

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

**INFLUENCIA DEL TIPO DE MORTERO Y ESPESOR DE JUNTA EN LA
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES FABRICADOS
CON ALBAÑILERÍA SEMI INDUSTRIAL DE CAJAMARCA**

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Presentada por:

Bachiller: VÍCTOR MARTÍN VARGAS SALAZAR

Asesor:

Dr. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

Cajamarca - Perú

2021

COPYRIGHT 2021 by
VÍCTOR MARTÍN VARGAS SALAZAR
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS APROBADA:

INFLUENCIA DEL TIPO DE MORTERO Y ESPESOR DE JUNTA EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES FABRICADOS CON ALBAÑILERÍA SEMI INDUSTRIAL DE CAJAMARCA

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Presentada por:

Bachiller: VÍCTOR MARTÍN VARGAS SALAZAR

JURADO EVALUADOR

Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno
Asesor

Dra. Rosa Haydee Llique Mondragón
Jurado Evaluador

M.Cs. José Luis Marchena Araujo
Jurado Evaluador

M.Cs. Mauro Augusto Centurión Vargas
Jurado Evaluador

Cajamarca - Perú

2021



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD



Escuela de Posgrado CAJAMARCA – PERU

PROGRAMA DE MESTRÍA EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

Siendo las 16:10 horas, del día 17 de noviembre de dos mil veintiuno, reunidos a través de Gmeet meet.google.com/pzy-yhkw-qdu, creado por la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por la **Dra. ROSA HAYDEÉ LLIQUE MONDRAGÓN, M.Cs. JOSÉ LUIS MARCHENA ARAUJO, M.Cs. MAURO AUGUSTO CENTURIÓN VARGAS**, y en calidad de Asesor el **Dr. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y la Directiva para Sustentación de Proyectos de Tesis, Seminarios de Tesis, Sustentación de la Tesis y Actualización de Marco Teórico de los Programas de Maestría y Doctorado, se dio inicio a la sustentación de la tesis titulada **“INFLUENCIA DEL TIPO DE MORTERO Y ESPESOR DE JUNTA EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES FABRICADOS CON ALBAÑILERÍA SEMI INDUSTRIAL DE CAJAMARCA”** presentada por el **Bach. en Ingeniería Civil VÍCTOR MARTÍN VARGAS SALAZAR**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó APROBAR con la calificación de DIECIOCHO (EXCELENTE) la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Bach. en Ingeniería Civil VÍCTOR MARTÍN VARGAS SALAZAR**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que la acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, con Mención en **INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Siendo las 17:30 horas del mismo día , se dio por concluido el acto.

.....
Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno
Asesor

.....
Dra. Rosa Haydee Llique Mondragón
Jurado Evaluador

.....
M.Cs José Luis Marchena Araujo
Jurado Evaluador

.....
M.Cs. Mauro Augusto Centurión Vargas
Jurado Evaluador

DEDICATORIA:

A Dios Padre, por el regalo más hermoso que me ha podido dar, el de tener a su hijo Jesucristo en mi corazón.

A mi esposa Roxana y mis hijas: María Fernanda y Ana Cristina quienes son fortaleza y alegría en el caminar de mi vida.

A mi madre Rebeca, quien siempre me ha brindado su apoyo incondicional en todo momento de mi vida, por sus enseñanzas, consejos y por su eterna paciencia.

A mis hermanas Amparo e Yris y sobrinos, que siempre están en los momentos más importantes de mi vida, por el amor que me brindan y la paciencia que me tienen.

AGRADECIMIENTO:

A la Universidad Nacional de Cajamarca, a la Escuela de Posgrado, por haber ofrecido la Maestría en Ciencias, Mención: Ingeniería y Gerencia de la Construcción, a todos los docentes que dictaron las clases de la maestría, y a mi asesor de tesis Dr. Ing° Miguel Angel Mosqueira Moreno; a los integrantes del Comité Científico conformados por: Dra. Ing° Rosa Haydee Llique Mondragón, M.Cs. Ing° José Luis Marchena Araujo, M.Cs. Mauro Augusto Centurión Vargas y M.Cs. Yvonne Katherine Fernández León, por su apoyo constante.

“Lo poco que he aprendido carece de valor,
comparado con lo que ignoro y no
desespero en aprender”

René DESCARTES

ÍNDICE GENERAL

DESCRIPCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA:	v
AGRADECIMIENTO:	vi
EPÍGRAFE:	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xvi
LISTA DE ABREVIATURAS	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1.1. Contextualización	1
1.1.2. Descripción del problema	6
1.1.3. Formulación del problema	7
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	7
1.2.1. Aporte	7
1.2.2. Uso	8
1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	9
1.4. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
1.5. OBJETIVO	10
1.5.1. Objetivo general	10
1.5.2. Objetivos específicos	10

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	11
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN O MARCO REFERENCIAL	11
2.2. MARCO CONCEPTUAL	14
2.2.1. Albañilería o mampostería.....	14
2.2.2. Construcciones de albañilería.....	17
2.2.3. Construcciones de albañilería estructural.....	17
2.2.4. Clasificación de la albañilería.....	17
2.2.5. Componentes de la albañilería.	20
2.2.6. Propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería.....	24
2.2.7. Mortero	32
2.2.8. Cemento	34
2.2.9. Cal	35
2.2.10. Agregado.....	35
2.2.11. Agua	36
2.2.12. Comportamiento teórico a compresión diagonal.....	36
2.2.13. Resistencia característica a corte ($v'm$).	37
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	41
CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES	42
3.1. HIPÓTESIS	42
3.1.1. Hipótesis General.....	42
3.2. VARIABLES/CATEGORÍAS	42
3.3. OPERACIONALIZACIÓN/CATEGORIZACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA HIPÓTESIS.....	42
CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO	45
4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	45
4.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	45
4.2.1. Tipo de investigación	45

4.2.2. Etapas de investigación	46
4.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	48
4.4. POBLACIÓN, MUESTRA, UNIDAD DE ANÁLISIS Y UNIDADES DE OBSERVACIÓN	48
4.4.1. Población	48
4.4.2. Muestra	49
4.4.3. Unidad de Análisis	49
4.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN ..	49
4.6. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	50
4.6.1. Análisis Físico – Mecánicos de las Unidades de Albañilería	50
4.6.2. Análisis del agregado	52
4.6.3. Mortero y especímenes de mortero	53
4.6.4. Elaboración y ensayo de Pilas	54
4.6.5. Elaboración y ensayo de muretes	55
4.7. EQUIPOS, MATERIAL, INSUMOS, ETC.	57
4.8. MATRIZ DE CONSISTENCIA METODOLÓGICA	58
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
5.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	59
5.1.1. Ladrillos	59
5.1.2. Agregados	61
61	
5.1.3. Especímenes de mortero	61
5.1.4. Prismas de albañilería	62
5.2. ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	66
5.2.1. Ladrillos	66
5.2.2. Prismas de Albañilería	68

5.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	70
CAPÍTULO VI: PROPUESTA	71
6.1. FORMULACIÓN DE LA PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.	71
6.2. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	71
6.3. BENEFICIOS QUE APORTA LA PROPUESTA.	71
CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXOS	80
1. DISEÑO DE MORTERO	81
2. VALORES DE ENSAYOS	87
3. PANEL FOTOGRÁFICO	126
4. CONSTANCIA DE USO DE LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES UNC	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Perú: Viviendas particulares censadas con ocupantes presentes, por tipo de material predominante en las paredes, según distrito, 2017.</i>	3
Tabla 2. <i>Sismos reportados por año.</i>	8
Tabla 3. <i>Aplicabilidad de los métodos de formado a las diferentes materias primas para unidades de albañilería.</i>	22
Tabla 4. <i>Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.</i>	24
Tabla 5. <i>Métodos para determinar fm y (vm).</i>	31
Tabla 6. <i>Tipos de mortero.</i>	33
Tabla 7. <i>Granulometría de la arena gruesa.</i>	36
Tabla 8. <i>Operacionalización/categorización de los componentes de la hipótesis</i>	43
Tabla 9. <i>Muestras de la investigación.</i>	49
Tabla 10. <i>Matriz de consistencia metodológica.</i>	58
Tabla 11. <i>Variación dimensional de las unidades de albañilería.</i>	59
Tabla 12. <i>Valores medios de unidades de albañilería.</i>	60
Tabla 13. <i>Valores medios de resistencia a la compresión axial de unidades de albañilería.</i>	60
Tabla 14. <i>Ensayo no clasificatorio.</i>	60
Tabla 15. <i>Módulo de finura y Contenido de humedad.</i>	61
Tabla 16. <i>Comparación de valor de resistencia a la compresión promedio, entre especímenes de mortero y unidades de albañilería</i>	61
Tabla 17. <i>Resistencia característica promedio y Módulo de elasticidad promedio de pilas de albañilería a compresión axial, con mortero tipo P2 con cal y sin cal, espesor 1.5 cm.</i>	62
Tabla 18. <i>Resistencia al corte promedio y Módulo de rigidez de muretes de albañilería, con mortero tipo P2 con cal y sin cal.</i>	63
Tabla 19. <i>Variación porcentual promedio de la resistencia a compresión diagonal, considerando el mortero tipo P2, con cal</i>	63
Tabla 20. <i>Variación porcentual promedio de la resistencia a compresión diagonal, considerando el mortero tipo P2, sin cal</i>	64
Tabla 21. <i>Variación porcentual promedio del módulo de rigidez, considerando el mortero tipo P2, con cal</i>	64
Tabla 22. <i>Variación porcentual promedio del módulo de rigidez, considerando el mortero tipo P2, sin cal</i>	65
Tabla 23. <i>Contrastación de la hipótesis general de estudio planteada.</i>	70
Tabla 24. <i>Variabilidad dimensional de unidades de albañilería.</i>	88
Tabla 25. <i>Alabeo de unidades de albañilería.</i>	88
Tabla 26. <i>Resistencia a la compresión axial de los Ladrillos.</i>	89
Tabla 27. <i>Pesos de ladrillos.</i>	89
Tabla 28. <i>Contenido de humedad en ladrillos.</i>	90

Tabla 29. <i>Succión en ladrillos.</i>	90
Tabla 30. <i>Absorción de unidades de albañilería.</i>	91
Tabla 31. <i>Porcentaje de ranuras en unidades de albañilería.</i>	91
Tabla 32. <i>Granulometría de la arena.</i>	91
Tabla 33. <i>Resistencia a compresión de especímenes de mortero tipo P2, sin cal.</i>	92
Tabla 34. <i>Resistencia a compresión de especímenes de mortero tipo P2, con cal.</i>	92
Tabla 35. <i>Resistencia característica de pilas de albañilería a compresión axial, mortero tipo P2, con cal, espesor 1.5 cm</i>	93
Tabla 36. <i>Resistencia característica de pilas de albañilería a compresión axial, mortero tipo P2, sin cal, espesor 1.5 cm</i>	93
Tabla 37. <i>Módulo de elasticidad de la albañilería, mortero tipo P2, sin cal, e = 1.5 cm</i>	93
Tabla 38. <i>Módulo de elasticidad de la albañilería, mortero tipo P2, con cal, e = 1.5 cm</i>	93
Tabla 39. <i>Cálculo de la resistencia característica de muretes de la albañilería al corte</i>	94
Tabla 40. <i>Módulo de elasticidad, Em, de mortero tipo P2 con cal, e=1.00 cm.</i>	96
Tabla 41. <i>Módulo de elasticidad, Em, de mortero tipo P2, sin cal, e=1.00 cm.</i>	97
Tabla 42. <i>Módulo de elasticidad, Em, de mortero tipo P2, con cal, e=1.50 cm.</i>	98
Tabla 43. <i>Módulo de elasticidad, Em, de mortero tipo P2 sin cal, e=1.50 cm.</i>	99
Tabla 44. <i>Módulo de elasticidad, Em, de mortero tipo P2, con cal, e=2.00 cm.</i>	100
Tabla 45. <i>Módulo de elasticidad, Em, de mortero tipo P2, sin cal, e=2.00 cm.</i>	101
Tabla 46. <i>Módulo de elasticidad, Em, de mortero tipo P2, con cal, e=3.00 cm.</i>	102
Tabla 47. <i>Módulo de elasticidad, Em, de mortero tipo P2, sin cal, e=3.00 cm.</i>	103
Tabla 48. <i>Módulo de elasticidad, Em, de mortero tipo P2, con cal, e=4.00 cm.</i>	104
Tabla 49. <i>Módulo de elasticidad, Em, de mortero tipo P2, sin cal, e=4.00 cm.</i>	105
Tabla 50. <i>Módulo de corte, Gm, de mortero tipo P2, sin cal, e=1.00 cm.</i>	106
Tabla 51. <i>Módulo de corte, Gm, de mortero tipo P2, con cal, e=1.00 cm.</i>	108
Tabla 52. <i>Módulo de corte, Gm, de mortero tipo P2, sin cal, e=1.50 cm.</i>	110
Tabla 53. <i>Módulo de corte, Gm, de mortero tipo P2, con cal, e=1.50 cm.</i>	112
Tabla 54. <i>Módulo de corte, Gm, de mortero tipo P2, sin cal, e=2.00 cm.</i>	114
Tabla 55. <i>Módulo de corte, Gm, de mortero tipo P2, con cal, e=2.00 cm.</i>	116
Tabla 56. <i>Módulo de corte, Gm, de mortero tipo P2, sin cal, e=3.00 cm.</i>	118
Tabla 57. <i>Módulo de corte, Gm, de mortero tipo P2, con cal, e=3.00 cm.</i>	120
Tabla 58. <i>Módulo de corte, Gm, de mortero tipo P2, sin cal, e=4.00 cm.</i>	122
Tabla 59. <i>Módulo de corte, Gm, de mortero tipo P2, con cal, e=4.00 cm.</i>	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Viviendas particulares según material predominante en las paredes exteriores, 1993, 2007 y 2017.	1
Figura 2. Mapa de zonificación sísmica.	4
Figura 3. Sección transversal de un muro laminar.	19
Figura 4. Unidades de albañilería de concreto.	26
Figura 5. Similitud de la falla en el ensayo de corte (compresión diagonal) y en un sismo.	31
Figura 6. Esfuerzo que se genera ante la carga a compresión diagonal.	37
Figura 7. Cálculo de la resistencia unitaria a corte.	38
Figura 8. Formas de fallas en muretes.	39
Figura 9. Ubicación geográfica de la investigación – UNC (Laboratorio de ensayo de materiales Carlos Esparza Díaz).	45
Figura N° 10. Diagrama de flujo de etapas de investigación.	46
Figura 11. Porcentaje de variabilidad dimensional entre unidades de albañilería, de acuerdo a cada uno de sus lados.	59
Figura 12. Gráfica granulométrica de arena.	61
Figura 13. Resistencia característica de la albañilería.	62
Figura 14. Módulo de elasticidad de la albañilería.	62
Figura 15. Espesor de junta vs Resistencia promedio $v'm$, de mortero tipo P2, con cal	63
Figura 16. Espesor de junta vs Resistencia promedio $v'm$, de mortero tipo P2, con cal.	64
Figura 17. Espesor de junta vs Módulo de Rigidez G_m , de mortero tipo P2, con cal ..	64
Figura 18. Espesor de junta vs Módulo de Rigidez G_m , de mortero tipo P2, sin cal ...	65
Figura 19. Esfuerzo vs Deformación unitaria de mortero tipo P2, con cal, $e=1.00$ cm.	96
Figura 20. Esfuerzo vs Deformación unitaria de mortero tipo P2, sin cal, $e=1.00$ cm .	97
Figura 21. Esfuerzo vs Deformación unitaria de mortero tipo P2, con cal, $e=1.50$ cm	98
Figura 22. Esfuerzo vs Deformación unitaria de mortero tipo P2, sin cal, $e=1.50$ cm .	99
Figura 23. Esfuerzo vs Deformación unitaria de mortero tipo P2, con cal, $e=2.00$ cm	100
Figura 24. Esfuerzo vs Deformación unitaria de mortero tipo P2, sin cal, $e=2.00$ cm	101
Figura 25. Esfuerzo vs Deformación unitaria de mortero tipo P2, con cal, $e=3.00$ cm	102
Figura 26. Esfuerzo vs Deformación unitaria de mortero tipo P2, sin cal, $e=3.00$ cm.	103
Figura 27. Esfuerzo vs Deformación unitaria de mortero tipo P2, con cal, $e=4.00$ cm.	104
Figura 28. Esfuerzo vs Deformación unitaria de mortero tipo P2, sin cal, $e=4.00$ cm.	105

Figura 29. Esfuerzo vs Deformación unitaria cortante, de mortero tipo P2, sin cal, e=1.00 cm	107
Figura 30. Esfuerzo vs Deformación unitaria cortante, de mortero tipo P2, con cal, e=1.00 cm	109
Figura 31. Esfuerzo vs Deformación unitaria cortante, de mortero tipo P2, sin cal, e=1.50 cm	111
Figura 32. Esfuerzo vs Deformación unitaria cortante, de mortero tipo P2, con cal, e=1.50 cm	113
Figura 33. Esfuerzo vs Deformación unitaria cortante, de mortero tipo P2, sin cal, e=2.00 cm	115
Figura 34. Esfuerzo vs Deformación unitaria cortante, de mortero tipo P2, con cal, e=2.00 cm.	117
Figura 35. Esfuerzo vs Deformación unitaria cortante, de mortero tipo P2, sin cal, e=3.00 cm	119
Figura 36. Esfuerzo vs Deformación unitaria cortante, de mortero tipo P2, con cal, e=3.00 cm	121
Figura 37. Esfuerzo vs Deformación unitaria cortante, de mortero tipo P2, sin cal, e=4.00 cm	123
Figura 38. Esfuerzo vs Deformación unitaria cortante, de mortero tipo P2, con cal, e=4.00 cm	125

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Unidades de Albañilería – Ladrillos.	127
Fotografía 2. Unidad de albañilería – Bloque.	127
Fotografía 3. Unidades de albañilería sólida.	127
Fotografía 4. Unidades perforadas o alveolares.	127
Fotografía 5. Unidades huecas.	127
Fotografía 6. Unidad de albañilería con huecos.	128
Fotografía 7. Unidades tubulares.	128
Fotografía 8. Adquisición de ladrillos de la fábrica de “Cerámicos Cajamarca S.R.L.”	128
Fotografía 9. Ingreso de unidades de albañilería al laboratorio de Mecánica de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca.	129
Fotografía 10. Colocación de las unidades de albañilería al horno, a fin de determinar la humedad natural.	129
Fotografía 11. Medición de los lados de ladrillo para ensayo de variabilidad dimensional.	130
Fotografía 12. Pesaje de las unidades de albañilería.	130
Fotografía 13. Determinando el alabeo de la cara superior del ladrillo (ensayo de alabeo).	130
Fotografía 14. Colocación de unidades de albañilería sobre agua, con un nivel de 3 mm, por espacio de 1 min (ensayo de succión).	131
Fotografía 15. Ensayo a la compresión axial de ladrillos.	131
Fotografía 16. Elaboración de muretes con mortero sin cal, con espesor de junta de 1 cm.	131
Fotografía 17. Colocación de ladrillos en poza para su sumergirlos por 24 h. para realizar el ensayo de absorción.	131
Fotografía 18. Toma de datos del ensayo a carga axial sobre pilas de unidades de albañilería.	132
Fotografía 19. Muretes realizados, considerando morteros con y sin cal, así como diferentes espesores.	132
Fotografía 20. Curado de muretes de albañilería.	133
Fotografía 21. Ensayo a compresión diagonal, en murete con mortero sin cal, espesor de 1 cm, para el cálculo de la resistencia característica al corte.	133
Fotografía 22. Ensayo a compresión diagonal, en murete con mortero sin cal, espesor de 3.0 cm, para el cálculo de la resistencia característica al corte.	134
Fotografía 23. Ensayo a compresión diagonal, en murete con mortero sin cal, espesor de 3 cm, para el cálculo de la resistencia característica al corte.	134
Fotografía 24. Ensayo a compresión diagonal, en murete con mortero tipo P2, con cal, espesor de 2 cm, para el cálculo de la resistencia característica al corte.	135

Fotografía 25. Ensayo a compresión diagonal, en murete con mortero tipo P2, con cal, espesor de 1.5 cm, para el cálculo de la resistencia característica al corte.....	135
Fotografía 26. Ensayo a compresión diagonal, en murete con mortero tipo P2, con cal, espesor de 1.5 cm, para el cálculo de la resistencia característica al corte, donde se muestra una falla escalonada en la diagonal del murete, teniendo un sonido estruendoso en el momento de fractura.	136
Fotografía 27. Ensayo a compresión diagonal, en murete con mortero sin cal, espesor de 1.5 cm, para el cálculo de la resistencia característica al corte, donde existió una falla a través de la junta diagonal.	136
Fotografía N° 28. Forma de falla escalonada en el ensayo a compresión diagonal de un murete, con mortero tipo P2, con cal, y espesor de 2 cm.	137
Fotografía 29. Inspección del asesor de tesis, Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.	137

LISTA DE ABREVIATURAS

ASTM: American Society of Testing Materials, que significa, Asociación Americana de Ensayo de Materiales.

f^b: Resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería.

f^c: Resistencia a compresión axial del concreto o del “grout” a los 28 días de edad.

f^m: Resistencia característica a compresión axial de la albañilería.

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

E_m: Módulo de elasticidad de la albañilería.

G_m: Módulo de corte de la albañilería.

M_f: Módulo de finura.

MPa: Mega Pascal.

NTP: Norma técnica peruana.

IGP: Instituto Geofísico del Perú.

DRM: World Institute for Disaster Risk Management (Instituto Mundial para la Gestión del Riesgo de Desastres)

UNC: Universidad Nacional de Cajamarca.

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de determinar la influencia del tipo de mortero y espesor de junta en la resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con unidades de albañilería semi industrial de Cajamarca; para ello se construyeron 15 muretes de dimensiones de 60 x 60 cm, con unidades de albañilería, de morteros con cal y 15 muretes de dimensiones de 60 x 60 cm, con unidades de albañilería, de morteros sin cal, con espesores en las juntas de 1, 1.5, 2, 3 y 4 cm, para someterlos a ensayos a compresión diagonal; también se realizaron los ensayos a las unidades de albañilería de variabilidad dimensional, alabeo, resistencia a la compresión axial, peso, humedad natural, succión, absorción y porcentaje de ranuras; al agregado utilizado en el mortero, se le determinó su análisis granulométrico, módulo de finura, y contenido de humedad. Luego se elaboraron dos morteros, uno en proporción 1:1/2:4 (cemento:cal:arena) y otro en proporción 1:4 (cemento:arena). Determinándose la resistencia a compresión de muretes con unidades de albañilería de mortero con cal y espesores de 1cm, 1.5 cm, 2 cm, 3 cm y 4 cm de 8.77 kg/cm², 7.85 kg/cm², 7.22 kg/cm², 7.08 kg/cm² y 6.74 kg/cm² respectivamente, y la resistencia a compresión de muretes con unidades de albañilería de mortero sin cal y espesores de 1cm 1.5 cm, 2 cm, 3 cm y 4 cm de 9.15 kg/cm², 8.56 kg/cm², 7.95 kg/cm², 7.20 kg/cm² y 6.01kg/cm² respectivamente. Los resultados nos permitieron determinar que la resistencia a compresión diagonal en muretes fabricados con morteros sin cal es mayor a los muretes fabricados con mortero con cal, en los diferentes espesores a excepción del espesor de junta de 4 cm y concluyendo que el espesor del mortero influye en la calidad del muro de albañilería, es decir, en su capacidad para resistir la compresión diagonal.

PALABRAS CLAVES: Muretes, compresión diagonal, tipo de mortero, espesor de junta.

ABSTRACT

The present investigation was carried out with the objective of determining the influence of the type of mortar and joint thickness on the resistance to diagonal compression of walls manufactured with semi-industrial masonry units from Cajamarca; For this, 15 walls measuring 60 x 60 cm were built, with masonry units, mortars with lime and 15 walls measuring 60 x 60 cm, with masonry units, mortars without lime, with thicknesses in the joints of 1, 1.5, 2, 3 and 4 cm, to be subjected to diagonal compression tests; Tests were also carried out on the masonry units for dimensional variability, warping, resistance to axial compression, weight, natural humidity, suction, absorption and percentage of grooves; To the aggregate used in the mortar, its granulometric analysis, fineness modulus, and moisture content were determined. Then two mortars were made, one in a 1: 1/2: 4 ratio (cement: lime: sand) and the other in a 1: 4 ratio (cement: sand). Determining the compressive strength of walls with lime mortar masonry units and thicknesses of 1cm, 1.5 cm, 2 cm, 3 cm and 4 cm of 8.77 kg/cm², 7.85 kg/cm², 7.22 kg/cm², 7.08 kg/cm² and 6.74 kg/cm² respectively, and the compressive strength of walls with lime-free mortar masonry units and thicknesses of 1cm 1.5 cm, 2 cm, 3 cm and 4 cm of 9.15 kg/cm², 8.56 kg/cm², 7.95 kg/cm², 7.20 kg/cm² and 6.01kg/cm² respectively. The results allowed us to determine that the resistance to diagonal compression in walls made with mortar without lime is higher than the walls made with mortar with lime, in the different thicknesses except for the 4 cm joint thickness and concluding that the thickness of the mortar influences in the quality of the masonry wall, that is, in its ability to resist diagonal compression.

