiera utilizar la unidad de albañilería en contacto constante con agua o con el terreno, sin recubrimiento protector” (ITINTEC, 1978). Como por ejemplo en el caso de unidades de albañilería sin recubrimiento en cisternas, jardineras y expuestas a zonas muy lluviosas.

d) Coeficiente de saturación.

Es considerada como “una medida de la durabilidad de la unidad cuando se encuentra sometida a la acción de la intemperie; a mayor coeficiente de saturación, mayor será la cantidad de agua que absorbe rápidamente y consecuentemente inferior su resistencia a la intemperie” (ITINTEC, 1978).

Tabla 2
Requisitos complementarios de ensayos de unidades de albañilería.

TIPO	ABSORCIÓN (máx. en %)*	COEFICIENTE DE SATURACIÓN (máximo)**
I	Sin límite	Sin límite
II	Sin límite	Sin límite
III	25	0.90
IV	22	0.88
V	22	0.88

* El ensayo de absorción máxima sólo es exigible cuando el ladrillo estará en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.

** El ensayo de coeficiente de saturación sólo es exigible para condiciones de intemperismo severo.

Nota: Adaptado de ITINTEC, 1978.

e) Densidad.

Es la relación que existe entre la masa de la unidad y su volumen. San Bartolomé (1994) refiere que “la densidad está relacionada directamente con la resistencia a compresión y para su evaluación se usa el principio de Arquímedes” (p. 115). La Norma ITINTEC (1978), considera a este ensayo necesario para la clasificación de la unidad, lo que no ocurre con la NTE E 070.

f) Eflorescencia.

Es un fenómeno que consiste en la formación de cristales de sales (comúnmente sulfatos) generalmente de color blanco, en la superficie de muros de unidades de albañilería; esto se debe a la existencia de sales en las unidades de arcilla o arena del mortero, las cuales reaccionan al entrar en contacto con el agua utilizada durante la construcción, la humedad constante a la que se encuentra expuesta el muro ó el contacto directo con la lluvia y el viento.

2.3.11. Mortero.

Es un adhesivo que se utiliza para pegar las unidades de albañilería entre sí, durante el asentado (Abanto, 2016). Está compuesto generalmente por cemento Portland tipo I o puzolánico IP, arena y agua. La función del cemento es proporcionar resistencia a la mezcla, la de la arena es proporcionar estabilidad volumétrica, y por último la del agua es proporcionar trabajabilidad, así como hidratar al cemento (San Bartolomé, Quiun, y Silva, 2011).

2.3.12. Propiedades y ensayo de laboratorio del mortero.

Manchego y Pari (2016), afirman que el mortero tiene propiedades en su estado plástico y en su estado endurecido; en el estado plástico la propiedad esencial del mortero es su trabajabilidad, que es la cualidad de poder ser manipulado con el badilejo y de adherirse a las superficies de las unidades de albañilería, logrando un contacto íntimo y completo que corrija las irregularidades de las unidades de albañilería. Por otro lado, en su estado endurecido las propiedades principales del mortero son la adhesión entre unidades de albañilería y la resistencia a compresión.

El ensayo de resistencia a compresión del mortero (ASTM C-579) consiste en preparar probetas cúbicas de 50mm de lado, vaciadas en moldes metálicos y curados durante 28 días en agua. El ensayo sólo tiene el fin de controlar la calidad del mortero, puesto que, las probetas no reflejan las condiciones reales de las juntas en la interacción unidad-

mortero de los muros, por ejemplo, influye la pérdida de agua que se produce por la succión de la unidad, el espesor de las juntas (a menor altura, mayor resistencia) y además que durante el ensayo de las probetas los cabezales restringen el desplazamiento lateral, lo que no ocurre en casos reales (San Bartolomé, Quiun, y Silva, 2011).

2.3.13. El mortero y la unidad de albañilería.

San Bartolomé, Quiun, y Silva (2011), afirman que “la función principal del mortero en la albañilería es de adherir las unidades, corrigiendo las irregularidades geométricas de altura que éstas tienen, así como sellar las juntas contra la penetración del aire y de la humedad” (p. 64).

Por otro lado Vasconcelos y Sánchez (2003), indican que la adherencia entre el mortero y la unidad es de forma mecánica. Puesto que, cuando el mortero se pone en contacto con la unidad de albañilería, ésta absorbe la lechada que penetra por sus poros, que al cristalizarse forman la trabazón mecánica, la base fundamental de la adhesión entre ambos elementos. Esta conexión se incrementa cuando existe mayor rugosidad superficial, cavidades o alvéolos en la cara de asiento de la unidad. Para incrementar a adherencia se puede optar por uno o más de los siguientes procedimientos:

- Si la unidad presenta alto grado de succión, se debe considerar el regado o humedecimiento antes del asentado de los muros. Sin embargo, esto incorpora una variable en el comportamiento difícilmente controlable.
- Construir con juntas de mortero gruesas, para que la succión de agua del mortero por la unidad de la hilada inferior no afecte en la correcta adhesión con la unidad de la hilada superior. Sin embargo, esto puede ocasionar la reducción de la resistencia a compresión de la albañilería.
- Aumentar la consistencia del mortero (agregando más agua) o su retentividad (añadiendo cal en la dosificación); sin embargo, estas posibilidades tienen limitaciones.

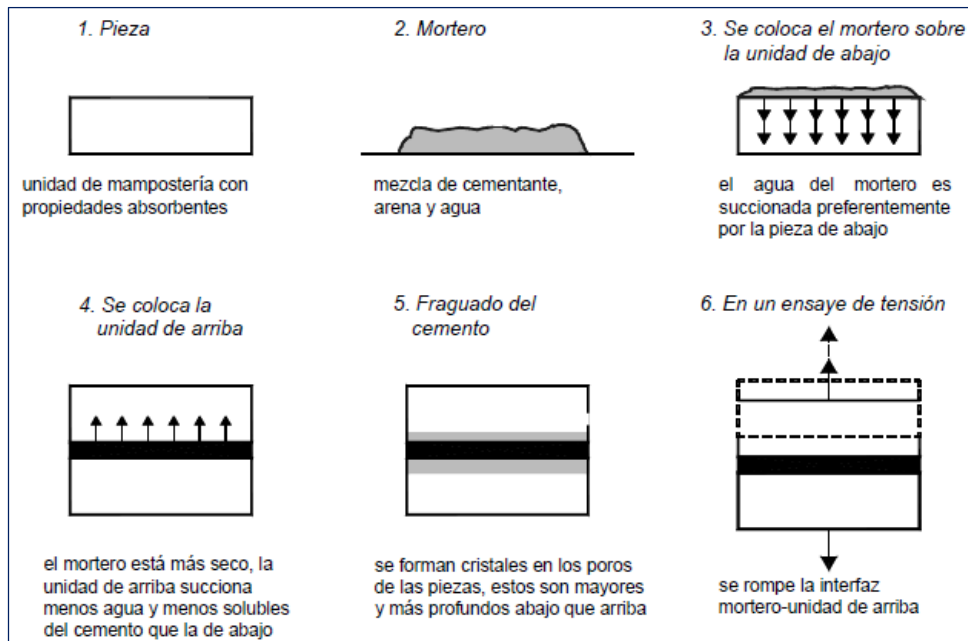


Figura 6. Mecánica de la adherencia entre piezas y mortero. Adaptado de Vasconcelos y Sánchez, 2003.

2.3.14. Comportamiento mecánico del mortero.

En los morteros que se manejan para unir las unidades de albañilería, existe una gran variabilidad, esto se debe a diferentes proporciones volumétricas de materiales (cemento, arena y agua) usadas, distintos espesores de junta de mortero; los cuales están en función del tipo de unidad y calidad de mano de obra empleada. Por lo tanto, se dificulta generalizar el comportamiento mecánico de la albañilería (Tena y Miranda, 2003).

Asimismo indican que “en condiciones de obra, es de esperarse mayor dispersión en los resultados que los obtenidos en laboratorio, debido a la intervención de diferentes operaciones y a la posible variación de los proporcionamientos realmente empleados” (p. 109).

2.3.15. Refrendado capping.

San Bartolomé (2008), afirma que en zonas donde el prisma vaya a estar en contacto con los cabezales metálicos del equipo de ensayo se aplica un refrendado (capping) blando de yeso - cemento, de unos 3mm de espesor, con la finalidad de corregir las irregularidades que presenten los prismas de albañilería.

2.3.16. Prismas de albañilería.

Son especímenes que nos permiten predecir el comportamiento de los muros de albañilería, mediante ensayos que permitirán caracterizar el comportamiento de muros de albañilería (Manchego y Pari, 2016). Para representar los muros reales de la mejor manera posible, los prismas deben estar expuestos a las mismas condiciones y contar con las mismas características (tipo de unidad de albañilería, dosificación y espesor de juntas de mortero, asentado, mano de obra, etc) que determinan sus propiedades mecánicas.



Figura 7. Ensayo de compresión axial de pilas (izquierda) y de compresión diagonal (derecha). Adaptado de San Bartolomé, 2008.

a) Pilas.

Son prismas compuestos por dos o más unidades de albañilería, asentadas una sobre otra mediante el mortero. Mediante este ensayo se determina la resistencia ante cargas verticales de los muros, este esfuerzo depende de la interacción unidad – mortero.

- **Esbeltez.**

La resistencia característica a compresión axial de las pilas ($f'm$) depende de su esbeltez, que es la relación entre la altura y el espesor del prisma. Este valor está comprendido entre 2 y 5. La NTE E 070 considera a 5 como el valor de esbeltez estándar, en la Tabla 3 se muestran factores de corrección según el valor de esbeltez.

Tabla 3
Factores de corrección de $f'm$ por esbeltez.

Esbeltez	2.00	2.50	3.00	4.00	4.50	5.00
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

Nota: Adaptado de Norma Técnica E 070 ALBAÑILERÍA, 2018.

- **Formas de falla.**

El comportamiento y los modos de falla ante cargas axiales dependen de la interacción entre las unidades y el mortero; debido a que éstos poseen características esfuerzo-deformación diferentes; por lo tanto, al ser sometidos a un mismo esfuerzo, la interacción entre ambos consiste en que el material menos deformable (unidades de albañilería) sufre esfuerzos de tensión y el material más deformable (mortero) sufre esfuerzos a compresión (Tena y Miranda, 2003).

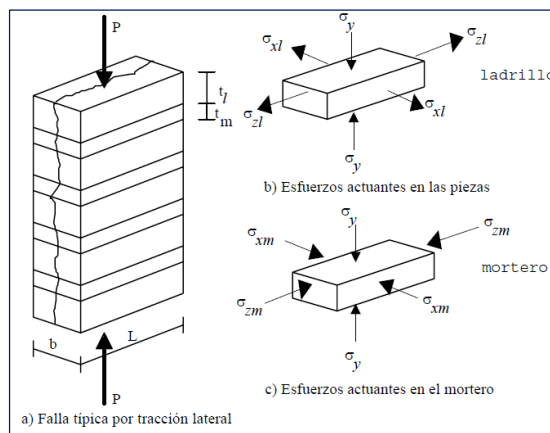


Figura 8. Mecánica típica de falla de la mampostería a la compresión. Adaptado de Tena y Miranda, 2003.

La falla ideal de las pilas de albañilería es una grieta vertical que atraviesa a unidades y mortero de manera indistinta, causada por la compresión aplicada; en cambio, la falla por trituración de la unidad es una falla indeseable por ser muy frágil y explosiva, por lo general se presenta cuando se utilizan unidades huecas (San Bartolomé, 2008).

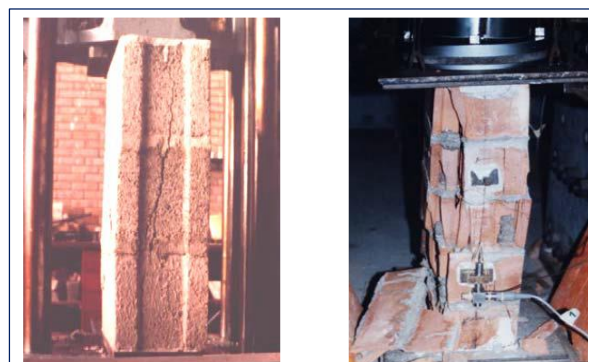


Figura 9. Grieta vertical (izquierda) y falla por trituración (derecha). Adaptado de San Bartolomé, 2008.

San Bartolomé, Quiun, y Silva (2011) afirman que “para unidades de baja resistencia (por ejemplo, ladrillos King Kong artesanal), por lo general, la falla ocurre por aplastamiento local de las unidades”.

b) Muretes.

Una de las situaciones en el que un muro puede verse sometido a compresión diagonal es ante un evento sísmico. Gallegos y Casabonne (2005) refieren que es el ensayo más representativo por la similitud que existe entre la forma de falla del ensayo con la forma de falla de ciertos muros de edificaciones causadas por acciones sísmicas. Sin embargo, la realidad de las condiciones de borde como el caso de albañilería confinada son diferentes entre ensayo y realidad.

- **Comportamiento mecánico de la albañilería bajo tensión diagonal.**

Tena y Miranda (2003) refieren que para estudiar el comportamiento de los muros en tensión diagonal se utiliza el ensayo de compresión diagonal. Con este ensayo, en el murete se produce esfuerzos de compresión a lo largo de la diagonal en que se aplica la carga, pero al mismo tiempo se produce esfuerzos de tensión a lo largo de la diagonal perpendicular a la que se produce la compresión.

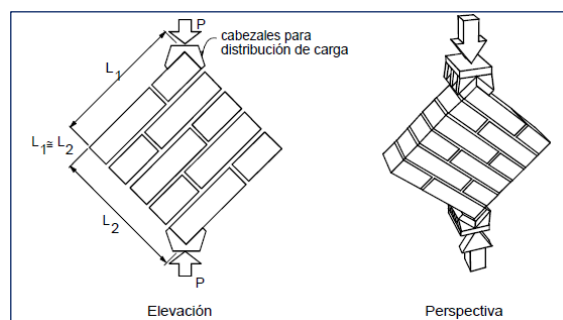


Figura 10. Ensayo de compresión diagonal.
Adaptado de Tena y Miranda, 2003.

Es muy importante conocer el comportamiento mecánico de un muro sometido a tensión diagonal, puesto que, es el tipo de acción que con mayor frecuencia produce su falla. Las situaciones en las que un muro de una edificación puede verse sometido ante este efecto son: cuando ésta se ve sometida a un evento sísmico, cuando se producen hundimientos

diferenciales y bajo la acción de cargas gravitacionales cuando existe una distribución poco uniforme de cargas verticales en un determinado muro (Tena y Miranda, 2003).

- **Formas de falla.**

En la Figura 11 se muestran los principales tipos de falla observados en un ensayo de compresión diagonal. El primer tipo de falla es cuando la grieta atraviesa las unidades, sucede cuando la resistencia a tensión de la unidad es menor en relación a la resistencia de adherencia del mortero con las unidades. El segundo tipo de falla, corresponde a aquel en donde la grieta ocurre a través de las juntas de mortero, y se producen cuando la resistencia de las unidades son mayores en relación a la resistencia de adherencia del mortero con las unidades. Finalmente, cuando el esfuerzo resistente a compresión de las unidades son semejantes al de la adherencia entre las unidades y mortero, surge un tipo de falla mixto en donde la grieta diagonal atraviesa de manera indistinta a las unidades y el mortero (Tena y Miranda, 2003).

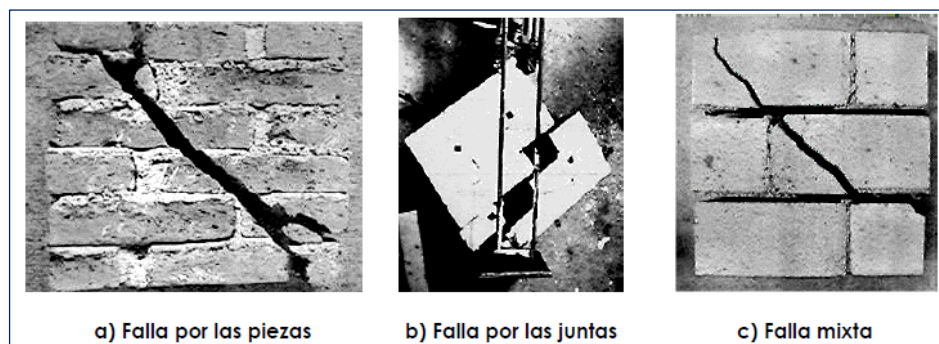


Figura 11. Modos de falla de ensayos de compresión diagonal. Adaptado de Meli, 1979; como se citó en Tena y Miranda, 2003.

La dispersión de resultados obtenidos de los ensayos de compresión axial y diagonal, indican también la calidad de mano de obra y de los materiales empleados. Cuando esta dispersión (desviación estándar dividida entre el resultado promedio) excede el 30%, se debe corregir la mano de obra o utilizar otros materiales (San Bartolomé, 2008).

2.3.17. Defectos constructivos que determinan el comportamiento sísmico de los muros de albañilería.

a) Albañilería no reforzada.

Las viviendas de adobe y las de albañilería sin refuerzos son las que han exhibido los mayores daños en todos los eventos sísmicos pasados, por ser las más vulnerables. Es decir, se han detectado tipos de falla indeseables, en viviendas donde no existe un adecuado confinamiento mediante los elementos de concreto armado, o bien cuando el confinamiento está presente pero de manera insuficiente, o cuando el detallado del refuerzo es inadecuado. Por el carácter frágil de falla que tiene la albañilería no reforzada, su uso no está permitido en la Norma E 070. Sin embargo, es necesario conocer las fallas típicas, para de este modo reconocer las zonas de debilidad, las mismas que deben reforzarse, especialmente las viviendas no reforzadas existentes (San Bartolomé, Quiun, y Silva, 2011). Las fallas típicas observadas, en orden de aparición, son:

- Deslizamiento de la losa de techo
- Desgarramiento entre muros transversales y volcamiento
- Agrietamiento diagonal
- Dinteles discontinuos
- Punzonamiento de la albañilería
- Golpe entre edificios vecinos
- Falta de continuidad vertical en los muros
- Distribución inadecuada de muros
- Asentamientos diferenciales

b) Albañilería confinada.

San Bartolomé, Quiun, y Silva (2011), refieren que “los problemas anteriormente mencionados motivaron que después del año 1940 se comience en nuestro medio a confinar los muros de albañilería, mediante el empleo de elementos de concreto armado”. Existe la posibilidad de ocurrencia de fallas en este tipo de edificaciones, cuando los

elementos de confinamiento son insuficientes, están mal diseñados o mal detallados y mal contruidos. En la Tabla 4 se detallan los principales defectos y causas.

Tabla 4
Principales defectos constructivos que determinan el comportamiento sísmico de los muros de albañilería confinada.

Defectos	Descripción
Columnas muy distanciadas entre sí.	Ante eventos sísmicos perpendiculares al plano del muro, éste puede colapsar; puesto que, el efecto de confinamiento se pierde en la zona central del muro y el tamaño de las grietas se tornan incontrolables, deteriorándose así los muros.
Secuencia inadecuada de construcción.	Como el muro es portante de carga vertical, pero al no existir una interacción columnas-muro a través de los dentados, es decir, se construyeron las columnas antes que los muros; ante la acción de cargas sísmicas transversales a su plano, el muro termina volcándose.
Inadecuada transferencia de la fuerza cortante desde la viga solera hacia el muro.	Al deslizarse la losa sobre los muros de apoyo, la armadura vertical de los muros trabajará a corte-fricción. Por lo que, es recomendable que cuando se empleen unidades macizas, la última hilada del muro debe penetrar al menos 1cm en el interior de la viga solera para desarrollar una correcta trabazón; en el caso de unidades perforadas, ese detalle no es necesario, dado que dichas unidades permiten una adecuada conexión al ingresar el concreto en sus perforaciones.
Otros defectos que inciden en el comportamiento sísmico.	Los defectos que se suelen cometer durante el proceso constructivo son los traslapes, el uso de unidades de albañilería inadecuados, tuberías que afecten al comportamiento estructural, etc. Adicionalmente a los problemas mencionados, se presentan problemas clásicos de: torsión en planta, falta de continuidad vertical de muros, asentamientos diferenciales, existencia de ductos de áreas grandes.

2.3.18. Evaluación de grietas.

Alcocer (2003) afirma que “la causa más frecuente de falla en albañilería (entendiendo como falla a la alteración del nivel de desempeño o a la condición por la cual deja de cumplir una función) son las grietas en los muros, y no el colapso” (p. 465). Una grieta surge cuando las deformaciones del muro exceden la deformación de agrietamiento de la albañilería. Éstas pueden indicar un posible colapso, alterar la apariencia arquitectónica, o

servir de entrada para la lluvia y demás agentes agresivos. Por lo que, se deben eliminar las grietas o bien limitar su anchura a valores tolerables.

Para que una grieta pueda considerarse peligrosa, ésta depende de la función de la estructura, tipo de acción, forma de grieta, entre otras; por lo que, no existe una clasificación universal y absoluta de la anchura de grietas. Según los resultados obtenidos en estructuras de albañilería de Noruega, las grietas con un ancho menor que 0,15mm no permiten el paso de agua de lluvia arrojada por el viento contra el muro. Sin embargo, esto no significa que todas las grietas con mayor anchura permitirán el paso de agua (Grimm, 1988; como se citó en Alcocer, 2003).

Tabla 5
Clasificación de grietas según el nivel de exposición de la estructura.

Categoría	Anchura de grieta AG (mm)	
Muy finas	Impermeable	AG < 0,15
Finas	Exposición exterior	0,15 < AG < 0,30
Mediano	Exposición interior - húmeda	0,30 < AG < 0,50
Extenso	Exposición interior - seca	0,50 < AG < 0,60
Severo		AG > 0,60

Nota: Adaptado de Alcocer, 2003.

Rodríguez y Castrillón (1995), han propuesto criterios para determinar el grado de daño de muros de albañilería por sismo, que se explica en la Tabla 6.

Tabla 6
Criterios para determinar el grado de daño de muros después de un sismo.

Grado	Estado de daño
I	Grietas pequeñas, difícilmente visibles sobre la superficie del muro. Grietas mínimas en castillos y dalas de confinamiento. Grietas con anchuras menores que 0.2mm.
II	Grietas claramente visibles sobre la superficie del muro, con anchuras entre 0.2 y 1mm.
III	Inicio de la formación de agrietamiento diagonal en muros confinados con castillos y dalas. Grietas grandes en la superficie del muro, con anchuras entre 1 y 3mm.
IV	Agrietamiento diagonal en muros confinados con castillos y dalas, o en muros de relleno ligados a marcos; grietas con anchuras mayores que 3mm. Inicio de la formación de agrietamiento diagonal en muros sin castillos y dalas.
V	Desprendimiento de partes de piezas. Aplastamiento local de la mampostería. Prolongación del agrietamiento diagonal en castillos o en dalas (anchuras de grietas superiores a 1mm). Agrietamiento diagonal en muros sin castillos y dalas. Deformación, inclinación horizontal o vertical apreciable del muro.

Nota: Para una evaluación rápida de la seguridad estructural de edificaciones después de un sismo.

Alcocer (2003) afirma que “un aspecto crucial en la evaluación de una estructura de albañilería es determinar si la grieta está activa o es pasiva. Las activas manifiestan deslizamientos y anchuras mayores; mientras que las pasivas no cambian ni en anchura ni longitud” (p. 467).

En la Tabla 7 se presentan algunas causas de agrietamiento de albañilería (Suprenant y Schuller, 1994; como se citó en Alcocer, 2003).

Tabla 7
Causas de agrietamiento en albañilería.

Lugar	Tipo de Grieta	Causa
Juntas de mortero	Verticales y horizontales, con un ancho constante en juntas de mortero de gran espesor.	Contracción por secado debido al alto contenido de cemento que tiene el mortero y con una cantidad de agua y cal menor que el normal.
Juntas de mortero	Verticales y horizontales de ancho constante.	Movimiento relativo entre unidades y mortero; por lo general, asociado a cambios térmicos.
Juntas de mortero	Horizontales y verticales.	Pandeo del acero de refuerzo en la junta debido a movimientos de muros contiguos, lo que provoca desconchamientos y agrietamientos del mortero.
Juntas de mortero	Varios	Deterioro de la adherencia debido a agentes químicos o a limpieza de albañilería con ácidos.
Unidad de albañilería desconchada	Horizontales y verticales de ancho constante en lugares con ciclos de congelación y deshielo.	La expansión volumétrica del agua cuando se congela (9%) produce tensiones que se traducen en grietas y desconchamiento de las unidades de albañilería.
Unidad de albañilería desconchada	De ancho constante y desconchamiento de unidades en zonas húmedas de edificios.	Cristalización de sales solubles en la albañilería que producen expansiones internas. Este fenómeno sucede cuando se han aplicado selladores a los muros que, aunque permiten el paso de vapor de agua, impiden la salida de las sales.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Metodología de investigación.

De acuerdo al tipo de datos analizados, la investigación desarrollada pertenece a la investigación CUANTITATIVA.

Según Borja (2012), la investigación cuantitativa plantea “que una forma confiable para conocer la realidad, es a través de la recolección y análisis de datos, con lo que se podría contestar las preguntas de la investigación y probar las hipótesis” (p. 11). Este tipo de investigación confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población.

Los fenómenos que se observan y/o miden no deben ser afectados por el investigador y tampoco ser alterados por las tendencias de otros. Por ende, la investigación cuantitativa debe ser lo más objetiva posible.

3.1.2. Tipo de investigación.

El tipo de investigación que se considera es EXPLICATIVA.

Borja (2012) menciona que la investigación explicativa, va más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre variables. Sino que busca las causas que originan ciertos fenómenos físicos o sociales. Su interés se centra en explicar porqué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste, o porqué se relaciona entre dos o más variables.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es CUASIEXPERIMENTAL.

Hernández, Fernández y Baptista (2010) refieren que en los diseños cuasiexperimentales “los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino

que dichos grupos ya están formados antes del experimento: son grupos intactos (la razón por la que surgen y la manera como se formaron es independiente)”. A diferencia del diseño experimental, no existe ningún tipo de aleatorización, lo que sí existe en el diseño cuasiexperimental es la manipulación deliberada, al menos, de una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes.

3.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

3.3.1. Hipótesis general.

Las características y propiedades mecánicas de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel no cumplen con los parámetros mínimos establecidos en la Norma Técnica E 070, por ende, se encuentran vulnerables ante un evento sísmico.

3.3.2. Hipótesis específicas.

Es posible obtener información confiable del estado actual de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel, mediante su caracterización usando fichas de evaluación.

Las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería y el mortero que conforman los muros de albañilería los cuales se obtienen mediante ensayos en laboratorio, no cumplen con los valores mínimos establecidos en la Norma Técnica E 070.

Las propiedades mecánicas de pilas y muretes de albañilería artesanal obtenidos mediante ensayos de compresión y tensión diagonal respectivamente, no cumplen con valores mínimos de resistencia establecidos en la Norma Técnica E 070.

3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 8
Operacionalización de variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	OPERACIÓN INSTRUMENTAL	VALORACIÓN
Dependientes: Propiedades mecánicas de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel.	Muretes de albañilería (para arcilla - king kong artesanal).	Resistencia característica de la albañilería al corte.	Ensayo de 24 muretes de albañilería de 8 características diferentes (3 de cada uno), que representan 1 tipología patrón (cumple con la norma) y 3 tipologías constructivas más comunes; las 4 tipologías combinadas con 2 hornos fabricantes de unidades de albañilería diferentes.	MPa (Kg/cm²) < 0.5 (5.1) = 0.5 (5.1) > 0.5 (5.1)
	Pilas de albañilería (para arcilla - king kong artesanal).	Resistencia característica a compresión axial de la albañilería.	Ensayo de 24 pilas de albañilería de 8 características diferentes (3 de cada uno), que representan 1 tipología patrón (cumple con la norma) y 3 tipologías constructivas más comunes; las 4 tipologías combinadas con 2 hornos fabricantes de unidades de albañilería diferentes.	MPa (Kg/cm²) < 3.4 (35) = 3.4 (35) > 3.4 (35)
<u>Ensayos Clasificatorios</u>				
Independientes: Propiedades físico-mecánicas de los componentes de los muros de albañilería artesanal informal (Ensayos clasificatorios y no clasificatorios).	Unidad de Albañilería (arcilla - king kong artesanal).	Variabilidad dimensional	Ensayo de 20 unidades de albañilería fabricados por 02 hornos diferentes.	Clases Tipo I Tipo II Tipo III Tipo IV Tipo V
		Alabeo	Ensayo de 20 unidades de albañilería fabricados por 02 hornos diferentes.	
		Resistencia a la compresión simple	Ensayo de 20 unidades de albañilería fabricados por 02 hornos diferentes.	
		<u>Ensayos No Clasificatorios</u>		
		Succión	Ensayo de 20 unidades de albañilería fabricados por 02 hornos diferentes.	
Absorción	Ensayo de 20 unidades de albañilería fabricados por 02 hornos diferentes.	< 22 = 22 > 22		

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.5.1. Población.

Desde un punto de vista estadístico, “se denomina población o universo al conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio” (Borja, 2012, p. 30). La población es el conjunto representado por la agrupación de subconjuntos que son motivos de estudio. Estos subconjuntos comparten un patrón de similitud o características específicas, en un entorno y tiempo establecido.

En función a los objetivos planteados en la presente investigación y con el fin de alcanzarlos, se considera como población a las viviendas de albañilería artesanal informal del distrito de San Miguel.

3.5.2. Muestra.

Borja (2012) sostiene que para una investigación cuantitativa, “la muestra de estudio es un subgrupo representativo de la población, sobre la cual se habrán de recolectar datos. Donde el investigador se deberá interesar para que los resultados encontrados en la muestra logren generalizarse o extrapolarse a la población” (p. 31). La muestra debe ser estadísticamente representativa.