KEY WORDS: Walls, diagonal compression, mortar type, joint thickness.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. Contextualización

El crecimiento socioeconómico y demográfico en la ciudad de Cajamarca en los últimos años ha sufrido cambios considerables, lo que ha provocado que su población requiera nuevas y modernas infraestructuras para poder habitarlas y satisfacer sus necesidades; siendo una de las alternativas más comunes las construcciones de albañilería, el cual es un sistema que utiliza a la unidad de albañilería y el mortero.

Como dato, se debe de tener en cuenta que en el Perú se utiliza como material predominante para la construcción la denominada albañilería con ladrillos de arcilla y/o bloques de cemento.

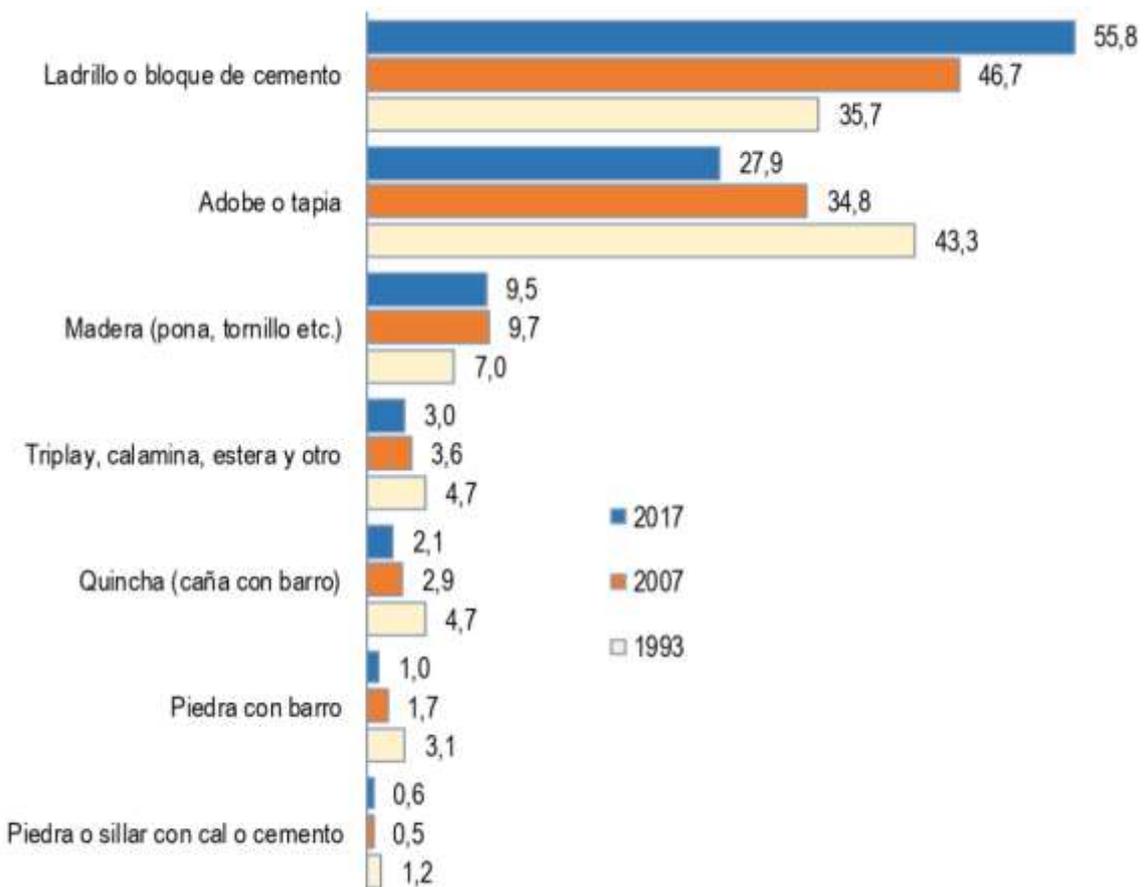


Figura 1. Viviendas particulares según material predominante en las paredes exteriores, 1993, 2007 y 2017.

Fuente: INEI, 2018.

Como se puede apreciar en la Figura 1, en el Perú, más del 50% de las viviendas emplean el ladrillo de albañilería o bloque de concreto como material que forma parte de la estructura de sus viviendas.

En el Perú, el mortero está constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación de agregado (Egoávil, 2013).

Circunscribiéndonos en el ámbito local, el distrito de Cajamarca, según la Tabla 1, cuenta con 64.4% de viviendas construidas con material noble (según el censo, ladrillo o bloque de cemento, piedra o sillar con cal o cemento), al ser el valor más alto, implica que deben de evaluarse los aspectos que implican la albañilería confinada, como lo menciona Mendoza et al. (2005), considerando que los muros portantes de albañilería son unidos mediante morteros de cemento:arena con el fin de obtener un componente monolítico.

También se puede considerar que en la ciudad Cajamarca, el espesor de mortero utilizado para la unión entre las unidades de albañilería no son los adecuados, de acuerdo con lo especificado en la Norma E.070 del año 2006, la cual indica que el espesor de las juntas de mortero será como mínimo 1 cm y máximo 1.5 cm, así mismo establece que el mortero debería estar compuesto con cemento:arena o cemento:cal:arena. Siendo muy frecuente que en las construcciones se presenten frecuentemente estos casos.

Tabla 1.

Perú: Viviendas particulares censadas con ocupantes presentes, por tipo de material predominante en las paredes, según distrito, 2017.

Departamento/ Provincia/ Distrito	Total de viviendas particulares	Tipo de material predominante en las paredes exteriores					
		Material noble 1/		Material de adobe o tapia		Material precario 2/	
		Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%	Cifras absolutas	%
Cajamarca/ Cajamarca/ Cajamarca	51,111	32,901	64.4	16,947	33.2	619	1.2

Fuente: INEI, 2018.

Por otra parte, al existir fenómenos naturales que afectan a las edificaciones, tal es el caso de los efectos que producen los sismos, se deben de considerar la influencia de estos, en la estructura y en cada una de sus partes. Tomando como ejemplo el sismo de Ático (Arequipa, Perú) del 23 junio del 2001, donde el informe de reconocimiento realizado por el DRM (2001), indica que en las construcciones en las que se tomaron en cuenta las características del suelo, el diseño estructural y arquitectónico, y además se contó con supervisión y la mano de obra calificada, no mostraron daños o sólo fueron del tipo leve. Mientras que aquellas en las que no se tuvieron en cuenta esas variables, por el contrario, sufrieron daños.

Además, se debe de considerar el riesgo sísmico que conlleva nuestra ubicación geográfica, por lo que las edificaciones tienen que ser adecuadamente diseñadas y construidas, de modo que tengan un buen comportamiento ante todo tipo de solicitaciones. Este análisis debe comenzar por tener el conocimiento de cada uno de los materiales que conforman a la estructura, que en este caso tiene que ver con la albañilería por lo tanto es importante determinar la influencia del tipo de mortero y espesor de junta en la resistencia al corte. La ciudad de Cajamarca está considerada zona de silencio sísmico por su formación geológica y presencia volcánica teniendo gran probabilidad de que existan sismos, cuyos efectos se amplificarían por la naturaleza de sus suelos. (Mosqueira, 2012).

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma Técnica E.030, 2016), la ciudad de Cajamarca está en una zona sísmica 3, Figura 2, y teniendo en cuenta lo indicado por INDECI (2005), los niveles de vulnerabilidad que presenta la ciudad de Cajamarca, bajo los efectos de un sismo de magnitud VII en viviendas ubicadas en zonas con aceleraciones sísmicas altas y mayor probabilidad de expansión del suelo, ocasionarían daños en las edificaciones por deficiencias constructivas o por la falta de consideraciones sismorresistentes en su proyección y/o elaboración.

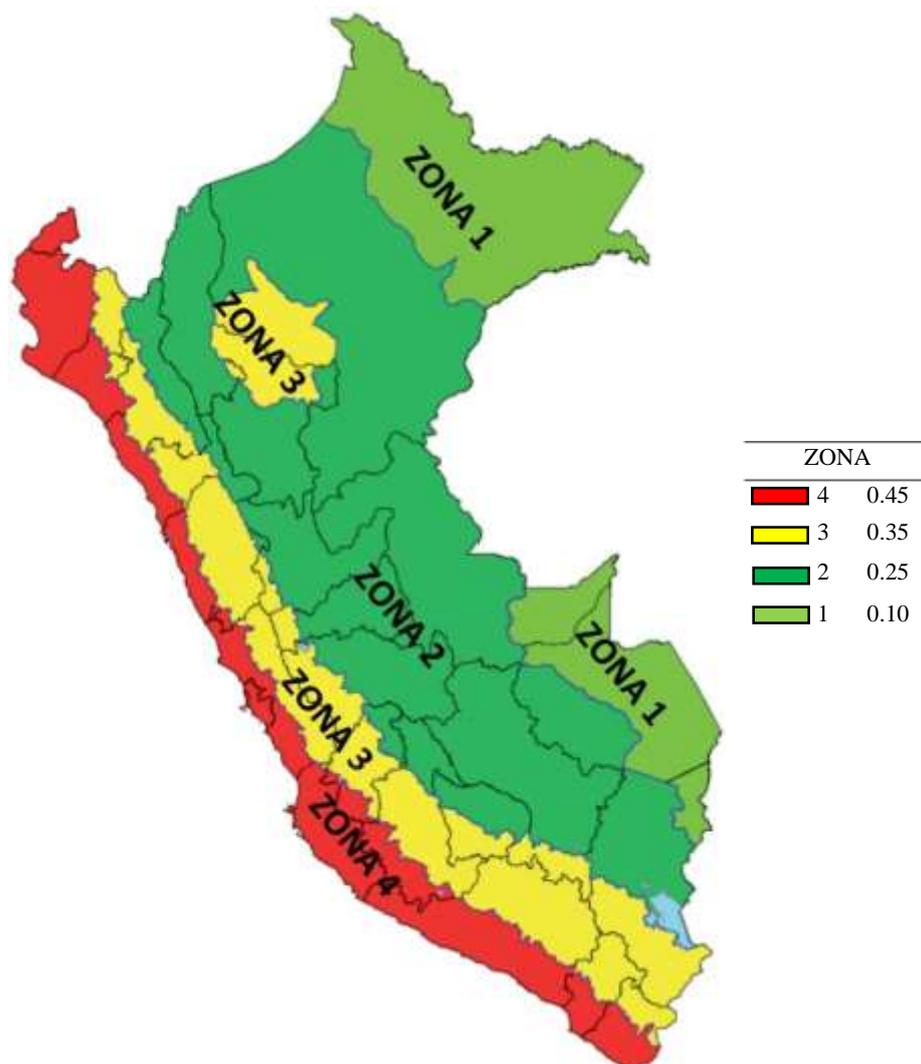


Figura 2. Mapa de zonificación sísmica.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016

Se puede indicar que uno de los riesgos a que una infraestructura no resista eventos sísmicos moderados, son los tipos de materiales utilizados para la construcción de edificaciones, debido a esto en la ciudad de Cajamarca, se debería de construir con materiales que cumplan con normas y especificaciones técnicas, pero en la ciudad de Cajamarca, los pobladores construyen sus viviendas teniendo en cuenta su economía, dejando de lado la seguridad y la calidad de los materiales en sus construcciones.

Las unidades de albañilería constituyen el material más usado en la construcción de edificaciones. Hoy en día su uso es más generalizado, en especial en edificios de mediana altura donde abundan los muros. En tal sentido se observa la necesidad de dar utilidad a los mismos de manera que no actúen como simples elementos divisorios de ambientes, sino como elementos estructurales portantes y resistentes frente a todas las acciones externas como movimientos sísmicos (Rosas, 2004).

Una de las características estructurales de mayor importancia de la albañilería es la resistencia a compresión diagonal. Esta resistencia dependerá directamente de las propiedades de los materiales que conforman la albañilería, el tipo de mortero y espesor de la junta que determina la adherencia entre las unidades de albañilería. Para el caso del mortero, depende de que el cemento logre el mayor grado de hidratación posible, haciendo necesario evitar que el mortero pierda el agua de mezcla, y el espesor de junta es un indicador muy importante para esta característica (Bonilla, 2006).

Las unidades de albañilería artesanal debido a su bajo costo son utilizadas en la mayoría de las edificaciones en la ciudad de Cajamarca. En consecuencia, no se toma en consideración las demás opciones de unidades de albañilería, como es el caso de las unidades de albañilería semi industrial de arcilla que se fabrica y comercializa por Cerámicos Cajamarca S.R.L., como una opción de ser utilizado en las construcciones de edificaciones.

Es importante que la construcción de una edificación técnicamente cumpla las normas vigentes de tal manera que ofrezcan una buena resistencia en sus dos sentidos principales (densidad de muros), pero esto no ocurre en la mayoría de las viviendas observadas en la ciudad de Cajamarca. Con respecto a los materiales de construcción, el bajo nivel económico de la mayoría de la población, no les permite adquirir materiales de buena calidad para construir sus viviendas (Lulichac, 2015).

El ensayo más utilizado para determinar la resistencia a compresión diagonal es el de corte o compresión diagonal. Por la similitud de la falla del ensayo con la forma de corte de ciertos muros de edificaciones ante acciones sísmicas, muchos investigadores lo han considerado como un ensayo representativo ideal (Gallegos & Casabonne, 2005).

1.1.2. Descripción del problema

En el Perú las unidades de albañilería es el material más usado, con el 55.8%, según la Figura 1. Es así que, en la ciudad de Cajamarca, el uso de los ladrillos artesanales se ha convertido en uno de los principales factores que generan vulnerabilidad sísmica, al ser empleados en edificaciones y estas tengan que resistir un posible evento sísmico, porque la mayoría de este material no cumplen con la norma E.070 (2006). Sin embargo, se tiene alternativas para reducir esa vulnerabilidad sísmica, y tiene que ver con adquirir unidades de albañilería semi industriales, que se fabrican y comercializan en la ciudad de Cajamarca. Además de ello, se debe de considerar el tipo de mortero y espesor de junta, los cuales son factores que influyen en la resistencia a compresión diagonal.

La investigación evaluará la influencia del tipo de mortero y espesor de junta en la resistencia a compresión diagonal usando ladrillos semi industriales fabricados por Cerámicos Cajamarca S.R.L.

El ensayo a compresión diagonal en muretes fabricados con ladrillos semi industriales permite determinar el valor de la resistencia a compresión diagonal, indicando que este ensayo se asemeja al efecto que podría causar el sísmico en los muros reales de las construcciones de albañilería.

Según refiere, Gallegos & Casabonne (2005), se tiene que indicar que el corte que produce el efecto de un sismo debe ser contrarrestado con los diseños planteados por los ingenieros estructuristas, pero esto no es suficiente ya que en la mayoría de casos se observa que el inadecuado material y la falta de dirección técnica influyen en los desastres en los elementos estructurales, es por ello que se pretende analizar la influencia del tipo de mortero y espesor de junta en la compresión diagonal de muretes fabricados con unidades de albañilería semi industrial, y de esta manera plantear alternativas de los usos de los materiales en las juntas de mortero, para poder aportar en los sistemas constructivos y el uso de materiales industriales que tengan certificación técnica aprobados.

1.1.3. Formulación del problema

¿Cuál es la influencia del tipo de mortero y espesor de junta en la resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con albañilería semi industrial de Cajamarca?

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.2.1. Aporte

El aporte de la presente investigación se plantea con la base de generar un análisis sobre la influencia que pueda generar los espesores de las juntas de mortero y el tipo de mortero y la utilización de unidades de albañilería semi industrial, que son empleados en las edificaciones con albañilería confinada.

Todo ello toma relevancia cuando se considera que las estructuras que más se construyen, tanto a nivel local como nacional, son las que usan unidades de albañilería, y por el hecho de que se encuentran en una ubicación geográfica con episodios sísmicos regulares, como se nota en la Tabla 2, además de ello el mapa de zonificación sísmica, Figura 2, sitúa a Cajamarca entre la zona 2 y 3, lo que indica que la probabilidad de aceleración máxima horizontal del suelo se debe de tener en cuenta para el diseño estructural.

Tabla 2.
Sismos reportados por año.

Año	Cantidad de sismos
2005	156
2006	106
2007	198
2008	134
2009	142
2010	151
2011	149
2012	226
2013	220
2014	240
2015	277
2016	413
2017	397
2018	619

Fuente: IGP, 2019.

Por lo mencionado, se hace necesario realizar una investigación que logre identificar si al tener diferentes espesores, diferente mortero y utilizar unidades de albañilería semi industrial en la construcción de muros de albañilería, afectará a la resistencia a la compresión diagonal y en qué porcentaje tiene influencia en los efectos sísmicos.

1.2.2. Uso

El presente trabajo de investigación busca establecer qué influencia existe, de acuerdo a las combinaciones entre espesores, tipo de mortero y el uso de unidades de albañilería semi industrial, en la resistencia a compresión diagonal de muretes de

albañilería confinada. Con el fin de estimar los efectos relativos que ocasionarían la acción de un sismo.

Los resultados obtenidos podrán generar una mayor certeza, en ingenieros proyectistas, ingenieros dedicados a la ejecución de obras, con la finalidad de realizar diseños adecuados y construcciones confiables en sistemas de albañilería confinada.

1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

- a. El trabajo de investigación ha considerado solamente un tipo de ladrillo semi industrial conocido como ladrillo King Kong de 18 huecos tipo IV, los cuales son fabricado por Cerámicos Cajamarca SRL.
- b. El agregado para el mortero, corresponde a la cantera “La Victoria”, ubicada en el Km 2.7 de la carretera Cajamarca – Jesús.
- c. Para la elaboración del mortero se usó cemento Pacasmayo Tipo I, el cual es de uso común.
- d. Los ensayos a compresión diagonal de los muretes se realizaron a la edad de 28 días.
- e. Las dosificaciones de los morteros son: el primero con cal en proporción 1:1/2:4 y el segundo sin cal de proporción 1:4 (tipo P2), según la norma E.070 (2006) - Albañilería.
- f. Los espesores de las juntas del mortero utilizados son 1 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3 cm y 4 cm.
- g. La investigación se inició en abril del año 2018, por lo que la información obtenida de parte de las personas colaboradoras y otros aspectos como, el uso de mano de obra, materiales, costos, corresponden a este año; lo que podría variar en años posteriores.

h. En la presente investigación se determinó propiedades físicas y mecánicas del ladrillo semi industrial fabricado por Cerámicos Cajamarca S.R.L y el ensayo a compresión diagonal con diferentes morteros y espesores de junta; no se evaluó el proceso de fabricación, ni los materiales usados para la fabricación de los ladrillos semi industriales.

1.4. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Las normativas vigentes presentan un vacío respecto a la resistencia a compresión diagonal en la albañilería; la Norma E.070 (2006) es la única fuente de comparación en los valores de la resistencia a compresión diagonal de la albañilería.

1.5. OBJETIVO

1.5.1. Objetivo general

Determinar la influencia del tipo de mortero y espesor de junta en la resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con albañilería semi industrial de Cajamarca.

1.5.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar las propiedades físico – mecánicas más representativas de las unidades de albañilería semi industrial.
- ✓ Determinar las propiedades del mortero.
- ✓ Determinar la resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con albañilería semi industrial de Cajamarca, con espesores de junta de 1 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3, cm y 4 cm.
- ✓ Determinar la resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con albañilería semi industrial de Cajamarca, con mortero tipo P2, con y sin cal.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN O MARCO REFERENCIAL

– Internacionales

Sánchez et al. (2017), en su investigación “Propuesta de valores de referencia para la resistencia de diseño a compresión diagonal y compresión de la mampostería en el estado de Guerrero, México”, indicaron que se realizó para proponer indicadores de resistencia de diseño a compresión diagonal y compresión de la albañilería de la ciudad de Guerrero. Como primer parámetro se propuso 0.45 MPa y 0.20 MPa en mampostería de tabique recocido y bloques huecos, respectivamente, unidos con morteros tipo I y II. Concluyendo del análisis realizado que, la resistencia a compresión de diseño (f'_m) es de 1.9 MPa para cualquier tipo de pieza con mortero tipo I o II. Para el caso de la resistencia a compresión diagonal de diseño (v'_m) se propone 0.45 MPa en tabiques ligados con mortero tipo I y en tabiques de barro recocido, no teniendo en cuenta el mortero usado (I o II), mientras que el valor se reduce a 0.20 MPa considerando cualquier mortero en bloques huecos.

Fernández, L. et. al (2009), en la ciudad de Mérida – México. **Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto.** En esta investigación se presenta los resultados de 18 muretes de mampostería sujetos a una carga de compresión diagonal en su plano. Los muretes de mampostería fueron construidos con bloques de concreto y mortero representativo de la práctica constructiva de la ciudad de Mérida. Con base en los resultados de dichos muretes se determina que la resistencia a compresión diagonal de la mampostería depende de la adherencia bloque – mortero. La falla típica de los muretes fue en la junta bloque – mortero, en ocasiones la falla fue sobre la diagonal y en otras por deslizamiento sobre las juntas horizontales.

Para explicar los diferentes tipos de falla, se desarrolla un modelo numérico de un murete de mampostería utilizando el Método de los Elementos Finitos y se analiza la distribución de esfuerzos que se obtiene. Finalmente, se propuso un valor de diseño para la resistencia a compresión diagonal de 1.8 kg/cm^2 y se determinó una relación promedio entre los módulos de cortante y de elasticidad de la mampostería de 0.42.

– **Nacionales**

Chura (1994), Estudio del espesor del mortero en muros de albañilería de arcilla cocida. Tesis Ing. Civil. Lima, UNI, se determinó la influencia del espesor del mortero en las propiedades de resistencia del muro de albañilería, principalmente en la resistencia a la compresión axial, resistencia a la tracción diagonal y adherencia entre la unidad y el mortero. Para tal propósito se fabricaron pilas y muretes variando el espesor del mortero entre las unidades de albañilería. Encontrándose resultados satisfactorios que permitirán complementar a la escasa información existente en nuestro medio y conocer más de cerca la importancia del espesor del mortero en el muro de albañilería. En donde concluyó que, las resistencias máximas obtenidas por el muro de ladrillo King Kong de $8.5 \times 12.5 \times 21 \text{ cm}$, tomando en cuenta el espesor de mortero, fueron de 1 a 2 cm para adherencia, 0.5 a 1.5 cm a compresión axial y 1 cm para tracción diagonal.

Estrella (2018), en su tesis “Influencia de la adherencia de tabiquería con masa Dun Dun en su comportamiento estructural, Lima 2018”, indica que tiene como fin el de encontrar una relación entre el mortero, la adherencia brindada por este elemento, con su comportamiento en estructuras de albañilería, para ello consideró realizar el ensayo de resistencia a la compresión diagonal teniendo como resultado 2.1 kg/cm^2 , lo cual de acuerdo a los cálculos hechos en los programas y modelamiento, se encuentra de acuerdo a norma. Por otra parte, el ensayo de resistencia a la compresión de pilas

generó un valor promedio por debajo de lo esperado, con respecto a estudios anteriores, siendo este de 9.6 kg/cm^2 .

San Bartolomé (1980), Comportamiento de elementos de albañilería en ensayos de compresión diagonal y corte directo.

Se evaluó que, al emplear un espesor de 2 cm en la junta de mortero, disminuye la resistencia al corte en 25% en relación a utilizar un espesor de 1cm.

– **Locales**

Sánchez (2013), en su tesis “Comparación de adherencia entre 2 tipos de ladrillo – 2 tipos de mortero”. Ing. Civil. Cajamarca UNC.

Tuvo como objetivo principal comparar la adherencia ladrillo – mortero como expresión de sus valores de resistencia a carga axial, resistencia a corte, módulo de elasticidad y además el costo de elaboración de cada muro elaborado con ladrillo industrial de arcilla o el ladrillo artesanal de concreto con mortero (tipo S o tipo P2) con cal o sin cal. De todos los muretes realizados se determinó que aquel que presentaba mayor adherencia fue la combinación 1, ladrillo artesanal con mortero tipo S o tipo P2, así como el segundo menor costo para su fabricación.

Sáenz (2016), Influencia del espesor de la junta de mortero en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería. Tesis Ing. Civil. Cajamarca UPN.

Se busca generar información que permita tener datos de resistencia de pilas (f'_m) para diferentes espesores de junta de mortero, que se utilizan comúnmente y que no están especificados en la Norma E.070 (2006); así mismo determinar la influencia del espesor de junta de mortero en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería, utilizando ladrillos fabricados artesanalmente de la ladrillera La Paccha – El Cerrillo y

en el mortero arena de cerro de la cantera El Gavilán. Se concluyó que la influencia disminuye en todos los casos, entre los espesores variaba en 6.35%, de 1.0 a 1.5 cm, 5.15% de 1.5 a 2.0 cm; 13.07% de 2.0 a 3.0 y 10.26% de 3.0 a 4.0 cm.

Idrogo (2015), Determinación de la Resistencia a Compresión Diagonal y el Módulo de Cortante de la Mampostería de Bloques huecos de concreto elaborados artesanalmente en la ciudad de Cajamarca. Tesis Ing. Civil. Cajamarca UNC.

Se determinó los esfuerzos de compresión diagonal y el módulo cortante en muretes construidos con bloques huecos de concreto producido artesanalmente de la fábrica del señor Félix Dilas Díaz, del sector San Martín de la ciudad de Cajamarca. Para lo cual se construyeron 20 muretes (10 con dimensiones de 60 cm x 12 x 60 cm y 10 con dimensiones 60 x 14 x 60 cm), los cuales fueron refrentados con un mortero yeso cemento con un espesor de 3 mm, para ser ensayados a los 28 días de construidos, obteniéndose una resistencia al corte $V'm = 5.63 \text{ kg/cm}^2$ (0.55 MPa) y un módulo de corte $Gm = 2640.03 \text{ kg/cm}^2$ (258.99 MPa) para los muretes elaborados con los bloques de 12 cm de espesor y $V'm = 5.49 \text{ kg/cm}^2$ (0.54 MPa) y un $Gm = 2065.35 \text{ kg/cm}^2$ (202.61 MPa) para los muretes elaborados con bloques de 14 cm de espesor.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Albañilería o mampostería

Se define a la albañilería como un conjunto de unidades trabadas o adheridas entre sí con algún material como el mortero de barro o de cemento. Las unidades pueden ser naturales (piedras) o artificiales (adobe, tapias, ladrillos y bloques). Este sistema fue creado por el hombre a fin de satisfacer sus necesidades principalmente de vivienda. (San Bartolomé, 2001).

La albañilería es un material heterogéneo y anisótropo que tiene, por naturaleza, una resistencia elevada a la compresión, dependiente principalmente de aquella de la propiedad de la unidad y mientras la resistencia a la tracción es reducida y está controlada por la adhesión entre la unidad y el mortero. (Gallegos & Cassabone, 2005).

Aguirre (2004), manifiesta que la albañilería es el material más utilizado en la construcción de viviendas en el Perú, pues atiende a un sector de la población del país específico (clase media a baja) y mayoritario. Las viviendas de albañilería son económicas y están al alcance de las clases sociales populares, cuya demanda está entre 2 a 5 pisos; se tiene una ventaja económica de hasta 25% respecto a una solución aporticada u otro tipo.

Aguirre (2004), la calidad estructural de la albañilería simple se puede medir en función de la resistencia a la compresión, el módulo de elasticidad, la resistencia al corte y el módulo de corte de la albañilería, que a su vez es dependiente de la calidad de la unidad, del mortero y de la mano de obra empleada.

En el Perú y en Sudamérica, el sistema estructural denominada albañilería de ladrillos de arcilla, es el sistema más reconocido en nuestro medio no solo por el gran inventario de edificaciones existentes sino porque la albañilería es y será en una sociedad en desarrollo el principal material estructural para la satisfacer la creciente demanda urbana (Horna, 2015).

Este sistema ampliamente difundido en nuestro medio, es el fundamento de la construcción de más del 43% de las viviendas de nuestro territorio. Pero la inexistencia de un adecuado control de calidad durante la etapa constructiva y una configuración estructural bastante deficiente; representan un peligro latente y una fuente de daños frente a un movimiento sísmico de magnitud considerable, es por ello que al construir

una vivienda sin seguir las normas de diseño sísmico, las normas de diseño de albañilería y las recomendaciones estipuladas en el reglamento de construcción podrían ocasionar daño estructural y por ende daños personales a los habitantes (Horna, 2015).

Historia de la albañilería en la construcción

Viviescas (2009), Considera la albañilería como un material antiquísimo, pero ello no supone que el conocimiento de su comportamiento ante las diferentes sollicitaciones de estructuras construidas con este material se encuentre plenamente desarrollado. La albañilería, está presente a través de la historia de la humanidad desde tiempos inmemoriales en diversos tipos de construcciones, es así como estas son consideradas como patrimonio histórico de la misma. Su construcción consiste en la superposición de bloques de piedra o unidades de ladrillos, dispuestas las unas sobre las otras, bien sea a junta seca o con algún material ligante como el mortero. Esta técnica ha constituido un procedimiento de construcción exitoso durante miles de años. Su éxito ha estado basado en la facilidad de su construcción, anteriormente descrita y en la gran disponibilidad de los materiales constituyentes necesarios, así como en la durabilidad de este tipo de construcciones, cuyas manifestaciones pueden apreciarse hoy en día. Basta citar grandes monumentos tales como, el Coliseo Romano, numerosos puentes en arco, un gran número de ellos construidos durante la expansión del Imperio Romano y presentes en la actualidad en diversos países europeos. Igualmente cabe mencionar al importante número de Catedrales e Iglesias existentes en Europa.

San Bartolomé (2001), en siglo XVIII, se desata en Inglaterra la Revolución Industrial, y conjuntamente la Industrialización en la fábrica de ladrillos. Es en esta época que se inventan máquinas como trituradoras, mezcladoras, y prensas para moldear mecánicamente el ladrillo, se conoce que se empleaban 2 kg de carbón para

hornear 1 kg de arcilla. En cuanto al Perú los ladrillos de arcilla llegan en la época de la colonia española, instalándose la primera fábrica de ladrillos en Lima en el año 1856.

El estudio de la albañilería inicia posteriormente en los años 1913 en Estados Unidos y en la India en 1920. En el Perú la investigación inicia recién en la década de los 70 con escasos resultados obtenidos hasta el año 1982, y sirvieron como base para la elaboración del primer reglamento de albañilería (E.070 (2006), ININVI-82), continuando las investigaciones hasta la fecha. Debemos destacar que a diferencia de otros materiales como el acero y el concreto armado, la adaptación de las normas de diseño extranjeras, resultan inaplicables al caso de la albañilería peruana, debido a la enorme diferencia que se presenta en los materiales de construcción, la mano de obra y las técnicas de construcción aplicadas en otros países.

2.2.2. Construcciones de albañilería

Estas construcciones pueden tener diversos fines, como, por ejemplo: viviendas, tanques de agua, muros de contención, etc. sin embargo, debe indicar que tiene limitaciones para transmitir sus cargas adecuadamente durante su vida útil. (San Bartolomé, 2001).

2.2.3. Construcciones de albañilería estructural

Son las construcciones de albañilería que han sido diseñadas racionalmente, de manera que las cargas durante su vida útil se transmitan adecuadamente a través de los elementos de albañilería. (San Bartolomé, 2001).

2.2.4. Clasificación de la albañilería

La albañilería se clasifica de dos maneras:

- Por la función estructural y solicitaciones actuantes.
- Por la distribución del Refuerzo. (San Bartolomé, 2001).

2.2.4.1. Clasificación por la función estructural.

Por la función que desempeña los muros, se clasifican en Portantes y No Portantes.

A. Muros portantes.

Son los que se emplean como elementos estructurales de un edificio. Estos muros están sujetos a todo tipo de solicitaciones, tanto contenida en su plano como perpendicular al mismo, tanto vertical como lateral, así como generalmente o eventualmente. (San Bartolomé, 2001).

B. Muros no Portantes.

Son los que no reciben carga vertical, son por ejemplo los cercos, parapetos y tabiques, estos muros se deben diseñarse básicamente para cargas perpendiculares a su plano, no se diseñan para acciones sísmicas. (San Bartolomé, 2001).

Los cercos se emplean como elementos de cierre en los linderos de una edificación o de un terreno. (San Bartolomé, 2001).

Los tabiques son utilizados como elementos divisorios de ambientes en los edificios y los parapetos son utilizados como barandas de escaleras, cerramientos de azotea, etc. (San Bartolomé, 2001).

2.2.4.2. Clasificación por la distribución del Refuerzo.

De acuerdo con la distribución del refuerzo, los muros se clasifican en:

- Muros no reforzados o de albañilería simple.
- Muros reforzados.

A. Muros no reforzados o albañilería simple.

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

Cabe destacar que un muro de albañilería no reforzada presenta prácticamente la misma resistencia a fuerza cortante que un muro confinado de igual característica; sin embargo, las columnas de confinamiento incrementan la rigidez lateral del muro de confinamiento. (San Bartolomé, 2001).

B. Muros Reforzados.

De acuerdo a San Bartolomé (2001), considerando la disposición del refuerzo, los muros reforzados se clasifican en:

- **Muros Armados:** Los muros se caracterizan por llevar el refuerzo en el interior de la albañilería. Este refuerzo generalmente distribuido a lo largo de la altura del muro (refuerzo horizontal) como de su longitud (refuerzo vertical).
- **Muros Laminares:** Este muro está constituido por una placa delgada de concreto reforzado con una malla de acero central, y por dos muros de albañilería simple que servirán como encofrado de la placa.

A la fecha no hay construcciones en el Perú con este sistema. Pero en Estados Unidos (California), se ha utilizado este tipo sistema para la construcción de edificios de hasta 20 pisos.

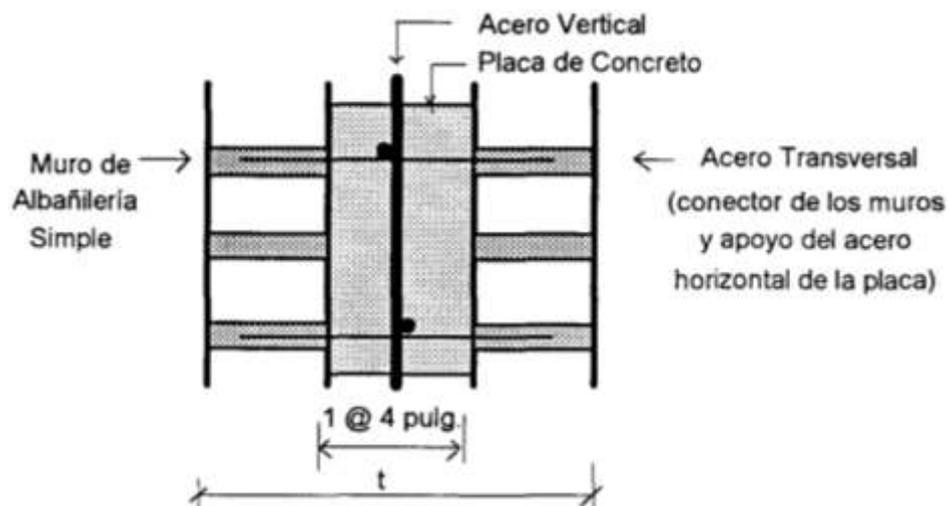


Figura 3. Sección transversal de un muro laminar.

Fuente: San Bartolomé, 2001.

- **Muros confinados:** La albañilería confinada se define como aquella que se encuentra íntegramente bordeada por elementos de concreto armado. (San Bartolomé, 2001)

2.2.5. Componentes de la albañilería.

La albañilería está constituida de los siguientes elementos básicos: la unidad de la albañilería (ladrillo o bloque), el mortero que sirve para unir las unidades (mortero) y otros materiales que sirven como refuerzo (acero) y complementan el sistema, como son el concreto o concreto líquido (San Bartolomé, 2001).

2.2.5.1. Unidad de Albañilería

Las unidades de la albañilería, que es la pieza fundamental de la construcción; su composición y denominación están ligadas íntimamente a la materia prima de su composición. Una unidad puede ser de arcilla, concreto y la mezcla de sílice y cal. Su forma lo adquiere por el proceso de moldeo y compactación, es por eso que en el mercado existe diferentes formas y tamaños. Las unidades pueden ser clasificadas como unidades artesanales, semi industriales e industriales, esta denominación que se les otorga está en función al proceso de elaboración para su fabricación y al cumplimiento de estándares de calidad (San Bartolomé, 2001).

2.2.5.1.1. Clasificación por sus dimensiones

De acuerdo con las dimensiones o por su tamaño se clasifican en:

A. Ladrillo.

Se les llama ladrillo cuando pueden ser manipulados y asentados con una mano, ya que su forma y peso lo permiten. Los ladrillos se usan en la construcción de albañilería confinada y sus dimensiones comunes son: ancho 11cm a 14cm, largo 23 a 29 cm, altura 6 a 9cm y no exceden los 4 kilos. (Gallegos & Cassabone, 2005)

B. Bloque.

Se les llama bloques, cuando por su peso y dimensiones son manipulables con las dos manos. Los bloques se utilizan en las edificaciones de albañilería armada y para el caso de los bloques de concreto vibrado las dimensiones son de 14 a 19cm de espesor, 19 o 39 cm de longitud y 19 cm de altura, el peso puede variar entre 12 y 20 kg. (San Bartolomé, 2001)

2.2.5.1.2. Clasificación por su tipología.

La tipología de las unidades se base en función al área neta, medida en proporción a la superficie bruta de la cara de asiento, y con las características alveolares. Y se clasifican de la siguiente manera. (Gallegos & Cassabone, 2005).

- **Unidades solidas o macizas:** En estas unidades las perforaciones perpendiculares a la cara de asiento no pueden superar el 30 % del área de la sección bruta. (San Bartolomé, 2005). La mayoría de las unidades solidas en el mercado son ladrillos artesanales (solido), mientras que los industriales presentan entre 18 y 24 perforaciones pequeñas.
- **Unidades huecas.** En las unidades huecas el área alveolar excede el 30% del área bruta y los alveolos tienen dimensiones tales que pueden llenarse con concreto liquido. (Gallegos & Cassabone, 2005).
- **Unidades alveolares:** Las unidades perforadas tienen, como las unidades huecas, más del 30 % del área bruta ocupada por alveolos; se diferencian de ellas por el hecho de que los tamaños de los alveolos son reducidos (menores a 4 x 5 cm) y consecuentemente no pueden ser llenados con concreto líquido. (Gallegos & Cassabone, 2005).

- **Unidades tubulares:** En estas unidades los alveolos son como en las unidades huecas o perforadas, perpendiculares a la zona de asiento, sino que paralelos a esta. (Gallegos & Cassabone, 2005).

2.2.5.1.3. Clasificación por su materia prima y fabricación.

Por su materia prima, las unidades de albañilería son básicamente hechas de arcilla, concreto y silico – calcáreas.

A. Unidades de arcilla.

También conocido como ladrillos cerámicos, estos ladrillos tienen como base fundamental la arcilla, el formado de estas unidades se realiza por casi todos los métodos del moldeo, como se aprecia en la Tabla 3.

Tabla 3.
Aplicabilidad de los métodos de formado a las diferentes materias primas para unidades de albañilería

UNIDAD	CORTE	MOLDEO			Extrusión
		Sin Presión	Con Presión	Vibración Vibro - Presión	
Arcilla		x	x		x
Concreto		x		x	x
Sílice - Cal	x		x		
Suelo - Cemento		x	x		

Fuente: Gallegos & Cassabone, 2005.

En consecuencia, el método de formado define en cierto modo la gama del producto, su calidad y variabilidad de sus propiedades y su textura (en base al tipo del molde). Por estar compuesto de arcilla estas unidades poseen un color que va del color amarillo al rojo. La materia básica de estas unidades son arcillas compuestas por sílice y alúmina con cantidades variables de óxidos metálicos y otros ingredientes. (Gallegos & Cassabone, 2005).

En términos generales la arcilla se clasifica en arcillas calcáreas y no calcáreas. Las primeras contienen alrededor de un 15% de carbonato de calcio y producen ladrillos de color amarillo. Las segundas están compuestas de silicato de alúmina y quemadas a un

color de rojo salmón dependiendo del contenido de óxido de hierro. Las mejores arcillas para la elaboración de unidades son las impuras, estas son denominadas así por la presencia de arena y limo en su composición. Un porcentaje del 33 de arena y limo es el adecuado para para reducir las contracciones y agrietamientos en el momento del secado y la quema. (Gallegos & Cassabone, 2005).

B. Unidades de Concreto.

Se producen de forma sólida y hueca. Su composición está dada por una mezcla de cemento, agregado y agua, la dosificación varía de acuerdo con la calidad de la unidad que se desea obtener. Tienen un color gris o gris verdoso característico. (Gallegos & Cassabone, 2005).

C. Unidades sílico - calcáreas.

Se producen en los tipos sólidos, huecos y perforados. Tienen un color característico de blanco con un ligero tinte gris. Su composición está dada por la cal (viva o hidratada), arena natural o roca triturada con un contenido de sílice del 75 % en su estructura. (Gallegos & Cassabone, 2005).

2.2.5.1.4. Clasificación de la unidad para fines estructurales.

Según la Norma Peruana Técnica E.070 (2006), Albañilería, las unidades de albañilería para efectos estructurales tendrán las características indicadas en la Tabla 4.

Tabla 4.
Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2.0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes.

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

Fuente: Norma E.070, 2006.

2.2.6. Propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería.

Si tomamos en cuenta a Gallegos & Cassabone (2005), las propiedades fundamentales de las unidades de albañilería deben de comprenderse en relación con el producto final, que vendría a ser la albañilería. Considerando lo mencionado, estas propiedades que están asociadas con la resistencia estructural son: resistencia a la compresión, variabilidad dimensional con relación a la unidad nominal (con énfasis en la altura de la unidad), alabeos (medidos como concavidades o convexidades en las superficies de asentamiento), succión. Adicionalmente, existen propiedades que se vinculan a la apariencia física, tales como el color, la textura; que son indicadores para determinar la aceptación de unidades.

A. Propiedades físicas de la unidad de albañilería.

Las propiedades físicas de la unidad son aquellas que se pueden medir u observar sin alterar la composición de la sustancia y sin destruirlas.

La norma E.070 (2006) en su artículo 5.5 Aceptación de la unidad, nos menciona ciertas propiedades físicas que deben verificarse. Estas características físicas no definen en su totalidad la certeza su comportamiento estructural del elemento. Las características físicas a verificarse son las siguientes.

- No tener en su estructura cuerpos extraños.
- Color uniforme.
- Sin resquebrajaduras o grietas.
- Debe tener sonido metálico al golpearlo.
- Variabilidad dimensional.
- Alabeo.
- Succión
- Absorción.
- Área de huecos % de vacíos.

➤ **Variación dimensional**

Es la relación de imperfección de la forma geométrica del ladrillo ideal con el ladrillo que uno tiene en mano. Es inminente la variación de la forma geométrica debido a la contracción que sufre la unidad en el momento del secado y quemado.

La variabilidad dimensional define la altura de las hiladas, ya que se manifiesta con mayores variaciones, en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo estrictamente necesario por adhesión, que es de 9 a 12 mm, conduciendo a una albañilería menos resistente en compresión. (Gallegos & Cassabone, 2005).

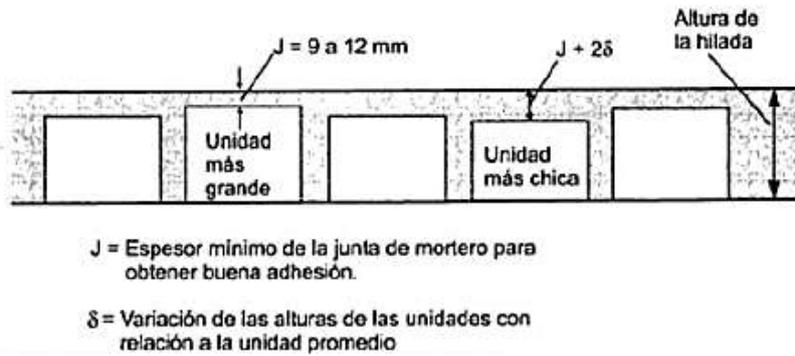


Figura 4. Unidades de albañilería de concreto.

Fuente: Gallegos & Cassabone, 2005.

El ensayo de variación dimensional determina el espesor de las juntas. Se debe mencionar que, por cada incremento de 3 mm en el espesor de las juntas horizontales, adicionales al mínimo requerido de 10 mm, la resistencia a compresión y al corte de la albañilería disminuye en 15% aproximadamente. (San Bartolomé, 2001).

Según la norma E.070 (2006), nos indica en la Tabla 4, las dimensiones de variación dimensional que pueden ser aceptados, de acuerdo, a la clase de ladrillo con la que se esté trabajando. Considerando la presente norma, el espesor de las juntas de mortero será como mínimo 10 mm y el espesor máximo será de 15 mm o dos veces la tolerancia dimensional en la altura de la unidad de albañilería más 4 mm y se escoge el que sea mayor.

➤ **Alabeo.**

El alabeo es la variación dimensional o deformación de la cara de asentamiento del ladrillo. El cual presenta deformaciones de forma cóncava y convexa. La deformación cóncava presenta espacios vacíos o ligero hundimiento en la cara del ladrillo. Convexo presenta deformaciones de forma elevada, una especie de pequeña montaña. El efecto de alabeo es semejante al de la variación dimensional, ya que se

manifiesta con mayores variaciones, en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo estrictamente necesario por adhesión, que es de 9 a 12 mm, conduciendo a una albañilería menos resistente en compresión. (Gallegos & Cassabone, 2005).

El mayor alabeo conduce a un mayor espesor de junta, así mismo, puede disminuir la adherencia, ya que, al formarse vacíos en las zonas más alabeadas, o incluso puede producirse fallas de tracción por flexión en la unidad. (San Bartolomé, 2001).

Las dimensiones máximas admisibles para el alabeo según la norma E.070 (2006), se muestran la Tabla 4, de donde se desprende que, se tendrían, según la clase de unidad de albañilería, un máximo de 2 mm (Ladrillo V) hasta 10 mm (Ladrillo I).

➤ **Succión.**

Para fines de asentado de ladrillos la succión es la velocidad inicial de absorción en la cara de asiento de la unidad. La succión es necesaria para el íntimo contacto del mortero con la unidad. La succión es la medida de la avidez del agua de la unidad de albañilería en la cara de asiento y es la característica fundamental para definir la relación mortero-unidad en la interface de contacto y por lo tanto, la resistencia a tracción de la albañilería. Una succión alta produce que el mortero, debido a la rápida pérdida de agua, que es absorbida por la unidad, se deforma y se endurece, lo que impide un contacto completo e íntimo con la cara de la siguiente unidad. El resultado es una adhesión pobre e incompleta, dejando uniones de baja resistencia y permeables al agua. (Gallegos & Cassabone, 2005).

De acuerdo con la NTP 331.017 (2015), tanto en ambientes controlados como en el campo, la investigación de la velocidad inicial de absorción (succión), ha concluido que mediante los métodos de construcción comunes no se logran juntas fuertes e impermeables entre el ligante (mortero) y las unidades de albañilería cuando estas son asentadas teniendo excesivas velocidades iniciales de absorción. La succión en el campo depende del contenido de humedad de la unidad de albañilería y se determina de acuerdo con el ensayo de campo de la velocidad inicial de absorción de la ASTM C 67. Las unidades que tienen este tipo de ensayo en campo en promedio superior a 30 g/min por 194 cm², deberían de tener una succión reducido por debajo de 30 g/min por 194 cm² previo a asentado. Para eso, las unidades de albañilería se pueden humedecer inmediatamente antes de ser asentadas, pero es preferible realizarlo completamente de 3 a 24 horas previas a su uso, para dejar tiempo a que la humedad se distribuya en toda la unidad.

➤ **Absorción.**

La absorción es la medida de transferencia del agua desde un medio externo a una unidad de albañilería (ladrillo). Una absorción elevada (más de 22%) indica que el ladrillo es poroso y de baja resistencia a la acción de la intemperie. Para obtener la durabilidad de las unidades de albañilería se deberán realizar el ensayo de absorción. Si una unidad tiene un alto índice de absorción quiere decir que será más porosa, por ende, menos resistente al intemperismo.

El límite máximo de absorción que especifica la Norma E.070 (2006), para las unidades de arcilla es de 22%.

➤ **Área de huecos o porcentaje vacíos.**

El área de huecos en una unidad o el también denomina la relación del porcentaje de vacíos en la unidad. Es una característica por el cual se denomina a una unidad

como solida o hueca. Será solida si las perforaciones perpendiculares a la cara de asiento no pueden superar el 30 por ciento del área de la sección bruta y caso contrario será Hueca. (San Bartolomé, 2005).

Se debe tener en cuenta que las perforaciones pueden favorecer la cocción interna de los ladrillos de arcilla, pero en exceso pueden ocasionar una falla frágil cuando la unidad está bajo esfuerzos de compresión.

Por tal razón se recomienda emplear ladrillos con un máximo de 30% de perforaciones en la cara de asentado.