Como se desconoce con exactitud el número total de viviendas del distrito de San Miguel cuyo material predominante en sus muros sea la albañilería artesanal maciza. Para la presente investigación, se considera una población infinita. Borja (2012) indica que el tamaño de muestra de una población infinita, se calcula con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{e^2} \quad (1)$$

Donde:

n = Tamaño de muestra

p = Probabilidad que la hipótesis sea verdadera

q = (1 - p) Probabilidad de no ocurrencia de la hipótesis

e = Error estimado por estudiar una muestra en lugar de toda la población

Z = Coeficiente de confiabilidad (Nivel de significancia) que corresponde a una distribución normal según el % de confianza requerida.

Para el valor de p se ha considerado una probabilidad del 50% equivalente a 0.5. Para el valor de q se ha apreciado una probabilidad del 50% semejante a 0.5. Respecto al valor de e , para el presente estudio se ha asumido un valor de 0.09 es decir el 9%. En relación a Z , éste se calcula a través del nivel de confianza que surge del porcentaje de error asumido, para la presente investigación se ha considerado un nivel de confianza igual al 91%, por lo tanto le corresponde un valor Z igual a 1.71.

Reemplazando en la Ecuación 1:

$$n = \frac{1.71^2 * 0.5 * 0.5}{0.09^2}$$

$$n = 90 \text{ viviendas}$$

De acuerdo al cálculo desarrollado, se tiene que el número mínimo de muros de viviendas a evaluar es de 90, para la presente investigación se estudiaron un total de 92 viviendas de albañilería artesanal informal del distrito de San Miguel, provincia de San Román - Puno.

3.5.3. Delimitación del estudio.

Debido a que el número total de viviendas en el distrito de San Miguel es extenso, se estudiaron 92 viviendas. Dichas viviendas fueron aquellas cuyo material predominante en sus muros sean las unidades de albañilería. En vista de que la forma constructiva (material usado) varía de acuerdo a cada nivel en cada vivienda, se estudiaron solamente los muros del primer nivel. Para la obtención de información se llenaron fichas de evaluación, solamente de un muro por vivienda; sin embargo, para la obtención de las propiedades físicas y mecánicas de los muros, los ensayos realizados fueron del tipo no destructivo.

En el mercado, existe una gran variedad de unidades de albañilería, entre las cuales según su fabricación se dividen en artesanales y mecanizados, por lo que, se estudiaron

los muros que se encuentren contruidos con unidades de albañilería artesanal únicamente. Entre la variedad de ladrillos artesanales que existe en el mercado, se estudiaron únicamente los macizos.

Los ensayos de las piezas individuales y los prismas, se llevaron a cabo en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la UPeU Filial Juliaca. Entre los ensayos no clasificatorios y clasificatorios de piezas individuales se encuentran: alabeo, succión, variabilidad dimensional, resistencia a la compresión, densidad, absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación. Mientras que, para la obtención de las propiedades mecánicas de pilas y muretes de albañilería, se realizaron ensayos de compresión axial y compresión diagonal respectivamente.

Respecto a los materiales a ensayar (i.e. unidades de albañilería) fueron obtenidos aquellos de similares características a los usados en las viviendas evaluadas. Finalmente se realizó una comparación de los resultados conseguidos y las recomendaciones que brinda la Norma Técnica E 070.

3.5.4. Zona de estudio.

Para la selección de las zonas de estudio se recurrió al plano del distrito de San Miguel donde se ubicó el área más poblada, que fue dividido en nueve zonas de estudio por medio de avenidas y/o jirones principales, en cada zona se evaluó un promedio de diez viviendas para lograr alcanzar el tamaño de muestra calculado. En la Figura 12 se muestra la distribución de dichas zonas.

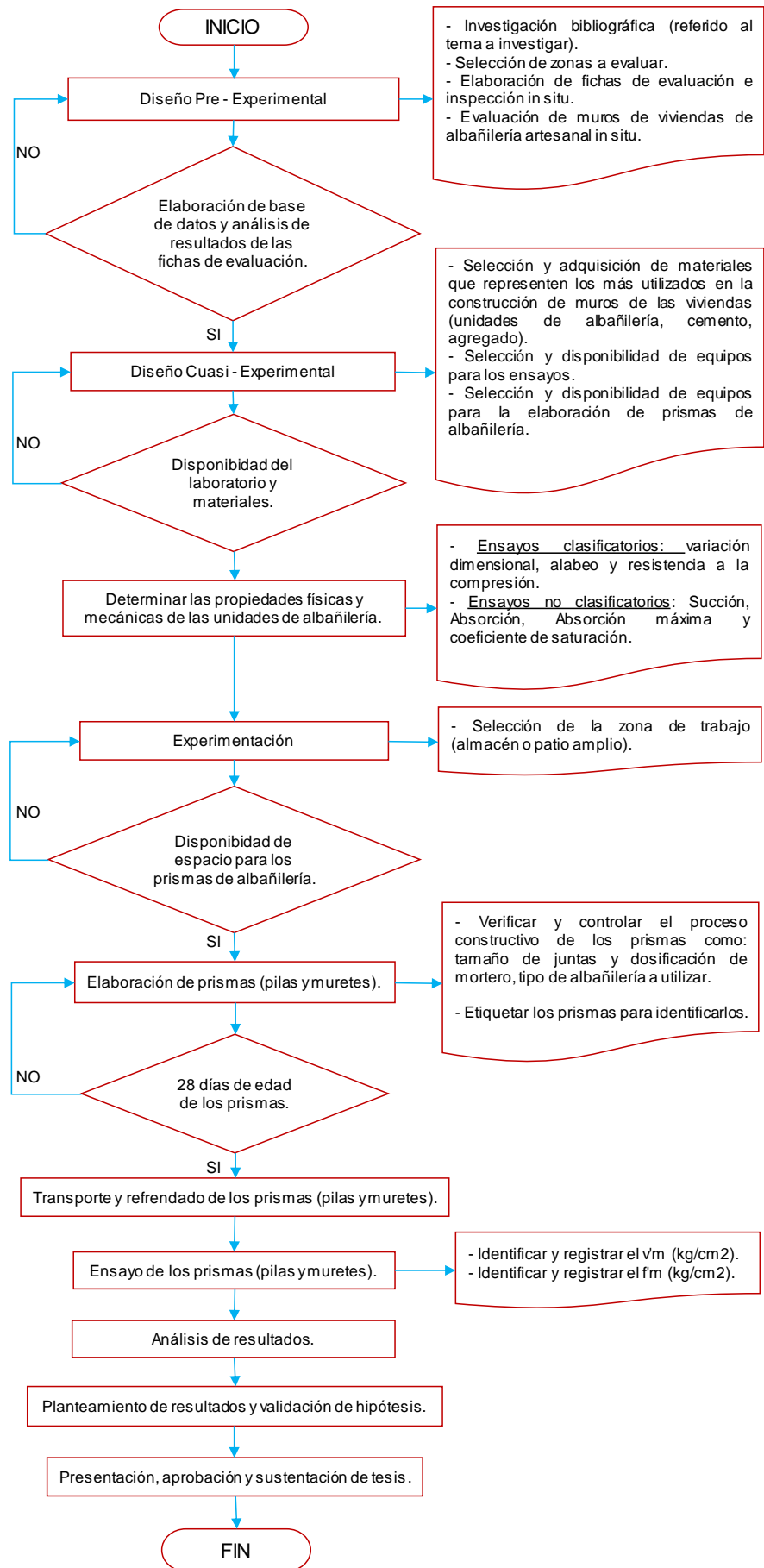


Figura 13. Diagrama de flujo.

3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos del estado actual de los muros de albañilería de viviendas del distrito de San Miguel, se utilizó como instrumento una ficha de evaluación in situ debidamente validada, cuyas preguntas fueron planteadas por la autora de la presente investigación y se muestra en el Anexo D. Mediante dicha ficha se evaluaron las características post constructivas, aspectos geométricos, calidad y patologías existentes en cada vivienda.

Culminado el trabajo de campo, se procedió a la transcripción de los datos obtenidos a hojas de cálculo y así generar una base de datos de las 92 viviendas evaluadas y en función a cada ítem propuesto en el instrumento. Además se traspasó los bocetos de muros de las viviendas a un dibujo asistido por computadora, para ello se empleó el software AutoCAD.

Una vez obtenidas las patologías y tipologías constructivas mediante las fichas de evaluación, se procedió a realizar los ensayos clasificatorios y no clasificatorios de las unidades de albañilería artesanal de dos fabricantes diferentes, asimismo se elaboraron los prototipos (prismas de albañilería) los cuales representan a 03 tipologías constructivas más comunes de los muros de viviendas del distrito de San Miguel y 01 tipología patrón la cual cumple con el espesor de junta y dosificación de mortero recomendados por la Norma Técnica E 070.

3.8. PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LOS COMPONENTES DE MUROS DE ALBAÑILERÍA

Para los fines de esta investigación se estudiaron ladrillos de arcilla macizos, producidos artesanalmente por dos fabricantes diferentes.

3.8.1. Ensayos clasificatorios de las unidades de albañilería.

En esta parte se describen tres tipos de ensayos: variación dimensional, alabeo y resistencia a la compresión. Las unidades son clasificadas con fines estructurales.

a) Variación dimensional.

Antes de realizar el ensayo, con ayuda de una brocha se limpia el polvo presente en las unidades de albañilería. El ensayo consiste en medir las dimensiones (largo, ancho y alto) de cada unidad con una regla graduada al milímetro, para cada dimensión se tomaron tres medidas, las cuales se promedian.

Para el cálculo de la Variación Dimensional se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%V = \frac{L_0 - L'}{L_0} * 100 \quad (2)$$

Donde:

%V : Variación dimensional en porcentaje

L₀ : Dimensión especificada por el fabricante

L' : Dimensión Promedio de cada dimensión



Figura 14. Ensayo de variación dimensional.

b) Alabeo.

El ensayo se realiza ubicando la unidad de albañilería sobre una mesa plana. Posterior a ello se coloca una regla metálica que conecte los extremos en diagonal sobre la superficie de asiento (superior e inferior) de la unidad, para así poder medir la concavidad y/o convexidad, introduciendo una cuña graduada al milímetro en la zona que presente más alabeo ya sea del tipo convexo o cóncavo.



Figura 15. Ensayo de alabeo de las unidades de albañilería.

c) Resistencia a compresión.

Por un tiempo no menor de 24 horas antes de realizar el ensayo, se coloca un capping de yeso sobre ambas caras (superior e inferior) de cada unidad de albañilería, esto con la finalidad de uniformizar las superficies de contacto con el cabezal del equipo por donde se transmite la carga a compresión (superior) y la base en donde se apoya la unidad (inferior), como se observa en la Figura 16.



Figura 16. Ensayo de resistencia a la compresión.

La resistencia a la compresión (f_b) y la resistencia característica a compresión axial (f'_b) se calculan mediante las siguientes ecuaciones:

$$f_b = \frac{P}{A} \quad (3)$$

$$f'_b = f_b - \sigma \quad (4)$$

Donde:

f'_b : Resistencia característica a compresión axial de la unidad

f_b : Resistencia a compresión de la unidad

P : Carga máxima o de rotura

A : Área bruta de la unidad

σ : Desviación estándar

3.8.2. Ensayos no clasificatorios de las unidades de albañilería.

Estos ensayos ayudan a definir el procedimiento constructivo de los muros de albañilería.

a) **Succión.**

Para obtener el peso seco de las unidades, éstas son puestas en el horno a una temperatura de 110°C durante 24 horas. Posterior a ello, cada unidad seca debidamente rotulada se coloca sobre una bandeja, de tal modo que su cara de asiento se encuentre sumergida en una película de agua de 3mm de forma constante durante un minuto, transcurrido el minuto se obtiene el peso sumergido. Una vez obtenidos ambos pesos, se calcula el valor de la succión utilizando la siguiente ecuación:

$$S = \frac{200 * (P_{sum} - P_{sec})}{Ab} \quad (5)$$

Donde:

S : Succión

P_{sum} : Peso sumergido de la unidad de albañilería

P_{sec} : Peso seco de la unidad de albañilería secada en un horno

Ab : Área bruta de la unidad de albañilería



Figura 17. Ensayo de succión.

b) **Absorción.**

Para obtener el peso seco de las unidades, éstas son puestas en el horno durante 24 horas. Posterior a ello, dichas unidades debidamente rotuladas se sumergen en un recipiente con agua durante 24 horas, transcurrido el tiempo se obtiene el peso sumergido de cada unidad. Finalmente se realiza el cálculo del porcentaje de absorción, a través de la siguiente ecuación:

$$A = \frac{(P_{sat} - P_{sec})}{P_{sec}} * 100 \quad (6)$$

Donde:

A : Absorción

P_{sat} : Peso saturado de la unidad de albañilería

P_{sec} : Peso seco de la unidad de albañilería secada en un horno



Figura 18. Ensayo de absorción.

c) Absorción máxima.

Para este ensayo se utilizan las mismas unidades que se han sumergido en agua fría durante el ensayo de absorción. Dichas unidades han sido sumergidas completamente en un recipiente con agua que se pone a calentar gradualmente hasta alcanzar el punto de ebullición, manteniéndose en este estado (hirviendo) durante cinco horas. Transcurrido el tiempo se deja enfriar el agua para obtener el nuevo peso de las unidades, y así calcular la absorción máxima mediante la siguiente ecuación:

$$A_m = \frac{(P_{bull} - P_{sec})}{P_{sec}} * 100 \quad (7)$$

Donde:

A_m : Absorción máxima

P_{bull} : Peso de la unidad, luego de estar 5 horas en agua en ebullición

P_{sec} : Peso seco de la unidad de albañilería secada en un horno



Figura 19. Ensayo de absorción máxima.

d) Coeficiente de saturación.

Es la relación que existe entre el resultado obtenido del ensayo de absorción y el obtenido del ensayo de absorción máxima. Como se indica en la siguiente ecuación:

$$CS = \frac{A}{Am} \quad (8)$$

Donde:

CS : Coeficiente de saturación

A : Absorción

Am : Absorción máxima

e) **Densidad.**

Para este ensayo se utilizan las mismas unidades que se han sumergido en agua en ebullición (ensayo de absorción máxima). El ensayo consiste en registrar el peso de la unidad en estado de inmersión total en agua fría. Para los cálculos se usan las siguientes ecuaciones:

$$D = \frac{Psec}{V} \quad (9)$$

$$V = P_{ebull} - P_{inm} \quad (10)$$

Donde:

Psec : Peso seco de la unidad de albañilería secada en un horno

Pebull : Peso de la unidad, luego de estar 5 horas en agua en ebullición

Pinm : Peso de la unidad en estado de inmersión total en agua fría



Figura 20. Unidades en agua en ebullición e inmersión total respectivamente.

f) **Eflorescencia.**

San Bartolomé (2008) menciona que “un método de campo para determinar el grado de eflorescencia de las unidades consiste en colocarlas sobre una bandeja con 25 mm de agua, espaciándolas 50 mm, durante una semana, para luego retirarlas dejándolas secar”.

Dependiendo de la coloración y extensión que tengan las manchas, puede calificarse el grado de eflorescencia que tienen las unidades.



Figura 21. Unidades de albañilería con eflorescencia.

3.8.3. Mortero.

Se elaboraron 12 probetas cúbicas de 50mm de lado, dividida en dos grupos, cada grupo representa una dosificación diferente. El primer grupo fue obtenido durante la elaboración de los prismas de albañilería que representan a TP, es decir, una dosificación cemento: arena de 1:4 (recomendado por la Norma Técnica E 070). El segundo grupo fue obtenido durante la elaboración de los prismas que representan a T1, T2 y T3, por ende, se utilizó la dosificación comúnmente manejada por maestros constructores que es de 1:7 (cemento: arena).

Las muestras se obtuvieron del mortero utilizado para la construcción de prismas (i.e. pilas y muretes). Para su respectivo curado dichas muestras (i.e. probetas cúbicas) fueron inmersas en agua por un periodo de 28 días. Pasado este tiempo fueron ensayadas a compresión axial, para la obtención del resultado se usaron las ecuaciones que se muestran a continuación:

$$f_c = \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Área bruta}} \quad (11)$$

$$f'_c = f_c - \sigma \quad (12)$$

Donde:

- fc : Promedio de los resultados de resistencia a compresión del mortero
- f'c : Resistencia a compresión del mortero
- σ : Desviación estándar



Figura 22. Resistencia a compresión del mortero.

3.9. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MUROS DE ALBAÑILERÍA

Con la finalidad de predecir el comportamiento de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel, se construyeron 48 prismas de albañilería (24 pilas y 24 muretes), los cuales cuentan con 08 características diferentes (tres especímenes por cada uno). Dichos prismas representan a cuatro tipologías constructivas diferentes, TP que cumple con las recomendaciones de la Norma Técnica E 070, y T1, T2 y T3 que que representan a las tipologías constructivas más comunes en las viviendas. Cada una de las cuatro tipologías se han combinado con unidades de albañilería de dos fabricantes diferentes, formándose así ocho grupos diferentes.

3.9.1. Pilas.

Las pilas de albañilería se han construido verificando su verticalidad con una plomada y un nivel. Los espesores de juntas de mortero que se usaron para cada tipología son de 10mm (TP), 20mm (T1), 30mm (T2) y 40mm (T3) los cuales se han controlado con una regla de madera (i.e. escantillón), 28 días después se prepararon los especímenes para el ensayo, colocando un capping de yeso sobre las superficies superior e inferior de cada espécimen, con el propósito de uniformizar las superficies de contacto, con el cabezal del dispositivo de ensayo por donde se transmite la carga a compresión y la base en donde se apoya el espécimen. Una vez situado el espécimen sobre el equipo, se aplicó una pequeña precarga con la finalidad de ajustar las placas superior e inferior, luego la carga fue aplicada hasta provocar la rotura o el esfuerzo máximo soportado por los prismas.

Para el cálculo de la resistencia a compresión axial de las pilas de albañilería, se ha empleado la siguiente ecuación:

$$f_m = C * \frac{P_{\text{máx}}}{\text{Área}} \quad (13)$$

Donde:

f_m : Resistencia a compresión axial

$P_{\text{máx}}$: Carga máxima aplicada sobre el prisma

C : Coeficiente de esbeltez (expresada en la Norma Técnica E 070)

Finalmente, para obtener la resistencia característica a compresión axial de la albañilería, se emplea la siguiente ecuación:

$$f'_m = f_m - \sigma \quad (14)$$

Donde:

f'_m : Resistencia característica a compresión axial de la albañilería

f_m : Resistencia promedio a compresión axial

σ : Desviación estándar



Figura 23. Ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería.

3.9.2. Muretes.

Los muretes de albañilería han construido controlando el alineamiento con un cordel, la altura con el escantillón y la verticalidad con un nivel y plomada. Los espesores de juntas de mortero que se usaron para cada tipología son de 10mm (TP), 20mm (T1), 30mm (T2) y 40mm (T3); 28 días después se prepararon los especímenes para el ensayo, colocando un capping de yeso en dos esquinas opuestas del murete con el propósito de uniformizar

las superficies de contacto con los cabezales del dispositivo de ensayo. Una vez situado el espécimen sobre el equipo, se aplicó una pequeña precarga con el fin de ajustar los cabezales con el prisma. Luego la carga fue aplicada hasta provocar la rotura o esfuerzo máximo soportado por los prismas.

Para el cálculo de la resistencia al corte de los muretes de albañilería, se ha empleado la siguiente ecuación:

$$v_m = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A_D} \quad (15)$$

Donde:

- v_m : Resistencia al corte
- $P_{m\acute{a}x}$: Máxima fuerza que resiste el murete
- A_D : Área diagonal (diagonal x espesor del murete)

Finalmente, para obtener la resistencia característica de la albañilería al corte del murete, se emplea la siguiente ecuación:

$$v'_m = v_m - \sigma \quad (16)$$

Donde:

- v_m : Resistencia promedio al corte
- v'_m : Resistencia característica al corte del murete
- σ : Desviación estándar

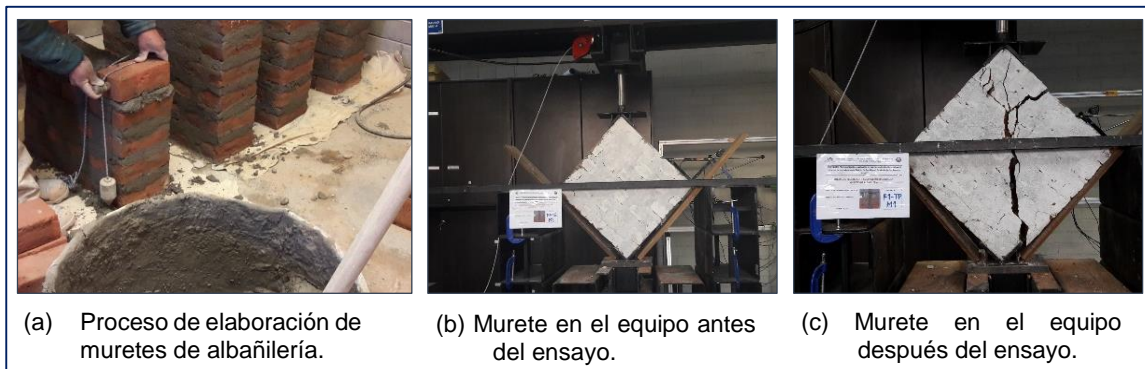


Figura 24. Ensayo de resistencia a compresión diagonal de muretes de albañilería.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. GENERALIDADES

En este capítulo se detalla el análisis y discusión de los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación. Considerándose una de las etapas más importantes y relevantes puesto que permitió validar o rechazar las hipótesis que se han planteado en la presente investigación.

En primer lugar, se describen y analizan las características, patologías y la condición actual de las viviendas estudiadas. Se analizan también, las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería artesanal usadas para la construcción de las viviendas. Finalmente, se describe y predice el comportamiento y resistencia de los muros en función a sus características, evaluada a través de ensayos en prototipos (i.e. prismas de albañilería) que los representen.

4.2. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y PATOLOGÍAS EN VIVIENDAS

En el presente ítem, se describen las características y patologías que se han encontrado en las viviendas estudiadas. Las características se refieren a la descripción general de cada vivienda; y las patologías están relacionadas a la calidad de los materiales, la calidad de mano de obra y la condición actual de las viviendas ya construidas; para la obtención de los resultados se aplicaron las fichas de evaluación. Se establecieron también, mediante dichas fichas, las tipologías constructivas más comunes de las viviendas para su representación en prototipos.

4.2.1. Descripción general de las edificaciones.

El número de niveles de las viviendas estudiadas, que predominan en el distrito de San Miguel son las de dos y un nivel, como se detalla en la Figura 26.



Figura 25. Viviendas de uno y dos niveles en el distrito de San Miguel.

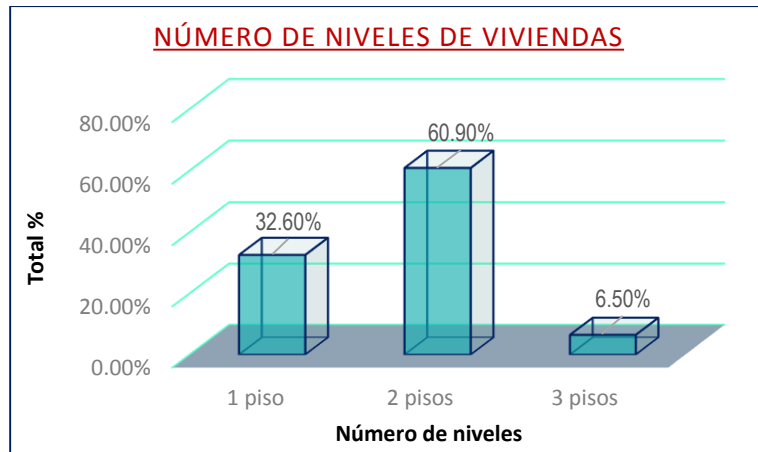


Figura 26. Distribución de viviendas estudiadas según número de niveles construidos.

El tipo de uso que la mayoría de pobladores del distrito de San Miguel le brindan a sus viviendas son del tipo familiar, así como se muestra en la Figura 28.



Figura 27. Viviendas del tipo de uso comercial y familiar respectivamente.

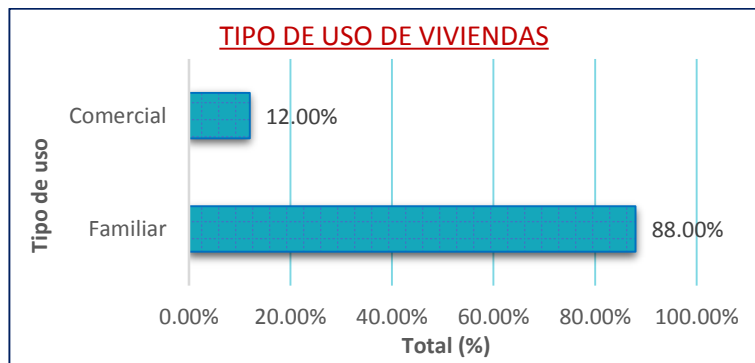


Figura 28. Distribución según tipo de uso de las viviendas del distrito de San Miguel.

En relación a la secuencia constructiva, la mayoría de las viviendas estudiadas se han construido por etapas, es decir, un nivel cada cierto tiempo. Esto se debe a los escasos recursos económicos de los pobladores. En la Figura 30 se presentan el total de resultados obtenidos para esta característica.



Figura 29. Viviendas cuya secuencia constructiva son en tiempos diferentes.

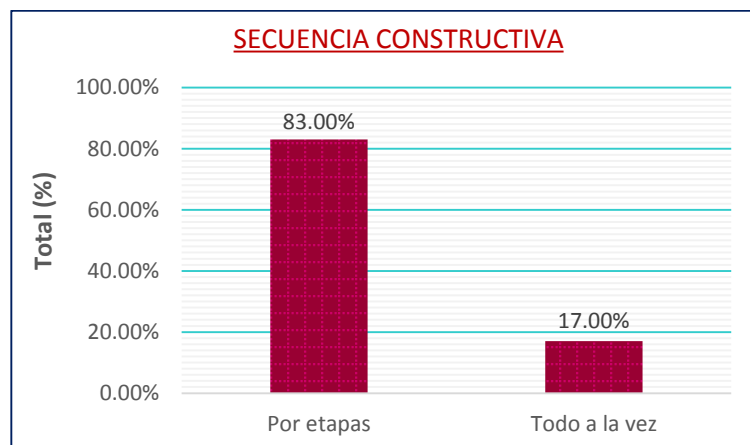


Figura 30. Distribución de viviendas evaluadas según secuencia constructiva.

Las juntas sísmicas permiten la independencia entre dos viviendas colindantes; en consecuencia, el movimiento de uno se produce de manera independiente del otro. Gran porcentaje de las viviendas analizadas del distrito de San Miguel no cuentan con juntas sísmicas, así como se detalla en la Figura 32.



Figura 31. Viviendas sin juntas sísmicas en el distrito de San Miguel.

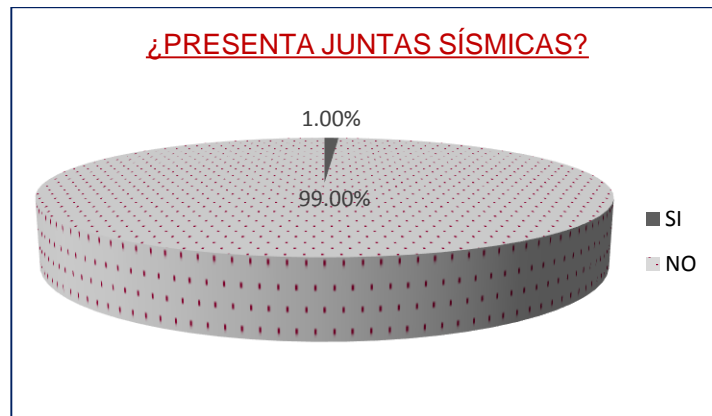


Figura 32. Distribución de viviendas, según la existencia de juntas sísmicas.

4.2.2. Unidades de albañilería.

El proceso de quemado artesanal de las unidades de albañilería hace que de aquellos ubicados en la parte alta del horno se obtengan unidades crudas, mientras que de los ubicados en la parte baja se obtengan unidades vitrificadas (quemadas). En el 32.60% de las viviendas estudiadas, en mayor parte del área de sus muros existen unidades de albañilería con un quemado no uniforme, es decir, los crudos no fueron tarrajeados y los vitrificados no fueron desechados.



Figura 33. Muros construidos con unidades de albañilería de quemado no uniformes.

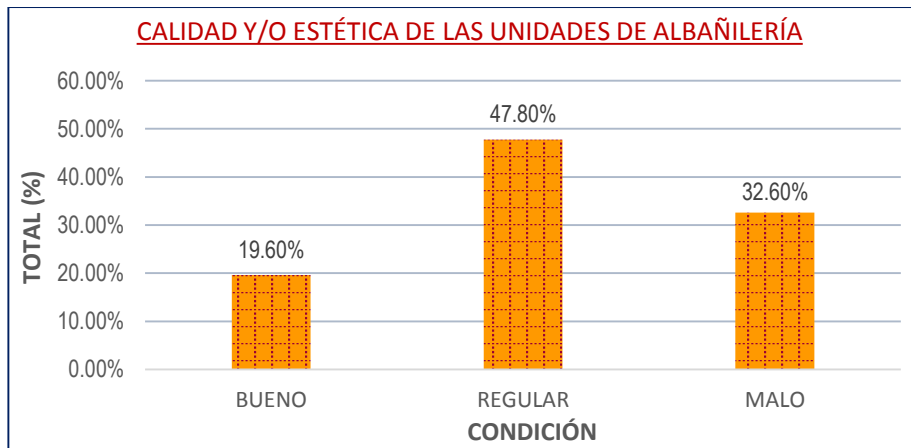


Figura 34. Distribución de viviendas según la calidad de unidades de albañilería en sus muros.

Como el proceso de fabricación de unidades de albañilería artesanal se realiza de manera empírica, existe una gran variabilidad en sus dimensiones. En el 19.60% de las viviendas, en mayor parte del área sus muros las unidades no presentan uniformidad dimensional, lo que nos indica que no hay un adecuado control de calidad al momento de su fabricación. En la Figura 36 se muestran los resultados con más detalle.



Figura 35. Variación dimensional en unidades de albañilería que conforman los muros.