B. Propiedades mecánicas de las unidades de albañilería.

Las propiedades mecánicas de la unidad de albañilería están relacionadas con las fuerzas exteriores que se ejercen sobre ellos. Es así como la norma E.070 (2006), describe las propiedades de la unidad asociadas a la resistencia de la albañilería, las cuales son las siguientes:

- Resistencia a la compresión.
- Resistencia al corte.

➤ **Resistencia a la compresión (f'_b)**

La resistencia unitaria se expresa como el valor de la carga de rotura dividida entre el área bruta. En el cálculo de la resistencia a compresión antiguamente se trabaja con el área neta de la unidad. Ello daba cabida a que las fábricas produzcan ladrillos huecos, lo cual elevaba la resistencia a compresión. Actualmente se calcula con el área bruta. Con lo cual esas unidades huecas se clasifican en un rango inferior. (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2011).

La resistencia a compresión es, por sí sola, la principal propiedad de la unidad de albañilería. Los valores altos de la resistencia a la compresión señalan una

buena calidad para fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio, son muestras de unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable. Lamentablemente esta propiedad es difícil de medir adecuadamente. De un lado la gran variedad de formas y dimensiones de las unidades, principalmente de las alturas, impiden relacionar el resultado del ensayo a compresión con la verdadera resistencia de la masa componente. Esto se debe a los efectos de la forma y de la esbeltez en el valor medido y a la restricción, ocasionada por los cabezales de la maquinaria de compresión, que modifica el estado de esfuerzos en la unidad. (Gallegos & Cassabone, 2005).

Los principales componentes de la resistencia a la compresión de la albañilería son: la resistencia a la compresión del ladrillo (f'_b), la perfección geométrica del ladrillo, la calidad de mortero empleado para el asentado de ladrillo y la calidad de mano de obra empleada.

Según la Norma E.070 (2006), la resistencia a la compresión de la unidad define el tipo de ladrillo como se muestra la Tabla 4.

➤ **Resistencia al corte (tracción diagonal)**

Se utiliza el ensayo con mucha frecuencia por la similitud en la forma de falla que se genera, con la forma en que fallan ciertos muros en edificaciones ante acciones sísmicas, Figura 5. De acuerdo a muchos investigadores, este tipo de ensayos sería el más representativo, aunque las condiciones de borde son, en su mayoría, diferentes entre ensayo y realidad. Lo hace ideal puesto que, la forma en que se realiza el ensayo es simple y práctica para testear la resistencia al corte. (Gallegos & Cassabone, 2005).

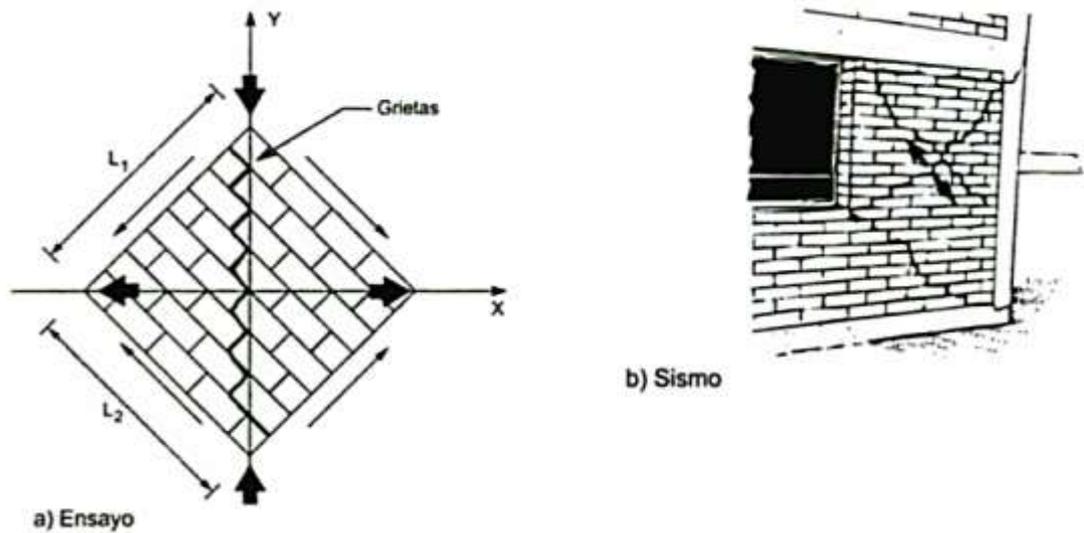


Figura 5. Similitud de la falla en el ensayo de corte (compresión diagonal) y en un sismo.
Fuente: Gallegos & Cassabone, 2005.

De acuerdo a la E.070 (2006), la resistencia a la compresión al corte (v_m) se determinará de manera empírica (tomando en cuenta tablas o registros históricos de la resistencia de las unidades) o a través de ensayos de prismas, teniendo en cuenta la importancia de la edificación y a la zona sísmica, tomando en cuenta lo que se indica en la Tabla 5.

Tabla 5.
Métodos para determinar (f_m) y (v_m).

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MÁS DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
(f_m)	A	A	A	B	B	A	B	B	B
(v_m)	A	A	A	B	A	A	B	B	A

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

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

Fuente: E.070, 2006.

2.2.7. Mortero

El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se considera lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610. (San Bartolomé, 2005).

El mortero cumple la función de asumir las inevitables irregularidades de las unidades y, sobre todo, la de unir las o adherirlas, así como también sellar las juntas contra la penetración de aire y de la humedad con relativa estabilidad en el proceso constructivo, proveyendo rigidez en la hilada para permitir el asentado de la siguiente hilada, y para formar, en última instancia, un conjunto durable, impermeable y con alguna resistencia a la tracción. (Gallegos & Cassabone, 2005).

2.2.7.1. Tipos de mortero

El tipo de mortero está en función a sus materiales que lo componen, a su proceso de fabricación y al uso que se le dará. (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2011).

A. Según su composición

Según los materiales que lo conformen se clasifican en:

- Morteros de cemento y cal.
- Mortero de cemento.
- Mortero de cal.

B. Según el proceso de fabricación.

Por la forma de elaboración o fabricación, un mortero puede ser artesanal e industrial.

➤ **Mortero artesanal.**

Son aquellos que se preparan a pie de obra, con la dosificación y control de calidad a criterio del albañil o encargado de obra. La dosificación, modo de preparación y cuidados posteriores a su elaboración de la mezcla, están sujetos a un conocimiento técnico no garantizado por no llevar estándares de calidad (pruebas de calidad). (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2011).

➤ **Mortero industrial.**

En el Perú, los morteros industriales vienen en 2 modalidades: embolsados (en seco) y premezclados (incluida el agua). El cuidado del mortero en bolsa debe tener el mismo cuidado que la bolsa de cemento. (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2011).

El mortero premezclado recibe el nombre comercial de mortero de larga vida. Su duración es 24, 48 y 72 horas; pasado ese lapso, debe de ser descartado. (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2011).

Estos morteros deben de cumplir las condiciones funcionales y de calidad fijadas en la normativa peruana.

C. Según la norma E.070 (2006) – Albañilería

La norma E.070 (2006), menciona la existencia de tipos de mortero que están en función al uso que se les dará. La Tabla 6 muestra los tipos de mortero que nos plantea la citada norma.

Tabla 6.
Tipos de mortero

TIPO	COMPONENTES			USOS
	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	6	Muros no Portantes

Fuente: Norma E.070, 2006

2.2.7.2. Proporciones para el mortero según la Norma E 070 de Albañilería.

El adecuado manejo de las proporciones nos proporciona una mezcla pastosa, pegajosa y retentiva, que sea trabajable con el badilejo y que provea adhesión fuerte, completa y durable con unidades de albañilería. En términos cuantitativos, las características anteriores se pueden materializar cuando los morteros tienen los ingredientes correctos, una consistencia de 100 -150 % y una receptividad mayor a 0.75. (Gallegos & Cassabone, 2005).

Las mezclas usuales de mortero, en volumen, se indica en la Tabla 6, la cual está en concordancia con la norma E.070 (2006).

2.2.7.3. Espesor del Mortero

El espesor de juntas del mortero será como mínimo 10 mm y un máximo de 15 mm dos veces la tolerancia dimensional en la altura de la unidad de albañilería más 4mm; lo que sea mayor (Norma E.070, 2006).

No son aceptables juntas excesivas porque producen una disminución de la resistencia a compresión y al corte del tabique.

Se debe mencionar que, por cada incremento de 3 mm en el espesor de las juntas horizontales, adicionales al mínimo requerido de 10 mm, la resistencia a compresión y al corte de la albañilería disminuye en 15% aproximadamente. (San Bartolomé, 2001).

2.2.8. Cemento

Normalmente se utiliza el cemento portland tipo I y cemento IP (adicionado con puzolana), el peso volumétrico del cemento es de 1500 kg/m³ y se comercializa en bolsas de 1 pie cubico (0.0283 m³) con 42.5 kg. (San Bartolomé, Quiun, & Silva, 2011).

El cemento es responsable del valor de adhesión y la resistencia a la compresión, tanto temprana como final. (Gallegos & Cassabone, 2005).

Si bien se puede afirmar que el cemento portland es el componente esencial del mortero, se debe entender que él no puede alcanzar su potencial sin la presencia de la cal. Existe aún en la práctica de dosificar mortero sin cal, lo que, como se puede entender, lleva a diferentes vicios en la construcción de la albañilería, como juntas excesivamente gruesas, al tratar de resolver su falta de trabajabilidad. (Gallegos & Cassabone, 2005).

2.2.9. Cal

La cal comprende dos tipos. Cal viva y la cal hidratada. La cal hidratada es, estrictamente ablandado, un cemento. La cal viva es un sólido en forma de terrones del tamaño de piedras pequeñas o grandes, dependiendo del grado de molienda y del tipo horno utilizado (Gallegos & Cassabone, 2005).

En resumen, se usa cal hidratada embolsada para la construcción, ya que evita los riesgos de usar cal viva, ya que la cal hidrata es totalmente inerte y posibilita ser mezclado directamente con otros componentes del mortero sin necesidad de realizar un trabajo previo (Gallegos & Cassabone, 2005).

2.2.10. Agregado

Es ideal que se use arena gruesa, con granos redondos y de una granulometría completa (con variedad en el tamaño de las partículas), que permitan llenar los espacios vacíos, la norma E.070 (2006), indica la granulometría requerida, similar al de la norma ASTM D-75, caracterizado por la variedad en el tamaño de las partículas. Según dicha norma, no debe quedar retenido más del 50% de la arena entre dos mallas consecutivas; y que el módulo de fineza (suma de los porcentajes retenidos por las mallas 100, 50, 30,

16, 8 y 4 dividido entre 100) debe estar comprendido entre 1.6 y 2.5. Finalmente, no se debe usar arena de playas marinas en vista que las sales que ellas contienen producirían eflorescencia del mortero. Los valores asignados según la norma se visualizan en la Tabla 7.

Tabla 7.
Granulometría de la arena gruesa.

MALLA ASTM	% QUE PASA
Nº 4 (4.75 mm)	100
Nº 8 (2.36 mm)	95 a 100
Nº 16 (1.18 mm)	70 a 100
Nº 30 (0.60 mm)	40 a 75
Nº 50 (0.30 mm)	10 a 35
Nº 100 (0.15 mm)	2 a 15
Nº 200 (0.075 mm)	Menos de 2

Fuente: Norma E.070, 2006

2.2.11. Agua

El agua debe ser potable, libre de materias orgánicas y de sustancias deletéreas (aceite, ácidos, etc.). El uso de agua de mar debe evitarse pues produce eflorescencia en el mortero por las sales que contiene y la corrosión del refuerzo en caso este exista (San Bartolomé, 2001).

2.2.12. Comportamiento teórico a compresión diagonal

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

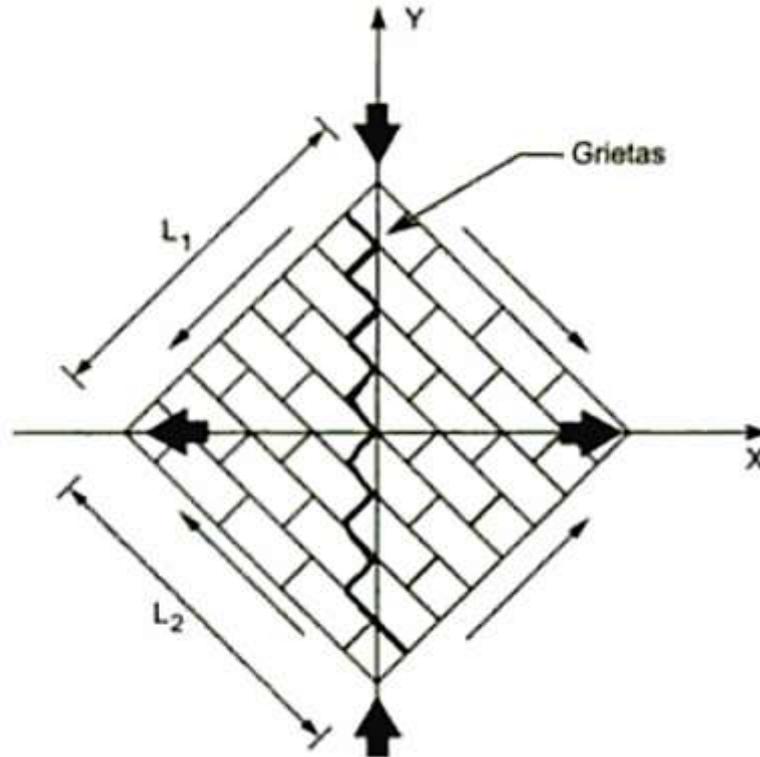


Figura 6. Esfuerzo que se genera ante la carga a compresión diagonal.
Fuente: Gallegos & Cassabone, 2005.

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

2.2.13. Resistencia característica a corte ($v'm$).

El esfuerzo cortante o resistencia a corte, en los muretes sobre la base del área bruta de la diagonal cargada se da así:

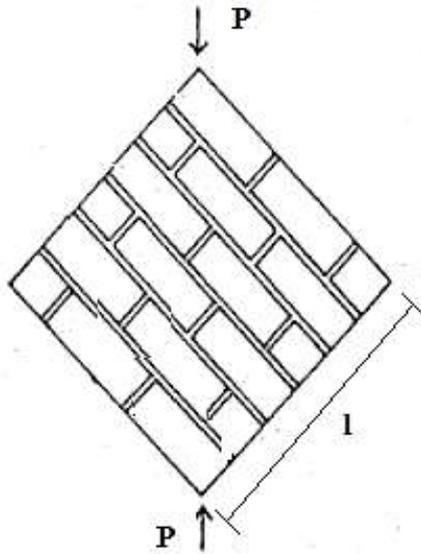


Figura 7. Cálculo de la resistencia unitaria a corte.
Fuente: NTP 399.621, 2015.

$$v_m = \frac{0.707P}{A_b} \dots\dots\dots (01)$$

$$A_b = \frac{l+h}{2} * t \dots\dots\dots (02)$$

Donde:

- v'm : Esfuerzo cortante o resistencia a corte
- P : Carga aplicada
- Ab : Área bruta del espécimen
- l : Largo del murete
- h : Altura del murete
- t : Espesor del murete

Una vez ensayados todos los muretes, se obtiene el valor promedio (V_m) y la desviación estándar (σ) de la muestra ensayada, para después evaluar, de acuerdo con la Norma E.070 (2006), la resistencia característica, restando al valor promedio la desviación estándar.

$$v'_m = \bar{v}_m - \sigma \dots\dots\dots (03)$$

El restar la desviación estándar al valor promedio, estadísticamente, significa que el 84% de los muretes ensayados tendrán una resistencia mayor que el valor característico. Paralelamente puede obtenerse la dispersión porcentual de resultados como: $100(s/vm)$.

Una dispersión superior al 30% es inaceptable, y quiere decir que existen fallas en la mano de obra o que los materiales utilizados no tienen la calidad adecuada. (San Bartolomé, A. Quiun, D. y Silva, W., 2011).

A. Formas de falla.

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

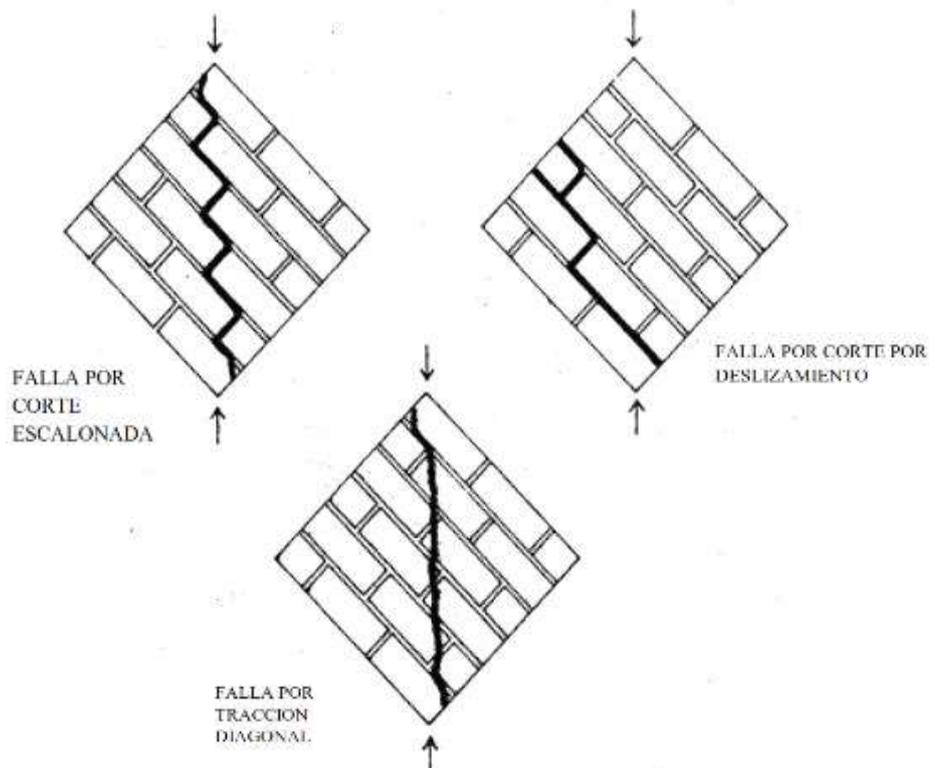


Figura 8. Formas de fallas en muretes.
Fuente: Gallegos & Cassabone, 2005.

Módulo de corte (Gm)

Para determinar el módulo de corte de la albañilería (Gm), se necesita instrumentar en ambas caras de los muretes los cabezales para poder medir la deformación en ambas diagonales.

Durante el ensayo, se registra la gráfica carga (P) – desplazamiento (D).

Deformación angular se calcula como sigue:

$$\gamma = \frac{\Delta V + \Delta H}{g} \dots\dots\dots (04)$$

Módulo de corte o rigidez se calcula como sigue:

$$Gm = \frac{\Delta V_m}{\Delta \gamma} \dots\dots\dots (05)$$

Donde:

- γ : Deformación angular mm/mm
- ΔH : Acortamiento horizontal, en mm
- ΔV : Acortamiento vertical, en mm
- g : Longitud de medición de deformaciones horizontal y vertical en mm.

En la formula anterior, los incrementos en el esfuerzo cortante y en la deformación angular, Δv_m y $\Delta \gamma$ respectivamente, se calcularán para el rango comprendido entre 10% y 50% del esfuerzo cortante máximo del ensayo. (NTP 399.621, 2015).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Unidad de Albañilería.** Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular (E.070, 2006).
- **Albañilería o Mampostería.** Material estructural compuesto por "unidades de albañilería" asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido (E.070, 2006).
- **Albañilería semi industrial:** Es el ladrillo fabricado con maquinaria que amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla, y que utiliza un horno artesanal para su cocción. El ladrillo producido de forma semi industrial se caracteriza por una mayor uniformidad que el artesanal (NTP 331.017, 2015).
- **Espesor de junta:** Pequeño espacio que hay entre las dos superficies de los ladrillos inmediatos de un muro, el cual se llena con mortero o de cemento, a fin de unirlos sólidamente (Aceros Arequipa, 2010).
- **Mortero.** Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería (E.070, 2006).
- **Resistencia a compresión diagonal (tracción diagonal):** La resistencia a las fuerzas que causan, o tienden a causar, que dos partes contiguas de un cuerpo se deslicen relativamente entre sí en una dirección paralela a su contacto. Para el caso de muros de albañilería, es la resistencia ante la aplicación de una fuerza diagonal en un muro, generando discontinuidad en el sólido, por lo general, fragmento el prisma en dos partes (ASTM, 2005).
- **Junta de Mortero:** Pequeño espacio que hay entre las dos superficies de los ladrillos inmediatos de un muro, el cual se llena con mortero o de cemento, a fin de unirlos sólidamente (Aceros Arequipa, 2010).

CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. HIPÓTESIS

3.1.1. Hipótesis General

La resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con albañilería semi industrial de Cajamarca, disminuye un 10%, con respecto al espesor de junta inmediato superior de los escogidos (1 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3, cm y 4 cm), ya sea con mortero tipo P2, con cal y sin cal.

3.2. VARIABLES/CATEGORÍAS

➤ Independientes:

- Muretes de albañilería semi industrial
- Mortero tipo P2 (con cal y sin cal)
- Espesor de junta de mortero (1 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3 cm y 4cm).

➤ Dependientes: Resistencia a compresión diagonal de muretes.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN/CATEGORIZACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA HIPÓTESIS

La influencia al aumentar el espesor de junta, del mortero tipo P2, ya sea con cal o sin cal, en muretes de albañilería semi industrial hará reducir la resistencia a la compresión diagonal en un 10% entre el espesor elegido y el inmediato superior.

Tabla 8.

Operacionalización/categorización de los componentes de la hipótesis

Influencia del tipo de mortero y espesor de junta en la resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con albañilería semi industrial de Cajamarca							
Hipótesis general	Variables	Definición conceptual de las variables	Definición operacional de las variables				
			Dimensión	Indicador	Ítem	Unidad	Instrumentos de recolección
La resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con albañilería semi industrial de Cajamarca, disminuye un 10%, con respecto al espesor inmediato superior de los escogidos (1 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3, cm y 4 cm), ya sea con mortero tipo P2, con cal y sin cal.	Muretes de albañilería semi industrial, con mortero tipo P2, sin cal, y espesores de junta de 1 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3 cm y 4 cm	<p style="text-align: center;">VARIABLES INDEPENDIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> Albañilería semi industrial: Es el ladrillo fabricado con maquinaria que amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla, y que utiliza un horno artesanal para su cocción. El ladrillo producido de forma semi industrial se caracteriza por una mayor uniformidad que el artesanal (NTP 331.017, 2015). Mortero. Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería (E.070, 2006). Espesor de junta: Pequeño espacio que hay entre las dos superficies de los ladrillos inmediatos de un muro, el cual se llena con mortero o de cemento, a fin de unirlos sólidamente (Aceros Arequipa, 2010). 	Propiedades físico – mecánicas de las unidades de albañilería	Ensayos clasificatorios	Variabilidad dimensional	%	Formatos, fichas, normas, guías, gráficos, fotografías, videos, etc.
					Alabeo	mm	
					Resistencia a la compresión	kg/cm ² MPa	
					Peso	gr	
					Humedad natural	%	
	Muretes de albañilería semi industrial, con mortero tipo P2, con cal, y espesores de junta de 1 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3 cm y 4 cm		Propiedades físico – mecánicas del mortero	Ensayos no clasificatorios	Succión	gr/200 cm ² /min	
					Absorción	%	
					Porcentaje de ranuras	%	
					Módulo de finura	Adimensional	
					Contenido de humedad	%	
Propiedades mecánicas del mortero	Resistencia a compresión de espécimen de mortero	kg/cm ²					
Van...							

Viene...

Influencia del tipo de mortero y espesor de junta en la resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con albañilería semi industrial de Cajamarca

Hipótesis general	Variables	Definición conceptual de las variables	Definición operacional de las variables				
			Dimensión	Indicador	Ítem	Unidad	Instrumentos de recolección
La resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con albañilería semi industrial disminuye en 10% al utilizar mortero con espesor de 4 cm.	Resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con albañilería semi industrial de Cajamarca, y mortero, con y sin cal de espesores de , 1.00 cm, 1.50 cm, 2.00 cm, 3.00 cm, 4.00 cm.	La resistencia a las fuerzas que causan, o tienden a causar, que dos partes contiguas de un cuerpo se deslicen relativamente entre sí en una dirección paralela a su contacto. Para el caso de muros de albañilería, es la resistencia ante la aplicación de una fuerza diagonal en un muro, generando discontinuidad en el sólido, por lo general, fragmentando el prisma en dos partes (ASTM, 2005).	Propiedades mecánicas de prismas de albañilería	Resistencia característica de pilas de albañilería a compresión axial (f'm)	Máquina de ensayo a la compresión.	kg/cm ²	Formatos, fichas, normas, guías, gráficos, fotografías, videos, etc.
				Módulo de elasticidad de pilas de albañilería (Em)		kg/cm ²	
				Resistencia al corte de muretes de albañilería (v'm)	Máquina de ensayo a la compresión diagonal	kg/cm ²	
				Módulo de corte de la albañilería (Gm)		kg/cm ² MPa	

VARIABLE DEPENDIENTE

CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO

4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El trabajo de investigación se desarrolló en la Ciudad de Cajamarca, capital de la provincia y del departamento de Cajamarca, se encuentra ubicada en la parte superior Oeste de la cuenca del Río Cajamarquino, margen izquierda del Río Mashcón. Geográficamente se localiza entre las coordenadas 7°09'12'' de latitud sur y 78°30'57'' de longitud Oeste, a una altitud de 2,750 m.s.n.m.