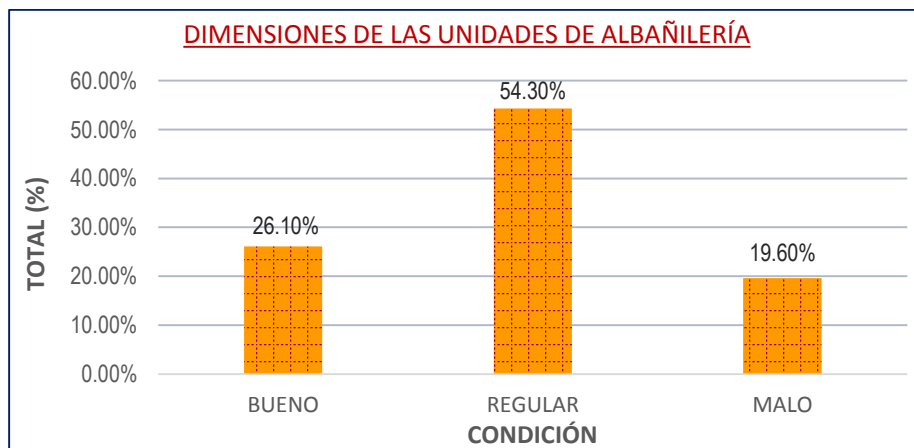


Figura 36. Distribución de viviendas según la variabilidad dimensional de unidades de albañilería en sus muros.

Las eflorescencias (i.e. cristales de sales) que suelen situarse en las superficies de los muros, se producen cuando las unidades de arcilla o la arena del mortero contienen sales, y éstos entran en contacto con el agua. En el 18.50% de las viviendas analizadas las unidades tienen este problema y/o no muestran un buen acabado superficial. En la Figura 38 se detallan los resultados obtenidos de la evaluación a los muros.



Figura 37. Eflorescencia y acabado superficial de unidades de albañilería en muros.

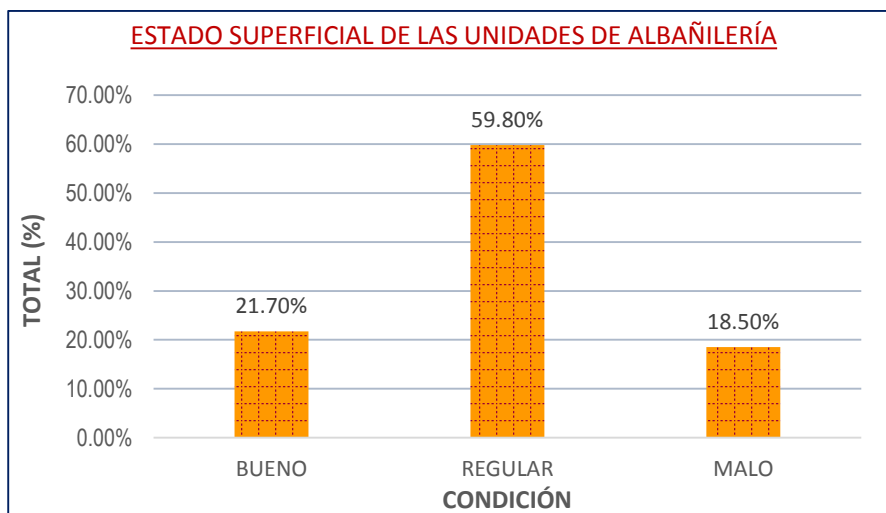


Figura 38. Distribución de viviendas según el estado superficial de unidades de albañilería artesanal.

4.2.3. Juntas de construcción de mortero.

La Norma Técnica E 070 recomienda emplear juntas de mortero de 1 a 1.5cm de espesor para el asentado de muros; puesto que, espesores de juntas de valores superiores debilitan el muro. Sin embargo, ninguna de las viviendas estudiadas del distrito de San Miguel cumplen con dichos espesores de mortero y el 52.20% de los muros se han construido con juntas de 1.5 a 3cm de espesor. Así como se detalla en la Figura 40.

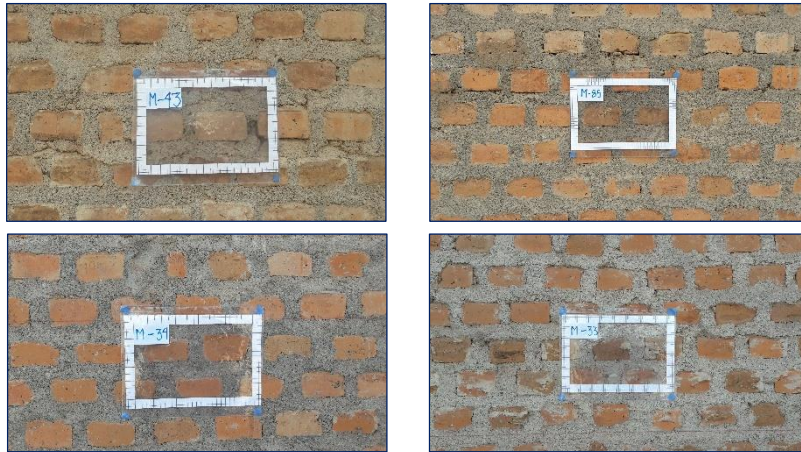


Figura 39. Muros con espesores de juntas de mortero no homogéneos.

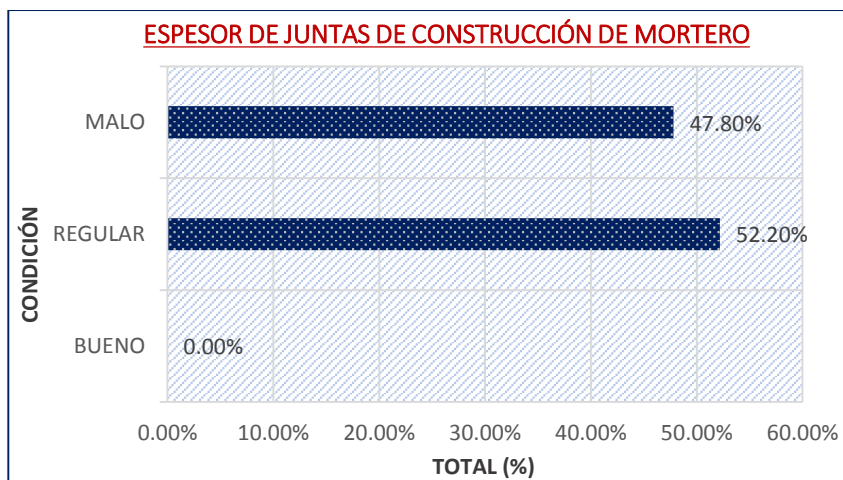


Figura 40. Distribución de viviendas según el espesor de juntas de mortero presentes en sus muros.

Un factor que determina una adecuada adhesión y resistencia a compresión del mortero es el cemento. El 16.30% de las viviendas presentan en sus muros morteros de calidad pobre (mala calidad), es decir, no existe buena adherencia entre la arena y el cemento. Esto implica que durante la construcción se utilizó una menor cantidad de cemento y una cantidad extensamente mayor de arena en la dosificación cemento:arena. En la Figura 42 se detallan los resultados obtenidos de la evaluación a los muros.



Figura 41. Calidad de juntas de mortero (adherencia arena-cemento).

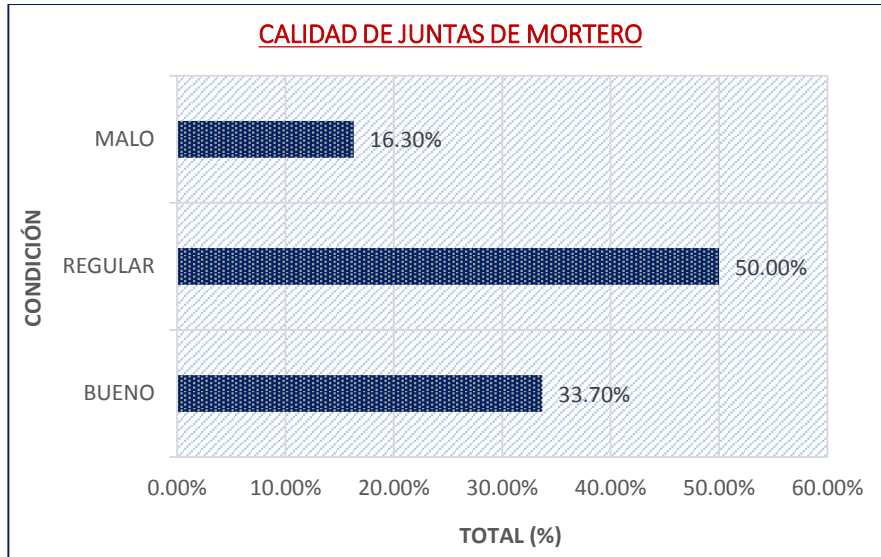


Figura 42. Distribución de viviendas según la calidad de sus juntas de mortero.

El acabado y la apariencia que muestran las juntas de mortero en los muros, refleja la calidad de mano de obra empleada durante la construcción de las viviendas. El 26.10% de las viviendas estudiadas se han construido con una mano de obra de mala calidad, ya que en mayor parte del área del muro las juntas de mortero sobresalen o presentan cangrejas. Siendo necesario que no existan este tipo de defectos, puesto que, disminuyen la resistencia del muro y son propensos a presentar fallas o grietas con más facilidad. En la Figura 44 se detallan los resultados obtenidos de esta característica.

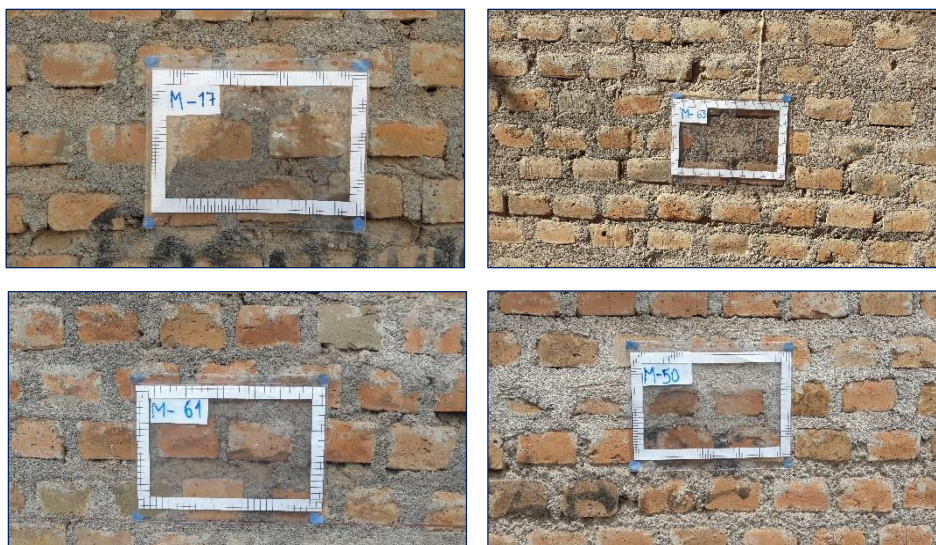


Figura 43. Muros con juntas de mortero sobresalientes y/o presencia de cangrejas.

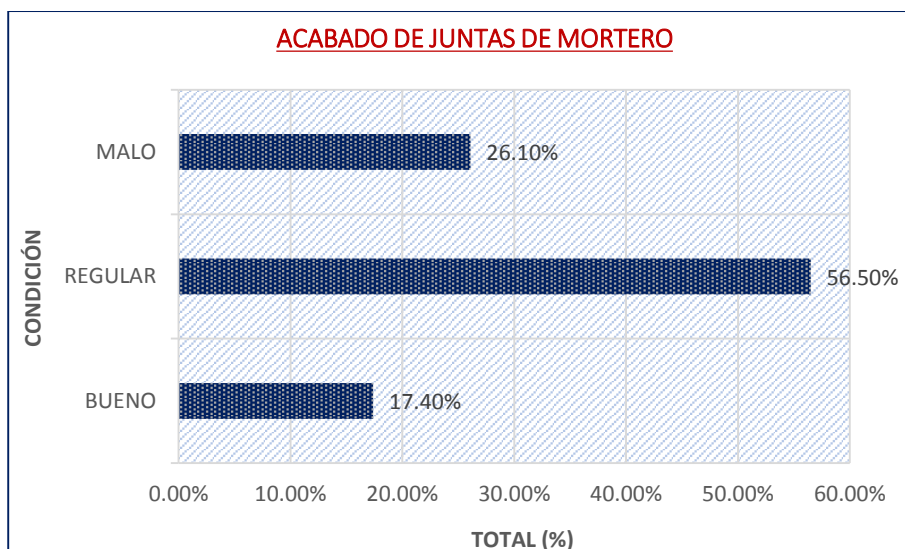


Figura 44. Distribución de viviendas según el acabado de juntas de mortero en muros.

4.2.4. Asentamiento de muros de albañilería artesanal.

Un adecuado control en la verticalidad y en los alineamientos durante la construcción de los muros, es muy importante para que éste manifieste un adecuado comportamiento estructural. Sin embargo, en el 37% de las viviendas estudiadas, sus muros no se encuentran verticalmente a plomo y/o existe una deficiente alineación horizontal y vertical de las unidades de albañilería y el mortero. En la Figura 46 se detallan los resultados obtenidos de la evaluación a los muros.

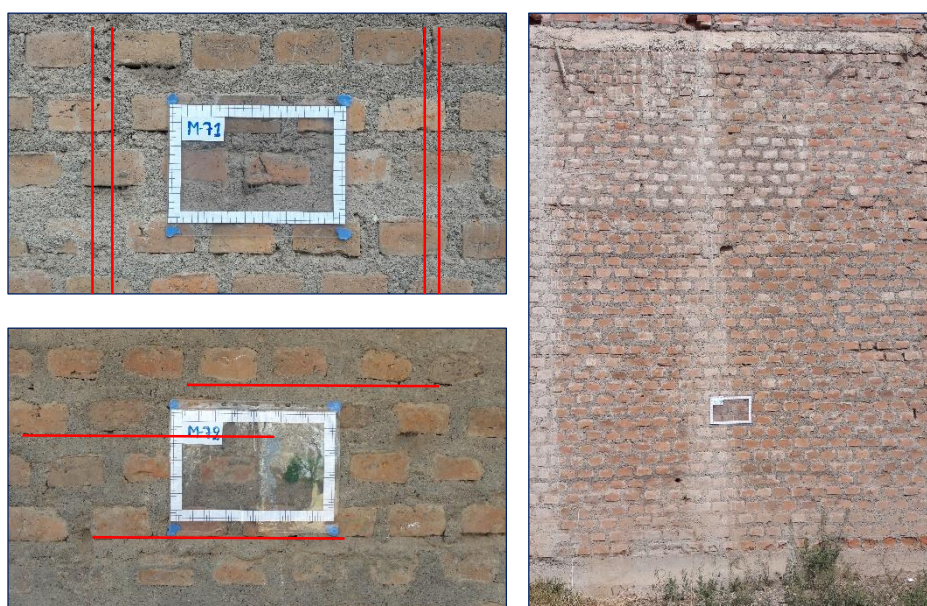


Figura 45. Verificación de la calidad de mano de obra mediante la verticalidad y el alineamiento horizontal y vertical de los muros.

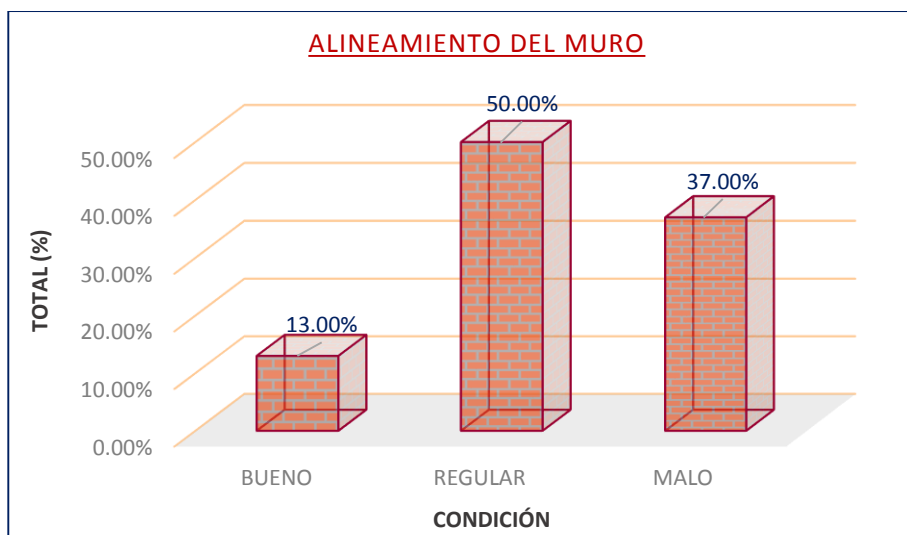


Figura 46. Distribución de viviendas según el alineamiento del muro de albañilería.

El tipo de aparejo que se ha empleado en la construcción de muros de los primeros niveles de las viviendas del distrito de San Miguel, son en mayor porcentaje del tipo cabeza y en menor proporción de tipo sogá. Así como se muestra en la Figura 48.

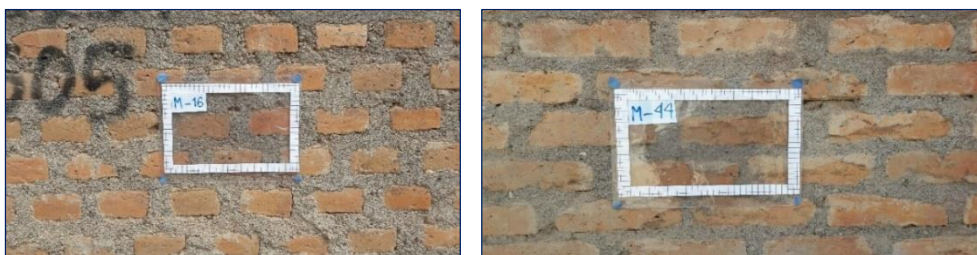


Figura 47. Muros de aparejo cabeza y sogá utilizados en la construcción de viviendas.

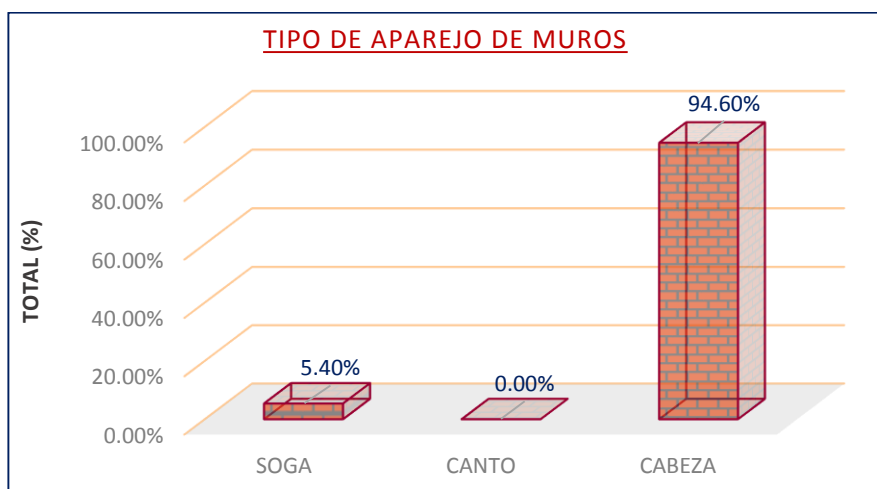


Figura 48. Distribución de viviendas según el tipo de aparejo utilizado en sus muros.

En el 25.0% de viviendas analizadas, mayor parte del área de sus muros no son homogéneos y/o existen grietas. Es muy importante que no existan este tipo de defectos, puesto que, disminuyen la resistencia del muro y son más propensos a presentar fallas. En la Figura 50 se muestran resultados relacionados a la condición estética de los muros.

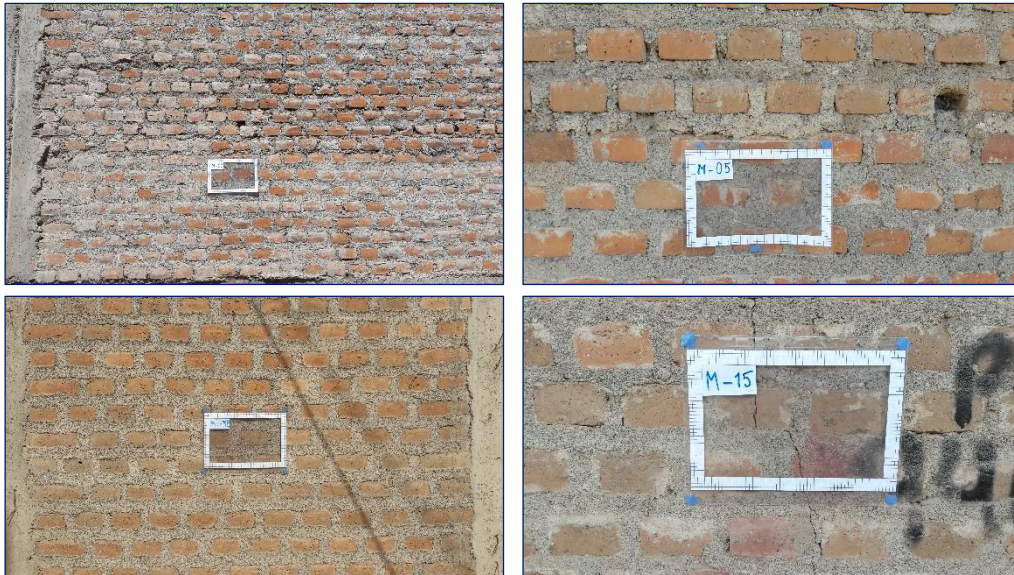


Figura 49. Estética de los muros de albañilería artesanal en las viviendas evaluadas.

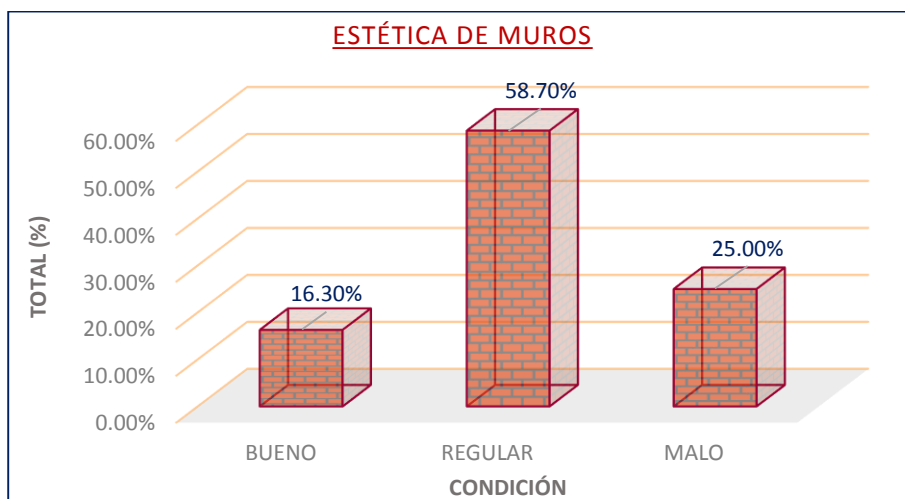


Figura 50. Distribución de viviendas según la estética que muestran sus muros.

Para que exista una adecuada interacción muro-columnas, los muros deben construirse antes que las columnas, debe existir un dentado de 5cm en el muro al lado de cada columna. Asimismo, el muro debe llegar hasta la altura de la viga solera. Sin embargo, en el 29.30% de las viviendas, sus muros no se encuentran confinados apropiadamente,

puesto que, no cumplen con lo antes mencionado. En la Figura 52 se muestran resultados relacionados al acabado que presentan los muros.



Figura 51. Formas de confinamiento de muros en las viviendas evaluadas.

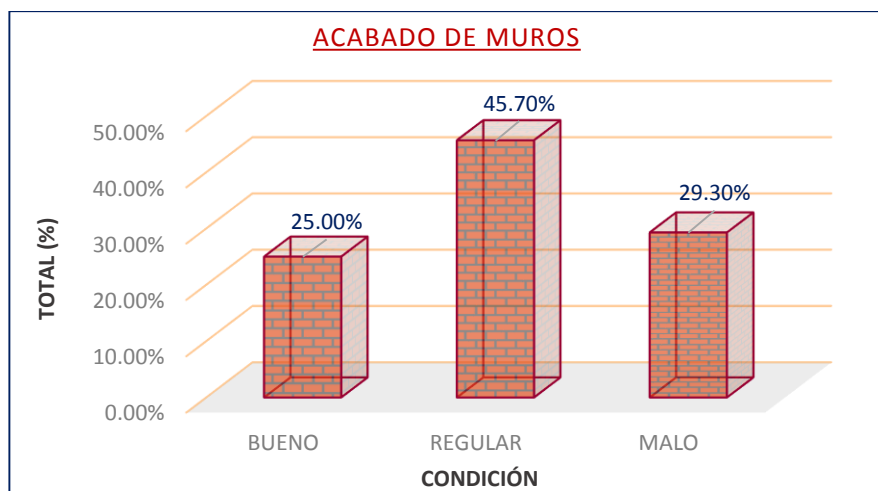


Figura 52. Distribución de viviendas según el acabado de sus muros.

4.2.5. Patologías existentes en viviendas de albañilería.

Las viviendas analizadas del distrito de San Miguel presentan diversas patologías, las cuales pueden reflejar la vulnerabilidad de estas edificaciones, estas patologías pueden llegar a ocasionar múltiples efectos, desde pequeños daños y molestias para sus

ocupantes, hasta grandes fallas que pueden causar el colapso de la vivienda o parte de ella ante situaciones de fenómenos naturales como los sismos.

No es posible establecer una tipología común de patologías que existe en cada vivienda, puesto que, es un tema muy complejo. Esto se debe a que cada vivienda posee características constructivas y patologías muy particulares y diferentes respecto a otras. En la Figura 53 se detallan las patologías encontradas en las viviendas analizadas.



Figura 53. Distribución de patologías existentes en viviendas del distrito de San Miguel.

En el 62% de las viviendas existe presencia de salinidad en los sobrecimientos, en el 64.10% existe eflorescencia severa en la parte inferior de los muros y en la misma zona en el 50% de las viviendas se presentan desconchamientos de las unidades de arcilla. Muchas veces la causa de estos problemas son el contacto constante con el agua o la humedad.

El mal encofrado e inadecuadas prácticas constructivas hacen que se produzcan cangrejas en el concreto. El 53.30% de las viviendas informales analizadas tienen problemas de cangrejas en columnas y el 33.70% en vigas.

El 92.40% de pobladores y albañiles no tienen el conocimiento sobre cómo proteger los aceros de refuerzo de las columnas, puesto que, lo tienen expuestos a sufrir problemas de corrosión.

Además de las patologías que se han descrito en la Figura 53, se encontraron también las siguientes: pésima calidad de mano de obra, existencia de tuberías de drenaje pluvial dentro de columnas, eflorescencia en losas aligeradas, concreto en columnas que surgen desde los sobrecimientos, grietas que surgen desde los sobrecimientos, muros que presentan cortes verticales con fines de instalación de servicios, alto contenido de salinidad entre los sobrecimientos y la primera capa de mortero, presencia de salinidad en columnas, presencia de material orgánico en la parte inferior del muro, grietas en la unión columna – muro, aceros de columnas expuestos a la corrosión debido a la colocación de puertas.

4.3. TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS

Para analizar la influencia del proceso constructivo y la calidad de materiales empleados en la resistencia y el comportamiento de los muros, se estudiaron tipologías constructivas más comunes en las viviendas del distrito de San Miguel. Para ello, se ha analizado y procesado los datos obtenidos al aplicar las “fichas de evaluación”, en relación a los espesores de juntas de mortero (verticales y horizontales) reales con los que se construyeron los muros de las viviendas estudiadas. De donde se han obtenido las

siguientes duplas (i.e. juntas de espesores de mortero verticales junto a las horizontales en un muro) existentes, las cuales se detallan en la Figura 54.

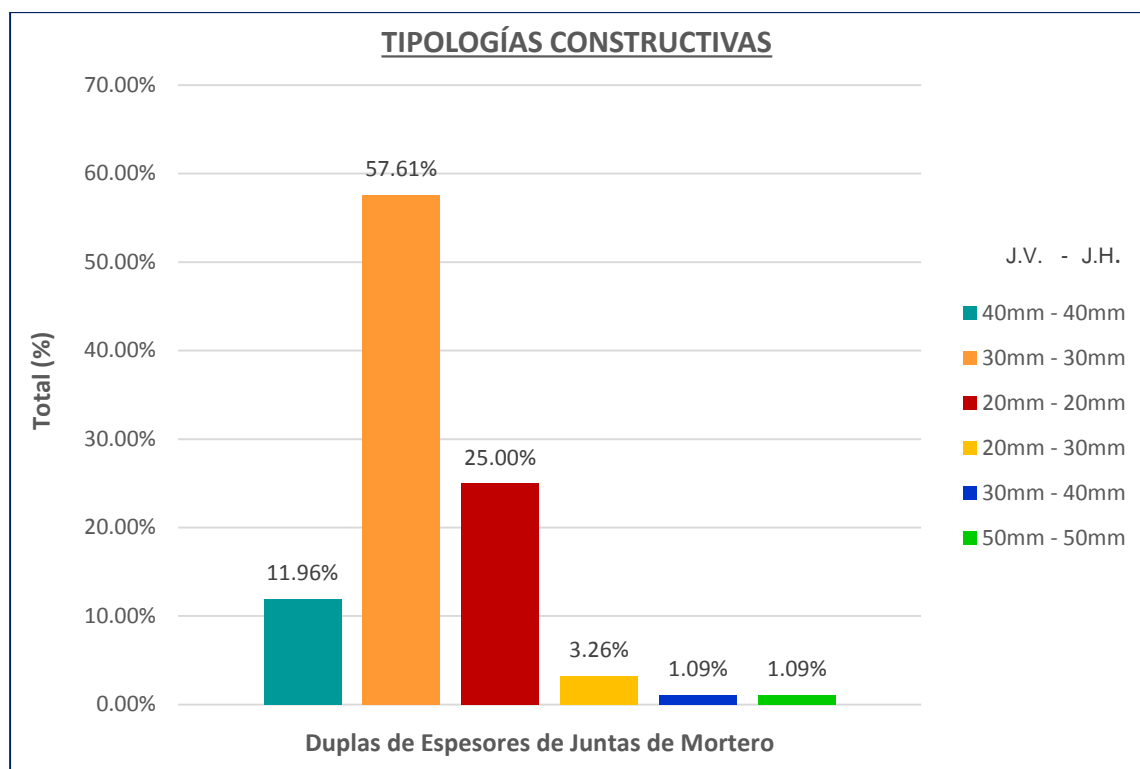


Figura 54. Tipologías constructivas en base a juntas de espesor de mortero en muros de las viviendas del distrito de San Miguel.