Figura 9. Ubicación geográfica de la investigación – UNC (Laboratorio de ensayo de materiales Carlos Esparza Díaz).W

Fuente: Google Earth, 2019.

4.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.2.1. Tipo de investigación

El presente estudio es una investigación experimental; debido a que, se verificó el comportamiento de la variable dependiente al modificar las variables independientes; es decir, de acuerdo con el tipo de mortero según la norma E 070 (2006), y espesor de junta, van a depender la resistencia a compresión diagonal de la albañilería semi industrial fabricada en Cajamarca.

4.2.2. Etapas de investigación

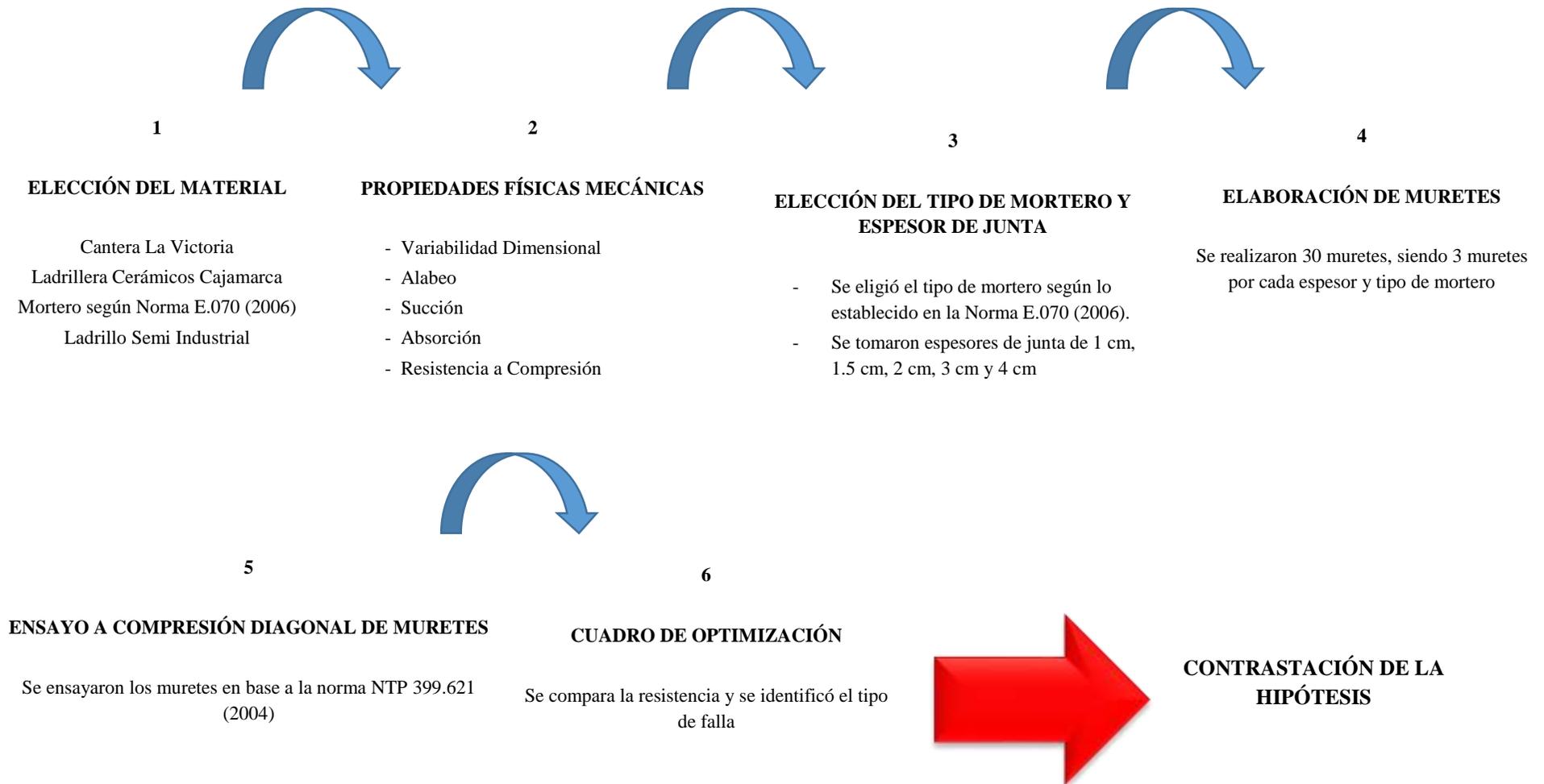


Figura N° 10. Diagrama de flujo de etapas de investigación.

a. Elección del Material

La cantera seleccionada es La Victoria. Para el ladrillo semi industrial de 18 huecos se eligió a la fábrica Cerámicos Cajamarca. El tipo de mortero escogido fue el tipo P2 establecido en la (Norma E 070, 2006).

b. Propiedades Físico Mecánicas

Con el fin de determinar las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería semi industrial se realizaron los siguientes ensayos: Variación dimensional, alabeo, succión, porcentaje de vacíos; las propiedades mecánicas del ladrillo semi industrial fueron resistencia a la Compresión, absorción.

c. Elección del Tipo de Mortero y Espesor de Junta

Para elegir el tipo de mortero se ha tenido en cuenta lo establecido en la Norma E.070 (2006) y para el espesor de junta se tomaron las siguientes medidas 1 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3 cm y 4 cm.

d. Elaboración de Muretes

Se construyeron 30 muretes conformados por unidades de albañilería semi industriales de 18 huecos, en hiladas de 6 ladrillos, con la dosificación de mortero tipo P2, con cal y sin cal.

Para la elaboración del mortero que se realizó con la adición de cal, su dosificación cemento-cal-arena fue 1:1/2:4, mientras que los que no contaban con la mencionada adición su dosificación cemento-arena fue 1:4.

Los ladrillos fueron sumergidos en agua un día antes del asentado. En el momento de la conformación del murete, se verificó el alineamiento horizontal con una regla de aluminio, la altura con el escantillón, la verticalidad con una plomada y el espesor de la junta con una regla milimetrada. Teniendo espesores de junta de 1 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3 cm y 4 cm.

Se realizó el curado en los muretes por dos días y el refrentado (capping) se realizó sobre el murete para uniformizar la superficie en contacto con los cabezales del equipo para su ensayo. Los cuáles serán sometidos a los ensayos a compresión diagonal a los de 28 días.

e. Ensayos a compresión diagonal de muretes

Los datos de la resistencia de los especímenes de muretes elaborados se obtuvieron mediante las consideraciones para este ensayo de resistencia a compresión diagonal que se describen en la norma técnica peruana 399.621 (2015).

f. Cuadro de optimización

Se elaboró un cuadro de Optimización donde se aprecian las mejoras en el proceso de la resistencia a compresión diagonal; para esto, se comparó con lo establecido en la Norma E.070 (2006).

4.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

El método es experimental debido a que se manipula la variable de espesor y junta de mortero.

4.4. POBLACIÓN, MUESTRA, UNIDAD DE ANÁLISIS Y UNIDADES DE OBSERVACIÓN

4.4.1. Población

Para el presente estudio de investigación se ha considerado como población a muretes construidos con albañilería semi industrial que son fabricados por Cerámicos Cajamarca S.R.L., los cuales fueron elaborados con dos tipos de mortero con cal en proporciones 1:1/2:4 y sin cal en proporciones 1:4, y espesores de 1 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3 cm y 4 cm.

4.4.2. Muestra

La norma E.070 (2006), sugiere realizar 3 muretes por espesor y tipo de mortero, pero el número de la muestra se realizó a través de un muestreo no probabilístico por conveniencia. Escogiendo así, 30 muretes construidos con albañilería semi industrial, siendo 3 muretes por cada espesor y tipo de mortero, con la finalidad de tener una muestra más representativa.

Tabla 9.
Muestras de la investigación.

Número de muestra	Tipo de mortero	Espesor de junta					Edad de los ensayos
		1 cm	1.5 cm	2 cm	3 cm	4 cm	
15 Muretes	Con Cal	3 und	3 und	3 und	3 und	3 und	28 días
15 Muretes	Sin Cal	3 und	3 und	3 und	3 und	3 und	28 días
Total		30 muretes					

4.4.3. Unidad de Análisis

La unidad de análisis es el murete construido con albañilería semi industrial con dos tipos de morteros y cinco espesores de junta.

4.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

a. Revisión documental y consideraciones

Se consideró recoger información sobre la normativa vigente, así como, la problemática en la que nos encontramos, en el ámbito local. Tomando como uno de los puntos, la influencia de los constantes terremotos producidos en nuestro país, así como la calidad de unidades de albañilería, de procedencia semi industrial.

b. Recopilación de datos:

Se inició con el muestreo de los ladrillos, determinación de las unidades necesarias para cada uno de los ensayos, realización de los ensayos, toma de datos, la cual fue registrada mediante libreta de datos y registro fotográfico.

4.6. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

a. Procesamiento de información

Se trabajó con las normas vigentes y aplicables a unidades de albañilería. Por lo que, una vez obtenidos los datos, se emplearon las fórmulas que indican cada uno de los ensayos, para obtener el resultado buscado para los diferentes especímenes ensayos.

Con el fin de poder procesar de una mejor manera la información, se realizaron tablas de Excel, para poder presentar los datos, en los cuales se tomó el valor medio de estos, como representativo.

b. Análisis de la información

Una vez obtenidos los resultados finales, se contrastó la información obtenida con la E.070 (2006), para poder indicar si, de acuerdo con esta norma, las unidades de albañilería y los muretes elaborados, se encuentran en el rango aceptable.

4.6.1. Análisis Físico – Mecánicos de las Unidades de Albañilería

a. Ensayos clasificatorios

- **Variabilidad dimensional:** Para realizar esta evaluación se escogieron diez (10) unidades. Esta característica se obtiene al comparar las medidas reales de las unidades con las medidas previstas para su elaboración (De). Para ello, de cada unidad se midió, sus cuatro lados para cada medida; obteniendo su promedio (Dp). De esta manera se obtiene tres valores de Dp (largo, ancho y alto). (NTP 399.613, 2018 y NTP 399.604, 2015). La variación dimensional se calcula usando la siguiente fórmula:

$$\text{Variación dimensional (V\%)} = \frac{100(De - Dp)}{De} \dots\dots\dots (06)$$

- **Alabeo:** Se midió la concavidad o convexidad de diez (10) unidades, para lo cual, se coloca sobre una superficie plana y con la ayuda de una regla sobre la cara del asiento de la unidad se introdujo una cuña de madera graduada al milímetro en la zona más alabeada, registrando dicha dimensión para obtener el promedio. La medición del alabeo, se realizó en las dos caras, para la mejor obtención de datos y valores reales. (NTP 399.604, 2015)
- **Resistencia a la compresión:** Se usó la prensa de compresión del Laboratorio de Mecánica de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca. Se ensayaron diez (10) unidades obteniendo su promedio (f_b) y desviación estándar (σ). (NTP 399.604, 2015). Luego, para obtener el valor de la resistencia característica a la compresión axial (f'_b), se resta el valor de la desviación estándar del promedio, es decir mediante la siguiente fórmula:

$$f'_b = f_b - \sigma \dots\dots\dots (07)$$

b. Ensayos No Clasificatorios

- **Peso:** Se pesaron en una balanza analítica diez (10) unidades, para luego determinar su promedio. (NTP 399.604, 2015)
- **Humedad natural:** Se pesaron diez (10) unidades, en su estado natural, para obtener un peso inicial natural (P_0); luego, fueron introducidas a estufa a 110°C para obtener un peso constante (24 horas), para ser nuevamente pesadas y obtener un peso final seco (P_1). (NTP 399.604, 2015). Al relacionar los datos de peso inicial y peso final se calculó la humedad natural, con la siguiente fórmula:

$$Humedad\ natural\ (Hn\%) = \frac{100(P_0 - P_1)}{P_1} \dots\dots\dots(08)$$

- **Succión:** Se trabajó con diez (10) unidades, se obtuvo el peso seco final (P_1), al haber colocado las unidades a estufa a 110°C para obtener un peso constante (24 horas); luego, cada unidad se sumergió por su cara de asiento en una película de agua de 3 mm durante 1 minuto, para pesarla inmediatamente y obtener un nuevo peso (P_2); y calcular la succión mediante la siguiente fórmula:

$$Succión \left(\frac{gr}{200} cm^2 - min \right) = \frac{200(P2-P1)}{Area Neta} \dots\dots\dots(09)$$

– **Absorción:** Se trabajó con diez (10) unidades, el peso seco final (P1) al haber colocado las unidades a estufa a 110°C para obtener un peso constante (24 horas); luego, cada unidad se introdujo totalmente en agua fría durante 24 horas, para luego ser pesada y obtener un nuevo peso (P3); y calcular la absorción mediante la siguiente fórmula: (NTP 399.604, 2015).

$$Absorción(A\%) = \frac{100(P3-P1)}{P1} \dots\dots\dots (10)$$

– **Porcentaje de Ranuras:** Para este ensayo se utilizaron diez (10) unidades, se procedió a llenar con arena las ranuras de cada tipo de ladrillo, y con ayuda de una probeta graduada se calculó el volumen de la arena, el porcentaje de ranuras se calculará mediante la siguiente formula:

$$\% Ranuras = \frac{Varena}{Vunidad} x 100 \dots\dots\dots (11)$$

4.6.2. Análisis del agregado

a. Módulo de Finura: Para calcular el módulo de finura se utilizó 1572.18 gr del agregado y se los tamizó utilizando las mallas: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200 (NTP 399.607, 2018). Para el cálculo del Módulo de Fineza se utilizó la fórmula:

$$Módulo de Finura = \frac{\sum \%Retenido Acumulado}{100} \dots\dots\dots (12)$$

b. Contenido de humedad: Para calcular el contenido de humedad, primero se pesó la muestra de arena gruesa obteniéndose W1. luego se introdujo la arena gruesa a la estufa durante 24 h, para luego ser pesado y obtener W0. El contenido de humedad se calculó mediante la fórmula.

$$CH = 100x \frac{W_1 - W_0}{W_0} \dots\dots\dots (13)$$

4.6.3. Mortero y especímenes de mortero

a. Tipos de Mortero:

- **Mortero sin cal:** El mortero que se utilizó es para muros portantes TIPO P2, cuya proporción cemento-cal-arena es la siguiente: 1:4
- **Mortero con cal:** El mortero que se utilizó es para muros portantes TIPO P2, cuya proporción cemento- cal- arena es la siguiente: 1:1/2:4

b. Elaboración de Especímenes de Mortero:

Para la elaboración de los especímenes de mortero de cada tipo, se utilizó el mismo mortero con el cual se elaboraron las pilas y los muretes. Primero se limpió y engraso los moldes, luego se cubrió con mortero hasta que llegue a los 2/3 de altura del molde y se golpeó el mortero 32 veces con una varilla, luego se cubrió de mortero hasta rebasar la altura total del molde y se golpeó 32 veces, quedando el mortero compactado, posteriormente se enrazó y niveló el borde de los especímenes. Luego de 24 horas de fraguado, se introdujo los seis (06) especímenes por cada tipo de mortero, en agua hasta estar totalmente cubiertos para su curado, el agua de curado estuvo a 20°C en promedio, después de 28 días se procederá a ensayarlos.

c. Curado de los especímenes de morteros:

Para el curado de los especímenes de mortero se introdujeron en una tina llena de agua potable, la cual cubría en su totalidad a los especímenes. La temperatura del agua promedio se midió en el día, tarde y noche, dando un promedio de 20°C, cumpliendo así con la norma que establece y recomienda que el agua de curado tiene q estar a una temperatura de 23 °C ± 3 °C.

d. Ensayo a compresión de los especímenes de morteros: Para realizar este ensayo, se utilizaron los seis (06) especímenes de cada tipo de mortero, después de 28 días de elaboradas y se las ensayo a compresión en la maquina universal. (ASTM C 109-02).

4.6.4. Elaboración y ensayo de Pilas

Se elaboraron (05) pilas por combinación, cada pila consta de 03 ladrillos, las pilas serán ensayadas después de 28 días de su elaboración, las pilas fueron enrazadas con yeso para uniformizar las caras que estarán en contacto con la máquina. La velocidad de la carga será de 10 Tn/min, con el ensayo de Carga Axial se determinarán la Resistencia Característica de la Albañilería a Compresión Axial (f_m) y el Módulo de Elasticidad de la Albañilería (E_m). (ASTM C 1314-03b)

a. Resistencia característica de la albañilería a compresión axial (f_m): Para el cálculo de la Resistencia Característica de la Albañilería a Compresión Axial (f_m), se ensayaron a compresión axial en el laboratorio de ensayo de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca, las 05 pilas por cada tipo de combinación, obteniéndose de cada una la carga última o de rotura (P) y midiendo las dimensiones de largo y ancho de las pilas se obtuvo el área que soporta la carga (A), para obtener la resistencia a compresión axial de cada pila (f_m), utilizando la siguiente fórmula:

$$f_m = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (14)$$

Se tiene que tener en cuenta que la resistencia de cada pila (f_m), debe ser afectada por un factor de corrección que se obtiene de la esbeltez de la pila según la E.070 (2006), estos nuevos valores corregidos se calculará la resistencia a

compresión axial promedio ($\overline{f_m}$) y también la desviación estándar (σ) de cada combinación.

La resistencia característica de la albañilería a Compresión Axial (f'_m), se calculará utilizando la siguiente fórmula:

$$f'_m = \overline{f_m} - \sigma \dots\dots\dots(15)$$

b. Módulo de elasticidad de la albañilería (E_m): Para el cálculo del Módulo de Elasticidad se hallaron en el ensayo de compresión axial de pilas y se anotarán los datos de deformaciones, teniendo en cuenta las cargas cada 2.5 Tn. Con estos datos se realizará la gráfica Esfuerzo (Tn/m^2) vs Deformación Unitaria (mm/mm), de la gráfica se determinará el Módulo de Elasticidad de la Albañilería (E_m).

4.6.5. Elaboración y ensayo de muretes

Se elaboró tres (03) muretes por combinación, después de 28 días de su elaboración se procedió a ensayarlos, cada murete es cuadrado de lado igual a 60 cm y consta de 15 ladrillos por murete en promedio, los muretes fueron enrazadas con yeso para uniformizar las caras que van a estar en contacto con los marcos de acero y que la carga se aplique uniformemente. La velocidad de la carga fue de 1 Tn/min, con el ensayo de Carga Diagonal se determinará la Resistencia Característica de la Albañilería al Corte (v'_m). (ASTM E 519-02).

Resistencia Característica de la Albañilería al Corte (v'_m)

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

El ensayo se realizó sobre muretes de 600 mm x 600 mm de dimensión mínima, aplicando una carga de compresión a lo largo de una diagonal, originando de esta manera una falla por tracción diagonal que hace que el espécimen se fisure en la dirección paralela a la aplicación de la carga. (NTP 399.621, 2015).

Técnica de ensayo

El ensayo de compresión diagonal se realizó según el procedimiento especificado por la norma técnica peruana NTP 399.621 (2015).

El ensayo se realizó en los treinta muretes, contruidos con diferentes características de espesores de junta y tipo de mortero. Primero se colocaron las escuadras de carga superior e inferior, luego se centra el espécimen y se aploma. Para medir el acortamiento y estiramiento de la diagonal horizontal se usó comprensómetros y extensómetros o sensores de deformación unitaria, colocados en la dirección de las diagonales, tan cerca de sus intersecciones como sea posible. Luego se procedió a la aplicación de la carga en forma continua hasta alcanzar la carga ultima, después de lo cual se ajustaron los controles del equipo de manera que el resto de la carga se aplique a una velocidad uniforme de 1 tonelada por minuto, o a una velocidad tal que la carga máxima se alcance en no menos de 1 minuto ni más de 2 minutos. Se escogió los incrementos de manera que se obtenga por lo menos 10 lecturas de deformación unitaria, para determinar la curva esfuerzo deformación unitaria. Tales lecturas deberían obtenerse para cargas tan cercanas a la carga última como sea posible. (NTP 399.621, 2015).

4.7.EQUIPOS, MATERIAL, INSUMOS, ETC.

- **Equipos:**

- ✓ Mallas ASTM N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200.
- ✓ 02 probetas 3000 ml.
- ✓ 01 balanza con capacidad de 5000 g y una aproximación de 0.1 g.
- ✓ 01 balanza con capacidad de 200 g y una aproximación de 0.01 g.
- ✓ 01 escuadra metálica graduada al 1 mm.
- ✓ 01 regla metálica graduada al 1 mm.
- ✓ 02 bandejas de 30*50 cm.
- ✓ 01 deflectómetro.
- ✓ 01 vernier de laboratorio.
- ✓ 01 lupa.
- ✓ 01 horno ventilado de 110 °C a 115 °C.
- ✓ 01 maquina universal para ensayo de compresión diagonal.

- **Materiales, insumos:**

- ✓ Ladrillo King Kong tipo IV de la fábrica Cerámicos Cajamarca SRL.
- ✓ Cemento portland tipo I.
- ✓ Cal hidratada.
- ✓ Arena gruesa de la cantera La Victoria ubicada en Km 2.7 carretera
Cajamarca – Jesús.
- ✓ Agua potable.

4.8. MATRIZ DE CONSISTENCIA METODOLÓGICA

Tabla 10.
Matriz de consistencia metodológica.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	FUENTE O INSTRUMENTO Y RECOLECCIÓN DE DATOS.	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA		
¿Cómo influye el tipo de mortero y espesor de junta en la resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con albañilería semi industrial?	General:								
	<ul style="list-style-type: none"> Determinar la influencia del tipo de mortero y espesor de junta en la resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con albañilería semi industrial de Cajamarca evaluados a los 28 días. 	La resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con albañilería semi industrial de Cajamarca, evaluados a los 28 días, disminuye un 10%, con respecto al espesor inmediato superior de los escogidos (1 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3, cm y 4 cm), ya sea con mortero con cal o sin cal, tipo P2.	Muretes de albañilería con mortero, tipo P2, sin cal, y espesores de 1.00 cm, 1.50 cm, 2.00 cm, 3.00 cm, 4.00 cm	VARIABLE INDEPENDIENTE	Ensayos clasificatorios de unidades de albañilería	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de mortero Espesor de junta de mortero Técnicas Observación Instrumentos Ficha de recolección de datos Resistencia a compresión Resistencia a compresión diagonal. 	Para recopilar la información se usará los métodos cuantitativo y cualitativo.	Población: <ul style="list-style-type: none"> Se ha considerado como población a muretes construidos con albañilería semi industrial que son fabricados por Cerámicos Cajamarca S.R.L. Muestra: <ul style="list-style-type: none"> Escogiendo así 30 muretes construidos con albañilería semi industrial, siendo 3 muretes por cada espesor y tipo de mortero 	
	Específicos:								
<ul style="list-style-type: none"> Determinar las propiedades físico – mecánicas más representativas de las unidades de albañilería semi industrial. Determinar las propiedades mecánicas más representativa del mortero. Determinar la resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con albañilería semi industrial de Cajamarca, evaluados a los 28 días para espesores de junta de 1 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3, cm y 4 cm. Determinar la resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con albañilería semi industrial de Cajamarca, evaluados a los 28 días para mortero tipo P2, con y sin cal. 		Muretes de albañilería con mortero, tipo P2, con cal, y espesores de 1.00 cm, 1.50 cm, 2.00 cm, 3.00 cm, 4.00 cm	VARIABLE DEPENDIENTE		Propiedades físicas del agregado		El método cuantitativo se usó para evaluar las características (variables) del ladrillo semi industrial, el agregado para los morteros.		
		Resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con albañilería semi industrial de Cajamarca, y mortero, con y sin cal de espesores de , 1.00 cm, 1.50 cm, 2.00 cm, 3.00 cm, 4.00 cm.			Propiedades mecánicas del mortero	El método cualitativo se usó para obtener información de los materiales a utilizar para la elaboración de muretes y probetas de mortero, acerca de sus especificaciones y características propias de cada ladrillo semi industrial.			
				Propiedades mecánicas de prismas de albañilería			Unidad de análisis: <ul style="list-style-type: none"> La unidad de análisis estuvo constituida por los muretes construidos con albañilería semi industrial. 		