Del estudio realizado, se seleccionaron las tres duplas más predominantes, las cuales se han caracterizado mediante prototipos, dichas duplas se detallan en la Tabla 9.

Tabla 9
Duplas de espesores de juntas de mortero más comunes en muros.

Espesor de Junta de Mortero (mm)		Total por dupla
Vertical	Horizontal	
30.00	30.00	57.61 %
20.00	20.00	25.00 %
40.00	40.00	11.96 %

Con el objetivo de predecir el comportamiento de los muros de albañilería, se han elaborado prototipos (i.e. prismas de albañilería), que son la réplica de las características geométricas, el proceso constructivo y la calidad de materiales frecuentemente empleados

para la construcción de muros de las viviendas. Para representar los muros reales de la mejor manera posible, se han considerado las siguientes variables entre sus características: espesor de juntas de mortero, dosificación del mortero y el lugar de procedencia de la unidad de albañilería.

Se estudiaron un total de cuatro tipologías constructivas diferentes, la tipología patrón (TP) que cumple con las recomendaciones establecidas en la Norma Técnica E 070, dicha tipología fue empleada solamente como un patrón de comparación, y las otras tres Tipologías (T1, T2 y T3) que representan las características constructivas más comunes de los muros de albañilería artesanal de las viviendas evaluadas. En la Figura 55 se muestra una vista esquemática en elevación de cada tipología de muro y las características con las que fueron construidas:

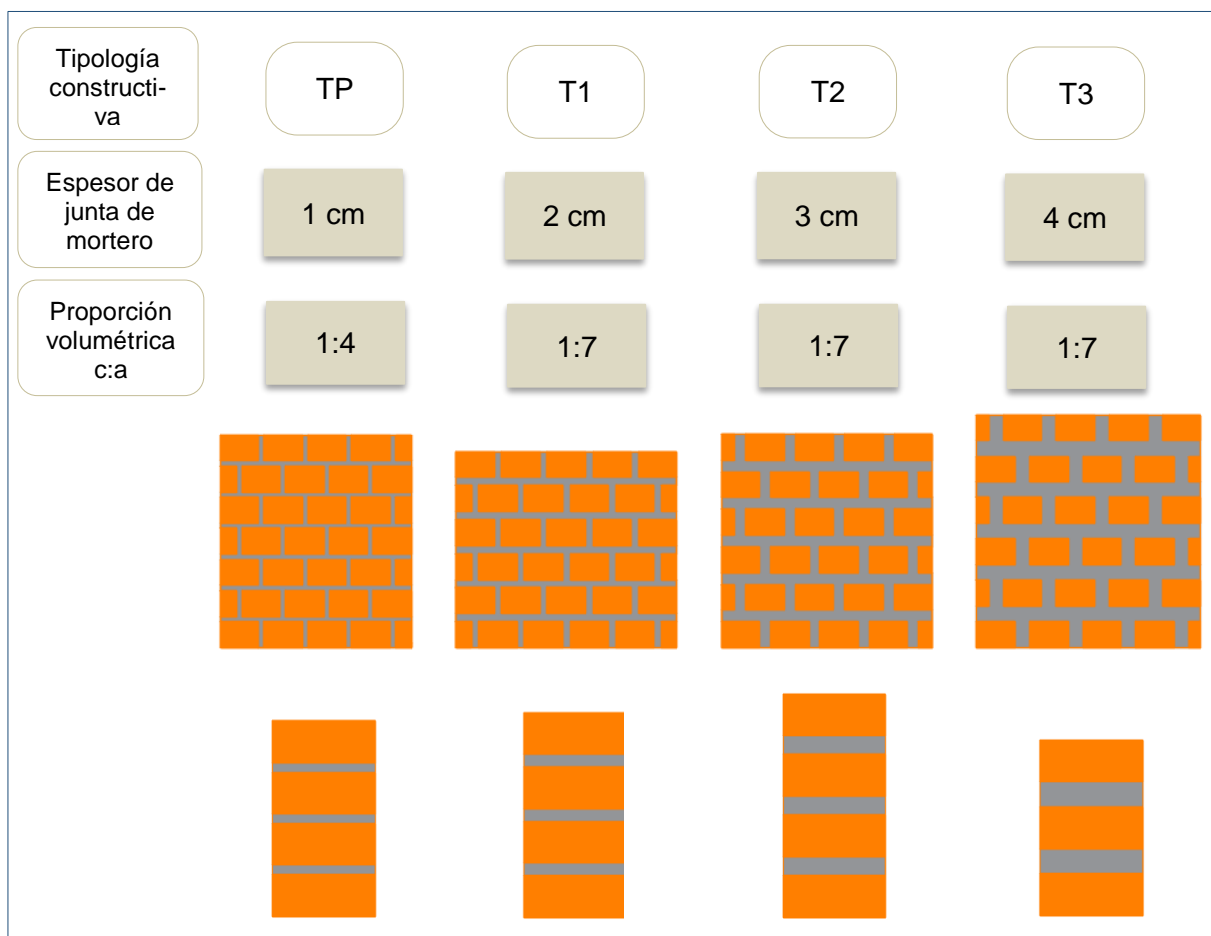


Figura 55. Tipologías constructivas y sus características representadas en prismas de albañilería.

Las cuatro tipologías fueron caracterizadas con unidades de albañilería artesanal de dos fabricantes diferentes F1 y F2, obteniendo así ocho combinaciones y/o tipologías diferentes (tres prismas por cada combinación). Realizando ensayos en un total de 48 prismas (24 pilas y 24 muretes).

Para analizar la influencia de las variables explicadas en la Figura 55, se mantuvieron constantes los siguientes parámetros: el tipo de aparejo (cabeza) que es el más común en los muros del primer nivel de las viviendas evaluadas, la mano de obra, la calidad de materiales, la trabajabilidad del mortero, la edad de los especímenes (28 días) y la técnica de ensayo.

4.4. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

Para conocer las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería, se realizaron ensayos clasificatorios y no clasificatorios. En la presente investigación se han estudiado unidades de albañilería del tipo artesanal macizo de dos fabricantes diferentes, se denomina F1 al fabricante de unidades de arcilla de la zona del Aeropuerto y F2 al fabricante ubicado en la zona de la Salida a Cusco.

4.4.1. Ensayos Clasificatorios.

Para el muestreo, se seleccionaron dos grupos de diez unidades de albañilería cada uno. Cada grupo representa a un fabricante de unidades de albañilería diferente F1 y F2.

a) Variación dimensional.

- **Resultados**

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos para las unidades de arcilla de F1 y F2:

Tabla 10
Resultados del ensayo de variación dimensional - F1.

ESPÉCIMEN	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)				
	L1	L2	L3	L4	Prom.	A1	A2	A3	A4	Prom.	H1	H2	H3	H4	Prom.
Muestra 1	201.50	202.00	201.50	199.50	201.13	105.50	104.50	100.50	102.50	103.25	65.50	71.00	68.00	67.00	67.88
Muestra 2	202.00	200.00	196.50	202.00	200.13	103.00	102.10	101.00	105.00	102.78	65.00	71.00	70.00	67.00	68.25
Muestra 3	199.00	200.00	197.00	199.50	198.88	102.50	103.00	102.00	103.50	102.75	67.50	67.00	69.50	65.00	67.25
Muestra 4	199.50	200.00	195.50	200.50	198.88	102.50	103.00	102.50	102.00	102.50	68.00	67.00	70.00	64.00	67.25
Muestra 5	202.00	202.50	197.50	202.00	201.00	104.50	104.50	103.50	103.50	104.00	71.00	67.00	71.50	65.00	68.63
Muestra 6	203.00	202.00	199.00	200.00	201.00	105.50	103.00	103.50	102.50	103.63	65.00	63.00	67.00	64.00	64.75
Muestra 7	199.50	200.50	197.00	198.00	198.75	104.00	103.00	104.00	102.00	103.25	62.00	70.00	64.00	68.00	66.00
Muestra 8	194.00	199.50	194.50	195.00	195.75	103.00	103.00	100.00	102.00	102.00	71.00	69.00	68.00	68.00	69.00
Muestra 9	202.00	198.00	196.50	199.50	199.00	103.50	104.00	102.00	102.50	103.00	68.00	69.00	68.00	63.50	67.13
Muestra 10	201.50	200.50	195.00	202.50	199.88	103.00	102.00	101.50	104.50	102.75	65.50	73.00	72.50	69.00	70.00
			Lo	:	200.00			Ao	:	100.00			Ho	:	70.00
			σ	:	1.61			σ	:	0.57			σ	:	1.51
			L'	:	199.44			A'	:	102.99			H'	:	67.61
			%V	:	0.28			%V	:	-2.99			%V	:	3.41

Donde:

- Lo : Longitud de largo especificada por el fabricante
- L' : Longitud promedio de largo de la unidad
- Ao : Longitud de ancho especificada por el fabricante
- A' : Longitud promedio de ancho de la unidad
- Ho : Longitud de altura especificada por el fabricante
- H' : Longitud promedio de altura de la unidad
- σ : Desviación estándar
- %V : Porcentaje de variación

Tabla 11
Resultados del ensayo de variación dimensional – F2.

ESPÉCIMEN	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)				
	L1	L2	L3	L4	Prom.	A1	A2	A3	A4	Prom.	H1	H2	H3	H4	Prom.
Muestra 1	201.00	201.50	203.00	201.00	201.63	100.00	100.50	102.00	103.00	101.38	66.50	68.00	68.00	69.00	67.88
Muestra 2	199.50	199.00	200.00	202.00	200.13	102.00	102.00	99.50	99.00	100.63	69.00	66.00	69.00	70.00	68.50
Muestra 3	201.50	202.00	201.50	201.00	201.50	103.00	101.50	100.00	102.00	101.63	68.50	66.00	66.00	68.50	67.25
Muestra 4	201.00	201.50	200.50	200.00	200.75	101.00	101.00	101.50	102.00	101.38	66.50	65.00	65.50	66.00	65.75
Muestra 5	201.00	201.00	197.50	200.00	199.88	103.00	102.50	102.00	100.50	102.00	67.50	69.00	65.00	67.00	67.13
Muestra 6	201.50	201.50	198.50	199.50	200.25	102.50	102.00	100.00	102.50	101.75	66.50	70.50	67.50	70.00	68.63
Muestra 7	200.00	199.00	195.50	199.00	198.38	102.00	102.00	101.50	100.50	101.50	67.00	64.00	67.50	64.00	65.63
Muestra 8	200.00	198.00	196.50	198.00	198.13	101.50	101.50	98.00	100.00	100.25	67.00	66.50	66.50	67.50	66.88
Muestra 9	199.00	202.00	197.00	200.50	199.63	99.50	100.50	100.00	101.50	100.38	63.50	69.50	65.00	70.50	67.13
Muestra 10	199.00	200.00	196.50	199.00	198.63	102.00	102.00	99.50	101.00	101.13	68.50	63.50	65.50	66.50	66.00
			Lo	:	200.00			Ao	:	100.00			Ho	:	70.00
			σ	:	1.23			σ	:	0.60			σ	:	1.06
			L'	:	199.89			A'	:	101.20			H'	:	67.08
			%V	:	0.06			%V	:	-1.20			%V	:	4.17

Donde:

- Lo : Longitud de largo especificada por el fabricante
- L' : Longitud promedio de largo de la unidad
- Ao : Longitud de ancho especificada por el fabricante
- A' : Longitud promedio de ancho de la unidad
- Ho : Longitud de altura especificada por el fabricante
- H' : Longitud promedio de altura de la unidad
- σ : Desviación estándar
- %V : Porcentaje de variación

- **Interpretación de resultados.**

Gallegos y Casabonne (2005) refieren que el espesor de las juntas de mortero son determinadas en función a la variación dimensional de la altura de la unidad de albañilería y del espesor de mortero mínimo recomendado para lograr una correcta adhesión. Por otro lado, la NTE E 070 indica que “por cada incremento de 3mm en el espesor de las juntas horizontales, la resistencia a la compresión de la albañilería disminuye en un 15%, así mismo disminuye la resistencia al corte”.

Según los resultados mostrados en las Tablas 10 y 11, las unidades de albañilería de F1 presentan una variación máxima en su altura, que es el 3.41%, por ende, de acuerdo a la Norma Técnica E 070 se clasifican como Tipo IV (alta resistencia y durabilidad). Respecto a las unidades de F2, éstas presentan una dispersión máxima en su altura, que es el 4.17%, por ende, según la Norma Técnica E 070 se clasifican como Tipo III (i.e. mediana resistencia y durabilidad).

De acuerdo a la teoría mencionada y los resultados obtenidos, se debe calibrar la altura de los espesores de las juntas de mortero entre 1 a 1.5cm con ayuda de un escantillón, antes de iniciar el trabajo de asentado de muros. Puesto que, las unidades de albañilería estudiadas presentan una mayor dispersión dimensional en sus alturas.

Tabla 12
Resumen de resultados del ensayo de variación dimensional.

	Longitud (mm)	L (%)	Ancho (mm)	A (%)	Altura (mm)	H (%)	Clasificación Norma E 070.
Fabricante 01	199.44	0.28	102.99	-2.99	67.61	3.41	Tipo IV
Fabricante 02	199.89	0.06	101.20	-1.20	67.08	4.17	Tipo III

b) Alabeo.

- **Resultados.**

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos para las unidades de arcilla:

Tabla 13
Resultados del ensayo de alabeo - F1.

ESPÉCIMEN	CARA SUPERIOR (A)		CARA INFERIOR (B)	
	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)
Muestra 1	0.75	0.00	0.00	2.75
Muestra 2	1.25	0.00	0.00	2.00
Muestra 3	1.50	0.00	1.25	2.25
Muestra 4	2.25	0.00	1.00	1.50
Muestra 5	1.50	0.00	1.50	1.25
Muestra 6	2.50	5.00	1.00	2.50
Muestra 7	0.25	1.00	0.00	2.50
Muestra 8	3.75	0.00	2.25	1.00
Muestra 9	2.00	2.00	0.00	2.00
Muestra 10	1.50	0.00	0.25	2.50
PROMEDIO		Cóncavo Convexo	1.20 mm 1.40 mm	

Tabla 14
Resultados del ensayo de alabeo - F2.

ESPÉCIMEN	CARA SUPERIOR (A)		CARA INFERIOR (B)	
	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)
Muestra 1	3.00	0.00	0.00	1.00
Muestra 2	2.50	0.00	0.50	2.75
Muestra 3	1.00	0.00	1.25	2.00
Muestra 4	2.25	0.00	1.25	1.00
Muestra 5	0.75	3.00	0.50	3.50
Muestra 6	3.25	0.00	0.50	1.00
Muestra 7	2.75	2.25	1.00	3.00
Muestra 8	2.25	0.00	1.00	2.50
Muestra 9	2.00	0.00	1.50	3.00
Muestra 10	1.50	0.00	0.50	3.00
PROMEDIO		Cóncavo Convexo	1.50 mm 1.40 mm	

- **Interpretación de resultados.**

El alabeo es uno de los factores que determina el grosor de las juntas de mortero y además influye en la adherencia entre la unidad y el mortero; esto se debe a la creación de vacíos en las zonas más alabeadas al momento del asentado. Según los resultados mostrados en las Tablas 13 y 14, las unidades de albañilería de F1 y F2 se clasifican como Tipo V (resistencia y durabilidad elevada) según la NTE E 070.

Tabla 15
Resumen de resultados del ensayo de alabeo.

	Alabeo de la unidad		Clasificación Norma E 070.
	Cóncavo	Convexo	
Fabricante 01	1.20 mm	1.40 mm	Tipo V
Fabricante 02	1.50 mm	1.40 mm	Tipo V

c) Resistencia a compresión.

• **Resultados.**

La resistencia característica a compresión de unidades de albañilería se obtiene restando la desviación estándar al valor promedio de la muestra.

Tabla 16

Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial en unidades - F1.

ESPÉCIMEN	MÁXIMA CARGA (Kg - f)	INFERIOR		SUPERIOR		PROMEDIO		ÁREA (cm ²)	MÁXIMA CARGA (KN)	fb (MPa)
		ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)			
Muestra 1	10711.40	10.00	20.05	9.90	19.40	9.95	19.73	196.30	105.05	5.35
Muestra 2	8104.30	9.50	19.60	9.90	19.40	9.70	19.50	189.20	79.48	4.20
Muestra 3	10169.40	10.15	19.40	10.25	19.35	10.20	19.38	197.70	99.73	5.04
Muestra 4	11091.90	10.10	19.60	9.90	19.45	10.00	19.53	195.30	108.78	5.57
Muestra 5	8558.10	9.90	19.70	9.95	19.30	9.93	19.50	193.60	83.93	4.34
Muestra 6	12733.50	9.80	19.40	9.85	19.65	9.83	19.53	192.00	124.88	6.50
Muestra 7	10852.10	9.90	19.95	9.60	19.60	9.75	19.78	192.90	106.43	5.52
Muestra 8	10645.80	10.10	19.55	9.80	19.30	9.95	19.43	193.30	104.4	5.40
Muestra 9	9907.10	9.90	19.65	9.80	18.85	9.85	19.25	189.60	97.16	5.12
Muestra 10	10972.30	10.10	19.65	9.80	19.55	9.95	19.60	195.00	107.61	5.52
									fb =	5.26
									σ =	0.65
									f 'b =	4.61

Tabla 17

Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial en unidades - F2.

ESPÉCIMEN	MÁXIMA CARGA (Kg - f)	INFERIOR		SUPERIOR		PROMEDIO		ÁREA (cm ²)	MÁXIMA CARGA (KN)	fb (Mpa)
		ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)			
Muestra 1	11724.80	10.10	19.70	10.10	19.90	10.10	19.80	200.00	114.99	5.75
Muestra 2	14651.70	9.90	19.85	10.05	19.55	9.98	19.70	196.60	143.69	7.31
Muestra 3	12664.00	9.60	19.75	9.70	19.40	9.65	19.58	188.90	124.2	6.57
Muestra 4	14374.70	9.90	19.80	9.80	19.35	9.85	19.58	192.90	140.97	7.31
Muestra 5	15304.50	10.25	19.80	9.40	19.90	9.83	19.85	195.10	150.09	7.69
Muestra 6	11128.30	9.75	19.40	9.75	19.10	9.75	19.25	187.70	109.14	5.81
Muestra 7	16528.70	10.00	19.80	9.90	19.30	9.95	19.55	194.50	162.1	8.33
Muestra 8	12853.40	10.30	19.60	9.50	19.50	9.90	19.55	193.50	126.05	6.51
Muestra 9	15155.90	9.85	19.45	9.80	19.55	9.83	19.50	191.70	148.63	7.75
Muestra 10	13100.50	9.60	19.40	9.55	19.30	9.58	19.35	185.40	128.48	6.93
									fb =	7.00
									σ =	0.84
									f 'b =	6.16

- **Interpretación de resultados.**

San Bartolomé (1994) afirma que “la resistencia a compresión ($f'b$) expresa sólo la calidad de la unidad empleada, ensayada bajo las mismas condiciones (por ejemplo, a mayor resistencia se obtendrá una mejor durabilidad)” (p.115).

Para que la unidad de albañilería pueda clasificarse como Tipo I (la clasificación más baja de la NTE E 070), ésta debe poseer una resistencia mínima de 4.9MPa (50kg/cm²). Según las Tablas 16 y 17, las unidades de F1 al no alcanzar dicha resistencia “No clasifican” y las unidades de F2 se clasifican como Tipo I, que según la Norma ITINTEC 331.017 son unidades de “una resistencia y durabilidad muy baja, son aptos para ser empleados bajo condiciones de exigencias mínimas (viviendas de 1 o 2 pisos), evitando el contacto directo con la lluvia o el suelo”.

En resumen, la resistencia a compresión de la unidad es una propiedad mecánica importante, porque no solo define su calidad estructural, sino su nivel de resistencia a la intemperie.

Tabla 18
Resumen de resultados del ensayo de compresión axial en unidades de albañilería.

	Resistencia a la compresión $f'b$ (Mpa)	Clasificación según la Norma Técnica E 070
F1	4.61	No clasifica
F2	6.16	Tipo I

4.4.2. Ensayos no clasificatorios.

Para el muestreo de los ensayos de succión y absorción, se seleccionaron dos grupos de diez unidades de albañilería cada uno. Para los ensayos de absorción máxima, coeficiente de saturación y densidad se han seleccionado dos grupos de tres unidades cada uno. Cada grupo representa a un fabricante de unidades de albañilería diferente F1 y F2.

a) Succión.

• **Resultados.**

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos para F1 y F2:

Tabla 19
Resultados del ensayo de succión – F1.

ESPÉCIMEN	P sec	P suc	Dimensión de la unidad		Área	S
			Ancho	Largo		
			cm	cm		
	gr	gr			cm2	(gr/200cm2-min)
Muestra 1	2393.000	2432.000	10.25	20.00	205.00	38.05
Muestra 2	2363.000	2406.000	10.00	20.15	201.50	42.68
Muestra 3	2269.000	2304.000	10.15	19.85	201.48	34.74
Muestra 4	2295.000	2345.000	10.10	20.00	202.00	49.50
Muestra 5	2337.000	2381.000	10.30	20.00	206.00	42.72
Muestra 6	2296.000	2335.000	10.10	19.85	200.49	38.90
Muestra 7	2275.000	2316.000	9.95	19.75	196.51	41.73
Muestra 8	2280.000	2324.000	10.20	19.95	203.49	43.25
Muestra 9	2279.000	2338.000	10.05	19.85	199.49	59.15
Muestra 10	2401.000	2452.000	10.30	20.15	207.55	49.14
PROMEDIO						43.99

Tabla 20
Resultados del ensayo de succión – F2.

ESPÉCIMEN	P sec	P suc	Dimensión de la unidad		Área	S
			Ancho	Largo		
			cm	cm		
	gr	gr			cm2	(gr/200cm2-min)
Muestra 1	2085.000	2141.000	9.75	19.95	194.51	57.58
Muestra 2	2107.000	2163.000	9.95	20.05	199.50	56.14
Muestra 3	2039.000	2129.000	10.10	20.15	203.52	88.44
Muestra 4	2008.000	2086.000	10.10	20.05	202.51	77.03
Muestra 5	2064.000	2121.000	10.10	20.10	203.01	56.15
Muestra 6	2045.000	2131.000	10.15	19.90	201.99	85.15
Muestra 7	2045.000	2112.000	9.85	19.85	195.52	68.54
Muestra 8	2053.000	2106.000	9.95	19.80	197.01	53.80
Muestra 9	2055.000	2110.000	10.10	19.90	200.99	54.73
Muestra 10	2025.000	2092.000	10.05	19.80	198.99	67.34
PROMEDIO						66.49

• **Interpretación de resultados.**

Gallegos y Casabonne (2005) refieren que “la succión es necesaria para lograr el íntimo contacto del mortero con la unidad de albañilería”. San Bartolomé (1994) indica que el valor de la succión debe estar comprendido entre 10 y 20gr/200cm²-min. Si se aplica dichas

consideraciones, ninguno de los resultados mostrados en las Tablas 19 y 20 se encuentran en dicho rango, sino que son valores excesivos y superiores al máximo permitido, por lo que es necesario controlarlo, mediante el regado de las unidades de albañilería antes del asentado, de lo contrario causará efectos negativos.

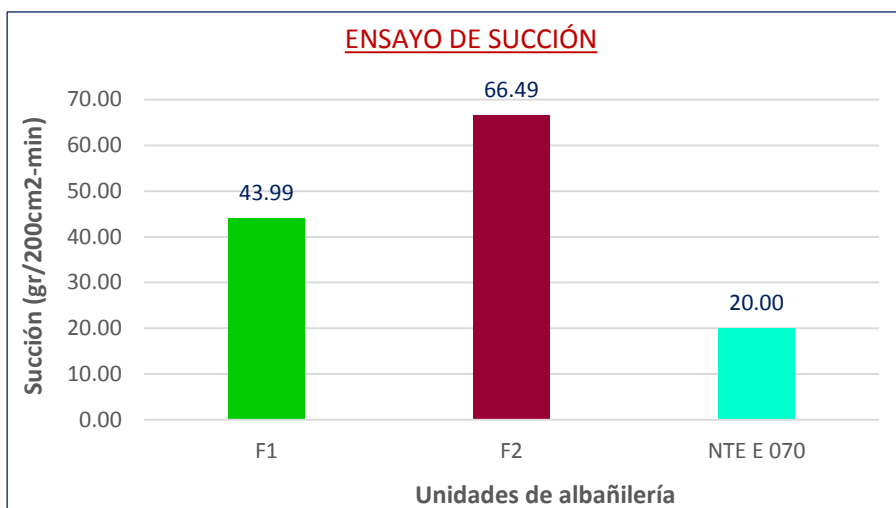


Figura 56. Resumen de resultados del ensayo de succión en unidades de albañilería.

b) Absorción.

- **Resultados.**

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos para F1 y F2.

Tabla 21
Resultados del ensayo de absorción – F1.

ESPÉCIMEN	Peso (gr)			A %
	P nat	P sec	P sat	
Muestra 1	2400.50	2393.00	2727.00	13.96
Muestra 2	2371.50	2363.00	2716.00	14.94
Muestra 3	2275.00	2269.00	2605.00	14.81
Muestra 4	2299.00	2295.00	2637.00	14.90
Muestra 5	2344.50	2337.00	2700.00	15.53
Muestra 6	2305.00	2296.00	2637.00	14.85
Muestra 7	2277.00	2275.00	2618.00	15.08
Muestra 8	2282.50	2280.00	2613.00	14.61
Muestra 9	2286.50	2279.00	2616.00	14.79
Muestra 10	2404.00	2401.00	2769.00	15.33
PROMEDIO =				14.88%

Tabla 22
Resultados del ensayo de absorción – F2.

ESPÉCIMEN	Peso (gr)			A %
	P nat	P sec	P sat	
Muestra 1	2087.50	2085.00	2490.00	19.42
Muestra 2	2108.00	2107.00	2522.00	19.70
Muestra 3	2040.50	2039.00	2451.00	20.21
Muestra 4	2008.50	2008.00	2407.00	19.87
Muestra 5	2066.00	2064.00	2465.00	19.43
Muestra 6	2045.50	2045.00	2454.00	20.00
Muestra 7	2047.00	2045.00	2433.00	18.97
Muestra 8	2056.00	2053.00	2467.00	20.17
Muestra 9	2059.00	2055.00	2467.00	20.05
Muestra 10	2025.00	2025.00	2421.00	19.56
PROMEDIO =				19.74%

- **Interpretación de resultados.**

San Bartolomé (2008) indica que “cuanto más elevada sea la absorción de la unidad, ésta será más porosa y, por tanto, menos resistente al intemperismo”; es por ello que el límite máximo de absorción permitido es del 22%. Según los resultados mostrados en las Tablas 21 y 22, las unidades de albañilería de F1 (14.88%) y F2 (19.74%) cumplen con los parámetros establecidos en la Norma Técnica E 070, puesto que, los valores obtenidos son inferiores al máximo permitido (22%), como se muestra en la Figura 57.

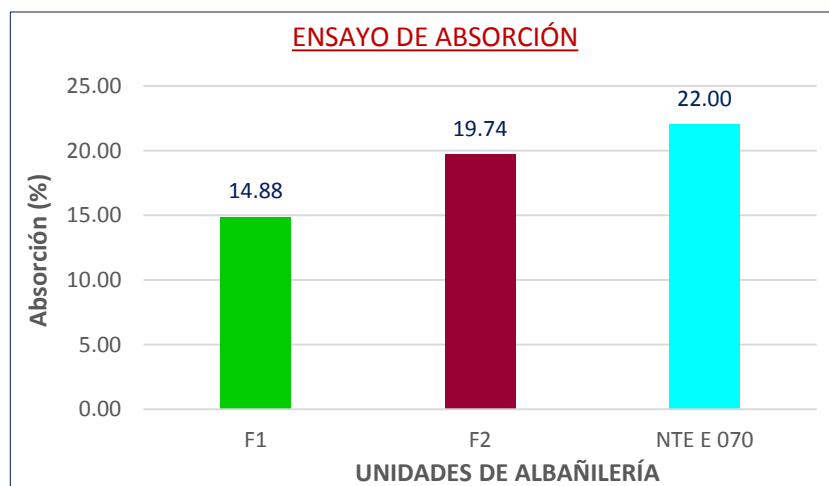


Figura 57. Resumen de resultados del ensayo de absorción.

c) Absorción máxima.

- **Resultados.**

A continuación se presentan los resultados obtenidos para F1 y F2:

Tabla 23
Resultados del ensayo de absorción máxima – F1.

ESPÉCIMEN	Peso (gr)		Absorción Máxima
	P sec	P sat	%
Muestra 1	2393.00	2862.00	19.60
Muestra 2	2363.00	2844.00	20.36
Muestra 3	2269.00	2719.00	19.83
PROMEDIO =			19.93%

Tabla 24
Resultados del ensayo de absorción máxima – F2.