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1.1. Ladrillos

5.1.1.1. Ensayos clasificatorios

a. Variabilidad Dimensional:

Tabla 11.
Variación dimensional de las unidades de albañilería.

Descripción	Longitud	Ancho	Altura
Longitud teórica (L)	240.00 mm	130.00 mm	90 mm
Longitud promedio (Lp)	241.26 mm	130.52 mm	89.98 mm
Desviación estándar (σ)	0.97	0.44	0.20
Coefficiente de variación (CV)	0.40%	0.34%	0.22%
Variabilidad dimensional (%)	-0.53%	-0.40%	0.03%

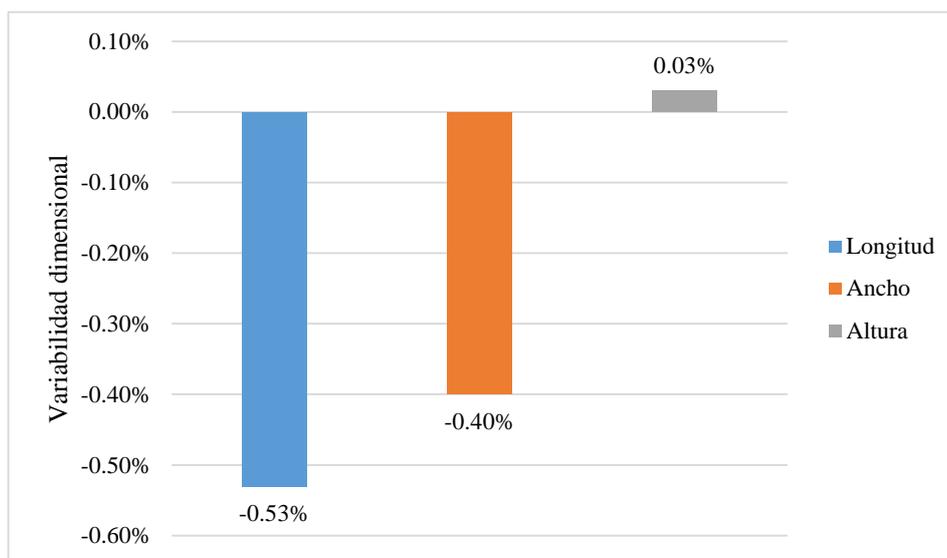


Figura 11. Porcentaje de variabilidad dimensional entre unidades de albañilería, de acuerdo a cada uno de sus lados.

b. Alabeo:

Tabla 12.

Valores medios de unidades de albañilería.

Tipo de valor	Cara superior		Cara inferior	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
Alabeo	0.55	0.20	0.55	0.25

c. Resistencia a la compresión:

Tabla 13.

Valores medios de resistencia a la compresión axial de unidades de albañilería.

Descripción	Unidad	
	kg/cm ²	MPa
fb	160.08	15.70
s	14.96	1.47
f'b	145.12	14.23
CV		9.34%

5.1.1.2. Ensayos no clasificatorios

Tabla 14.

Ensayo no clasificatorio.

Peso promedio de unidades de albañilería	Contenido de humedad promedio en unidades de albañilería.	Succión media de unidades de albañilería	Absorción promedio de unidades de albañilería.	Porcentaje promedio de ranuras en unidades de albañilería.
3946 gr	0.15%	48.99 gr/200 cm ² /min	11.33%	29.69%

5.1.2. Agregados

5.1.2.1. Arena mediana

Módulo de finura y Contenido de humedad:

Tabla 15.

Módulo de finura y Contenido de humedad.

<i>Módulo de finura</i>	<i>Contenido de humedad</i>
$M_f = 2.44$	CH = 8.37%

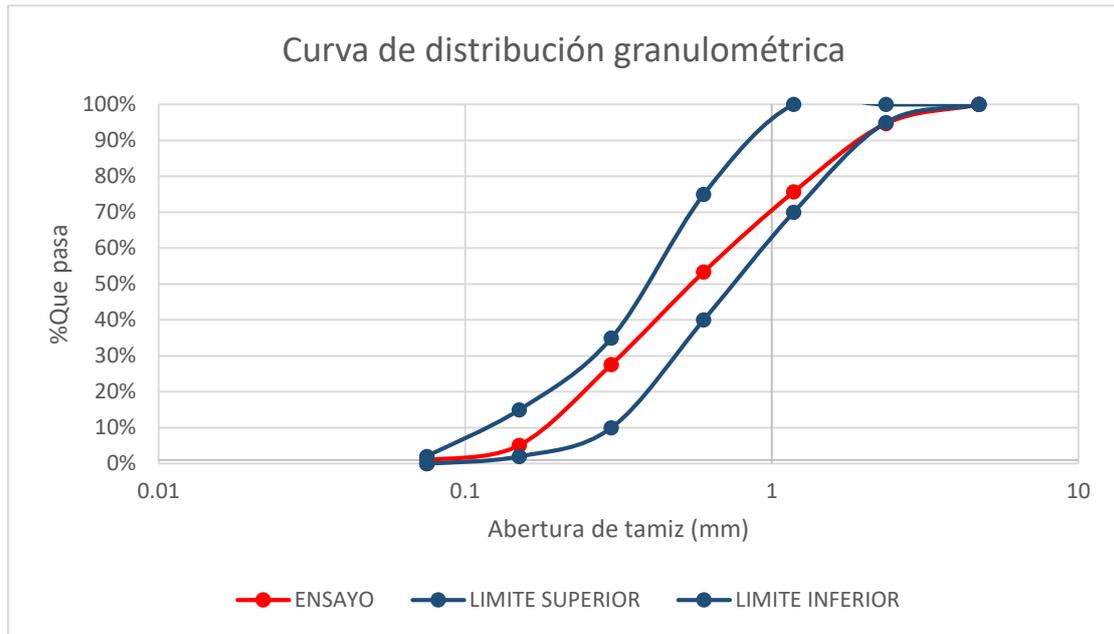


Figura 12. Gráfica granulométrica de arena.

5.1.3. Especímenes de mortero

Tabla 16.

Comparación de valor de resistencia a la compresión promedio, entre especímenes de mortero y unidades de albañilería

Tipo de mortero	Resistencia promedio (kg/cm ²)	Comparación con resistencia promedio de ladrillo ($f'_b = 145.12$ kg/cm ²)
Con cal	158.30	Existe una variación de resistencia promedio de 8.32%
Sin cal	141.12	Existe una variación de resistencia promedio de 2.82%

5.1.4. Prismas de albañilería

5.1.4.1. Pilas

**Resistencia característica de pilas de albañilería a compresión axial ($f'm$)
y Módulo de elasticidad de pilas de albañilería (E_m):**

Tabla 17.

Resistencia característica promedio y Módulo de elasticidad promedio de pilas de albañilería a compresión axial, con mortero tipo P2 con cal y sin cal, espesor 1.5 cm.

Descripción	$f'm$ (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad E_m (kg/cm ²)
Con cal	76.05	11901.82
Sin cal	74.88	11851.27

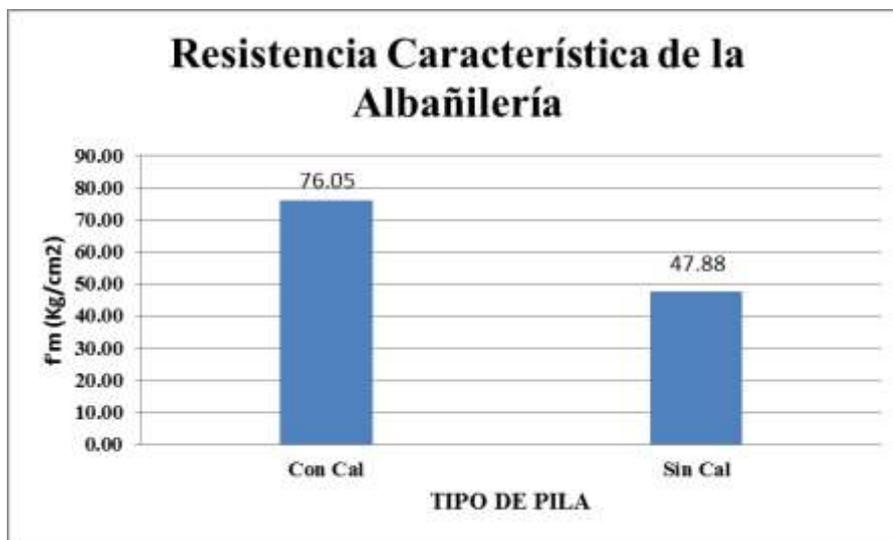


Figura 13. Resistencia característica de la albañilería.



Figura 14. Módulo de elasticidad de la albañilería

5.1.4.2. Muretes

a. Resistencia al corte de muretes de albañilería (v'm) y Módulo de corte de la albañilería (Gm):

Tabla 18.

Resistencia al corte promedio y Módulo de rigidez de muretes de albañilería, con mortero tipo P2 con cal y sin cal.

Descripción	Espesor de junta (cm)	v'm (kg/cm ²)	Módulo de corte (Gm) (kg/cm ²)
Con cal	1	8.77	7173.29
	1.5	7.82	6392.72
	2	7.22	6061.36
	3	7.08	5635.37
	4	6.74	5381.51
Sin cal	1	9.15	7100.30
	1.5	8.56	6948.44
	2	7.95	6663.07
	3	7.2	5910.28
	4	6.01	4967.20

Tabla 19.

Variación porcentual promedio de la resistencia a compresión diagonal, considerando el mortero tipo P2, con cal

Descripción	Espesores de junta con cal (cm)				
	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0
Resistencia promedio v'm	8.77	7.82	7.22	7.08	6.74
% de variación		10.83	7.67	1.94	4.80

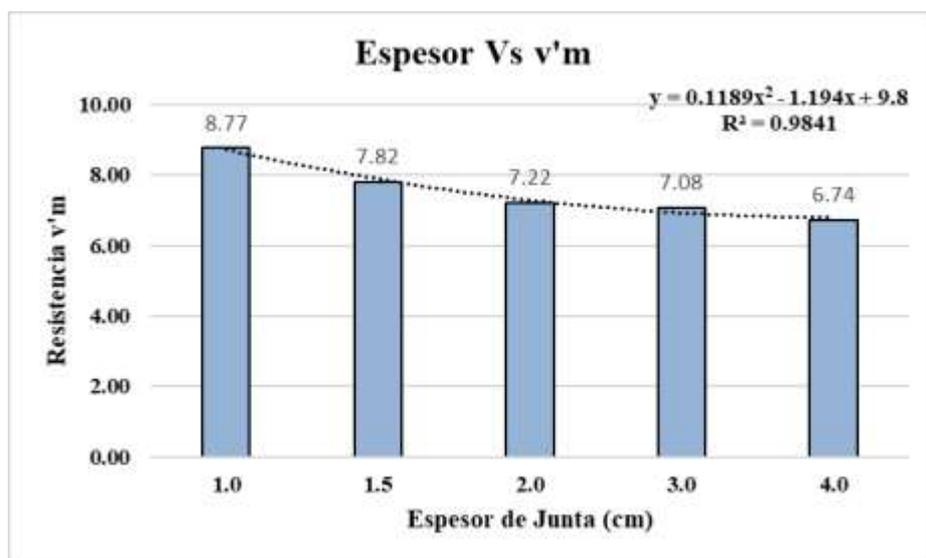


Figura 15. Espesor de junta vs Resistencia promedio v'm, de mortero tipo P2, con cal

Tabla 20.

Variación porcentual promedio de la resistencia a compresión diagonal, considerando el mortero tipo P2, sin cal

Descripción	Espesores de junta sin cal (cm)				
	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0
Resistencia promedio v'm	9.15	8.56	7.95	7.20	6.01
% de variación		6.45	7.13	9.43	16.53

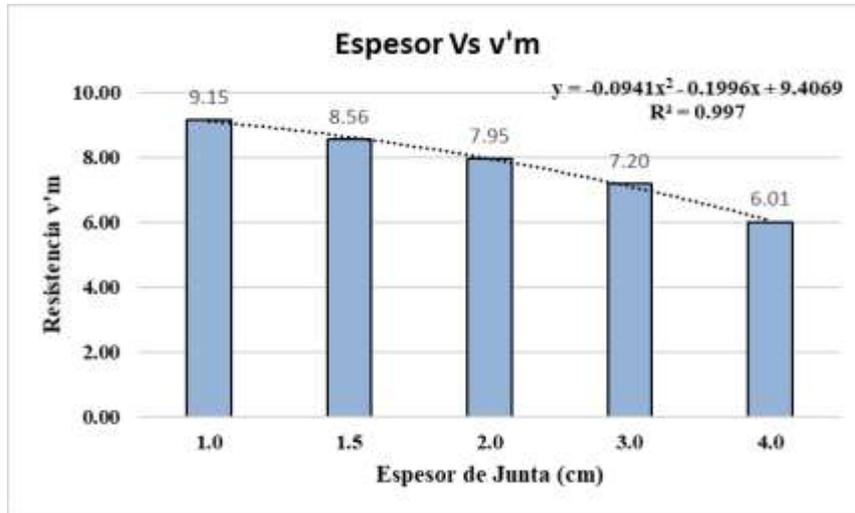


Figura 16. Espesor de junta vs Resistencia promedio v'm, de mortero tipo P2, con cal.

Tabla 21.

Variación porcentual promedio del módulo de rigidez, considerando el mortero tipo P2, con cal

Descripción	Espesores de junta con cal (cm)				
	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0
Módulo de Rigidez Gm	7173.29	6392.72	6061.36	5635.37	5381.51
% de variación		10.88	5.18	7.03	4.50

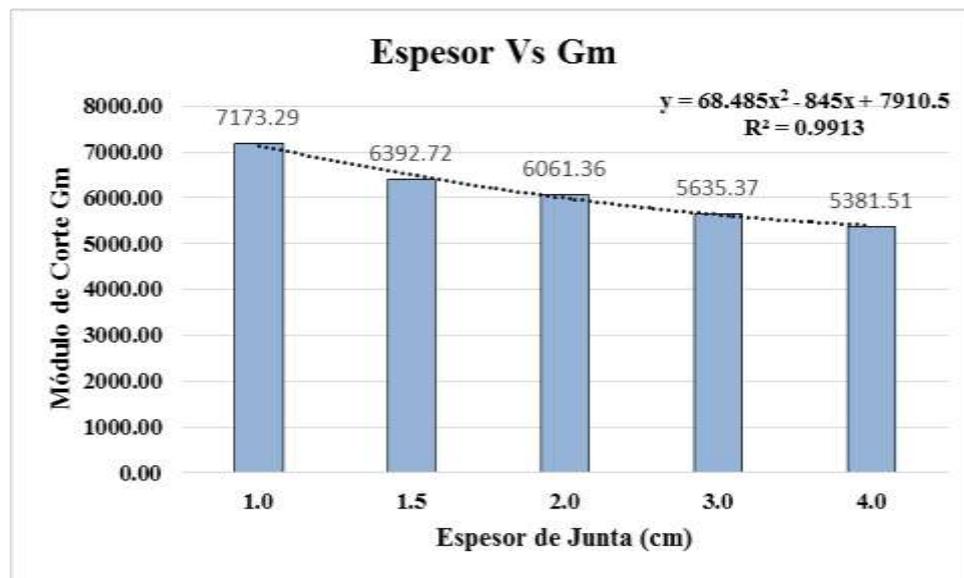


Figura 17. Espesor de junta vs Módulo de Rigidez Gm, de mortero tipo P2, con cal

Tabla 22.

Variación porcentual promedio del módulo de rigidez, considerando el mortero tipo P2, sin cal

Descripción	Espesores de junta con cal (cm)				
	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0
Módulo de Rigidez Gm	7100.30	6948.44	6663.07	5910.28	4967.20
% de variación		2.14	4.11	11.30	15.96

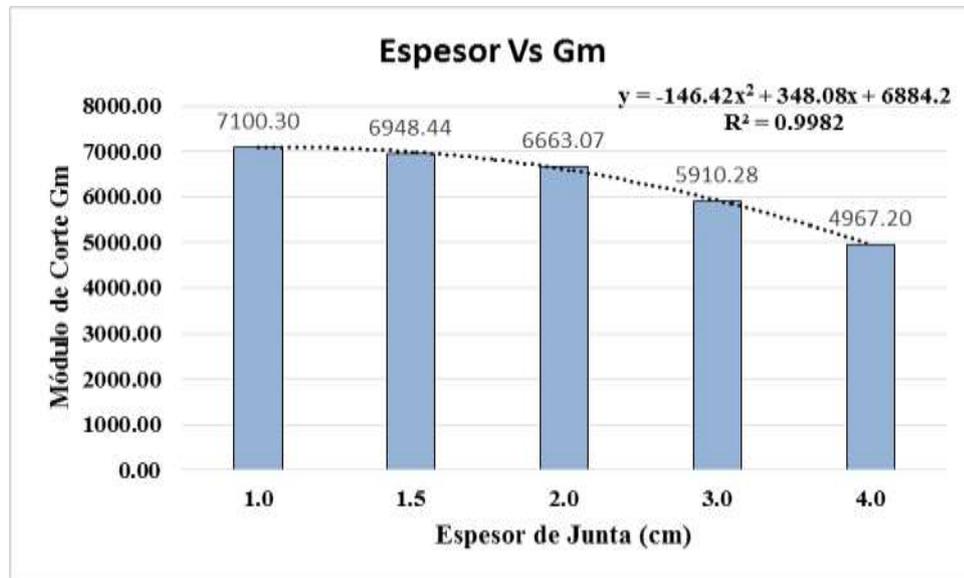


Figura 18. Espesor de junta vs Módulo de Rigidez Gm, de mortero tipo P2, sin cal

5.2. ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.2.1. Ladrillos

5.2.1.1. Ensayos clasificatorios

a. Variabilidad dimensional:

- Para fines estructurales la Norma E.070 (2006), Albañilería, establece para un ladrillo tipo IV la variación porcentual máxima de ± 2 para el largo, ± 3 para el ancho y ± 4 para el alto. Se puede observar en la **Tabla 4**, que la variación porcentual de las dimensiones del ladrillo, cumplen con lo especificado para ser catalogado como un ladrillo tipo IV.
- Pero también cumple con las exigencias para ser catalogado como un ladrillo tipo V según su variación dimensional.
- Los coeficientes de variación en largo es 0.40%, ancho 0.34% y altura 0.22%, cuya dispersión está dentro de lo establecido en la Norma E.070 (2006), para unidades producidas industrialmente.

b. Alabeo:

- De acuerdo a la Norma E.070 (2006), Albañilería, la cual establece para un ladrillo tipo V el alabeo es de 2 mm, se puede observar en la **Tabla 12**, el alabeo del ladrillo es de 0.55 mm, dicho valor es menor a 2 mm por lo cual cumple con lo especificado para ser catalogado como ladrillo tipo V, pudiendo ser catalogado también como tipo IV.

c. Resistencia a la compresión:

- Los ladrillos de arcilla presentan un $f'b = 145.12 \text{ kg/cm}^2$, por lo que se clasifican como **TIPO IV**.

- El coeficiente de variación encontrado es menor al 40%, por lo que la muestra es aceptable de acuerdo con la E.070, 2006.

5.2.1.2. Ensayos no clasificatorios

a. Succión:

- La succión obtenida en los ladrillos de arcilla fue de 48.99 gr/200 cm²/min, el cual es elevado, de acuerdo con lo que especifica la norma E.070 (2006), la cual recomienda que la succión al instante del asentamiento esté comprendida entre 10 a 20 gr/200 cm²-min.
- Durante su asentado, solo se pasará una brocha húmeda sobre las caras de asentado o rociarlas.

b. Absorción:

- Los ladrillos presentan una absorción promedio igual a 11.33%, este valor se encuentra dentro de lo normado por lo que los ladrillos cumplen con la Norma E.070 (2006), es decir que el porcentaje de absorción no es mayor al 22% para ladrillos de arcilla.

c. Porcentaje de ranuras:

- Los ladrillos de arcilla presentan un porcentaje de ranuras del 29.69% por lo que se clasifican como ladrillos sólidos, de acuerdo con lo que especifica la norma E.070 (2006), la cual recomienda tengan un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

5.2.2. Prismas de Albañilería

5.2.2.1. Pilas

a. Resistencia característica de la albañilería a compresión Axial ($f'm$):

- Pilas de ladrillo de arcilla con mortero tipo P2, con cal, espesor de 1.5cm tienen un valor de $f'm = 76.05 \text{ kg/cm}^2$ y sin cal, espesor de 1.5 cm tienen un valor de $f'm = 74.88 \text{ kg/cm}^2$.
- La variación entre la resistencia a compresión axial de pilas de ladrillo de arcilla con mortero tipo P2, sin cal y pilas de ladrillo de arcilla con mortero con cal y espesor de mortero de 1.5 cm es de 1.54%

b. Módulo de Elasticidad de la Albañilería (E_m):

- Pilas de Arcilla con mortero con cal, $e = 1.5 \text{ cm}$, tienen un valor de $E_m = 11901.82 \text{ kg/cm}^2$ y sin cal, $e = 1.5 \text{ cm}$, tienen un valor de $E_m = 11851.27 \text{ kg/cm}^2$.
- La variación entre el módulo de elasticidad de pilas de ladrillo de arcilla con mortero tipo P2, sin cal y pilas de ladrillo de arcilla con mortero con cal y espesor de mortero de 1.5 cm es de 0.42%

5.2.2.2. Muretes

a. Resistencia a compresión diagonal de la albañilería ($v'm$):

- Los muretes de ladrillos de arcilla con mortero tipo P2, con cal y espesor de junta de 1 cm presentan un valor máximo de $v'm = 8.77 \text{ kg/cm}^2$ y con espesor de junta de 4 cm presentan un valor mínimo de $v'm = 6.74 \text{ kg/cm}^2$.

- Los muretes de ladrillos de arcilla con mortero tipo P2, sin cal y espesor de junta de 1 cm presentan un valor máximo de $v'm = 9.15 \text{ kg/cm}^2$ y con espesor de junta de 4 cm presentan un valor mínimo de $v'm = 6.01 \text{ kg/cm}^2$.

b. Módulo de rigidez de la albañilería (G_m):

- c. Muretes de arcilla con mortero con cal, $e = 1 \text{ cm}$, tienen un valor de $G_m = 7173.29 \text{ kg/cm}^2$ y sin cal tiene un valor de $G_m = 7100.30 \text{ kg/cm}^2$, variando en 72.99 kg/cm^2 .
- d. Muretes de arcilla con mortero tipo P2, con cal, $e = 1.5 \text{ cm}$, tienen un valor de $G_m = 6392.72 \text{ kg/cm}^2$ y sin Cal, $e = 1.5 \text{ cm}$, tienen un valor de $G_m = 6948.44 \text{ kg/cm}^2$.
- e. Muretes de Arcilla con mortero tipo P2, con cal, $e = 2 \text{ cm}$, tienen un valor de $G_m = 6061.36 \text{ kg/cm}^2$ y sin cal, $e = 2 \text{ cm}$, tienen un valor de $G_m = 6663.07 \text{ kg/cm}^2$.
- f. Muretes de Arcilla con mortero tipo P2, con cal, $e = 3 \text{ cm}$, tienen un valor de $G_m = 5635.37 \text{ kg/cm}^2$ y sin cal, $e = 3 \text{ cm}$, tienen un valor de $G_m = 5910.28 \text{ kg/cm}^2$.
- g. Muretes de Arcilla con mortero tipo P2, con cal, $e = 4 \text{ cm}$, tienen un valor de $G_m = 5381.51 \text{ kg/cm}^2$ y sin cal, $e = 4 \text{ cm}$, tienen un valor de $G_m = 4967.20 \text{ kg/cm}^2$.

5.3.CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Tabla 23.

Contrastación de la hipótesis general de estudio planteada.