ESPÉCIMEN	Peso (gr)		Absorción Máxima
	P sec	P sat	%
Muestra 1	2085.00	2609.00	25.13
Muestra 2	2107.00	2630.00	24.82
Muestra 3	2039.00	2568.00	25.94
PROMEDIO =			25.30%

- **Interpretación de resultados.**

Según la Norma ITINTEC (1978) los valores considerados como máximos “se aplican a condiciones de uso en que se requiera utilizar las unidades de albañilería en contacto constante con agua o con el terreno, sin recubrimiento protector”. Según los resultados mostrados en las Tablas 23 y 24, las unidades de albañilería de F1 se clasifican como Tipo V y son aptos para las condiciones antes mencionadas; por el contrario, las unidades de F2 se consideran como “sin límites”, es decir, sus resultados superan el límite máximo recomendado para su clasificación, por lo que no son aptos para estar expuestos a las situaciones antes mencionadas.

Tabla 25
Resumen de resultados del ensayo de absorción máxima.

	Absorción máxima %	Clasificación de la Norma ITINTEC 331.018
Fabricante 01	19.93	Tipo V
Fabricante 02	25.30	Sin límites

d) Coeficiente de saturación.

• **Resultados.**

A continuación se presentan los resultados calculados para F1 y F2:

Tabla 26
Resultados del ensayo de coeficiente de saturación – F1.

ESPÉCIMEN	Absorción (%)	Aborción Máxima (%)	Coeficiente de Saturación
Muestra 1	13.96	19.60	0.71
Muestra 2	14.94	20.36	0.73
Muestra 3	14.81	19.83	0.75
PROMEDIO =			0.73

Tabla 27
Resultados del ensayo de coeficiente de saturación – F2.

ESPÉCIMEN	Absorción (%)	Aborción Máxima (%)	Coeficiente de Saturación
Muestra 1	19.42	25.13	0.77
Muestra 2	19.70	24.82	0.79
Muestra 3	20.21	25.94	0.78
PROMEDIO =			0.78

• **Interpretación de resultados.**

La Norma ITINTEC (1978) indica que “el coeficiente de saturación es considerado como una medida de la durabilidad de la unidad cuando se encuentra sometido a la acción de la intemperie”. Los coeficientes de saturación mayores a 0.85 son demasiado absorbentes (muy porosas) y por lo tanto, poco durables (San Bartolomé, 1994). Según las Tablas 26 y 27, el valor del coeficiente de saturación de las unidades de F1 y F2 son inferiores a 0.85, por lo tanto, son unidades durables y pueden estar expuestas al intemperismo.

Tabla 28
Resumen de resultados del ensayo de coeficiente de saturación.

	Coeficiente de Saturación	Clasificación de la Norma ITINTEC 331.018
Fabricante 01	0.73	Tipo V
Fabricante 02	0.78	Tipo V

e) Densidad.

• **Resultados.**

Los resultados obtenidos para F1 y F2, se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 29
Resultados del ensayo de densidad – F1.

ESPÉCIMEN	Peso (gr)			V (cm3)	Densidad (gr/cm3)
	P sec	P ebull	P inm		
F1 - M1	2393.00	2862.00	1450.00	1412.00	1.695
F1 - M2	2363.00	2844.00	1431.00	1413.00	1.672
F1 - M3	2269.00	2719.00	1370.00	1349.00	1.682
PROMEDIO =					1.680

Tabla 30
Resultados del ensayo de densidad – F2.

ESPÉCIMEN	Peso (gr)			V (cm3)	Densidad (gr/cm3)
	P sec	P ebull	P inm		
F2 - M1	2085.00	2609.00	1224.00	1385.00	1.505
F2 - M2	2107.00	2630.00	1230.00	1400.00	1.505
F2 - M3	2039.00	2568.00	1195.00	1373.00	1.485
PROMEDIO =					1.500

• **Interpretación de resultados.**

De los resultados mostrados en las Tablas 29 y 30, se deduce que los valores de densidad no guardan relación con los de resistencia a compresión de las unidades, que según la Norma ITINTEC (1978) debe existir. Puesto que, las unidades de F1 son más densos y menos resistentes; en cambio, las de F2 son menos densos y más resistentes.

Según Lulichac (2015) “varios investigadores han tratado de establecer la relación entre la densidad de la unidad de albañilería y su resistencia a la compresión. Cuando se ha tratado de buscar una ley general, (...), la evidente gran dispersión lo ha impedido” (p.25).

Tabla 31
Resumen de resultados del ensayo de densidad.

	Densidad (gr/cm3)	Clasificación de la Norma ITINTEC 331.018
F1	1.68	Tipo IV
F2	1.50	Tipo I

f) Eflorescencia.

- **Resultados.**

Se han ensayado dos grupos de cinco unidades cada uno, los grupos representan a F1 y F2; culminado el ensayo se pudo apreciar y comparar de manera visual, los colores y la extensión de sales presentes entre los vértices y la zona central de las unidades de albañilería, en contraste a otras unidades que no fueron colocadas en las bandejas con agua.

- **Interpretación de resultados.**

Las unidades de F1 presentan eflorescencia en sus vértices y alguna de ellas también en la zona central, por ende, califican como “eflorescidas”. Respecto a las unidades de F2 sólo algunas presentan eflorescencia en sus vértices, en consecuencia, califican como “ligeramente eflorescidas”, como la extensión de la eflorescencia es reducida, ella sólo compromete temporalmente al aspecto de la albañilería y puede ser eliminada con facilidad.

4.5. MORTERO

- **Resultados.**

A continuación se presentan los resultados sobre la calidad de morteros con los que se han elaborado los prototipos (prismas de albañilería) para TP, T1, T2 y T3.

Tabla 32

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión del mortero – TP.

MUESTRA	Dimensiones (cm)		Área (cm ²)	Carga Máxima (kg)	f _c (kg/cm ²)
	Largo	Ancho			
M - 01	4.99	5.00	24.95	4512.20	180.85
M - 02	5.00	5.01	25.05	4730.30	188.83
M - 03	5.00	4.99	24.95	3724.00	149.26
M - 04	5.00	5.01	25.05	4228.80	168.81
M - 05	4.99	4.98	24.85	3524.10	141.81
M - 06	4.99	5.00	24.95	4003.20	160.45
				f _c =	165.00 kg/cm ²
				σ =	18.11
				f 'c =	146.89 kg/cm ²

Tabla 33
Resultados del ensayo de resistencia a compresión del mortero – T1, T2 y T3.

MUESTRA	Dimensiones (cm)		Área (cm ²)	Carga Máxima (kg)	f _c (kg/cm ²)
	Largo	Ancho			
M - 01	4.99	5.00	24.95	2330.85	93.42
M - 02	5.00	5.00	25.00	2883.00	115.32
M - 03	5.00	5.01	25.05	2845.50	113.59
M - 04	5.00	5.02	25.10	2289.70	91.22
M - 05	5.02	5.01	25.15	2535.00	100.79
M - 06	4.99	4.98	24.85	1910.40	76.88
f _c =					98.54 kg/cm ²
σ =					14.58
f 'c =					83.96 kg/cm ²

- **Interpretación de resultados.**

Este ensayo sólo se ha realizado con el fin de controlar la calidad del mortero utilizado durante la elaboración de los prismas de albañilería que representan a las tipologías constructivas, puesto que, los cubos de mortero no manifiestan las condiciones reales que se ocasionan en las juntas. Para TP se utilizó una dosificación de 1:4 (cemento:arena) y se alcanzó una resistencia a compresión igual a 146.89kg/cm²; para T1, T2 y T3 se manejó una dosificación de 1:7 (cemento:arena) de donde se obtuvo una resistencia a compresión de 83.96kg/cm², inferior en un 42.8% respecto a TP.

San Bartolomé (1994) refiere que “es conveniente que el mortero tenga una resistencia a compresión semejante al de la unidad, a fin de evitar su falla por aplastamiento y tratar de dar homogeneidad a la albañilería” (p.125). Añade también que un decrecimiento del 69% en la resistencia del mortero sólo afecta en un 10% a la resistencia a compresión de la albañilería.

4.6. PRISMAS DE ALBAÑILERÍA

4.6.1. Pilas.

- **Resultados**

Los valores de f_m se han calculado restando la desviación estándar al valor promedio, así como se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 34

Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería – TP F1.

ESPÉCIMEN	Dimensiones			Esbeltez (H/t)	P máx kN	Área m ²	fm MPa	Factor de corrección	fm corregido MPa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)						
TP (F1) - M1	202.0	102.0	323.0	3.17	69.10	0.0206	3.35	0.92	3.08
TP (F1) - M2	201.0	103.0	329.0	3.19	72.77	0.0207	3.51	0.92	3.23
TP (F1) - M3	200.0	102.0	318.0	3.12	71.93	0.0204	3.53	0.91	3.21
								fm =	3.17
								σ =	0.08
								f'm =	3.09

Tabla 35

Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería – T1 F1.

ESPÉCIMEN	Dimensiones			Esbeltez (H/t)	P máx kN	Área m ²	fm Mpa	Factor de corrección	fm corregido Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)						
T1 (F1) - M1	200.0	103.0	349.0	3.39	78.46	0.0206	3.81	0.93	3.54
T1 (F1) - M2	200.0	105.0	352.0	3.35	72.16	0.0210	3.44	0.92	3.16
T1 (F1) - M3	201.0	104.0	346.0	3.33	67.96	0.0209	3.25	0.92	2.99
								fm =	3.23
								σ =	0.28
								f'm =	2.95

Tabla 36

Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería – T2 F1.

ESPÉCIMEN	Dimensiones			Esbeltez (H/t)	P máx kN	Área m ²	fm Mpa	Factor de corrección	fm corregido Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)						
T2 (F1) - M1	198.0	103.0	380.0	3.69	56.00	0.0204	2.75	0.94	2.59
T2 (F1) - M2	201.0	103.0	379.0	3.68	53.70	0.0207	2.59	0.94	2.43
T2 (F1) - M3	200.0	104.0	373.0	3.59	51.40	0.0208	2.47	0.93	2.30
								fm =	2.44
								σ =	0.15
								f 'm =	2.29

Tabla 37

Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería – T3 F1.

ESPÉCIMEN	Dimensiones			Esbeltez (H/t)	P máx kN	Área m ²	fm Mpa	Factor de corrección	fm corregido Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)						
T3 (F1) - M1	196.0	103.0	294.0	2.85	55.79	0.0202	2.76	0.88	2.43
T3 (F1) - M2	197.0	102.0	298.0	2.92	54.22	0.0201	2.70	0.89	2.40
T3 (F1) - M3	201.0	103.0	299.0	2.90	72.08	0.0207	3.48	0.89	3.10
								fm =	2.64
								σ =	0.40
								f 'm =	2.24

Tabla 38

Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería – TP F2.

ESPÉCIMEN	Dimensiones			Esbellez (H/t)	P máx kN	Área m ²	f _m Mpa	Factor de corrección	f _m corregido Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)						
TP (F2) - M1	201.5	102.0	330.0	3.24	76.28	0.0206	3.71	0.92	3.41
TP (F2) - M2	200.0	101.0	323.0	3.20	68.65	0.0202	3.40	0.92	3.13
TP (F2) - M3	200.0	103.0	327.0	3.17	72.46	0.0206	3.52	0.92	3.24
								f _m =	3.26
								σ =	0.14
								f 'm =	3.12

Tabla 39

Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería – T1 F2.

ESPÉCIMEN	Dimensiones			Esbellez (H/t)	P máx kN	Área m ²	f _m Mpa	Factor de corrección	f _m corregido Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)						
T1 (F2) - M1	201.0	105.0	351.0	3.34	81.06	0.0211	3.84	0.92	3.53
T1 (F2) - M2	201.0	104.0	344.0	3.31	60.24	0.0209	2.88	0.92	2.65
T1 (F2) - M3	201.0	104.0	348.0	3.35	86.63	0.0209	4.14	0.92	3.81
								f _m =	3.33
								σ =	0.61
								f 'm =	2.72

Tabla 40

Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería – T2 F2.

ESPÉCIMEN	Dimensiones			Esbellez (H/t)	P máx kN	Área m ²	f _m Mpa	Factor de corrección	f _m corregido Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)						
T2 (F2) - M1	201.0	104.0	378.0	3.63	53.00	0.0209	2.54	0.94	2.39
T2 (F2) - M2	198.0	102.0	372.0	3.65	58.26	0.0202	2.88	0.94	2.71
T2 (F2) - M3	201.0	103.0	376.0	3.65	66.26	0.0207	3.20	0.94	3.01
								f _m =	2.70
								σ =	0.31
								f 'm =	2.39

Tabla 41

Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería – T3 F2.

ESPÉCIMEN	Dimensiones			Esbellez (H/t)	P máx kN	Área m ²	f _m Mpa	Factor de corrección	f _m corregido Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)						
T3 (F2) - M1	200.0	101.0	290.0	2.87	57.08	0.0202	2.83	0.88	2.49
T3 (F2) - M2	201.0	102.0	283.0	2.77	71.86	0.0205	3.50	0.86	3.01
T3 (F2) - M3	203.0	103.5	286.0	2.76	58.66	0.0210	2.79	0.86	2.40
								f _m =	2.63
								σ =	0.33
								f 'm =	2.30

- **Interpretación de resultados**

Mediante este ensayo se determina la resistencia ante cargas verticales, que depende del efecto de la interacción unidad de albañilería-mortero. La NTE E 070 refiere que cuando

no se realicen ensayos de pilas se debe considerar una resistencia a compresión de 3.40MPa, para una dosificación de mortero 1:4 (cemento:arena). Sin embargo, para TP que cumple con los parámetros constructivos recomendados por la NTE E 070, pero con materiales de la zona en estudio, se alcanzó una resistencia de 3.09MPa (F1) y 3.12MPa (F2). Para T1, T2 y T3 se aprecia que los valores de resistencia van disminuyendo a medida en que el espesor de junta de mortero va incrementando, para F1 y F2. En las siguientes figuras se muestran las diferencias existentes en los resultados para cada tipología:

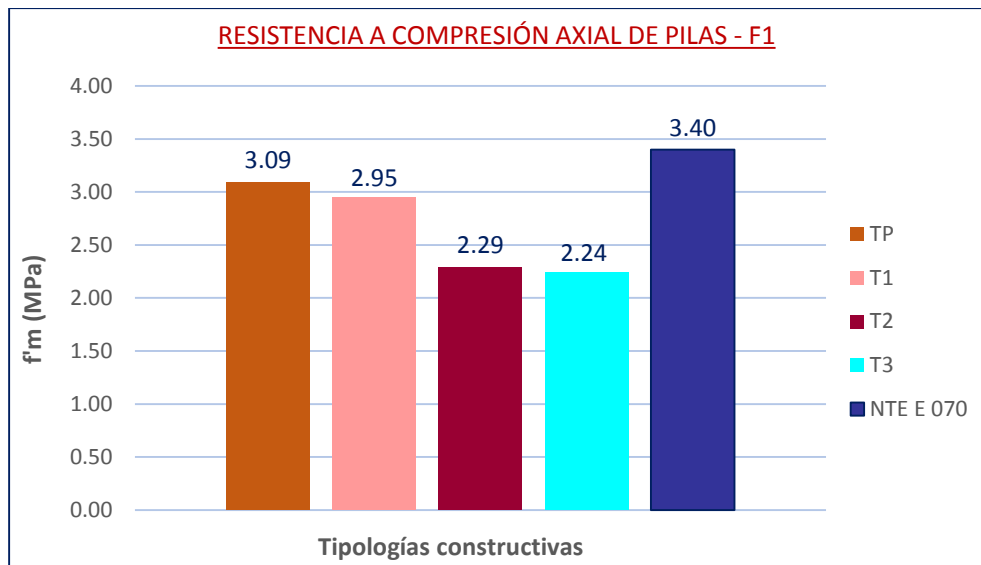


Figura 58. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial F1.

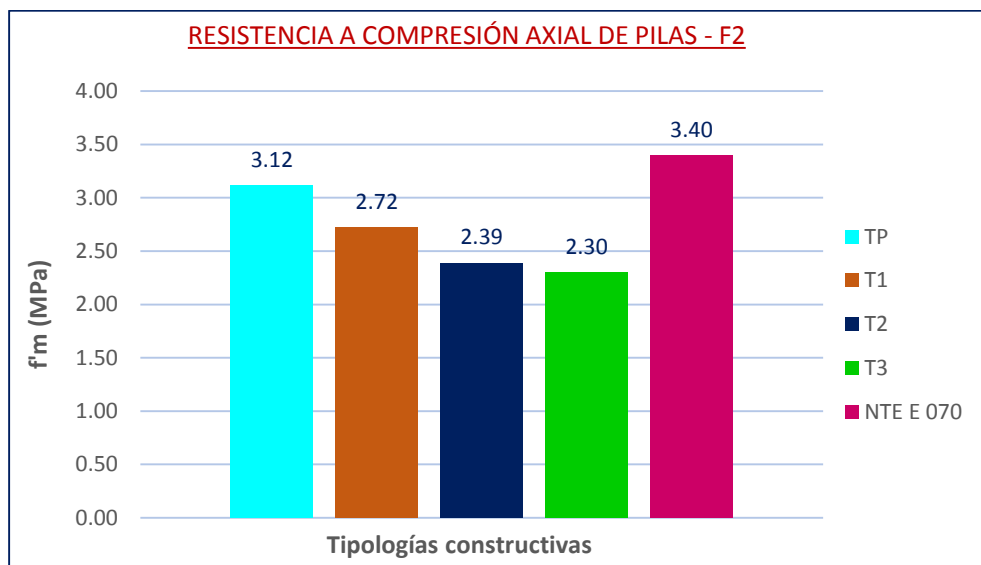


Figura 59. Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial F2.

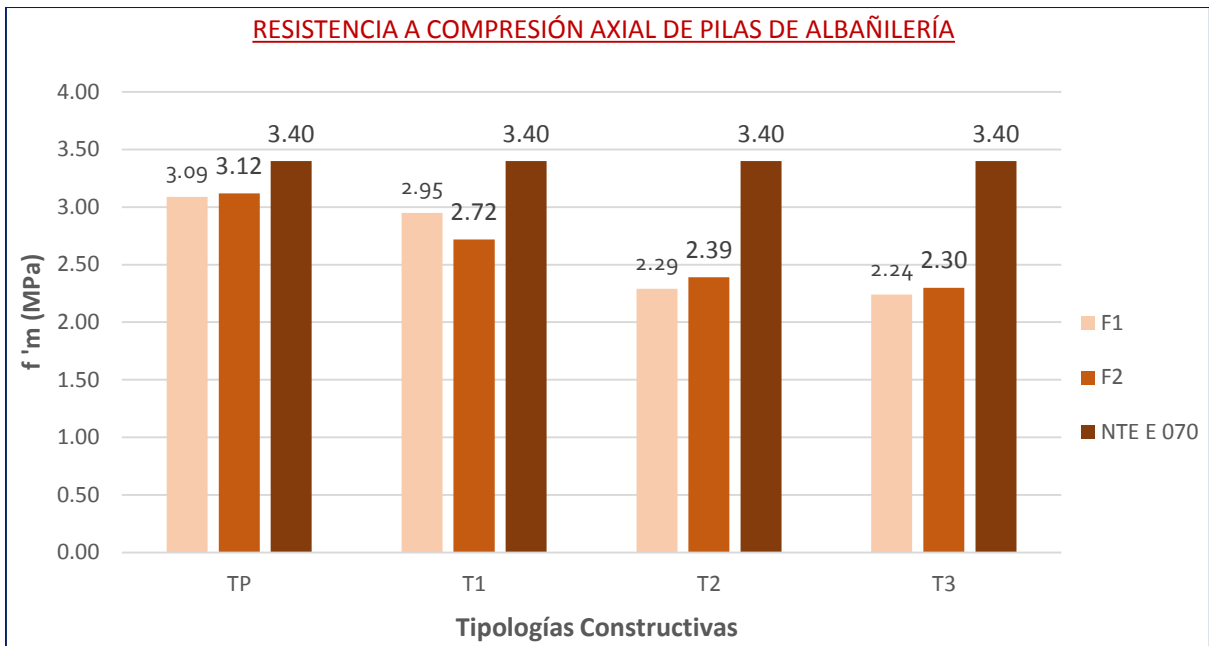


Figura 60. Resistencia a la compresión axial vs variables.

Falla por aplastamiento local, surge por imperfecciones en la construcción reflejada en la configuración geométrica del espécimen, por la falta de paralelismo entre las caras de asiento extremas o por la falta de alineamiento entre el eje de carga y el eje longitudinal de la pila.



Figura 61. Falla por aplastamiento en pilas de albañilería.

La falla ideal, grieta vertical en la cara de menor dimensión, que corta unidades y mortero de manera indistinta, producida por tracción debido a la expansión lateral causada por la compresión aplicada, así como se muestra en la siguiente figura:



Figura 62. Falla ideal (Grieta vertical) en pilas de albañilería.

4.6.2. Muretes.

- **Resultados.**

Los valores de \sqrt{m} se han calculado restando una desviación estándar al valor promedio, los resultados alcanzados para cada tipología se presentan a continuación:

Tabla 42

Resistencia a compresión diagonal de muretes – TP F1.

Espécimen	Dimensiones				P _{máx} kN	Área AD m ²	vm Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)	D (mm)			
M - 01	546.00	199.50	574.00	792.21	65.96	0.158	0.42
M - 02	540.00	199.50	580.00	792.46	61.01	0.158	0.39
M - 03	545.00	199.50	579.00	795.15	60.47	0.159	0.38

$\bar{v}_m = 0.40 \text{ MPa}$
 $\sigma = 0.02$
 $\sqrt{m} = 0.38 \text{ MPa}$

Tabla 43

Resistencia a compresión diagonal de muretes – T1 F1.

Espécimen	Dimensiones				P _{máx} kN	Área AD m ²	vm Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)	D (mm)			
M - 01	602.00	199.50	545.00	812.05	58.17	0.162	0.36
M - 02	610.00	199.50	546.00	818.67	49.31	0.163	0.30
M - 03	608.00	199.51	549.00	819.19	68.14	0.163	0.42

$\bar{v}_m = 0.36 \text{ MPa}$
 $\sigma = 0.06$
 $\sqrt{m} = 0.30 \text{ MPa}$

Tabla 44
Resistencia a compresión diagonal de muretes – T2 F1.

Espécimen	Dimensiones				P _{máx} kN	Área AD m ²	vm Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)	D (mm)			
M - 01	586.00	199.50	580.00	824.50	49.05	0.164	0.30
M - 02	583.00	199.50	581.00	823.07	47.58	0.164	0.29
M - 03	575.00	199.50	576.00	813.88	53.61	0.162	0.33

vm = 0.31 MPa
σ = 0.02
√vm = 0.29 MPa

Tabla 45
Resistencia a compresión diagonal de muretes – T3 F1.

Espécimen	Dimensiones				P _{máx} kN	Área AD m ²	vm Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)	D (mm)			
M - 01	632.00	199.50	630.00	892.37	37.49	0.178	0.21
M - 02	633.00	199.50	628.00	891.67	33.63	0.178	0.19
M - 03	630.00	199.50	625.00	887.43	44.01	0.177	0.25

vm = 0.22 MPa
σ = 0.03
√vm = 0.19 MPa

Tabla 46
Resistencia a compresión diagonal de muretes – TP F2.

Espécimen	Dimensiones				P _{máx} kN	Área AD m ²	vm Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)	D (mm)			
M - 01	542.00	199.80	579.00	793.10	61.28	0.158	0.39
M - 02	542.00	199.89	580.00	793.83	88.80	0.159	0.56
M - 03	541.00	199.80	573.00	788.04	75.04	0.157	0.48

vm = 0.48 MPa
σ = 0.09
√vm = 0.39 MPa

Tabla 47
Resistencia a compresión diagonal de muretes – T1 F2.

Espécimen	Dimensiones				P _{máx} kN	Área AD m ²	vm Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)	D (mm)			
M - 01	616.00	199.89	546.00	823.15	49.93	0.165	0.30
M - 02	610.00	199.80	551.00	822.01	56.48	0.164	0.34
M - 03	613.00	199.90	550.00	823.57	56.03	0.165	0.34

vm = 0.33 MPa
σ = 0.02
√vm = 0.31 MPa

Tabla 48
Resistencia a compresión diagonal de muretes – T2 F2.

Espécimen	Dimensiones				P _{máx} kN	Área AD m ²	v _m Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)	D (mm)			
M - 01	589.00	199.90	580.00	826.63	49.34	0.165	0.30
M - 02	580.00	199.89	578.00	818.83	45.58	0.164	0.28
M - 03	586.00	199.80	573.00	819.59	58.92	0.164	0.36

v_m = 0.31 MPa
 σ = 0.04
 v_m = 0.27 MPa

Tabla 49
Resistencia a compresión diagonal de muretes – T3 F2.

Espécimen	Dimensiones				P _{máx} kN	Área AD m ²	v _m Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)	D (mm)			
M - 01	634.00	199.90	630.00	893.79	35.85	0.179	0.20
M - 02	631.00	199.89	632.00	893.08	43.49	0.179	0.24
M - 03	632.00	199.89	630.00	892.37	43.51	0.178	0.24

v_m = 0.23 MPa
 σ = 0.02
 v_m = 0.21 MPa

- **Interpretación de resultados**

Una de las situaciones en que los muros pueden estar expuestos a compresión diagonal es ante un sismo. La NTE E 070 indica que cuando no se han de realizar ensayos de muretes, se debe considerar una resistencia a compresión diagonal de 0.50MPa, para una dosificación de mortero 1:4 (cemento:arena). Sin embargo, para TP que ha sido construido con parámetros constructivos y recomendaciones de la NTE E 070, pero con materiales de la zona en estudio, se alcanzó una resistencia de 0.38MPa (F1) y 0.39MPa (F2). Para T1, T2 y T3 se ha observado que los valores de resistencia van disminuyendo a medida en que el espesor de juntas de mortero va incrementando, para F1 y F2. Las diferencias existentes en los resultados y sus características se muestran gráficamente a continuación:

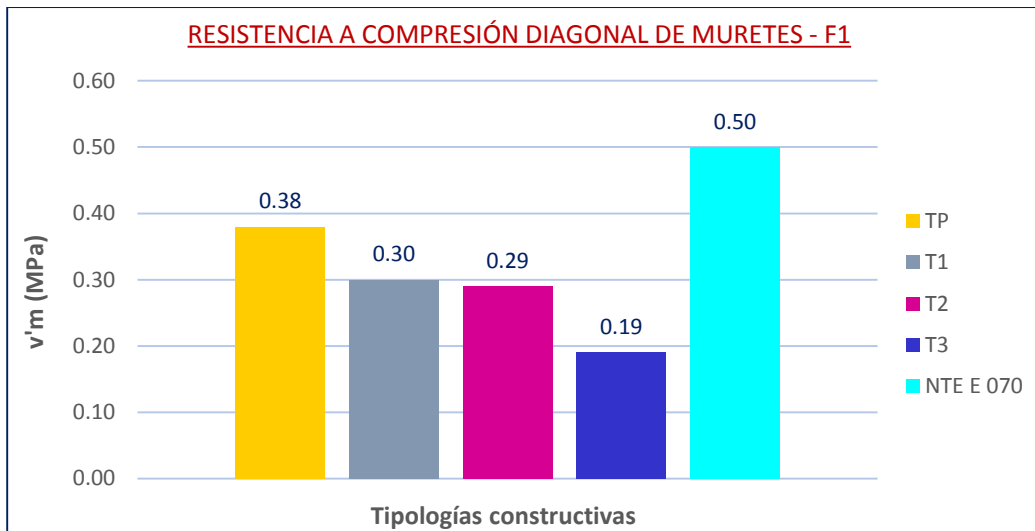


Figura 63. Resultados del ensayo de resistencia a compresión diagonal F1.

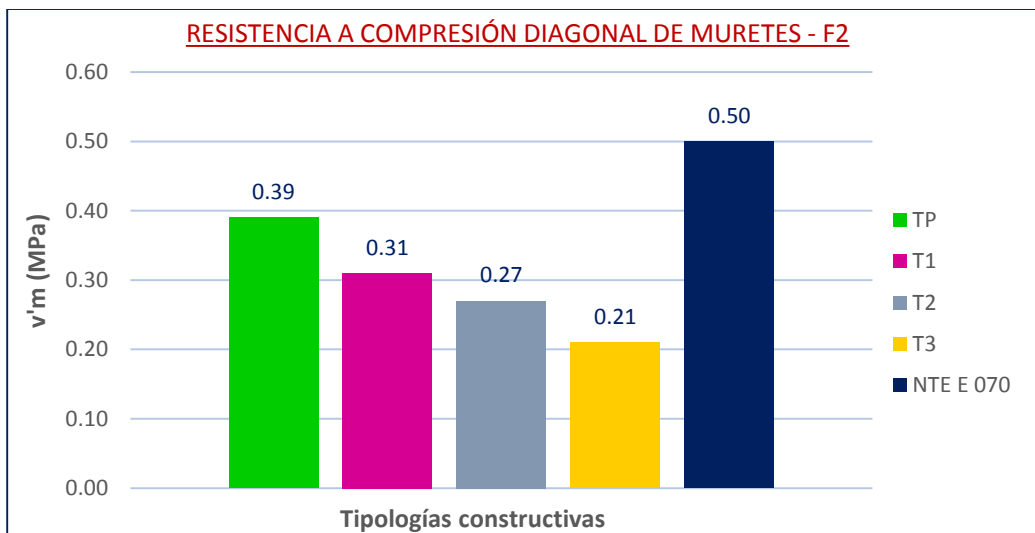


Figura 64. Resultados del ensayo de resistencia a compresión diagonal F2.

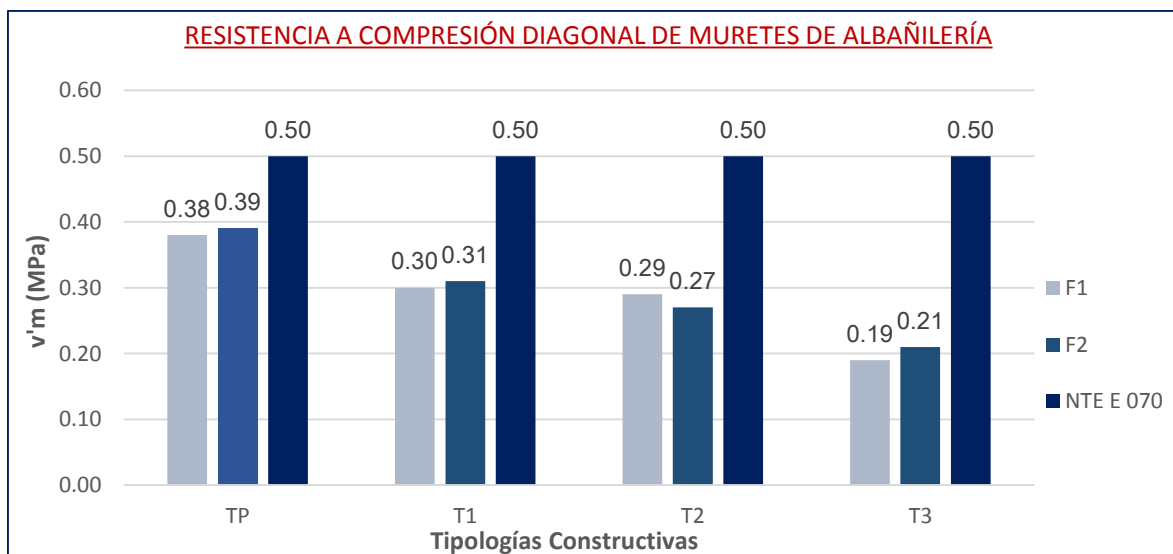


Figura 65. Resistencia a compresión diagonal vs variables.

En los muretes de TP se han presentado fallas mixtas y por cizalle (en algunos), las mixtas son las más deseadas, puesto que, surgen como una grieta de tracción que atraviesa indistintamente a unidades de albañilería y mortero, esto se debe a que existe una muy buena adherencia entre ambos; razón por la cual se han obtenido altos valores de resistencia en estos prototipos.



Figura 66. Fallas mixtas y por cizalle en muretes - Tipología Patrón.

En los muretes de T1 al igual que en TP, han predominado las fallas mixtas y por cizalle, pero éstos alcanzaron resistencias inferiores a los de TP. Las fallas por cizalle son aquellas donde surge un deslizamiento de las unidades de arcilla sobre las juntas de mortero por efecto de esfuerzos aplicados, ocurre cuando la adherencia unidad - mortero es deficiente.

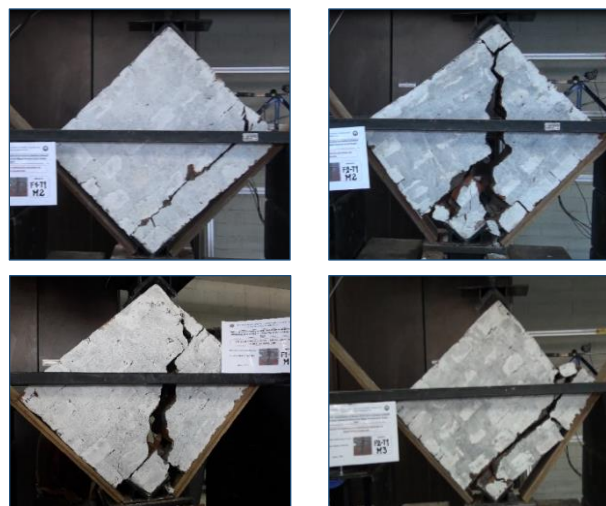


Figura 67. Fallas mixtas y por cizalle en muretes - T1.

Los muretes de T2 presentaron fallas mixtas, por cizalle y escalonadas, sin embargo, han predominado las escalonadas que se dan cuando el agrietamiento se produce en las juntas, y esto se debe a que la resistencia de las unidades es mayor en relación con la resistencia de adherencia del mortero con las unidades, por lo que la grieta se da a través de las juntas.



Figura 68. Fallas mixtas, por cizalle y escalonadas en muretes - T2.

Los muretes de T3 exhiben fallas escalonadas junto a fallas por cizalle, a diferencia de otras tipologías los muretes de T3 han presentado fallas explosivas, por lo tanto se deduce que la adherencia unidad - mortero no es óptima debido al gran espesor de junta utilizado.



Figura 69. Fallas escalonadas y por cizalle en muretes - T3.

4.7. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Hernández et. al (2010) indican que “las hipótesis en el enfoque cuantitativo, se someten a prueba en la realidad cuando se aplica un diseño de investigación, se recolectan datos con uno o varios instrumentos de medición, y se analizan e interpretan esos mismos datos”.

La prueba de hipótesis indica el proceso mediante el cual se define si una proposición respecto de la población, debe ser aceptada o no. Es una regla de decisión que indica cuando aceptar y rechazar las hipótesis, con esto se puede ver si los datos de una muestra son compatibles o no con los de la población.

En resumen, la prueba de hipótesis consiste en estudiar dos tipos de hipótesis: H_0 (hipótesis nula) y H_1 (hipótesis alterna) de manera que el investigador divide los resultados muestrales en dos zonas; una zona de rechazo y otra de aceptación, y según la zona en la que el resultado se ubique, se aceptará o rechazará la hipótesis.

Una prueba estadística de hipótesis está formada por cuatro pasos, cuyo proceso se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 50
Procedimiento a seguir para para la prueba estadística de hipótesis.

PASO N°	DESCRIPCIÓN
01	Plantear la hipótesis “ H_0 ” y “ H_1 ”.
02	Especificar el nivel de significancia.
03	Calcular valores críticos y de prueba, definiendo la zona de aceptación y rechazo de H_0 .
04	Decisión de aceptar o rechazar H_0 y conclusión del contraste.

En la presente investigación se sigue el mismo procedimiento para validar las hipótesis propuestas. Y se desarrolla de la siguiente manera:

Paso 01: Plantear la hipótesis nula y la hipótesis alterna.

Aquella hipótesis que se desea contrastar se denomina hipótesis nula (H_0), en resumen, es la que se acepta o rechaza como conclusión del contraste, es un medio que sirve al

investigador para probar la hipótesis alterna. La hipótesis alterna (H_1) es la que se verifica cuando no se verifica la hipótesis nula. El planteamiento de H_0 permite elaborar un modelo probabilístico a partir del cual se puede llegar a la decisión final.

La hipótesis alternativa se plantea con menos precisión, representa la pregunta que se responderá, por lo que su especificación es muy importante. La hipótesis nula, por lo general se especifica en forma exacta.

Existen dos tipos principales de pruebas, los cuales difieren por la forma en que se formulan la hipótesis nula y la hipótesis alternativa, estas pruebas son las unilaterales (i.e. de una cola) y las bilaterales (i.e. de dos colas).

Para la presente investigación se usa la prueba de una cola inferior o prueba de lado izquierdo, ya que se cuenta con la evidencia que el parámetro (resultados obtenidos de los ensayos) no es igual al valor postulado (NTE E 070), sino que es menor. Por lo cual, las hipótesis se toman de esta manera:

$$H_0: \mu = \mu_0 \qquad H_1: \mu < \mu_0$$

En el presente estudio se ha planteado como hipótesis general que; las características y propiedades mecánicas de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel no cumplen con los parámetros mínimos establecidos en la NTE E070, por ende, se encuentran vulnerables ante un evento sísmico. Para lo cual, a continuación se contrastan los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a compresión diagonal promedio en muretes y el parámetro de resistencia establecido en la NTE E 070.

$$H_0: \mu = 0.5\text{MPa (Valor recomendado por la NTE E 070)}$$

$$H_1: \mu < 0.5\text{MPa (Resultados del ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería)}$$

Paso 02: Especificar el nivel de significancia.

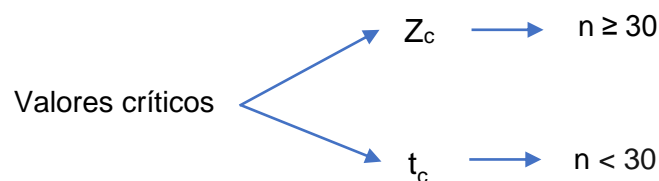
Hernández et. al (2010) refieren que “el nivel de significancia también denominado como nivel alfa (α), representa un nivel de la probabilidad de equivocarse”. Valor que también se ha usado al momento de calcular el tamaño de muestra, que para la presente investigación se ha considerado $\alpha = 9\%$.

Paso 03: Calcular los valores críticos y de prueba, definiendo la zona de aceptación y rechazo de H_0 .

Los puntos del espacio muestral se clasifican en dos regiones excluyentes y complementarias:

- Región de rechazo o región crítica: está formada por el conjunto de valores del estadístico de prueba que nos lleva a rechazar la hipótesis nula H_0 , se llama región crítica y los puntos que delimitan dicha región se llaman puntos críticos.
- Región de aceptación o región de no rechazo: está formada por el conjunto de valores del estadístico de prueba que nos lleva a aceptar la hipótesis nula H_0 .

Respecto a los puntos críticos, se utiliza la prueba de distribución normal, puesto que, el tamaño de población estudiada es 92, es decir es ≥ 30 .



Como el valor de desigualdad de la hipótesis alterna indica que es $< a$ 0.5MPa, la cola se encuentra en el lado izquierdo. Y como el tamaño de muestra en el presente estudio es superior a 30, se trabaja con un valor crítico de Z, para el cálculo se ha utilizado tablas de valores de Z para pruebas de hipótesis de una cola, para ello se utiliza el valor de la significancia que es igual al 9% equivalente a 0.09. Donde según la tabla, para un valor de 0.09 el valor de $Z_c = -1.34$.

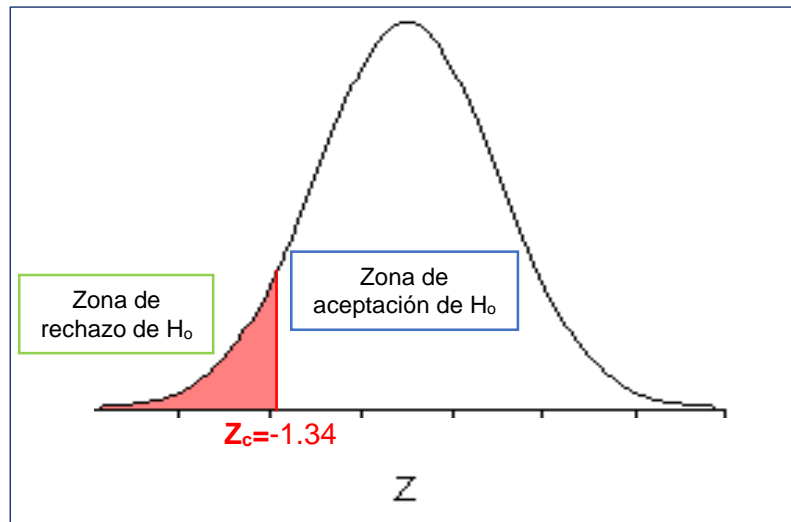


Figura 70. Región de rechazo, aceptación y valor crítico en las pruebas de hipótesis.

Para la obtención del valor promedio de la muestra (\bar{X}), se ha obtenido un promedio general de los resultados de resistencia a compresión axial en pilas y diagonal en muretes de albañilería de T1, T2 y T3, puesto que, éstos representan las características más comunes encontrados en los muros.

Tabla 51
Promedios de resultados de resistencias en prismas de albañilería.

Características	PRISMAS	
	Pilas (MPa)	Muretes (MPa)
T1 - F1	2.95	0.30
T2 - F1	2.29	0.29
T3 - F1	2.24	0.19
T1 - F2	2.72	0.31
T2 - F2	2.39	0.27
T3 - F3	2.30	0.21
PROMEDIO	$f_m = 2.48$	$\sqrt{m} = 0.26$

Respecto a los valores de prueba (Z_p), para tamaños de muestra ≥ 30 , se usa la siguiente ecuación:

$$Z_p = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \quad (17)$$

Donde:

- \bar{X} : Promedio obtenido en la muestra
- μ : Promedio teórico
- σ : Desviación estándar
- n : Tamaño de muestra

Para el cálculo del valor de prueba (Z_p), reemplazamos valores en la ecuación 17.

$$Z_p = \frac{0.26 - 0.50}{\frac{0.05}{\sqrt{92}}}$$

$$Z_p = -46.04$$

Paso 04: Decisión de aceptar o rechazar H_0 y conclusión del contraste.

- Decisión: Como el valor de Z_p cae en zona de cola, entonces se rechaza H_0 .
- Conclusión: Se puede afirmar que el valor promedio de $v'm$ de los muros de albañilería de las viviendas del distrito de San Miguel es menor de 0.5MPa, es decir no cumplen con los parámetros de la NTE E 070; con una significación $\alpha = 9\%$.

Se sigue el mismo procedimiento para validar la hipótesis sobre los resultados de los ensayos de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería. Para el cálculo del valor de prueba (Z_p), reemplazamos valores:

$$Z_p = \frac{2.48 - 3.40}{\frac{0.29}{\sqrt{92}}}$$

$$Z_p = -30.43$$

- Decisión: Como el valor de Z_p cae en zona de cola, entonces se rechaza H_0 .
- Conclusión: Se puede afirmar que el valor promedio de $f'm$ de los muros de albañilería de las viviendas del distrito de San Miguel es menor de 3.4MPa, es decir, no cumplen con los parámetros de la NTE E 070; con una significación $\alpha = 9\%$.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Al culminar la presente investigación se han llegado a las siguientes conclusiones:

Con la aplicación del instrumento de evaluación se han obtenido las siguientes características: las viviendas de dos niveles, son las que predominan en el distrito de San Miguel puesto que representan el 60.9% y el 83.0% de viviendas evaluadas se han construido por etapas y no de manera consecutiva, debido a la carencia económica de los pobladores. El 99.00% de las viviendas evaluadas han sido construidas sin dejar juntas sísmicas respecto a las viviendas colindantes. El 32.60% de las viviendas analizadas cuentan en mayor parte de sus muros con unidades de arcilla con un quemado no uniforme, en el 19.60% las unidades no presentan uniformidad dimensional y en el 18.50% las unidades tienen problemas de eflorescencia y/o no muestran un buen acabado superficial. Ninguna de las viviendas analizadas cumplen con los espesores de juntas de mortero recomendados por la NTE E 070 que es de 1 a 1.5cm, ya que el 52.20% de viviendas se han construido con juntas de 1.5 a 3cm y el 47.80% con espesores mayores o iguales a los 3cm. El 16.30% de viviendas poseen morteros de calidad pobre. Y el 26.10% se ha construido con mano de obra de mala calidad. Del 37.00% de las viviendas, sus muros muestran una deficiente alineación horizontal y vertical. Del 25.00% sus muros no son homogéneos y/o presentan grietas. Y del 29.30% sus muros no muestran un adecuado confinamiento. En el 54.30% existe una deficiente interacción columnas-muro mediante los dentados. Y el 15.20% de los muros no cuentan con el dentado respectivo. El 18.50% de viviendas estudiadas presentan grietas verticales y/o diagonales en gran parte del muro.

Las propiedades físico-mecánicas de las muestras de unidades de albañilería artesanal, se clasifican según su variabilidad dimensional como Ladrillos tipo IV (alta resistencia y durabilidad) y III (mediana resistencia y durabilidad). Según su alabeo se clasifican como Ladrillo tipo V (resistencia y durabilidad elevada). Respecto a la resistencia a compresión

se determinó que poseen resistencias bajas de 4.61MPa y 6.16MPa por lo que F1 “No Clasifica” y F2 es del Tipo I (resistencia y durabilidad muy baja). En relación al ensayo de succión, los resultados obtenidos son superiores al máximo permitido 20gr/200cm²-min, por lo que se debe considerar el regado de unidades antes del asentado. Para el ensayo de absorción, los resultados cumplen con la NTE E 070, es decir, son inferiores al 22%. Según el ensayo de absorción máxima se clasifican a las unidades como ladrillo Tipo V y “sin límite”, lo que nos indica que algunos muros deben ser recubiertos (i.e. tarrajados) cuando vayan a estar en contacto constante con agua o con el terreno.

Mediante el ensayo de compresión en pilas se determina la resistencia ante cargas verticales, este esfuerzo depende del efecto de interacción unidad - mortero. El 57.61% de las viviendas analizadas (T2) tendrían una resistencia de 2.29 y 2.39MPa (68.82%), el 25.00% de viviendas (T1) tendría un f_m de 2.95 y 2.72MPa (83.38%) y el 11.96% de las viviendas (T3) tendría un f_m de 2.24 y 2.30MPa (66.77%). A pesar de que la NTE E 070 refiere que el f_m debe ser igual a 3.4MPa (100.00%), de TP sólo se han obtenido resistencias de 3.09 y 3.12MPa (91.32%). Las fallas más comunes en las pilas ensayadas fueron la falla ideal (grieta por el medio) y falla por aplastamiento.

Una de las situaciones en que un muro de albañilería puede verse sometido a compresión diagonal es ante un evento sísmico. Entonces, el 57.61% de las viviendas analizadas (T2) tendrían una resistencia igual a 0.29 y 0.27MPa (56%), el 25.00% de viviendas (T1) tendría un v_m igual a 0.30 y 0.31MPa (61%), el 11.96% de viviendas (T3) tendría un v_m igual a 0.19 y 0.21MPa (40%). A pesar de que la NTE E 070 refiere que el v_m debe ser igual a 0.5MPa (100%), de TP sólo se han obtenido resistencias de 0.38 y 0.39MPa (77%). Las fallas más comunes en los muretes ensayados fueron la falla mixta, por cizalle y escalonada.

En base a los resultados obtenidos, se concluye que, las características y propiedades mecánicas de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de

San Miguel no cumplen con los parámetros mínimos establecidos en la NTE E 070, por ende, muchas viviendas se encuentran vulnerables, debido a las patologías y las características constructivas con las que cuentan; las cuales se deben al uso de materiales sin estándares de calidad, espesores de juntas de mortero demasiado gruesas, proporciones volumétricas de mortero inadecuadas, no usar muros endentados y por cortar muros con fines de instalaciones.

5.2. Recomendaciones

Finalmente, por la experiencia lograda durante el desarrollo de la investigación se puede plantear las siguientes recomendaciones:

Se debe concientizar a la población sanmiguelina, que para combatir la informalidad constructiva con la que se cuenta actualmente, se debe optar por construir con materiales con estándares de calidad, mezclas con proporciones volumétricas correctas y un especialista que guíe en las técnicas que se deben aplicar para la construcción de la edificación.

La municipalidad debe cumplir con el rol de fiscalización, supervisión y orientación en las construcciones de edificaciones.

Se debe brindar capacitaciones gratuitas a los albañiles, maestros de obra y a los mismos propietarios, para que tengan las consideraciones idóneas durante la construcción. De otra manera varias familias podrían perder los ahorros de varios años o en el peor de los casos arriesgar sus propias vidas.

Cada vivienda tiene diferentes características constructivas y patologías. Por ello es necesario que si se presenta un problema en alguna en particular es mejor que el poblador consulte, antes de tomar alguna medida, a un profesional para que detalle la forma y procedimiento de construcción o reparación de la vivienda.

Realizar estudios de materiales y proceso de fabricación de las unidades de albañilería, para determinar las proporciones adecuadas y obtener uno de mejor calidad.

Realizar estudios sobre reforzamiento de viviendas de albañilería artesanal informal ya construidas en función a las patologías y características con las que cuentan.

REFERENCIAS

- Abanto Castillo, F. (2016). *Análisis y diseño de edificaciones de albañilería*. Lima - Perú: San Marcos.
- Aguirre Gaspar, D. R. (2004). *Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la Región Central Junín*. (Tesis de maestría), Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Alcocer, S. (2003). Rehabilitación de estructuras de mampostería. En *Edificaciones de mampostería para vivienda*. México.
- Almeida, C., Guedes Miranda, J., Arêde Dias, A., & Costa, A. (2014). SHEAR-COMPRESSIVE EXPERIMENTAL BEHAVIOUR OF ONE-LEAF STONE MASONRY WALLS IN NORTH OF PORTUGAL. *Second European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, (pág. 14). Estambul.
- Arboccó Valderrama, H. (2014). *Diagnóstico de las condiciones estructurales de las viviendas en el distrito de Villa María del Triunfo-sector José Carlos Mariátegui-El Paraíso Alto*. Lima: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO).
- Astorga, A., & Rivero, P. (2009). *Patologías en las Edificaciones*. Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, Venezuela.
- Binda, L., Baronio, G., Penazzi, D., Palma, M., & Tiraboshi, C. (2014). Caratterizzazione Di Murature in Pietra in Zona Sismica: Data-Base Sulle Sezioni Murarie E Indagini Sui Materiali. *9th Convegno Nazionale Ingegneria Sismica, Torino, Italy*, 14.
- Borja Suárez, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo - Perú.
- Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *Albañilería Estructural*. Lima - Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- INEI, I. (2017). *Perú: Crecimiento y distribución de la población, 2017. Primeros resultados. Censos Nacionales 2017: XII de Población y VII de Vivienda*. Lima.

- ITINTEC, I. d. (1978). *Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Muestreo y recepción*. Lima, Perú.
- Laucata Luna, J. (2013). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo*. (Tesis de pregrado), Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Lulichac Sáenz, F. C. (2015). *Determinación de las propiedades físico - mecánicas de las unidades de albañilería en la Provincia de Cajamarca*. (Tesis de pregrado), Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
- Manchego Meza, J. A., & Pari Quispe, S. E. (2016). *Análisis experimental de muros de albañilería confinada en viviendas de baja altura en Lima, Perú*. (Tesis de maestría), Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Mosqueira Moreno, M., & Tarque Ruíz, S. (2005). *Recomendaciones técnicas para mejorar la seguridad sísmica de viviendas de albañilería confinada de la Costa Peruana*. (Tesis de maestría), Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Norma Técnica E 070 ALBAÑILERÍA. (2018). En *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Megabyte S.A.C.
- Quiroz Vásquez, A. (2014). *Evaluación de los defectos en la construcción de viviendas informales de albañilería en el sector de fila alta, provincia de Jaén - Cajamarca*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Reglamento Nacional de Edificaciones [RNE] E.070. (2018). Lima, Perú: Megabyte S.A.C.
- Rodríguez Rodríguez, M., & Castrillón, E. (1995). *Manual de evaluación postsísmica de la seguridad estructural de edificaciones*. México: Series del Instituto de Ingeniería - Universidad Nacional Autónoma de México.
- San Bartolomé Ramos, A. (1994). *Construcciones de Albañilería*. Lima, Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- San Bartolomé, Á. (2008). *Comentarios a la Norma E.070 ALBAÑILERÍA*. Lima - Perú: SENCICO.
- San Bartolomé, Á., Quiun, D., & Silva, W. (2011). *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería*. Lima - Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO). (2014). *Diagnóstico de las condiciones estructurales de la vivienda en el distrito de Villa*

María del Triunfo - Sector José Carlos Mariategui - AAHH el Paraíso - El Paraíso Alto. Lima: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO).

Shaquihuanga Ayala, D. L. (2014). *Evaluación del estado actual de los muros de albañilería confinada en las viviendas del sector Fila Alta - Jaén.* Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.

Swisscontact , & Asociación de Comunicadores Calandria. (2009). *DETRÁS DE LOS LADRILLOS: una gestión integral para el sector informal.* Programa Regional Aire Limpio (PRAL), Lima - Perú.

SWISSCONTACT. (s.f.). ESTUDIO DIAGNÓSTICO SOBRE LAS LADRILLERAS ARTESANALES EN EL PERÚ. *Programa Regional de Aire Limpio - PRAL.*

Tena Colunga, A., & Miranda, E. (2003). Comportamiento Mecánico de la Mampostería. En F. ICA, *Edificaciones de Mampostería para vivienda.* (págs. 101 - 132). México.

Vasconcelos, D., & Sánchez, T. (2003). Materiales y sistemas constructivos para vivienda de mampostería. En R. Meli, *Edificaciones de mampostería para vivienda* (págs. 57 - 98). México: Fundación ICA, A.C.

ANEXOS

Anexo A. Panel fotográfico.



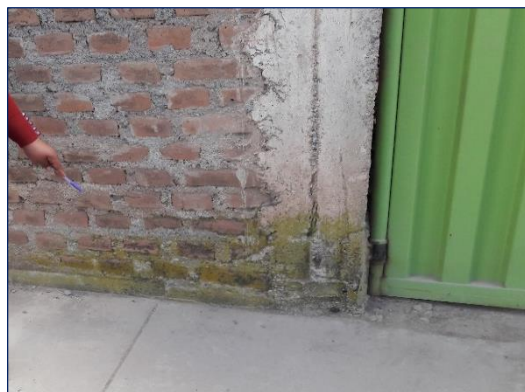
Fotografía 1. Evaluación de viviendas en el Distrito de San Miguel.



Fotografía 2. Presencia de salinidad en sobrecimientos de las viviendas analizadas.



Fotografía 3. Tuberías de drenaje de aguas pluviales al costado y dentro de columnas de confinamiento.



Fotografía 4. Consecuencia del contacto con la humedad presencia de material orgánico sobre el muro.



Fotografía 5. Presencia de fisuras en muros de las viviendas del Distrito de San Miguel.



Fotografía 6. Concreto en columnas que son construidas a partir de los sobrecimientos.



Fotografía 7. Viviendas donde no existe continuidad de las vigas.



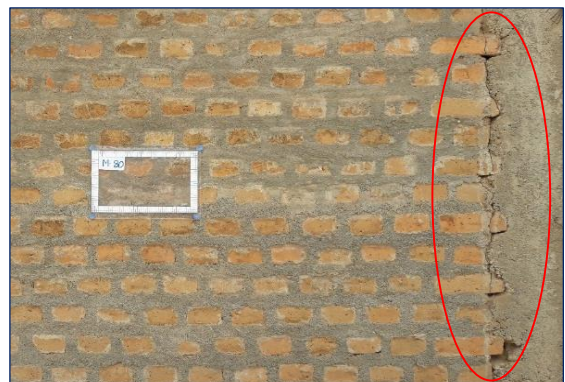
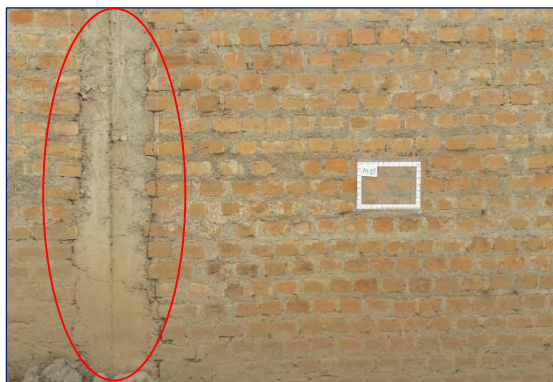
Fotografía 8. Mala calidad de mano de obra en la construcción de muros de albañilería artesanal.



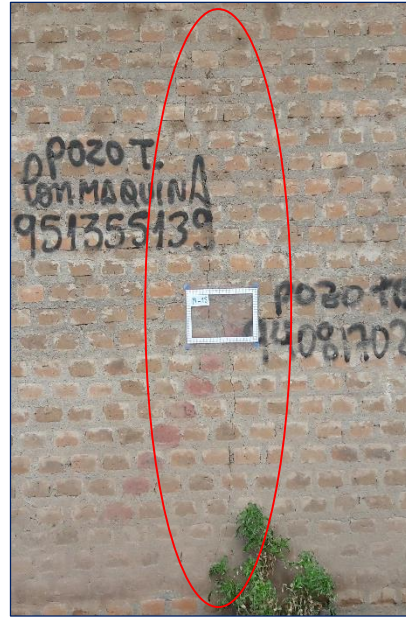
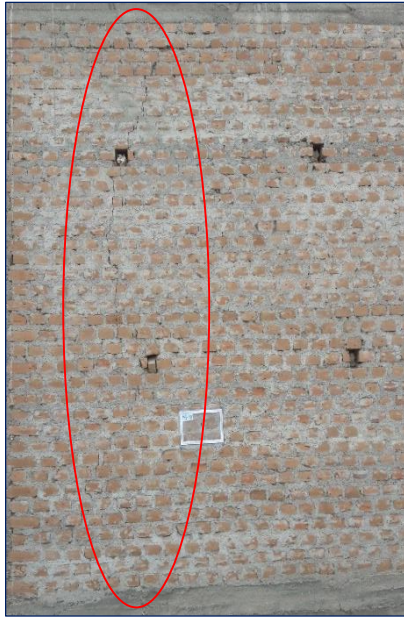
Fotografía 9. Desprendimiento de partículas superficiales de las unidades de albañilería.



Fotografía 10. Presencia de eflorescencia y salinidad en los muros de albañilería.



Fotografía 11. Deficiente interacción columna – muro en las viviendas del Distrito de San Miguel.



Fotografía 12. Presencia de grietas a lo largo de todo el muro en las viviendas.



Fotografía 13. Deficiente colocación del concreto en las columnas de confinamiento.



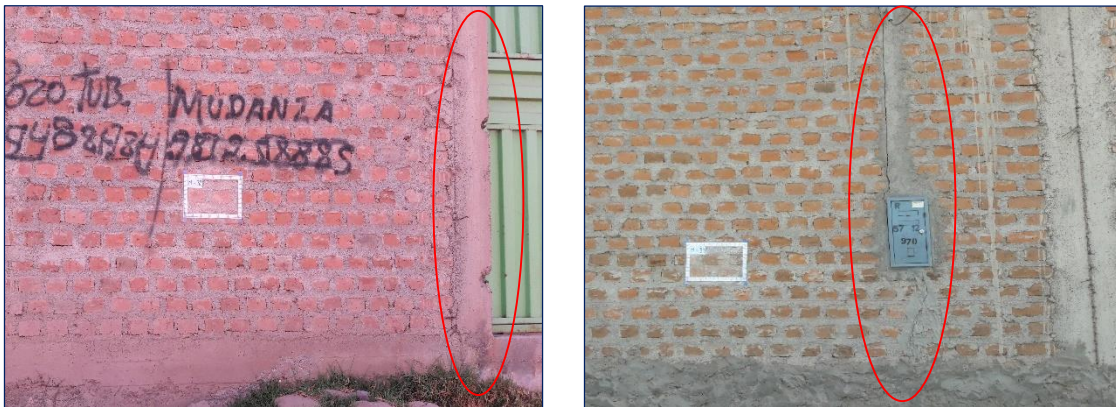
Fotografía 14. No existen vigas soleras en algunas de las viviendas analizadas.