HIPÓTESIS	RESULTADOS	CONCLUSIONES
<p>La resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con albañilería semi industrial de Cajamarca, evaluados a los 28 días, disminuye un 10%, con respecto al espesor inmediato superior de los escogidos (1 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3, cm y 4 cm), ya sea con mortero con cal y sin cal, tipo P2.</p>	<p>De acuerdo a la Tabla 19 y Tabla 20, se puede desdoblar los resultados, de acuerdo al tipo de mortero que se usó en los muretes.</p> <p>Mortero con cal: Los muretes en los que se usaron mortero con cal tienen una variación inicial, considerando los espesores, e iniciando en 1 cm, de 12.21%, luego de 8.20%, de 1.98% y de 5.17%, entre 1.5 cm, 2.0 cm, 3.0 cm y 4.0 cm respectivamente. Por lo que se puede evidencia que, si bien existe una variación porcentual entre espesores inmediatamente superiores escogidos, no existe una tendencia marcada al alza, sino que, sólo en la primera comparativa es mayor a 10%, mientras que en las siguientes comparativas es menor a 10%.</p> <p>Mortero sin cal: Los muretes en los cuales se utilizó como junta un mortero sin cal, han obtenido valores de variación porcentual, comenzando con el espesor de 1 cm y contrastándolo con el de 1.5 cm, de 6.52%, de 7.10%, de 9.48% y de 16.43%, considerando los espesores de 2.0 cm, 3 cm y 4 cm respectivamente. Lo anteriormente mencionado, nos deja claro que existe una tendencia en aumento de la variación porcentual, entre los espesores escogidos inmediatamente superiores, siendo las tres primeras comparativas menores a 10%, y la última mayor a 10%</p>	<p>Se concluye que la resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con albañilería semi industrial de Cajamarca, disminuyen en un 10%, con respecto al espesor inmediato superior de los escogidos (1 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3, cm y 4 cm), con mortero tipo P2, ya sea con cal y sin cal, teniendo como excepciones en los espesores de 3 cm a 4 cm sin cal con un porcentaje de disminución de 16.53% y en los espesores de 1 cm a 1.5 cm con cal con un porcentaje de disminución de 10.83%, por lo que la hipótesis se cumple a excepción de los dos casos.</p>

CAPÍTULO VI: PROPUESTA

6.1. FORMULACIÓN DE LA PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.

La propuesta, es que se implemente un control adecuado en el sistema constructivo, para garantizar de esta manera que se cumpla lo especificado en la Norma E.070 (2006), del mismo modo se tiene que considerar el utilizar unidades de albañilería que cumplan las especificaciones necesarias, como la resistencia estipulada en la Norma E.070 (2006).

6.2. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

- La implementación de esta propuesta no generará costo, ya que solo será posible la verificación por entes fiscalizadores tales como la Municipalidad Provincial de Cajamarca, a través del área encargada de la autorización de licencias de construcción, y de ser posible, tener la asesoría por parte del Colegio de Ingenieros, consejo departamental de Cajamarca.

6.3. BENEFICIOS QUE APORTA LA PROPUESTA.

- Practicas constructivas adecuadas
- Supervisión de las construcciones que son informales en nuestra ciudad.
- Utilización de materiales adecuados en las construcciones con albañilería confinada.

CONCLUSIONES

- En esta tesis se determinó la influencia del tipo de mortero y espesor de junta en la resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con albañilería semi industrial de Cajamarca; disminuyendo en un 10% con respecto al espesor de junta inmediato superior de los escogidos (1 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3, cm y 4 cm), ya sea con mortero tipo P2, con cal y sin cal; teniendo como excepciones en los espesores de 3 cm a 4 cm sin cal con un porcentaje de disminución de 16.53% y en los espesores de 1 cm a 1.5 cm con cal con un porcentaje de disminución de 10.83%, por lo que se concluye que la hipótesis se cumple a excepción de los dos casos.
- Las propiedades físicas y mecánicas más representativas de los ladrillos Semi Industrial CERAMICOS CAJAMARCA son: Resistencia a compresión: $f^b = 145.42 \text{ Kg/cm}^2$; Variación dimensional: (Longitud -0.53%, Ancho: -0.40%, Alto: 0.03%); Alabeo: Cara Superior (Cóncavo: 0.55 mm y Convexo: 0.20 mm), Cara Inferior (Cóncavo: 0.55 mm y Convexo: 0.25 mm), cumpliendo con la Norma E070.
- Los muretes fabricados con espesores de 1 cm sin cal tienen mayor resistencia a compresión diagonal y los muretes fabricados con espesores de 4 cm sin cal tiene menor resistencia a compresión diagonal; concluyendo que la resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con albañilería semi industrial de Cajamarca, con espesores de junta de 1 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3, cm y 4 cm, tuvieron un valor de 8.77 kg/cm^2 con cal y 9.15 kg/cm^2 sin cal, con espesor de 1cm, además 6.74 kg/cm^2 con cal y 6.01 kg/cm^2 sin cal, con espesor de 4 cm.

- El Módulo de Corte de los muretes fabricados con albañilería semi industrial de Cajamarca, tuvieron un mayor valor los fabricados con espesor de 1 cm, con valores de 7,173.29 kg/cm² con cal y 7,100.30 kg/cm² sin cal, respecto a otros espesores.

RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

- Realizar investigaciones de la Resistencia a compresión diagonal de muretes con diferentes tipos de ladrillos, de procedencia industrial o artesanal, de nuestra localidad. Considerando combinaciones, tipo de mortero y espesor de junta. Analizando agregados de diferentes canteras, de río y de cerro.
- Realizar investigaciones en muros para obtener la Resistencia a compresión diagonal a escala natural con el fin de tener un mayor espectro del comportamiento real de estas combinaciones del mortero y espesor de junta.
- Realizar investigaciones de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería producidas en forma semi industrial en diferentes ciudades de nuestra región Cajamarca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceros Arequipa. (2010). *Manual del Maestro Constructor*. Lima: CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.
- Agüero, A. & Fernández, M. (2011). *Estudio de un nuevo ladrillo de concreto y de la influencia de la cal en el mortero en el comportamiento sísmico de muros confinados*. Tesis Ing. Civil. Lima, PUCP.
- Aguirre, D. (2004). *Evaluación de las Características Estructurales de la Albañilería Producida con Unidades Fabricadas en la Región Central Junín*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ASTM (2005). *Diccionario de ingeniería, ciencia y tecnología*. (10ª edición). Pennsylvania, Estados Unidos: Comité ASTM E02 de terminología
- Barros, H. & Rodríguez, R. (2014). *Análisis del Esfuerzo Cortante en la Mampostería por Medio del Ensayo de Corte Diagonal en Muretes Construidos con Unidades H-10 y H-15*
- Bonilla, D. (2006). *Factores de Corrección de la Resistencia en Compresión de Prismas de Albañilería por Efectos de Esbeltez*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Chura, S. (1994), *Estudio del espesor del mortero en muros de albañilería de arcilla cocida*. Tesis Ing. Civil. Lima, UNI.
- DRM – World Institute for Disaster Risk Management (2001, 30 de Agosto). *Informe sobre el reconocimiento del 27 al 30 de agosto del 2001 en las zonas afectadas (Tacna, Moquegua y Arequipa)*. USA: Jürg Hammer, Carlos Zavala & Roberto Sánchez.

- Egoávil, C. (2013). *Muros de Albañilería*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
Disponible en <https://es.scribd.com/doc/146939413/INFORME-muros-de-albanileria>.
- Estrella, M. (2018). *Influencia de la adherencia de tabiquería con masa Dun Dun en su comportamiento estructural, Lima 2018*. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Civil. Lima, UCV.
- Fernández, L. et. al (2009), en la ciudad de Mérida – México. *Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto*.
- Gallegos, H. & Cassabonne, C. (2005). *Albañilería Estructural*. (Tercera Ed.) Lima, Perú. Fondo Edit. PUCP.
- Horna, M. (2015). *Influencia del Tipo de curado en la Resistencia a la Compresión axial de la Albañilería*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. UPN, Cajamarca
- Idrogo, E. (2015). *Determinación de la Resistencia a Compresión Diagonal y el Módulo de Cortante de la Mampostería de Bloques huecos de concreto elaborados artesanalmente en la ciudad de Cajamarca*. Tesis Ing. Civil. Cajamarca UNC.
- Instituto Geofísico del Perú (s.f.). *Sismos reportados por año* [en línea] Recuperado el 10 de setiembre de 2019, de <https://portal.igp.gob.pe/sismos-reportados-anualmente>.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2006). *Programa de Capacitación para la Estimación del Riesgo - PCER*. Recuperado de <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc320/doc320-contenido.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). *Perú: Características de las viviendas particulares y los hogares*. 2018. Lima, Perú.

- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) (Perú). Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006. Lima, Perú.
- Lulichac, F. (2015). *Determinación de las propiedades físico – mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. UPN, Cajamarca.
- Mendoza, M.; Esparza, C.; Tafur, E.; Narro, V. (2005). *Análisis de la Vulnerabilidad Física: Acondicionamiento Territorial Tipo y Uso de Infraestructura*. Cajamarca: INDECI.
- Morante, A. (2008). *Mejora de la adherencia mortero-ladrillo de concreto*. PUPC, Lima, Perú.
- Mosqueira, M. (2012). *Riesgo sísmico en las edificaciones de la facultad de Ingeniería- Universidad Nacional de Cajamarca (Tesis doctoral)*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo. Recuperada de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/8202>.
- Perú. INACAL (2015). *Resolución directoral N° 010-2015-INACAL/DN*: Norma técnica peruana NTP 331.017:2015 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos. 2ª Edición.
- Perú. INACAL (2015). *Resolución directoral N° 010-2015-INACAL/DN*: Norma técnica peruana NTP 399.604:2002 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto. 1ª Edición.
- Perú. INACAL (2015). *Resolución directoral N° 010-2015-INACAL/DN*: Norma técnica peruana NTP 399.621:2004 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería. 1ª Edición.

- Perú. INACAL (2018). *Resolución directoral N° 043-2018-INACAL/DN*: Norma técnica peruana NTP 399.607:2018 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Agregados para mortero de albañilería. Requisitos. 2ª Edición.
- Perú. INACAL (2018). *Resolución directoral N° 057-2017-INACAL/DN*: Norma técnica peruana NTP 399.613:2017 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. 2ª Edición.
- Perú. Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (2006). *Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA*: Norma Técnica E.070.
- Rosas, G. (2004). *Análisis no Lineal de Muretes Armados Ensayados a Compresión Diagonal*. Sucre, Bolivia.
- Quiun, D; San Bartolomé, A; Mendoza, G. (2011). *Corrección por esbeltez en pilas de albañilería ensayadas a compresión axial*. Lima: PUCP.
- Sáenz, F. (2015). *Determinación de las propiedades físico – mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. UPN, Cajamarca.
- Sánchez, A. (2013). *Comparación de adherencia entre 2 tipos de ladrillo – 2 tipos de mortero*. Tesis Ing. Civil. Cajamarca UNC.
- Sánchez, S.; Villaseñor, A.; Guinto, E.; Barragán, R. & Mebarki, A (2017), “*Propuesta de valores de referencia para la resistencia a diseño a compresión diagonal y compresión de la mampostería en el estado de Guerrero, México*”, Revista ALCONPAT, 7 (3), pp. 231-246.
- San Bartolomé, A. (2001). *Construcciones de Albañilería*. (Tercera. ed.). Lima: Universidad Católica del Perú.

San Bartolomé, A. (2005). *Comentarios de la Norma E.070*. Lima: Sencico.

Salinas Achulli, Eduardo T.; Llanque Huayhua, Mijail G. 2017. *Evaluación comparativa de la influencia de diferentes espesores de junta de mortero de tres diferentes calidades en muretes de albañilería sometidos a compresión diagonal, elaborados con ladrillo King Kong 18 huecos de la zona de san Jerónimo – Cusco*.

Universidad Nacional de Ingeniería. (2004). *Guía para la Construcción con Albañilería*. Recuperado http://iise.kenken.go.jp/net/saito/web_edes_b/construction_of_masonry_Spanish.pdf.

Viviescas, A. (2009). *Modelos simples para el análisis de Muros de obra de Fábrica cargados en su plano*. Tesis Doctoral. Barcelona – España. Universidad Politécnica de Catalunya.

ANEXOS

1. DISEÑO DE MORTERO

➤ **Mortero Tipo P2 (con cal)**

• **Materiales y especificaciones**

Pe masa (cemento tipo I)	:	3.05 gr/cm ³ .
Aire	:	1.00%
Pe masa (cal Martell)	:	2.30 gr/cm ³ .
Peso unitario suelto (cal Martell)	:	650 kg/m ³ .
Pe masa (arena)	:	2.63 gr/cm ³ .
Absorción (arena)	:	1.40%
Peso unitario suelto seco (arena)	:	1471 kg/m ³ .
Contenido de humedad	:	8.37%.
f'_{cr}	:	150 kg/m ³ .
Relación A/C	:	0.80
Peso de bolsa de cemento	:	42.50 kg

• **Procedimiento:**

a. Materiales en base a una bolsa de cemento:

$$\begin{aligned} \text{Cemento} &= 1.0 * 42.5 = 42.50 \text{ kg} \\ \text{Cal} &= \frac{0.5 * 650}{35.315} = 9.20 \text{ kg} \\ \text{Arena} &= \frac{4.0 * 1471}{35.315} = 166.61 \text{ kg} \\ \text{Agua} &= 0.8 - 42.5 = 34.00 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Volúmenes Absolutos:

$$\begin{aligned}
 \text{Cemento} &= \frac{42.50}{3.05 \cdot 1000} = 0.01393443 \text{ m}^3 \\
 \text{Cal} &= \frac{9.20}{2.30 \cdot 1000} = 0.00400126 \text{ m}^3 \\
 \text{Arena} &= \frac{4.0 \cdot 1471}{35.315} = 0.06335162 \text{ m}^3 \\
 \text{Agua} &= \frac{34.00}{1000} = 0.03400000 \text{ m}^3 \\
 \text{Aire} &= \frac{1.0 \cdot 0.11528730}{100} = 0.00115287 \text{ m}^3 \\
 \text{Volumen} &= \mathbf{0.11644017 \text{ m}^3}
 \end{aligned}$$

Entonces el rendimiento será:

$$\text{Rendimiento} = \frac{1}{\mathbf{0.11644017}} = \mathbf{8.59 \text{ Bol}}$$

c. Materiales de diseño por m³:

$$\begin{aligned}
 \text{CEMENTO} &= 42.50 \cdot 8.59 = 364.99 \text{ Kg} \\
 \text{CAL} &= 9.20 \cdot 8.59 = 79.04 \text{ Kg} \\
 \text{ARENA} &= 166.61 \cdot 8.59 = 1430.90 \text{ Kg} \\
 \text{AGUA DISEÑO} &= 34.00 \cdot 8.59 = 292.00 \text{ L}
 \end{aligned}$$

d. Corrección por Humedad de los materiales por m³:

$$\text{ARENA} = 1430.90 \left(1 + \frac{8.36}{100} \right) = 1550.53 \text{ Kg}$$

$$\text{AGUA EFECTIVA} = 292.00 - 1430.90 \left(\frac{8.36 - 1.40}{100} \right) = 192.40 \text{ L}$$

Por lo que se tiene:

$$\begin{aligned}
 \text{CEMENTO} &= 364.99 \text{ Kg} \\
 \text{CAL} &= 79.04 \text{ Kg} \\
 \text{ARENA} &= 1550.53 \text{ Kg} \\
 \text{AGUA DISEÑO} &= 192.40 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Proporción en peso de la mezcla en obra:

$$\frac{364.99}{364.99} : \frac{79.04}{364.99} : \frac{1550.53}{364.99} / \frac{192.40}{364.99}$$

$$\mathbf{1.0 : 0.2 : 4.2 / 0.53}$$

e. Proporciones en volumen de la mezcla en obra:

$$\begin{aligned} \text{CEMENTO} &= \frac{364.99}{42.5} &&= 8.59 \text{ pie}^3 \\ \text{CAL} &= \frac{79.04}{650.00 \cdot 35.315} &&= 4.29 \text{ pie}^3 \\ \text{ARENA} &= \frac{1550.53}{1471 \cdot 1.0836 \cdot 35.315} &&= 34.35 \text{ pie}^3 \\ \text{AGUA DISEÑO} &&&= 192.40 \text{ L} \end{aligned}$$

Entonces la proporción en volumen de la mezcla en obra será:

$$\frac{8.59}{8.59} : \frac{8.59}{8.59} : \frac{34.35}{8.59} / \frac{192.40}{364.99}$$

$$\mathbf{1.0 : 0.5 : 4.0 / 0.53}$$

Mortero Tipo P2 (Sin Cal)

- **Materiales y especificaciones**

Pe masa (cemento tipo I)	:	3.05 gr/cm ³ .
Aire	:	1.00%
Pe masa (arena)	:	2.63 gr/cm ³ .
Absorción (arena)	:	1.40%
Peso unitario suelto seco (arena)	:	1471 kg/m ³ .
Contenido de humedad	:	8.36%.
f'_{cr}	:	150 kg/m ³ .
Relación A/C	:	0.80
Peso de bolsa de cemento	:	42.50 kg

- **Procedimiento:**

a. Materiales en base a una bolsa de cemento:

$$\text{Cemento} = 1.0 * 42.5 = 42.50 \text{ kg}$$

$$\text{Arena} = \frac{4.0 * 1471}{35.315} = 166.61 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 0.8 - 42.5 = 34.00 \text{ kg}$$

b. Volúmenes Absolutos:

$$\text{Cemento} = \frac{42.50}{3.05 * 1000} = 0.01393443 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena} = \frac{4.0 * 1471}{35.315} = 0.06335162 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{34.00}{1000} = 0.03400000 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \frac{1.0}{100} * 0.11128604 = 0.00111286 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen Absoluto} = \mathbf{0.11239890 \text{ m}^3}$$

Entonces el rendimiento será:

$$\text{Rendimiento} = \frac{1}{\mathbf{0.11239890}} = \mathbf{8.90 \text{ Bol}}$$

c. Materiales de diseño por m³:

$$\text{CEMENTO} = 42.50 * 8.90 = 378.12 \text{ Kg}$$

$$\text{ARENA} = 166.61 * 8.90 = 1482.35 \text{ Kg}$$

$$\text{AGUA DISEÑO} = 34.00 * 8.90 = 302.49 \text{ L}$$

d. Corrección por Humedad de los materiales por m³:

$$\text{ARENA} = 1482.35 \left(1 + \frac{8.36}{100} \right) = 1606.28 \text{ Kg}$$

$$\text{AGUA EFECTIVA} = 302.49 - 1482.35 \left(\frac{8.36 - 1.40}{100} \right) = 199.32 \text{ L}$$

Entonces tenemos:

$$\text{CEMENTO} = 378.12 \text{ kg}$$

$$\text{ARENA} = 1606.28 \text{ kg}$$

$$\text{AGUA DISEÑO} = 199.32 \text{ L}$$

Proporción en peso de la mezcla en obra:

$$\frac{378.12}{378.12} : \frac{1606.28}{378.12} / \frac{199.32}{378.12}$$

1.0 : 4.2/ 0.53

e. Proporciones en volumen de la mezcla en obra:

$$\text{CEMENTO} = \frac{378.12}{42.5} = 8.90 \text{ pie}^3$$

$$\text{ARENA} = \frac{1606.28}{1471 * 1.0836 * 35.315} = 35.58 \text{ pie}^3$$

$$\text{AGUA EFECTIVA} = 199.32 \text{ L}$$

Entonces la proporción en volumen de la mezcla en obra será:

$$\frac{8.24}{8.24} : \frac{32.98}{8.24} / \frac{199.32}{378.12}$$

1.0 : 4.0/ 0.53

2. VALORES DE ENSAYOS

Tabla 24.*Variabilidad dimensional de unidades de albañilería.*

Especimen	Longitud (mm)					Ancho (mm)					Altura (mm)				
	L1	L2	L3	L4	Lo	A1	A2	A3	A4	Ao	H1	H2	H3	H4	Ho
M-01	241.30	240.70	242.00	242.10	241.53	131.30	131.30	131.00	130.60	131.05	89.40	90.00	90.50	90.00	89.98
M-02	242.30	242.00	247.00	243.10	243.60	130.00	131.30	131.00	130.60	130.73	90.70	89.60	90.10	90.60	90.25
M-03	241.00	242.50	242.00	241.00	241.63	131.00	131.20	131.00	130.60	130.95	90.10	90.20	89.30	90.00	89.90
M-04	239.80	241.60	241.20	242.10	241.18	131.30	131.40	131.20	130.60	131.13	89.40	90.10	89.70	89.60	89.70
M-05	241.10	241.70	242.00	241.50	241.58	131.20	130.20	130.20	130.60	130.55	90.00	91.60	89.60	89.40	90.15
M-06	240.00	241.80	242.20	240.90	241.23	129.30	130.20	130.20	130.20	129.98	90.60	89.60	91.00	90.00	90.30
M-07	239.50	241.30	242.30	239.80	240.73	128.50	130.40	130.40	130.40	129.93	89.60	89.90	90.20	90.02	89.93
M-08	239.80	241.50	241.20	240.00	240.63	130.10	130.20	130.20	130.20	130.18	89.80	90.10	89.80	90.03	89.93
M-09	240.00	240.00	240.10	240.00	240.03	130.20	130.40	131.02	130.40	130.51	88.90	90.20	89.80	90.03	89.73
M-10	242.00	240.00	240.10	240.00	240.53	131.02	131.02	130.20	130.03	130.20	89.70	90.20	89.60	90.12	89.91

Lo: Promedio de L1 a L4.

Ao: Promedio de A1 a A4.

Ho: Promedio de H1 a H4.

Tabla 25.*Alabeo de unidades de albañilería.*

Especimen	Cara superior		Cara inferior	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
M-01	1.00	0.00	0.50	0.00
M-02	1.00	0.00	1.00	0.00
M-03	0.50	0.00	0.00	1.00
M-04	0.00	0.00	0.50	0.00
M-05	0.50	0.00	1.00	0.00
M-06	1.50	0.00	0.00	1.00
M-07	0.00	1.00	0.00	0.50
M-08	1.00	0.00	1.00	0.00
M-09	0.00	0.50	1.00	0.00
M-10	0.00	0.50	0.50	0.00

Tabla 26.*Resistencia a la compresión axial de los Ladrillos.*

Especímen	Largo (mm)			Ancho (mm)			Altura (mm)			Área bruta (cm ²)	Área hueca (cm ²)	Área neta (cm ²)	Carga max. (kg)	f ^b	
	L1	L2	LP	A1	A2	AP	H1	H2	HP					kg/cm ²	MPa
M-01	238.24	240.00	239.12	129.50	130.00	129.75	89.80	90.30	90.05	310.26	74.79	235.47	36000	152.89	14.99
M-02	238.50	240.10	239.30	129.80	130.20	130.00	89.00	90.20	89.60	311.09	74.79	236.30	43000	181.97	17.85
M-03	238.70	240.30	239.50	129.60	130.10	129.85	89.70	90.20	89.95	310.99	74.79	236.20	33500	141.83	13.91
M-04	239.60	240.60	240.10	129.50	130.40	129.95	89.70	90.30	90.00	312.01	74.79	237.22	44000	185.48	18.19
M-05	239.40	241.00	240.20	129.30	130.00	129.65	90.00	90.10	90.05	311.42	74.79	236.63	36000	152.14	14.92
M-06	239.51	240.00	239.76	129.00	130.00	129.50	90.00	90.20	90.10	310.48	74.79	235.69	40500	171.83	16.85
M-07	239.91	239.20	239.56	130.00	130.20	130.10	91.00	90.05	90.53	311.66	74.79	236.87	36500	154.09	15.11
M-08	238.90	239.80	239.35	130.10	130.40	130.25	89.80	90.03	89.92	311.75	74.79	236.96	37000	156.14	15.31
M-09	239.70	239.64	239.67	130.20	130.20	130.20	89.70	90.03	89.87	312.05	74.79	237.26	38000	160.16	15.71
M-10	238.50	296.66	267.58	130.40	130.20	130.30	89.60	90.02	89.81	348.66	74.79	273.87	39500	144.23	14.14

Tabla 27.*Pesos de ladrillos.*

Especímen	Peso (gr.)
M-01	4086
M-02	3836
M-03	4002
M-04	4024
M-05	3996
M-06	3792
M-07	3870
M-08	4018
M-09	3900
M-10	3932

Tabla 28.*Contenido de humedad en ladrillos.*

Espécimen	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Peso natural (gr)	Peso seco (gr)	Humedad (%)
M-01	239.12	129.75	90.05	3990	3983	0.18
M-02	239.30	130.00	89.60	3960	3955	0.13
M-03	239.50	129.85	89.95	3968	3961	0.18
M-04	240.10	129.95	90.00	3933	3928	0.13
M-05	240.20	129.65	90.05	4021	4015	0.15
M-06	239.76	129.50	90.10	3967	3961	0.15
M-07	239.56	130.10	90.53	3988	3981	0.18
M-08	239.35	130.25	89.92	3955	3951	0.10
M-09	239.67	130.20	89.87	3988	3982	0.15
M-10	267.58	130.30	89.81	3977	3970	0.18

Tabla 29.*Succión en ladrillos.*

Espécimen	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso seco (gr)	Peso succión (gr)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área bruta (cm²)	Área Hueca (cm²)	Área Neta (cm²)	Succión (gr/200 cm²-min)
M-01	239.11	129.75	3990	4040	23.911	12.98	310.25	74.79	235.46	42.47
M-02	239.25	130.00	3880	3935	23.925	13.00	311.03	74.79	236.24	46.56
M-03	239.80	130.00	3960	4018	23.980	13.00	311.74	74.79	236.95	48.96
M-04	240.01	131.10	3945	4012	24.001	13.11	314.65	74.79	239.86	55.87
M-05	240.10	128.90	3832	3882	24.010	12.89	309.49	74.79	234.70	42.61
M-06	239.78	129.60	3955	4021	23.978	12.96	310.75	74.79	235.96	55.94
M-07	239.78	129.80	3985	4038	23.978	12.98	311.23	74.79	236.44	44.83
M-08	239.62	128.90	3820	3889	23.962	12.89	308.87	74.79	234.08	58.95
M-09	239.65	129.60	3945	3994	23.965	12.96	310.59	74.79	235.80	41.56
M-10	237.58	130.00	3988	4049	23.758	13.00	308.85	74.79	234.06	52.12

Tabla 30.*Absorción de unidades de albañilería.*

Espécimen	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Peso Seco (gr)	Peso Saturado (gr)	Absorción (%)
M-01	239.11	129.75	90.00	3990	4432	11.08
M-02	239.25	130.00	89.80	3985	4392	10.21
M-03	239.80	130.00	89.60	3960	4415	11.49
M-04	240.01	131.10	90.00	3945	4367	10.70
M-05	240.10	128.90	91.00	3988	4453	11.66
M-06	239.78	129.60	90.20	3955	4402	11.30
M-07	239.78	129.80	90.23	3985	4412	10.72
M-08	239.62	128.90	89.76	3945	4433	12.37
M-09	239.65	129.60	89.56	3945	4466	13.21
M-10	237.58	130.00	89.95	3988	4411	10.61

Tabla 31.*Porcentaje de ranuras en unidades de albañilería.*

Espécimen	Peso de la arena en los Huecos (gr)	Densidad de la arena (cm ³)	Volumen arena (cm ³)	Volumen unidad (cm ³)	% Huecos
M-01	988	1.26	784.13	2624.81	29.87
M-02	978	1.26	776.19	2624.81	29.57
M-03	986	1.26	782.54	2624.81	29.81
M-04	987	1.26	783.33	2624.81	29.84
M-05	979	1.26	776.98	2624.81	29.60
M-06	989	1.26	784.92	2624.81	29.90
M-07	974	1.26	773.02	2624.81	29.45
M-08	980	1.26	777.78	2624.81	29.63
M-09	972	1.26	771.43	2624.81	29.39
M-10	987	1.26	783.33	2624.81	29.84

Tabla 32.*Granulometría de la arena.*

Número	Tamiz ASTM	P.R. (gr.)	% P.R	% P.R.A.	% Que Pasa
	Abertura (mm)				
N° 4	(4.75 mm)	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	(2.36 mm)	83.31	5.30	5.30	94.70
N° 16	(1.18 mm)	299.00	19.02	24.32	75.68
N° 30	(0.60 mm)	350.62	22.30	46.62	53.38
N° 50	(0.30 mm)	404.95	25.76	72.38	27.62
N° 100	(0.15 mm)	353.95	22.51	94.89	5.11
N° 200	(0.075 mm)	64.93	4.13	99.02	0.98
Bandeja		15.42	0.98	100.00	0.00
Total		1572.18	100.00		

P.R. : Peso retenido.