Fotografía 15. *Eflorescencia en losas aligeradas.*



Fotografía 16. *Aceros expuestos a presentar corrosión.*



Fotografía 17. *Debilitamiento de columnas por colocación de puertas (izquierda) y fisuras en muros a causa de cortes por instalaciones (derecha).*



Fotografía 18. Unidades de albañilería de dos fabricantes diferentes (izquierda) y elaboración de muretes de albañilería (derecha).



Fotografía 19. Supervisión de la elaboración de prismas (pilas y muretes) por parte del asesor.



Fotografía 20. Ensayo de compresión axial en pilas de albañilería.



Fotografía 21. Ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.

Anexo B. Matriz instrumental.

TITULO	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	FUENTE DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTO
"Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel, provincia de San Román - Puno"	V.D.: Propiedades mecánicas de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel.	Muretes de albañilería (para arcilla - king kong artesanal).	Resistencia característica de la albañilería al corte.	Tipologías constructivas en muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel, provincia de San Román- Puno.	Ficha de evaluación e inspección in situ y ensayos en prismas de albañilería.
		Pilas de albañilería (para arcilla - king kong artesanal).	Resistencia característica a compresión axial de la albañilería.		
	V.I.: Propiedades físico-mecánicas de los componentes de los muros de albañilería artesanal informal (Ensayos clasificatorios y no clasificatorios).	Unidad de Albañilería (arcilla - king kong artesanal).	<u>Ensayos Clasificatorios</u>	Unidades de albañilería artesanal procedentes de 2 fabricantes diferentes, en la provincia de San Román - Puno.	Ensayos Clasificatorios y No Clasificatorios a realizar en los Laboratorios de Ingeniería Civil.
			Variabilidad dimensional		
			Alabeo		
			Resistencia a la compresión simple		
			<u>Ensayos No Clasificatorios</u>		
Succión					
Absorción					

Anexo C. Constancia de validación de instrumento.

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

NOMBRE DEL EXPERTO: Nicola Tarque, PhD

ESPECIALIDAD: Ingeniería Civil, Ingeniería Estructural, Ingeniería Sísmica.

DNI: 40225394

Por medio de la presente hago constar que realicé la revisión del instrumento sobre la evaluación e inspección in situ de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del Distrito de San Miguel, Provincia de San Román – Puno, elaborado por la Bachiller Erika Leonor Pancca Calsin, quien está realizando un trabajo de investigación titulado: “**Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del Distrito de San Miguel, Provincia de San Román – Puno**”.

Una vez indicadas las correcciones pertinentes considero que dicho instrumento es válido para su aplicación.

08 de diciembre del 2018

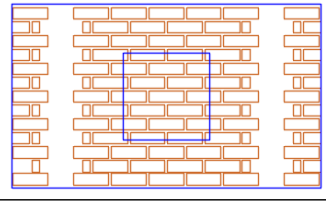


.....
Nicola Tarque

Profesor, Sección Ing. Civil

Pontificia Universidad Católica del Perú

Anexo D. Instrumento de evaluación.

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN - FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
PROYECTO: "Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel, provincia de San Román - Puno"	
FICHA DE EVALUACIÓN E INSPECCIÓN IN SITU	Ficha N°
Evaluador (a): Erika Leonor Pancca Calsin	Fecha de encuesta:/...../.....
1. DATOS INFORMATIVOS:	
1.1 DATOS GENERALES DE LA UBICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN Y/O VIVIENDA	
Región:	Provincia: Distrito: Barrio y/o otro:
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EDIFICACIÓN:	
N° DE PISOS:	TIPO DE USO: <input type="checkbox"/> FAMILIAR <input type="checkbox"/> COMERCIAL
SECUENCIA CONSTRUCTIVA: <input type="checkbox"/> 1 NIVEL C/TIEMPO <input type="checkbox"/> TODO A LA VEZ	
LA VIVIENDA ¿PRESENTA JUNTAS SÍSMICAS?: <input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO	
3. ELEMENTO ESTRUCTURAL:	
3.1 UNIDAD DE ALBAÑILERÍA	
<input type="checkbox"/> MECANIZADO <input checked="" type="checkbox"/> ARTESANAL <input type="checkbox"/> BLOQUETAS	
3.1.1 CALIDAD Y/O ESTÉTICA <input type="checkbox"/> BUENO Quemado uniforme en la mayoría de las unidades de albañilería. <input type="checkbox"/> REGULAR Quemado no uniforme en algunas unidades de albañilería. <input type="checkbox"/> MALO Quemado no uniforme en la mayoría de unidades de albañilería.	3.1.2 DIMENSIONES <input type="checkbox"/> BUENO Existe uniformidad en las dimensiones en may o parte o totalidad del muro. <input type="checkbox"/> REGULAR Las dimensiones no presentan uniformidad en ciertos tramos del muro. <input type="checkbox"/> MALO Las dimensiones NO presentan uniformidad en may o parte del muro.
ZONA DE EVALUACIÓN DE MUROS: Parte central y/o representativa del muro. 	
3.1.3 ESTADO SUPERFICIAL <input type="checkbox"/> BUENO Existe un buen acabado superficial y el ladrillo no presenta eflorescencia. <input type="checkbox"/> REGULAR Algunos ladrillos no muestran un buen acabado superficial y presentan eflorescencia. <input type="checkbox"/> MALO No existe un buen acabado superficial y la mayoría de las unidades de albañilería presentan eflorescencia.	
3.2. JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN DE MORTERO	
3.2.1 ESPESOR:cm <input type="checkbox"/> BUENO Las juntas se encuentran entre 1y 1.5cm de espesor. <input type="checkbox"/> REGULAR Muros cuyas juntas son mayores de 1.5cm e inferiores a 3cm de espesor. <input type="checkbox"/> MALO Viviendas cuyos muros presenten juntas superiores a los 3cm de espesor.	3.2.2 CALIDAD <input type="checkbox"/> BUENO Existe buena adherencia entre la arena y el cemento, muestran un color uniforme. <input type="checkbox"/> REGULAR Existen zonas donde no existe buena adherencia entre la arena y cemento, es un poco más oscuro que lo normal. <input type="checkbox"/> MALO Se muestra un mortero pobre, no existe adherencia entre la arena y cemento, y el color es más oscuro que lo normal.
3.2.3 ACABADO <input type="checkbox"/> BUENO Mano de obra de buena calidad. El mortero es uniforme en todo el muro, no presenta tramos con cangrejas o sobresalientes. <input type="checkbox"/> REGULAR En algunos tramos el mortero sobresale o presenta cangrejas (regular calidad de mano de obra). <input type="checkbox"/> MALO El mortero no es uniforme, en mayor parte del muro se presentan zonas con cangrejas o sobresalientes. Pésima calidad de mano de obra.	
3.3. ASENTAMIENTO DEL MURO	
3.3.1 ALINEAMIENTO <input type="checkbox"/> BUENO Verticalmente se encuentran a plomo, y existe una correcta alineación horizontal y vertical. <input type="checkbox"/> REGULAR Existen tramos en los que la alineación horizontal y vertical son deficientes, y verticalmente no están a plomo. <input type="checkbox"/> MALO A lo largo del muro, se observa que no se encuentran verticalmente a plomo y se muestra una deficiente alineación horizontal y vertical.	3.3.2 TIPO DE APAREJO <input type="checkbox"/> SOGA <input type="checkbox"/> CANTO <input type="checkbox"/> CABEZA
3.3.3 ESTÉTICA <input type="checkbox"/> BUENO Los muros son homogéneos en su totalidad, y no existen grietas. <input type="checkbox"/> REGULAR Algunas partes del muro no son homogéneos, y existen algunas grietas. <input type="checkbox"/> MALO Muros NO homogéneos y hay presencia de grietas en mayor parte del muro.	
3.3.4 ACABADO <input type="checkbox"/> BUENO El muro presenta un buen confinamiento, por los cuatro lados (vigas y columnas). <input type="checkbox"/> REGULAR El muro no llega a la altura de la losa (viga), sólo existe confinamiento por las columnas. <input type="checkbox"/> MALO No existe un confinamiento adecuado.	

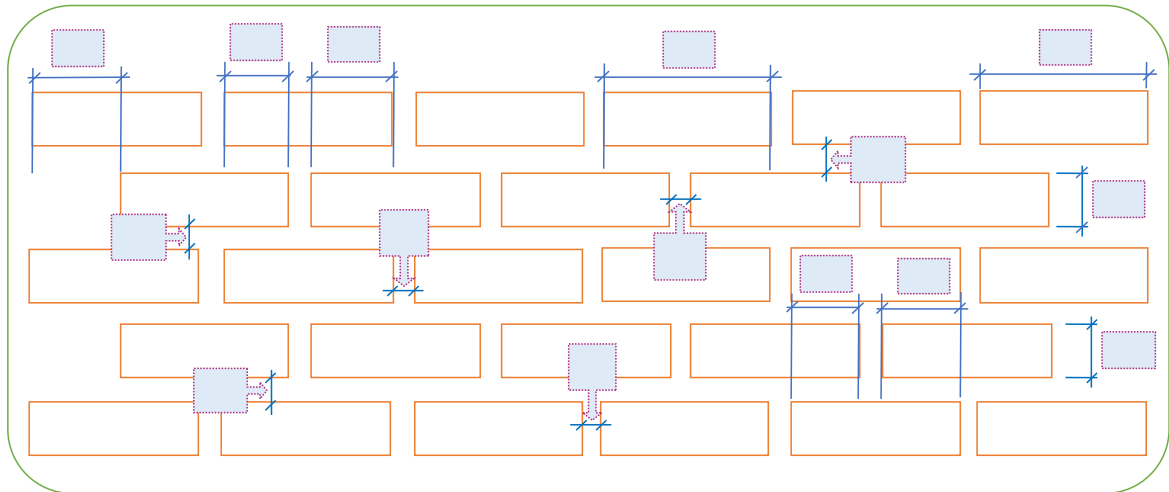
4. PATOLOGÍAS EXISTENTES:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Muros sin viga solera | <input type="checkbox"/> Cangrejeras en las vigas de confinamiento |
| <input type="checkbox"/> Muros sin confinar resistentes a sismo | <input type="checkbox"/> Eflorescencia en el muro. |
| <input type="checkbox"/> Juntas de espesor de morteros no uniformes | <input type="checkbox"/> Eflorescencia en la parte inferior del muro |
| <input type="checkbox"/> Presenta grietas verticales y/o diagonales a lo largo del muro | <input type="checkbox"/> Desprendimiento de partículas superficiales de los ladrillos desde la parte inferior. |
| <input type="checkbox"/> Presencia de salinidad en sobrecimientos | <input type="checkbox"/> Ladrillos de baja calidad. |
| <input type="checkbox"/> Presenta algunas grietas verticales | <input type="checkbox"/> Desprendimiento de partículas del mortero |
| <input type="checkbox"/> Presenta algunas grietas diagonales | <input type="checkbox"/> No existe buena interacción ladrillo - mortero. |
| <input type="checkbox"/> Mala calidad de arena en el mortero | <input type="checkbox"/> Presencia de cangrejeras en el mortero. |
| <input type="checkbox"/> Mala alineación horizontal de los ladrillos | <input type="checkbox"/> Deficiente interacción columnas - muro mediante los dentados. |
| <input type="checkbox"/> Mala alineación vertical de los ladrillos | <input type="checkbox"/> El muro fue construido en dos o más tiempos diferentes. |
| <input type="checkbox"/> Muros sin buen confinamiento con las vigas de confinamiento. | <input type="checkbox"/> La columna fue construida en dos o más tiempos diferentes. |
| <input type="checkbox"/> Cangrejeras en las columnas de confinamiento | <input type="checkbox"/> Aceros expuestos |
| <input type="checkbox"/> Otros: | |

OBSERVACIONES Y/O COMENTARIOS:

.....
.....
.....
.....


ESQUEMA DE LA FORMA CONSTRUCTIVA DE MUROS DE ALBAÑILERÍA (TRENZADO LADRILLO Y MORTERO):



FOTOGRAFÍAS:

.....
.....
.....
.....

Anexo E. Ficha de evaluación de una de las viviendas analizadas.

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN - FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
PROYECTO: "Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel, provincia de San Román - Puno"		
FICHA DE EVALUACIÓN E INSPECCIÓN IN SITU		Ficha N° 46
Evaluadora: Erika Leonor Pancca Calsin		Fecha de encuesta: 15/09/2018
1. DATOS INFORMATIVOS:		
1.1 DATOS GENERALES DE LA UBICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN Y/O VIVIENDA		
Región: Puno	Provincia: San Román	Distrito: San Miguel
Barrio y/o otro: Jr. 12 de Agosto		
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EDIFICACIÓN:		
N° DE PISOS: 02	TIPO DE USO: <input checked="" type="checkbox"/> FAMILIAR <input type="checkbox"/> COMERCIAL	
SECUENCIA CONSTRUCTIVA: <input checked="" type="checkbox"/> 1 NIVEL C/ TIEMPO <input type="checkbox"/> TODO A LA VEZ		
LA VIVIENDA ¿PRESENTA JUNTAS SÍSMICAS?: <input type="checkbox"/> SÍ <input checked="" type="checkbox"/> NO		
3. ELEMENTO ESTRUCTURAL:		
3.1 UNIDAD DE ALBAÑILERÍA		
<input type="checkbox"/> MECANIZADO <input checked="" type="checkbox"/> ARTESANAL <input type="checkbox"/> BLOQUETAS		
3.1.1 CALIDAD Y/O ESTÉTICA <input checked="" type="checkbox"/> BUENO Quemado uniforme en la mayoría de las unidades de albañilería. <input type="checkbox"/> REGULAR Quemado no uniforme en algunas unidades de albañilería. <input type="checkbox"/> MALO Quemado no uniforme en la mayoría de unidades de albañilería.	3.1.2 DIMENSIONES <input type="checkbox"/> BUENO Existe uniformidad en las dimensiones en may o parte o totalidad del muro. <input type="checkbox"/> REGULAR Las dimensiones no presentan uniformidad en ciertos tramos del muro. <input checked="" type="checkbox"/> MALO Las dimensiones NO presentan uniformidad en may o parte del muro.	3.1.3 ESTADO SUPERFICIAL <input type="checkbox"/> BUENO Existe un buen acabado superficial y el ladrillo no presenta eflorescencia. <input checked="" type="checkbox"/> REGULAR Algunos ladrillos no muestran un buen acabado superficial y presentan eflorescencia. <input type="checkbox"/> MALO No existe un buen acabado superficial y la mayoría de las unidades de albañilería presentan eflorescencia.
3.2. JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN DE MORTERO		
3.2.1 ESPESOR:cm <input type="checkbox"/> BUENO Las juntas se encuentran entre 1y 1.5cm de espesor. <input type="checkbox"/> REGULAR Muros cuyas juntas son mayores de 1.5cm e inferiores a 3cm de espesor. <input checked="" type="checkbox"/> MALO Viviendas cuyos muros presenten juntas superiores a los 3cm de espesor.	3.2.2 CALIDAD <input type="checkbox"/> BUENO Existe buena adherencia entre la arena y el cemento, muestran un color uniforme. <input checked="" type="checkbox"/> REGULAR Existen zonas donde no existe buena adherencia entre la arena y cemento, es un poco más oscuro que lo normal. <input type="checkbox"/> MALO Se muestra un mortero pobre, no existe adherencia entre la arena y cemento, y el color es más oscuro que lo normal.	3.2.3 ACABADO <input checked="" type="checkbox"/> BUENO Mano de obra de buena calidad. El mortero es uniforme en todo el muro, no presenta tramos con cangrejeras o sobresalientes. <input type="checkbox"/> REGULAR En algunos tramos el mortero sobresale o presenta cangrejeras (regular calidad de mano de obra). <input type="checkbox"/> MALO El mortero no es uniforme, en mayor parte del muro se presentan zonas con cangrejeras o sobresalientes. Péxima calidad de mano de obra.
3.3. ASENTAMIENTO DEL MURO		
3.3.1 ALINEAMIENTO <input type="checkbox"/> BUENO Verticalmente se encuentran a plomo, y existe una correcta alineación horizontal y vertical. <input checked="" type="checkbox"/> REGULAR Existen tramos en los que la alineación horizontal y vertical son deficientes, y verticalmente no están a plomo. <input type="checkbox"/> MALO A lo largo del muro, se observa que no se encuentran verticalmente a plomo y se muestra una deficiente alineación horizontal y vertical.	3.3.2 TIPO DE APAREJO <input type="checkbox"/> SOGA <input type="checkbox"/> CANTO <input checked="" type="checkbox"/> CABEZA	3.3.3 ESTÉTICA <input type="checkbox"/> BUENO Los muros son homogéneos en su totalidad, y no existen grietas. <input type="checkbox"/> REGULAR Algunas partes del muro no son homogéneos, y existen algunas grietas. <input checked="" type="checkbox"/> MALO Muros NO homogéneos y hay presencia de grietas en mayor parte del muro.
3.3.4 ACABADO <input checked="" type="checkbox"/> BUENO El muro presenta un buen confinamiento, por los cuatro lados (vigas y columnas). <input type="checkbox"/> REGULAR El muro no llega a la altura de la losa (viga), sólo existe confinamiento por las columnas. <input type="checkbox"/> MALO No existe un confinamiento adecuado.		

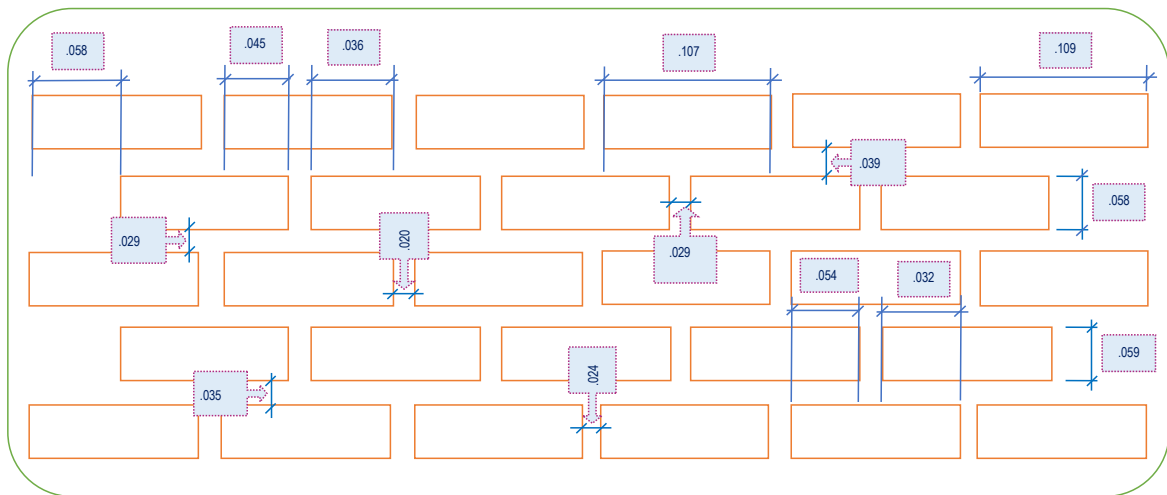
4. PATOLOGÍAS EXISTENTES:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Muros sin viga solera | <input type="checkbox"/> Cangrejeras en las vigas de confinamiento |
| <input type="checkbox"/> Muros sin confinar resistentes a sismo | <input checked="" type="checkbox"/> Eflorescencia en el muro. |
| <input checked="" type="checkbox"/> Juntas de espesor de morteros no uniformes | <input checked="" type="checkbox"/> Eflorescencia en la parte inferior del muro |
| <input checked="" type="checkbox"/> Presenta grietas verticales y/o diagonales a lo largo del muro | <input checked="" type="checkbox"/> Desprendimiento de partículas superficiales de los ladrillos desde la parte inferior. |
| <input checked="" type="checkbox"/> Presencia de salinidad en sobrecimientos | <input checked="" type="checkbox"/> Ladrillos de baja calidad. |
| <input type="checkbox"/> Presenta algunas grietas verticales | <input checked="" type="checkbox"/> Desprendimiento de partículas del mortero |
| <input type="checkbox"/> Presenta algunas grietas diagonales | <input type="checkbox"/> No existe buena interacción ladrillo - mortero. |
| <input type="checkbox"/> Mala calidad de arena en el mortero | <input type="checkbox"/> Presencia de cangrejeras en el mortero. |
| <input checked="" type="checkbox"/> Mala alineación horizontal de los ladrillos | <input checked="" type="checkbox"/> Deficiente interacción columnas - muro mediante los dentados. |
| <input type="checkbox"/> Mala alineación vertical de los ladrillos | <input type="checkbox"/> El muro fue construido en dos o más tiempos diferentes. |
| <input type="checkbox"/> Muros sin buen confinamiento con las vigas de confinamiento. | <input type="checkbox"/> La columna fue construida en dos o más tiempos diferentes. |
| <input checked="" type="checkbox"/> Cangrejeras en las columnas de confinamiento | <input checked="" type="checkbox"/> Aceros expuestos |
| <input type="checkbox"/> Otros: | |

OBSERVACIONES Y/O COMENTARIOS:

Presenta grieta vertical a lo largo de la parte central del muro del tipo escalonada y mixta. Se aprecia también excesivas juntas de mortero y unidades de arcilla de baja calidad. Presenta una deficiente interacción columnas - muro, debido a que no existen los dentados de 5cm. El concreto en la columna surge desde el sobrecimiento.

ESQUEMA DE LA FORMA CONSTRUCTIVA DE MUROS DE ALBAÑILERÍA (TRENZADO LADRILLO Y MORTERO):



FOTOGRAFÍAS:



Anexo F. Ensayos de laboratorios.



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL

NTP 339.613 / NTP 399.604

PROYECTO : "Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel, provincia de San Román - Puno".

ESPÉCIMEN : Unidades de Albañilería de F1

TESISTA : Bach. Erika Leonor Pancca Calsin

FECHA : 31/10/2018



ESPÉCIMEN	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)				
	L1	L2	L3	L4	Prom.	A1	A2	A3	A4	Prom.	H1	H2	H3	H4	Prom.
Muestra 1	201.50	202.00	201.50	199.50	201.13	105.50	104.50	100.50	102.50	103.25	65.50	71.00	68.00	67.00	67.88
Muestra 2	202.00	200.00	196.50	202.00	200.13	103.00	102.10	101.00	105.00	102.78	65.00	71.00	70.00	67.00	68.25
Muestra 3	199.00	200.00	197.00	199.50	198.88	102.50	103.00	102.00	103.50	102.75	67.50	67.00	69.50	65.00	67.25
Muestra 4	199.50	200.00	195.50	200.50	198.88	102.50	103.00	102.50	102.00	102.50	68.00	67.00	70.00	64.00	67.25
Muestra 5	202.00	202.50	197.50	202.00	201.00	104.50	104.50	103.50	103.50	104.00	71.00	67.00	71.50	65.00	68.63
Muestra 6	203.00	202.00	199.00	200.00	201.00	105.50	103.00	103.50	102.50	103.63	65.00	63.00	67.00	64.00	64.75
Muestra 7	199.50	200.50	197.00	198.00	198.75	104.00	103.00	104.00	102.00	103.25	62.00	70.00	64.00	68.00	66.00
Muestra 8	194.00	199.50	194.50	195.00	195.75	103.00	103.00	100.00	102.00	102.00	71.00	69.00	68.00	68.00	69.00
Muestra 9	202.00	198.00	196.50	199.50	199.00	103.50	104.00	102.00	102.50	103.00	68.00	69.00	68.00	63.50	67.13
Muestra 10	201.50	200.50	195.00	202.50	199.88	103.00	102.00	101.50	104.50	102.75	65.50	73.00	72.50	69.00	70.00
			Lo	:	200.00			Ao	:	100.00			Ho	:	70.00
			σ	:	1.61			σ	:	0.57			σ	:	1.51
			L'	:	199.44			A'	:	102.99			H'	:	67.61
			%V	:	0.28			%V	:	-2.99			%V	:	3.41



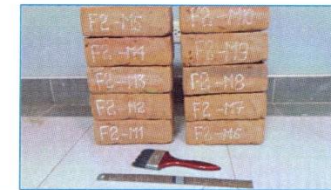
Herson D. Pari Cusi
INGENIERO CIVIL
CIP. 146543



ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL

NTP 339.613 / NTP 399.604

- PROYECTO** : "Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del Distrito de San Miguel, Provincia de San Román - Puno".
- ESPÉCIMEN** : Unidades de Albañilería de F2
- TESISTA** : Bach. Erika Leonor Pancca Calsin
- FECHA** : 31/10/2018



ESPÉCIMEN	Largo (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)				
	L1	L2	L3	L4	Prom.	A1	A2	A3	A4	Prom.	H1	H2	H3	H4	Prom.
Muestra 1	201.00	201.50	203.00	201.00	201.63	100.00	100.50	102.00	103.00	101.38	66.50	68.00	68.00	69.00	67.88
Muestra 2	199.50	199.00	200.00	202.00	200.13	102.00	102.00	99.50	99.00	100.63	69.00	66.00	69.00	70.00	68.50
Muestra 3	201.50	202.00	201.50	201.00	201.50	103.00	101.50	100.00	102.00	101.63	68.50	66.00	66.00	68.50	67.25
Muestra 4	201.00	201.50	200.50	200.00	200.75	101.00	101.00	101.50	102.00	101.38	66.50	65.00	65.50	66.00	65.75
Muestra 5	201.00	201.00	197.50	200.00	199.88	103.00	102.50	102.00	100.50	102.00	67.50	69.00	65.00	67.00	67.13
Muestra 6	201.50	201.50	198.50	199.50	200.25	102.50	102.00	100.00	102.50	101.75	66.50	70.50	67.50	70.00	68.63
Muestra 7	200.00	199.00	195.50	199.00	198.38	102.00	102.00	101.50	100.50	101.50	67.00	64.00	67.50	64.00	65.63
Muestra 8	200.00	198.00	196.50	198.00	198.13	101.50	101.50	98.00	100.00	100.25	67.00	66.50	66.50	67.50	66.88
Muestra 9	199.00	202.00	197.00	200.50	199.63	99.50	100.50	100.00	101.50	100.38	63.50	69.50	65.00	70.50	67.13
Muestra 10	199.00	200.00	196.50	199.00	198.63	102.00	102.00	99.50	101.00	101.13	68.50	63.50	65.50	66.50	66.00
			Lo	:	200.00			Ao	:	100.00			Ho	:	70.00
			σ	:	1.23			σ	:	0.60			σ	:	1.06
			L'	:	199.89			A'	:	101.20			H'	:	67.08
			%V	:	0.06			%V	:	-1.20			%V	:	4.17



Herson D. Pari Cusi
INGENIERO CIVIL
CIP. 146543



ENSAYO DE ALABEO

NTP 339.613

PROYECTO : "Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel, provincia de San Román - Puno".

ESPÉCIMEN : Unidades de Albañilería de F1 y F2

TESISTA : Bach. Erika Leonor Pancca Calsin

FECHA : 02/11/2018



FABRICANTE N°01				
ESPÉCIMEN	CARA SUPERIOR (A)		CARA INFERIOR (B)	
	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)
Muestra 1	0.75	0.00	0.00	2.75
Muestra 2	1.25	0.00	0.00	2.00
Muestra 3	1.50	0.00	1.25	2.25
Muestra 4	2.25	0.00	1.00	1.50
Muestra 5	1.50	0.00	1.50	1.25
Muestra 6	2.50	5.00	1.00	2.50
Muestra 7	0.25	1.00	0.00	2.50
Muestra 8	3.75	0.00	2.25	1.00
Muestra 9	2.00	2.00	0.00	2.00
Muestra 10	1.50	0.00	0.25	2.50
PROMEDIO		Cóncavo Convexo	1.20 mm 1.40 mm	

FABRICANTE N°02				
ESPÉCIMEN	CARA SUPERIOR (A)		CARA INFERIOR (B)	
	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	CÓNCAVO (mm)	CONVEXO (mm)
Muestra 1	3.00	0.00	0.00	1.00
Muestra 2	2.50	0.00	0.50	2.75
Muestra 3	1.00	0.00	1.25	2.00
Muestra 4	2.25	0.00	1.25	1.00
Muestra 5	0.75	3.00	0.50	3.50
Muestra 6	3.25	0.00	0.50	1.00
Muestra 7	2.75	2.25	1.00	3.00
Muestra 8	2.25	0.00	1.00	2.50
Muestra 9	2.00	0.00	1.50	3.00
Muestra 10	1.50	0.00	0.50	3.00
PROMEDIO		Cóncavo Convexo	1.50 mm 1.40 mm	



Herson D. Pari
INGENIERO C
CIP. 14855



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

NTP 339.613 / NTP 399.604

PROYECTO : "Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del Distrito de San Miguel, Provincia de San Román - Puno".

ESPÉCIMEN : Unidades de albañilería artesanal.

TESISTA : Bach. Erika Leonor Pancca Calsin

FECHA : 12/11/2018

PANEL FOTOGRÁFICO



FABRICANTE N°01 - 10 Unidades de Albañilería Artesanal

ESPÉCIMEN	MÁXIMA CARGA (Kg - f)	INFERIOR		SUPERIOR		PROMEDIO		ÁREA (cm ²)	MÁXIMA CARGA (KN)	fb (Mpa)
		ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)			
Muestra 1	10711.40	10.00	20.05	9.90	19.40	9.95	19.73	196.30	105.05	5.35
Muestra 2	8104.30	9.50	19.60	9.90	19.40	9.70	19.50	189.20	79.48	4.20
Muestra 3	10169.40	10.15	19.40	10.25	19.35	10.20	19.38	197.70	99.73	5.04
Muestra 4	11091.90	10.10	19.60	9.90	19.45	10.00	19.53	195.30	108.78	5.57
Muestra 5	8558.10	9.90	19.70	9.95	19.30	9.93	19.50	193.60	83.93	4.34
Muestra 6	12733.50	9.80	19.40	9.85	19.65	9.83	19.53	192.00	124.88	6.50
Muestra 7	10852.10	9.90	19.95	9.60	19.60	9.75	19.78	192.90	106.43	5.52
Muestra 8	10645.80	10.10	19.55	9.80	19.30	9.95	19.43	193.30	104.4	5.40
Muestra 9	9907.10	9.90	19.65	9.80	18.85	9.85	19.25	189.60	97.16	5.12
Muestra 10	10972.30	10.10	19.65	9.80	19.55	9.95	19.60	195.00	107.61	5.52
									fb =	5.26
									σ =	0.65
									f'b =	4.61

Nota:

fb: Resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería.

Resistencia a la Compresión Axial (Norma Técnica E 070):	5.40 MPa (55.00 kg/cm ²)
Resistencia a la Compresión Axial (Fabricante N°01):	4.61 MPa (47.01 kg/cm ²)

Observaciones:

.....
.....
.....



Herson D. Pari Cusi
INGENIERO CIVIL
CIP 146543



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

NTP 339.613 / NTP 399.604

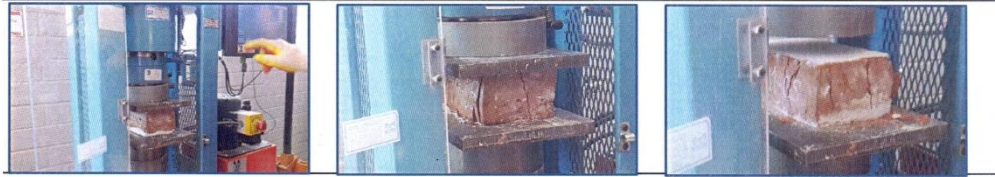
PROYECTO : "Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del Distrito de San Miguel, Provincia de San Román - Puno".

ESPÉCIMEN : Unidades de albañilería artesanal.

TESISTA : Bach. Erika Leonor Pancca Calsin

FECHA : 12/11/2018

PANEL FOTOGRÁFICO



FABRICANTE N°02 - 10 Unidades de Albañilería Artesanal

ESPÉCIMEN	MÁXIMA CARGA (Kg - f)	INFERIOR		SUPERIOR		PROMEDIO		ÁREA (cm ²)	MÁXIMA CARGA (KN)	fb (Mpa)
		ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)			
Muestra 1	11724.80	10.10	19.70	10.10	19.90	10.10	19.80	200.00	114.99	5.75
Muestra 2	14651.70	9.90	19.85	10.05	19.55	9.98	19.70	196.60	143.69	7.31
Muestra 3	12664.00	9.60	19.75	9.70	19.40	9.65	19.58	188.90	124.20	6.57
Muestra 4	14374.70	9.90	19.80	9.80	19.35	9.85	19.58	192.90	140.97	7.31
Muestra 5	15304.50	10.25	19.80	9.40	19.90	9.83	19.85	195.10	150.09	7.69
Muestra 6	11128.30	9.75	19.40	9.75	19.10	9.75	19.25	187.70	109.14	5.81
Muestra 7	16528.70	10.00	19.80	9.90	19.30	9.95	19.55	194.50	162.10	8.33
Muestra 8	12853.40	10.30	19.60	9.50	19.50	9.90	19.55	193.50	126.05	6.51
Muestra 9	15155.90	9.85	19.45	9.80	19.55	9.83	19.50	191.70	148.63	7.75
Muestra 10	13100.50	9.60	19.40	9.55	19.30	9.58	19.35	185.40	128.48	6.93
									fb =	7.00
									σ =	0.84
									f'b =	6.16

Nota:

fb: Resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería.

Resistencia a la Compresión Axial (Norma Técnica E 070): 5.40 MPa (55.00 kg/cm²)

Resistencia a la Compresión Axial (Fabricante N°02): 6.16 MPa (62.81 kg/cm²)

Observaciones:

.....
.....
.....

 Herson D. Pari Cusi
INGENIERO CIVIL
CIP. 146543



ENSAYO DE SUCCIÓN

NTP E 070

PROYECTO : "Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel, provincia de San Román - Puno".

ESPÉCIMEN : Unidades de Albañilería de F1 y F2

TESISTA : Bach. Erika Leonor Pancca Calsin

FECHA : 02/11/2018



FABRICANTE N°01						
ESPÉCIMEN	P sec gr	P suc gr	Dimensión de la unidad		Área cm ²	S (gr/200cm ² -min)
			Ancho cm	Largo cm		
Muestra 1	2393.000	2432.000	10.25	20.00	205.00	38.05
Muestra 2	2363.000	2406.000	10.00	20.15	201.50	42.68
Muestra 3	2269.000	2304.000	10.15	19.85	201.48	34.74
Muestra 4	2295.000	2345.000	10.10	20.00	202.00	49.50
Muestra 5	2337.000	2381.000	10.30	20.00	206.00	42.72
Muestra 6	2296.000	2335.000	10.10	19.85	200.49	38.90
Muestra 7	2275.000	2316.000	9.95	19.75	196.51	41.73
Muestra 8	2280.000	2324.000	10.20	19.95	203.49	43.25
Muestra 9	2279.000	2338.000	10.05	19.85	199.49	59.15
Muestra 10	2401.000	2452.000	10.30	20.15	207.55	49.14
PROMEDIO						43.99

FABRICANTE N°02						
ESPÉCIMEN	P sec gr	P suc gr	Dimensión de la unidad		Área cm ²	S (gr/200cm ² -min)
			Ancho cm	Largo cm		
Muestra 1	2085.000	2141.000	9.75	19.95	194.51	57.58
Muestra 2	2107.000	2163.000	9.95	20.05	199.50	56.14
Muestra 3	2039.000	2129.000	10.10	20.15	203.52	88.44
Muestra 4	2008.000	2086.000	10.10	20.05	202.51	77.03
Muestra 5	2064.000	2121.000	10.10	20.10	203.01	56.15
Muestra 6	2045.000	2131.000	10.15	19.90	201.99	85.15
Muestra 7	2045.000	2112.000	9.85	19.85	195.52	68.54
Muestra 8	2053.000	2106.000	9.95	19.80	197.01	53.80
Muestra 9	2055.000	2110.000	10.10	19.90	200.99	54.73
Muestra 10	2025.000	2092.000	10.05	19.80	198.99	67.34
PROMEDIO						66.49


Herson D. Parí Cusi
INGENIERO CIVIL
CIP. 146543



ENSAYO DE ABSORCIÓN

NTP 339.613 / NTP 399.604

PROYECTO : "Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel, provincia de San Román - Puno".



ESPÉCIMEN : Unidades de Albañilería de F1 y F2

TESISTA : Bach. Erika Leonor Pancca Calsin

FECHA : 05/11/2018

FABRICANTE N°01				
ESPÉCIMEN	Peso (gr)			A %
	P nat	P sec	P sat	
Muestra 1	2400.50	2393.00	2727.00	13.96
Muestra 2	2371.50	2363.00	2716.00	14.94
Muestra 3	2275.00	2269.00	2605.00	14.81
Muestra 4	2299.00	2295.00	2637.00	14.90
Muestra 5	2344.50	2337.00	2700.00	15.53
Muestra 6	2305.00	2296.00	2637.00	14.85
Muestra 7	2277.00	2275.00	2618.00	15.08
Muestra 8	2282.50	2280.00	2613.00	14.61
Muestra 9	2286.50	2279.00	2616.00	14.79
Muestra 10	2404.00	2401.00	2769.00	15.33
PROMEDIO =				14.88%

FABRICANTE N°02				
ESPÉCIMEN	Peso (gr)			A %
	P nat	P sec	P sat	
Muestra 1	2087.50	2085.00	2490.00	19.42
Muestra 2	2108.00	2107.00	2522.00	19.70
Muestra 3	2040.50	2039.00	2451.00	20.21
Muestra 4	2008.50	2008.00	2407.00	19.87
Muestra 5	2066.00	2064.00	2465.00	19.43
Muestra 6	2045.50	2045.00	2454.00	20.00
Muestra 7	2047.00	2045.00	2433.00	18.97
Muestra 8	2056.00	2053.00	2467.00	20.17
Muestra 9	2059.00	2055.00	2467.00	20.05
Muestra 10	2025.00	2025.00	2421.00	19.56
PROMEDIO =				19.74%



Herson D. Pari Cusi
INGENIERO CIVIL
CIP. 146543



ENSAYO DE ABSORCIÓN MÁXIMA Y COEFICIENTE DE SATURACIÓN

ITINTEC 331.018

PROYECTO : "Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel, provincia de San Román - Puno".



ESPÉCIMEN : Unidades de Albañilería de F1 y F2
TESISTA : Bach. Erika Leonor Pancca Calsin
FECHA : 06/11/2018

ABSORCIÓN MÁXIMA - FABRICANTE N°01			
ESPÉCIMEN	Peso (gr)		Absorción Máxima %
	P sec	P sat	
Muestra 1	2393.00	2862.00	19.60
Muestra 2	2363.00	2844.00	20.36
Muestra 3	2269.00	2719.00	19.83
PROMEDIO =			19.93%

ABSORCIÓN MÁXIMA - FABRICANTE N°02			
ESPÉCIMEN	Peso (gr)		Absorción Máxima %
	P sec	P sat	
Muestra 1	2085.00	2609.00	25.13
Muestra 2	2107.00	2630.00	24.82
Muestra 3	2039.00	2568.00	25.94
PROMEDIO =			25.30%

COEFICIENTE DE SATURACIÓN - F1			
ESPÉCIMEN	Absorción (%)	Aborción Máxima (%)	Coefficiente de Saturación
Muestra 1	13.96	19.60	0.71
Muestra 2	14.94	20.36	0.73
Muestra 3	14.81	19.83	0.75
PROMEDIO =			0.73

COEFICIENTE DE SATURACIÓN - F2			
ESPÉCIMEN	Absorción (%)	Aborción Máxima (%)	Coefficiente de Saturación
Muestra 1	19.42	25.13	0.77
Muestra 2	19.70	24.82	0.79
Muestra 3	20.21	25.94	0.78
PROMEDIO =			0.78



Herson D. Pari Cusi
INGENIERO CIVIL
CIP. 146543



ENSAYO DE DENSIDAD Y EFLORESCENCIA

PROYECTO : "Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel, provincia de San Román - Puno".

ESPÉCIMEN : Unidades de Albañilería de F1 y F2

TESISTA : Bach. Erika Leonor Pancca Calsin

FECHA : 09/11/2018



DENSIDAD - F1					
ESPÉCIMEN	Peso (gr)			V (cm3)	Densidad (gr/cm3)
	P sec	P ebull	P inm		
F1 - M1	2393.00	2862.00	1450.00	1412.00	1.695
F1 - M2	2363.00	2844.00	1431.00	1413.00	1.672
F1 - M3	2269.00	2719.00	1370.00	1349.00	1.682
PROMEDIO =					1.680

DENSIDAD - F2					
ESPÉCIMEN	Peso (gr)			V (cm3)	Densidad (gr/cm3)
	P sec	P ebull	P inm		
F2 - M1	2085.00	2609.00	1224.00	1385.00	1.505
F2 - M2	2107.00	2630.00	1230.00	1400.00	1.505
F2 - M3	2039.00	2568.00	1195.00	1373.00	1.485
PROMEDIO =					1.500

EFLORESCENCIA - MÉTODO DE CAMPO

F1



Presentan eflorescencia en los vértices y algunos en la parte central, por ende se califican como "eflorescidas".

F2



Sólo algunas presentan eflorescencia en sus vértices, por ende se califican como "ligeramente eflorescidas".



Herson D. Pari Cusi
INGENIERO CIVIL
CIP. 146543



RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO

PROYECTO : "Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del Distrito de San Miguel, Provincia de San Román - Puno".

MUESTRA : Cubos de mortero.

EDAD DE MUESTRA : 28 días.

TESISTA : Bach. Erika Leonor Pancca Calsin

FECHA : 11/12/2018



06 muestras - Tipología Patrón (Cemento:Arena = 1:4)

MUESTRA	Dimensiones (cm)		Área (cm ²)	Carga Máxima (kg)	f _c (kg/cm ²)
	Largo	Ancho			
M - 01	4.99	5.00	24.95	4512.20	180.85
M - 02	5.00	5.01	25.05	4730.30	188.83
M - 03	5.00	4.99	24.95	3724.00	149.26
M - 04	5.00	5.01	25.05	4228.80	168.81
M - 05	4.99	4.98	24.85	3524.10	141.81
M - 06	4.99	5.00	24.95	4003.20	160.45
f_c =					165.00 kg/cm²
σ =					18.11
f_c =					146.89 kg/cm²

06 muestras - Tipología N°01 al 03 (Cemento:Arena = 1:7)

MUESTRA	Dimensiones (cm)		Área (cm ²)	Carga Máxima (kg)	f _c (kg/cm ²)
	Largo	Ancho			
M - 01	4.99	5.00	24.95	2330.85	93.42
M - 02	5.00	5.00	25.00	2883.00	115.32
M - 03	5.00	5.01	25.05	2845.50	113.59
M - 04	5.00	5.02	25.10	2289.70	91.22
M - 05	5.02	5.01	25.15	2535.00	100.79
M - 06	4.99	4.98	24.85	1910.40	76.88
f_c =					98.54 kg/cm²
σ =					14.58
f_c =					83.96 kg/cm²

Nota:
f_c: Resistencia característica a compresión del mortero.

Observaciones:

.....

.....

.....



Herson D. Pani Cusi
INGENIERO CIVIL
CIP 146543



RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA

NTP E070

PROYECTO : "Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del Distrito de San Miguel, Provincia de San Román - Puno".

ESPÉCIMEN : Prismas (pilas) - Fabricante de Unidades de Albañilería N°01.

EDAD DE PRISMAS: 28 días.

TESISTA : Bach. Erika Leonor Pancca Calsin

FECHA : 06/12/2018



Factores de corrección de f_m por esbeltez

Esbeltez	2.00	2.50	3.00	4.00	4.50	5.00
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

03 Prismas - Tipología Patrón (Espesor de mortero = 1cm)

ESPÉCIMEN	Dimensiones			Esbeltez (H/t)	P máx kN	Área m ²	f _m Mpa	Factor de corrección	f _m corregido Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)						
TP (F1) - M1	202.00	102.00	323.00	3.17	69.10	0.0206	3.35	0.92	3.08
TP (F1) - M2	201.00	103.00	329.00	3.19	72.77	0.0207	3.51	0.92	3.23
TP (F1) - M3	200.00	102.00	318.00	3.12	71.93	0.0204	3.53	0.91	3.21
								f_m =	3.17
								σ =	0.08
								f' m =	3.09

03 Prismas - Tipología N°01 (Espesor de mortero = 2cm)

ESPÉCIMEN	Dimensiones			Esbeltez (H/t)	P máx kN	Área m ²	f _m Mpa	Factor de corrección	f _m corregido Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)						
T1 (F1) - M1	200.00	103.00	349.00	3.39	78.46	0.0206	3.81	0.93	3.54
T1 (F1) - M2	200.00	105.00	352.00	3.35	72.16	0.0210	3.44	0.92	3.16
T1 (F1) - M3	201.00	104.00	346.00	3.33	67.96	0.0209	3.25	0.92	2.99
								f_m =	3.23
								σ =	0.28
								f' m =	2.95

Nota:

f_m: Resistencia característica a compresión axial de la albañilería.

f_m mínimo según Norma Técnica E 070: 3.4 MPa (35 kg/cm²)

Observaciones:

.....

.....

.....



Herson D. Pari Cusi
INGENIERO CIVIL
CIP. 146543



RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA

NTP E070

PROYECTO : "Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del Distrito de San Miguel, Provincia de San Román - Puno".

ESPÉCIMEN : Prismas (pilas) - Fabricante de Unidades de Albañilería N°01.

EDAD DE PRISMAS: 28 días.

TESISTA : Bach. Erika Leonor Pancca Calsin

FECHA : 06/12/2018



Factores de corrección de f_m por esbeltez

Esbeltez	2.00	2.50	3.00	4.00	4.50	5.00
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

03 Prismas - Tipología N°02 (Espesor de mortero = 3cm)

ESPÉCIMEN	Dimensiones			Esbeltez (H/t)	P máx kN	Área m ²	f _m Mpa	Factor de corrección	f _m corregido Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)						
T2 (F1) - M1	198.00	103.00	380.00	3.69	56.00	0.0204	2.75	0.94	2.59
T2 (F1) - M2	201.00	103.00	379.00	3.68	53.70	0.0207	2.59	0.94	2.43
T2 (F1) - M3	200.00	104.00	373.00	3.59	51.40	0.0208	2.47	0.93	2.3
								f _m =	2.44
								σ =	0.15
								f' _m =	2.29

03 Prismas - Tipología N°03 (Espesor de mortero = 4cm)

ESPÉCIMEN	Dimensiones			Esbeltez (H/t)	P máx kN	Área m ²	f _m Mpa	Factor de corrección	f _m corregido Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)						
T3 (F1) - M1	196.00	103.00	294.00	2.85	55.79	0.0202	2.76	0.88	2.43
T3 (F1) - M2	197.00	102.00	298.00	2.92	54.22	0.0201	2.7	0.89	2.4
T3 (F1) - M3	201.00	103.00	299.00	2.90	72.08	0.0207	3.48	0.89	3.1
								f _m =	2.64
								σ =	0.40
								f' _m =	2.24

Nota:

f_m: Resistencia característica a compresión axial de la albañilería.

f_m mínimo según Norma Técnica E 070: 3.4 MPa (35 kg/cm²)

Observaciones:

.....
.....
.....



Herson D. Pari Cusi
INGENIERO CIVIL
CIP. 146543



RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA

NTP E070

PROYECTO : "Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del Distrito de San Miguel, Provincia de San Román - Puno".

ESPÉCIMEN : Prismas (pilas) - Fabricante de Unidades de Albañilería N°02.

EDAD DE PRISMAS: 28 días.

TESISTA : Bach. Erika Leonor Pancca Calsin

FECHA : 06/12/2018



Factores de corrección de f_m por esbeltez

Esbeltez	2.00	2.50	3.00	4.00	4.50	5.00
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

03 Prismas - Tipología Patrón (Espesor de mortero = 1cm)

ESPÉCIMEN	Dimensiones			Esbeltez (H/t)	P máx kN	Área m ²	f _m Mpa	Factor de corrección	f _m corregido Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)						
TP (F2) - M1	201.50	102.00	330.00	3.24	76.28	0.0206	3.71	0.92	3.41
TP (F2) - M2	200.00	101.00	323.00	3.20	68.65	0.0202	3.40	0.92	3.13
TP (F2) - M3	200.00	103.00	327.00	3.17	72.46	0.0206	3.52	0.92	3.24
f_m =									3.26
σ =									0.14
f'_m =									3.12

03 Prismas - Tipología N°01 (Espesor de mortero = 2cm)

ESPÉCIMEN	Dimensiones			Esbeltez (H/t)	P máx kN	Área m ²	f _m Mpa	Factor de corrección	f _m corregido Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)						
T1 (F2) - M1	201.00	105.00	351.00	3.34	81.06	0.0211	3.84	0.92	3.53
T1 (F2) - M2	201.00	104.00	344.00	3.31	60.24	0.0209	2.88	0.92	2.65
T1 (F2) - M3	201.00	104.00	348.00	3.35	86.63	0.0209	4.14	0.92	3.81
f_m =									3.33
σ =									0.61
f'_m =									2.72

Nota:

f_m: Resistencia característica a compresión axial de la albañilería.

f_m mínimo según Norma Técnica E 070: 3.4 MPa (35 kg/cm²)

Observaciones:

.....

.....

.....



Herson D. Pari Cusi
INGENIERO CIVIL
CIP: 146543



RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA

NTP E070

PROYECTO : "Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del Distrito de San Miguel, Provincia de San Román - Puno".

ESPECÍMEN : Prismas (pilas) - Fabricante de Unidades de Albañilería N°02.

EDAD DE PRISMAS: 28 días.

TESISTA : Bach. Erika Leonor Pancca Calsin

FECHA : 06/12/2018



Factores de corrección de f_m por esbeltez						
Esbeltez	2.00	2.50	3.00	4.00	4.50	5.00
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

03 Prismas - Tipología N°02 (Espesor de mortero = 3cm)

ESPECÍMEN	Dimensiones			Esbeltez (H/t)	P máx kN	Área m ²	f _m Mpa	Factor de corrección	f _m corregido Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)						
T2 (F2) - M1	201.00	104.00	378.00	3.63	53.00	0.0209	2.54	0.94	2.39
T2 (F2) - M2	198.00	102.00	372.00	3.65	58.26	0.0202	2.88	0.94	2.71
T2 (F2) - M3	201.00	103.00	376.00	3.65	66.26	0.0207	3.2	0.94	3.01
f_m =									2.70
σ =									0.31
f_m =									2.39

03 Prismas - Tipología N°03 (Espesor de mortero = 4cm)

ESPECÍMEN	Dimensiones			Esbeltez (H/t)	P máx kN	Área m ²	f _m Mpa	Factor de corrección	f _m corregido Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)						
T3 (F2) - M1	200.00	101.00	290.00	2.87	57.08	0.0202	2.83	0.88	2.49
T3 (F2) - M2	201.00	102.00	283.00	2.77	71.86	0.0205	3.5	0.86	3.01
T3 (F2) - M3	203.00	103.50	286.00	2.76	58.66	0.0210	2.79	0.86	2.4
f_m =									2.63
σ =									0.33
f_m =									2.30

Nota:

f_m: Resistencia característica a compresión axial de la albañilería.

f_m mínimo según Norma Técnica E 070: 3.4 MPa (35 kg/cm²)

Observaciones:

.....

.....

.....



Herson D. Pari Cusi
INGENIERO CIVIL
CIP: 146543



RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES DE ALBAÑILERÍA

- PROYECTO** : "Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del Distrito de San Miguel, Provincia de San Román - Puno".
- ESPÉCIMEN** : Prismas (muretes) - Fabricante de Unidades de Albañilería N°01.
- EDAD DE PRISMAS** : 28 días.
- TESISTA** : Bach. Erika Leonor Pancca Calsin
- FECHA** : 10/12/2018



03 Prismas - Tipología Patrón (Espesor de mortero = 1cm)

Espécimen	Dimensiones				P _{máx} kN	Área Ad m ²	vm Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)	D (mm)			
M - 01	546.00	199.50	574.00	792.21	65.96	0.158	0.42
M - 02	540.00	199.50	580.00	792.46	61.01	0.158	0.39
M - 03	545.00	199.50	579.00	795.15	60.47	0.159	0.38
vm =							0.40 MPa
σ =							0.02
v'm =							0.38 MPa

03 Prismas - Tipología N°01 (Espesor de mortero = 2cm)

Espécimen	Dimensiones				P _{máx} kN	Área Ad m ²	vm Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)	D (mm)			
M - 01	602.00	199.50	545.00	812.05	58.17	0.162	0.36
M - 02	610.00	199.50	546.00	818.67	49.31	0.163	0.30
M - 03	608.00	199.51	549.00	819.19	68.14	0.163	0.42
vm =							0.36 MPa
σ =							0.06
v'm =							0.30 MPa

Nota:

v'm: Resistencia característica de la albañilería al corte obtenida de ensayos de muretes a compresión diagonal.

v'm mínimo según Norma Técnica E 070:	0.5 MPa (5.1 kg/cm ²)
---------------------------------------	-----------------------------------

Observaciones:

.....

.....

.....


Herson D. Tari Cusi
INGENIERO CIVIL
CIP 146543



RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES DE ALBAÑILERÍA

PROYECTO : "Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del Distrito de San Miguel, Provincia de San Román - Puno".

ESPÉCIMEN : Prismas (muretes) - Fabricante de Unidades de Albañilería N°01.

EDAD DE PRISMAS : 28 días.

TESISTA : Bach. Erika Leonor Pancca Calsin

FECHA : 10/12/2018



03 Prismas - Tipología N°02 (Espesor de mortero = 3cm)

Espécimen	Dimensiones				P _{máx} kN	Área Ad m ²	vm Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)	D (mm)			
M - 01	586.00	199.50	580.00	824.50	49.05	0.164	0.30
M - 02	583.00	199.50	581.00	823.07	47.58	0.164	0.29
M - 03	575.00	199.50	576.00	813.88	53.61	0.162	0.33
vm =							0.31 MPa
σ =							0.02
v'm =							0.29 MPa

03 Prismas - Tipología N°03 (Espesor de mortero = 4cm)

Espécimen	Dimensiones				P _{máx} kN	Área Ad m ²	vm Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)	D (mm)			
M - 01	632.00	199.50	630.00	892.37	37.49	0.178	0.21
M - 02	633.00	199.50	628.00	891.67	33.63	0.178	0.19
M - 03	630.00	199.50	625.00	887.43	44.01	0.177	0.25
vm =							0.22 MPa
σ =							0.03
v'm =							0.19 MPa

Nota:

v'm: Resistencia característica de la albañilería al corte obtenida de ensayos de muretes a compresión diagonal.

v'm mínimo según Norma Técnica E 070:	0.5 MPa (5.1 kg/cm ²)
---------------------------------------	-----------------------------------

Observaciones:

.....

.....

.....


 Herson D. Pari Cusi
 INGENIERO CIVIL
 CIP 146543



RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES DE ALBAÑILERÍA

PROYECTO : "Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del Distrito de San Miguel, Provincia de San Román - Puno".

ESPÉCIMEN : Prismas (muretes) - Fabricante de Unidades de Albañilería N°02.

EDAD DE PRISMAS : 28 días.

TESISTA : Bach. Erika Leonor Pancca Calsin

FECHA : 11/12/2018



03 Prismas - Tipología Patrón (Espesor de mortero = 1cm)

Espécimen	Dimensiones				P _{máx} kN	Área Ad m ²	vm Mpa	
	L (mm)	t (mm)	H (mm)	D (mm)				
M - 01	542.00	199.80	579.00	793.10	61.28	0.158	0.39	
M - 02	542.00	199.89	580.00	793.83	88.80	0.159	0.56	
M - 03	541.00	199.80	573.00	788.04	75.04	0.157	0.48	
							vm =	0.48 MPa
							σ =	0.09
							v'm =	0.39 MPa

03 Prismas - Tipología N°01 (Espesor de mortero = 2cm)

Espécimen	Dimensiones				P _{máx} kN	Área Ad m ²	vm Mpa	
	L (mm)	t (mm)	H (mm)	D (mm)				
M - 01	616.00	199.89	546.00	823.15	49.93	0.165	0.30	
M - 02	610.00	199.80	551.00	822.01	56.48	0.164	0.34	
M - 03	613.00	199.90	550.00	823.57	56.03	0.165	0.34	
							vm =	0.33 MPa
							σ =	0.02
							v'm =	0.31 MPa

Nota:

v'm: Resistencia característica de la albañilería al corte obtenida de ensayos de muretes a compresión diagonal.

v'm mínimo según Norma Técnica E 070:

0.5 MPa (5.1 kg/cm²)

Observaciones:

.....

.....



Herson D. Pari Cusi
INGENIERO CIVIL
CIR. 146543



RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES DE ALBAÑILERÍA

PROYECTO : "Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del Distrito de San Miguel, Provincia de San Román - Puno".

ESPÉCIMEN : Prismas (muretes) - Fabricante de Unidades de Albañilería N°02.

EDAD DE PRISMAS : 28 días.

TESISTA : Bach. Erika Leonor Pancca Calsin

FECHA : 11/12/2018



03 Prismas - Tipología N°02 (Espesor de mortero = 3cm)							
Espécimen	Dimensiones				P _{máx} kN	Área AD m ²	vm Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)	D (mm)			
M - 01	589.00	199.90	580.00	826.63	49.34	0.165	0.30
M - 02	580.00	199.89	578.00	818.83	45.58	0.164	0.28
M - 03	586.00	199.80	573.00	819.59	58.92	0.164	0.36
vm =							0.31 MPa
σ =							0.04
v'm =							0.27 MPa

03 Prismas - Tipología N°03 (Espesor de mortero = 4cm)							
Espécimen	Dimensiones				P _{máx} kN	Área AD m ²	vm Mpa
	L (mm)	t (mm)	H (mm)	D (mm)			
M - 01	634.00	199.90	630.00	893.79	35.85	0.179	0.20
M - 02	631.00	199.89	632.00	893.08	43.49	0.179	0.24
M - 03	632.00	199.89	630.00	892.37	43.51	0.178	0.24
vm =							0.23 MPa
σ =							0.02
v'm =							0.21 MPa

Nota:

v'm: Resistencia característica de la albañilería al corte obtenida de ensayos de muretes a compresión diagonal.

v'm mínimo según Norma Técnica E 070:	0.5 MPa (5.1 kg/cm ²)
---------------------------------------	-----------------------------------

Observaciones:

.....

.....

.....


Herson D. Pari Cusi
INGENIERO CIVIL
CIP. 146543

Anexo G. Constancia de laboratorios.



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

CONSTANCIA

El que suscribe Ing. Herson Duberly Pari Cusi; Coordinador de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Unión – Filial Juliaca.

HACE CONSTAR

Que la Bachiller en Ingeniería Civil:

ERIKA LEONOR PANCCA CALSIN

Código universitario N° 201322712

Ha realizado ensayos en el Laboratorio de Tecnología del Concreto y Laboratorio de Estructuras para completar su trabajo de tesis denominado: **“Caracterización y evaluación de los muros de albañilería artesanal informal de las viviendas del distrito de San Miguel, provincia de San Román - Puno”** con la finalidad de obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

Los ensayos efectuados por la tesista fueron los siguientes:

- ✓ 20 Ensayos de resistencia a la compresión de unidades de albañilería
- ✓ 24 Ensayos de resistencia a la compresión axial de pilas de albañilería.
- ✓ 12 Ensayos de resistencia a la compresión de cubos de mortero.
- ✓ 24 Ensayos de resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería.

Los trabajos se realizaron en el Laboratorio de Tecnología del Concreto y Laboratorio de Estructuras, llevándose a cabo entre el 12 de noviembre del 2018 hasta el 11 de diciembre del 2018.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que estime por conveniente.

Juliaca, Villa Chullunquiani, 07 de marzo del 2019



Ing. Herson Duberly Pari Cusi
Coordinador E.P. de Ingeniería Civil



Ing. Yesenia Apaza Pinto
Jefe de Laboratorio