P.R.A. : Peso retenido acumulado.

Tabla 33.*Resistencia a compresión de especímenes de mortero tipo P2, sin cal.*

Espécimen	Diámetro (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)
M-01	5.00	19.61	3183	162.32
M-02	5.00	19.61	3345	170.58
M-03	5.00	19.61	3122	159.20
M-04	5.00	19.61	2983	152.12
M-05	5.00	19.61	3026	154.31
M-06	5.00	19.61	2967	151.30

Tabla 34.*Resistencia a compresión de especímenes de mortero tipo P2, con cal.*

Espécimen	Diámetro (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm²)
M-01	5.00	19.61	2729	139.16
M-02	5.00	19.61	2874	146.56
M-03	5.00	19.61	2677	136.51
M-04	5.00	19.61	2771	141.31
M-05	5.00	19.61	2708	138.09
M-06	5.00	19.61	2845	145.08

Tabla 35.*Resistencia característica de pilas de albañilería a compresión axial, mortero tipo P2, con cal, espesor 1.5 cm*

Especímen	Dimensiones			Esbeltez (H/A)	P máx. (KN)	P máx. (Ton)	Área (cm ²)	fm (kg/cm ²)	Factor corrección	fm Corregido (kg/cm ²)
	L (mm)	A (mm)	H (mm)							
M-01	239.7	129.8	580	4.5	260.0	26.51	311.13	85.21	0.98	83.51
M-02	240	129.8	581	4.5	240.0	24.47	311.52	78.56	0.98	76.99
M-03	241	130	587	4.5	235.0	23.96	313.30	76.49	0.98	74.96
M-04	240	131	586	4.5	255.0	26.00	314.40	82.71	0.98	81.05
M-05	239.8	130	584	4.5	265.0	27.02	311.74	86.68	0.98	84.95

Tabla 36.*Resistencia característica de pilas de albañilería a compresión axial, mortero tipo P2, sin cal, espesor 1.5 cm*

Especímen	Dimensiones			Esbeltez (H/A)	P máx. (KN)	P máx. (Ton)	Área (cm ²)	fm (kg/cm ²)	Factor corrección	fm Corregido (kg/cm ²)
	L (mm)	A (mm)	H (mm)							
M-01	239.46	130	583	4.5	275.5	28.09	311.30	90.25	0.98	88.44
M-02	239.7	130.2	586	4.5	260.0	26.51	312.09	84.95	0.98	83.25
M-03	239.4	130	584	4.5	240.6	24.53	311.22	78.83	0.98	77.26
M-04	240	131	590	4.5	230.0	23.45	314.40	74.60	0.98	73.11
M-05	240	130.2	580	4.5	255.0	26.00	312.48	83.21	0.98	81.55

Tabla 38.*Módulo de elasticidad de la albañilería, mortero tipo P2, con cal, e = 1.5 cm*

Pila	Em (kg/cm ²)
MC-01	31637.00
MC-02	31639.00
MC-03	29439.00
MC-04	34452.00
MC-05	31152.00

Tabla 37.*Módulo de elasticidad de la albañilería, mortero tipo P2, sin cal, e = 1.5 cm*

Pila	Em (kg/cm ²)
MC-01	36689.00
MC-02	26717.00
MC-03	31637.00
MC-04	22745.00
MC-05	25935.00

Tabla 39.*Cálculo de la resistencia característica de muretes de la albañilería al corte*

Especimen	Mortero	Espesor	Espesor Diagonal		Área Diagonal (cm ²)	Carga Última (kg)	v'm (kg/cm ²)	Promedio vm (kg/cm ²)	σ	V'm (kg/cm ²)
			t (mm)	D(cm)						
M-01		1 cm	130	84.64	778.05	10970.00	9.97			
M-02	Con Cal	1 cm	130	84.99	781.30	11440.00	10.35	9.66	0.89	8.77
M-03		1 cm	130	84.92	780.65	9560.00	8.66			
M-01		1 cm	130	84.99	781.30	11140.00	10.08			
M-02	Sin Cal	1 cm	130	84.85	780.00	10340.00	9.37	9.58	0.43	9.15
M-03		1 cm	130	84.85	780.00	10260.00	9.30			
M-01		1.5 cm	130	84.99	781.30	8940.00	8.09			
M-02	Con Cal	1.5 cm	130	84.85	780.00	9050.00	8.20	8.59	0.78	7.82
M-03		1.5 cm	130	84.85	780.00	10470.00	9.49			
M-01		1.5 cm	130	84.92	780.65	9548.00	8.65			
M-02	Sin Cal	1.5 cm	130	85.06	781.95	10020.00	9.06	9.21	0.66	8.56
M-03		1.5 cm	130	84.99	781.30	10980.00	9.94			
M-01		2 cm	130	84.99	781.30	8760.00	7.93			
M-02	Con Cal	2 cm	130	84.92	780.65	9700.00	8.78	7.99	0.77	7.22
M-03		2 cm	130	84.99	781.30	8020.00	7.26			
M-01		2 cm	130	84.99	781.30	8818.00	7.98			
M-02	Sin Cal	2 cm	130	84.99	781.30	10790.00	9.76	8.84	0.89	7.95
M-03		2 cm	130	84.85	780.00	9690.00	8.78			

Van...

Viene...

Espécimen	Mortero	Espesor	Espesor Diagonal		Área Diagonal (cm ²)	Carga Última (kg)	v'm (kg/cm ²)	Promedio vm (kg/cm ²)	σ	V'm (kg/cm ²)
			t (mm)	D(cm)						
M-01		3 cm	130	84.99	781.30	7920.00	7.17			
M-02	Con Cal	3 cm	130	85.02	781.56	8070.00	7.30	7.43	0.35	7.08
M-03		3 cm	130	84.85	780.00	8629.00	7.82			
M-01		3 cm	130	84.99	781.30	8540.00	7.73			
M-02	Sin Cal	3 cm	130	84.85	780.00	9290.00	8.42	7.79	0.60	7.20
M-03		3 cm	130	84.99	781.30	7990.00	7.23			
M-01		4 cm	130	84.85	780.00	7980.00	7.23			
M-02	Con Cal	4 cm	130	84.99	781.30	7390.00	6.69	7.10	0.36	6.74
M-03		4 cm	130	84.85	780.00	8140.00	7.38			
M-01		4 cm	130	85.02	781.56	6980.00	6.31			
M-02	Sin Cal	4 cm	130	84.85	780.00	7900.00	7.16	6.55	0.54	6.01
M-03		4 cm	130	85.02	781.56	6820.00	6.17			

Tabla 40.Módulo de elasticidad, E_m , de mortero tipo P2 con cal, $e=1.00$ cm.

Carga Última (Tn)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Resistencia f_m (kg/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación unitaria (ϵ)
0.0	23.98	12.97	311.02	0.00	0.00	0.0000
2.5	24.00	13.10	314.40	7.95	0.10	0.0003
5.0	23.96	13.00	311.48	16.05	0.19	0.0005
7.5	23.99	12.99	311.63	24.07	0.31	0.0008
10.0	24.00	13.00	312.00	32.05	0.66	0.0017
12.5	24.10	12.97	312.58	39.99	0.97	0.0024
15.0	23.97	13.00	311.61	48.14	1.32	0.0033
17.5	24.00	13.00	312.00	56.09	1.66	0.0042
20.0	23.98	12.97	311.02	64.30	2.00	0.0050
22.5	24.10	13.10	315.71	71.27	2.35	0.0059
25.0	23.98	13.00	311.74	80.20	2.66	0.0067
26.5	23.97	12.98	311.13	85.21	2.90	0.0073
Ecuación				Esf=4E+08x³-5E+06x²+26871x		
Cof. de correlación				R²=0.9907		
Def. unitaria				0.0073		
Esf. de rotura (kg/cm²)				85.21		
Módulo de elasticidad (kg/cm²)				31637.00		

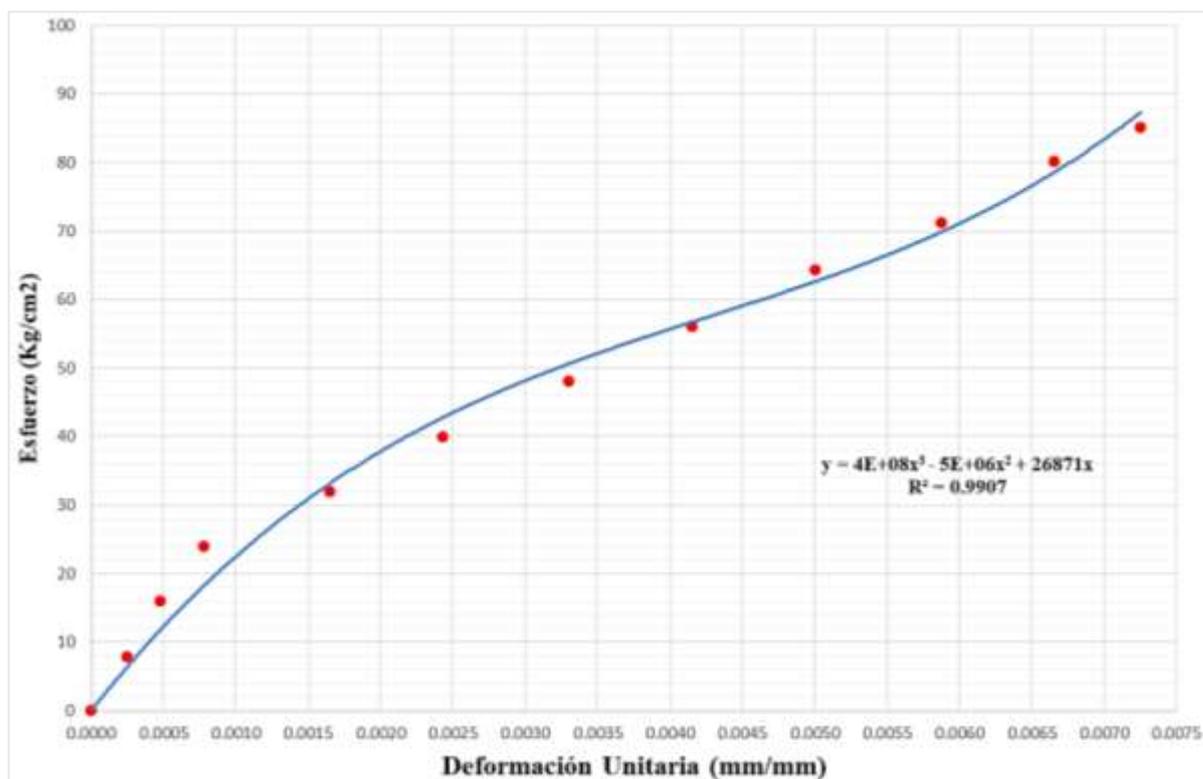
**Figura 19.** Esfuerzo vs Deformación unitaria de mortero tipo P2, con cal, $e=1.00$ cm.

Tabla 41.

Módulo de elasticidad, E_m , de mortero tipo P2, sin cal, $e=1.00$ cm.

Carga Última (Tn)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Resistencia fm (kg/cm ²)	Deformación (mm)		Deformación unitaria (ε)		
0.0	23.98	13.00	311.74	0.00	0.00		0.0000		
2.5	24.10	13.10	315.71	7.92	0.10		0.0003		
		5.0		23.98	12.98	311.26	16.06	0.19	0.0005
		7.5		23.99	13.00	311.87	24.05	0.31	0.0008
		10.0		24.10	13.10	315.71	31.67	0.66	0.0017
		12.5		23.98	12.97	311.02	40.19	0.97	0.0024
		15.0		23.97	13.00	311.61	48.14	1.32	0.0033
		17.5		23.99	13.00	311.87	56.11	1.66	0.0042
		20.0		23.98	12.97	311.02	64.30	2.00	0.0050
		22.5		24.00	13.10	314.40	71.56	2.35	0.0059
		25.0		23.98	12.99	311.50	80.26	2.66	0.0067
		27.5		24.00	12.96	311.04	88.41	2.90	0.0073
	28.09			23.95	13.00	311.30	90.25	3.20	0.0080

Ecuación	$Esf=2E+08x^3-4E+06x^2+24545x$
Cof. de correlación	$R^2=0.988$
Def. unitaria	0.0080
Esf. de rotura (kg/cm ²)	90.25
Módulo de elasticidad (kg/cm ²)	36689.00

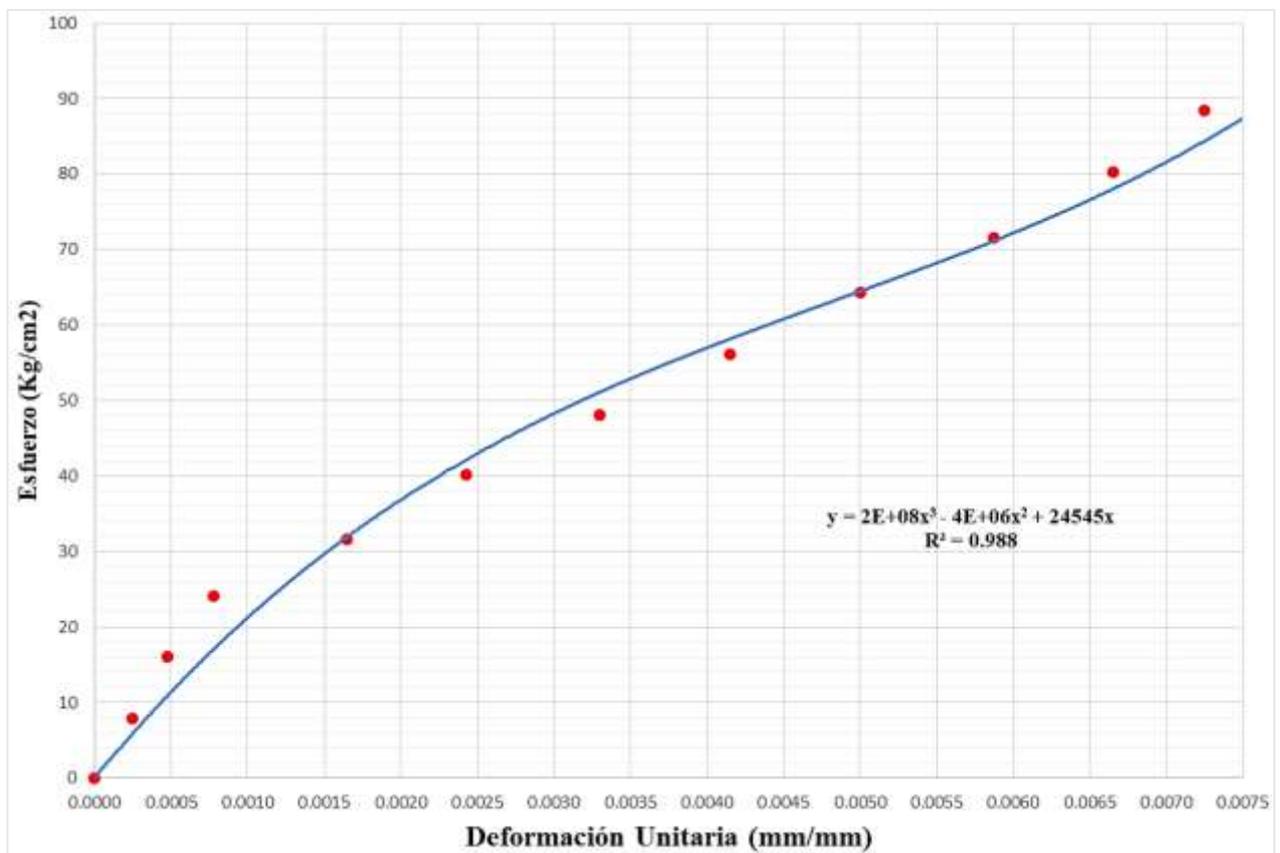


Figura 20. Esfuerzo vs Deformación unitaria de mortero tipo P2, sin cal, $e=1.00$ cm

Tabla 42.

Módulo de elasticidad, E_m , de mortero tipo P2, con cal, $e=1.50$ cm.

Carga Última (Tn)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Resistencia f_m (kg/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación unitaria (ϵ)
0.0	23.98	12.98	311.26	0.00	0.00	0.0000
2.5	24.00	13.10	314.40	7.95	0.09	0.0002
5.0	24.10	13.00	313.30	15.96	0.21	0.0005
7.5	23.99	12.99	311.63	24.07	0.33	0.0008
10.0	23.98	13.10	314.14	31.83	0.65	0.0016
12.5	24.10	12.97	312.58	39.99	0.97	0.0024
15.0	23.99	13.00	311.87	48.10	1.33	0.0033
17.5	24.10	13.00	313.30	55.86	1.72	0.0043
20.0	23.98	12.97	311.02	64.30	2.11	0.0053
22.5	24.10	12.98	312.82	71.93	2.45	0.0061
24.5	24.00	12.98	311.52	78.56	2.98	0.0075
Ecuación				Esf=3E+08x³-4E+06x²+25790x		
Cof. de correlación				R²=0.9886		
Def. unitaria				0.0075		
Esf. de rotura (kg/cm²)				78.56		
Módulo de elasticidad (kg/cm²)				31639		

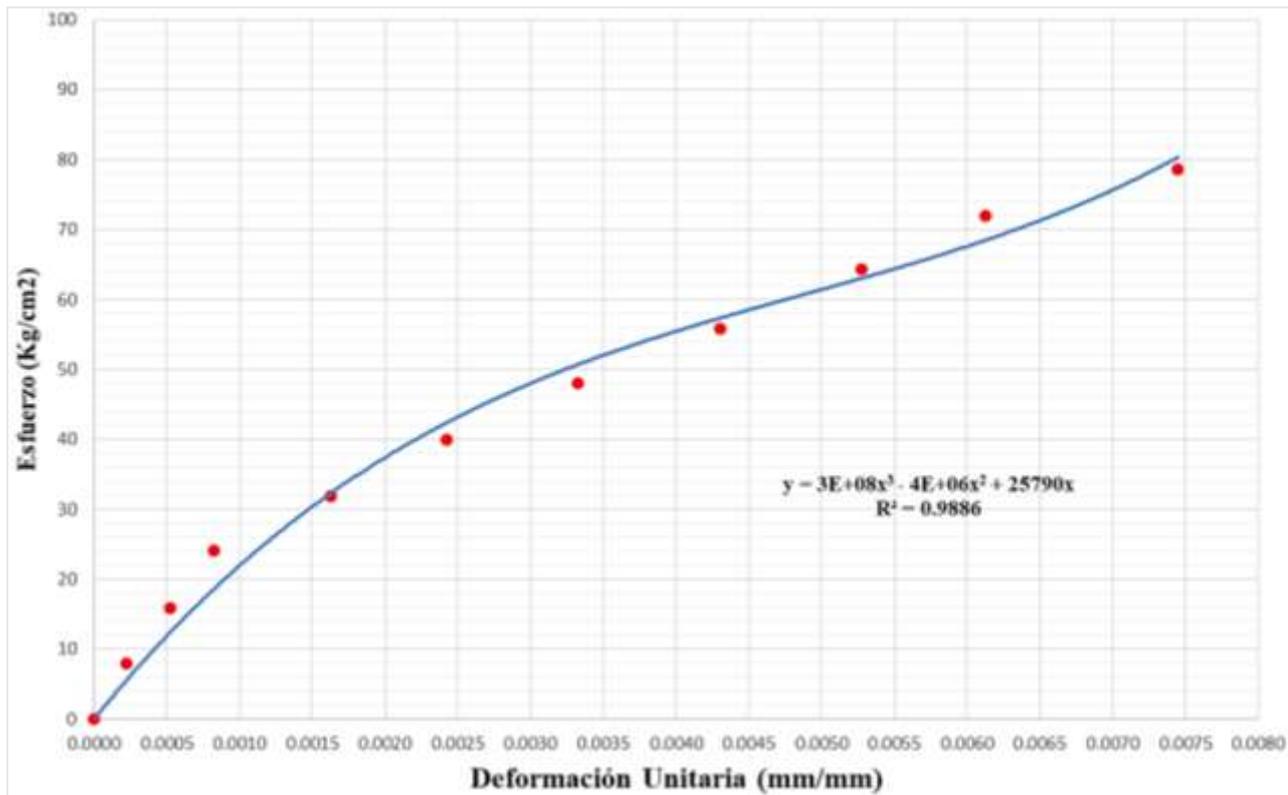


Figura 21. Esfuerzo vs Deformación unitaria de mortero tipo P2, con cal, $e=1.50$ cm

Tabla 43.Módulo de elasticidad, E_m , de mortero tipo P2 sin cal, $e=1.50$ cm.

Carga Última (Tn)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Resistencia f_m (kg/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación unitaria (ϵ)
0.0	24.00	12.98	311.52	0.00	0.00	0.0000
2.5	23.98	12.96	310.78	8.04	0.09	0.0002
5.0	24.00	13.00	312.00	16.03	0.22	0.0006
7.5	23.99	12.99	311.63	24.07	0.35	0.0009
10.0	24.10	13.10	315.71	31.67	0.62	0.0016
12.5	24.10	12.97	312.58	39.99	0.98	0.0025
15.0	24.00	13.01	312.24	48.04	1.36	0.0034
17.5	24.10	13.00	313.30	55.86	1.52	0.0038
20.0	23.98	12.97	311.02	64.30	2.05	0.0051
22.5	24.10	12.98	312.82	71.93	2.35	0.0059
25.0	23.96	13.00	311.48	80.26	2.76	0.0069
26.5	23.97	13.02	312.09	84.95	2.98	0.0075
Ecuación				Esf=3E+08x³-4E+06x²+25984x		
Cof. de correlación				R²=0.9926		
Def. unitaria				0.0075		
Esf. de rotura (kg/cm²)				84.95		
Módulo de elasticidad (kg/cm²)				26717		

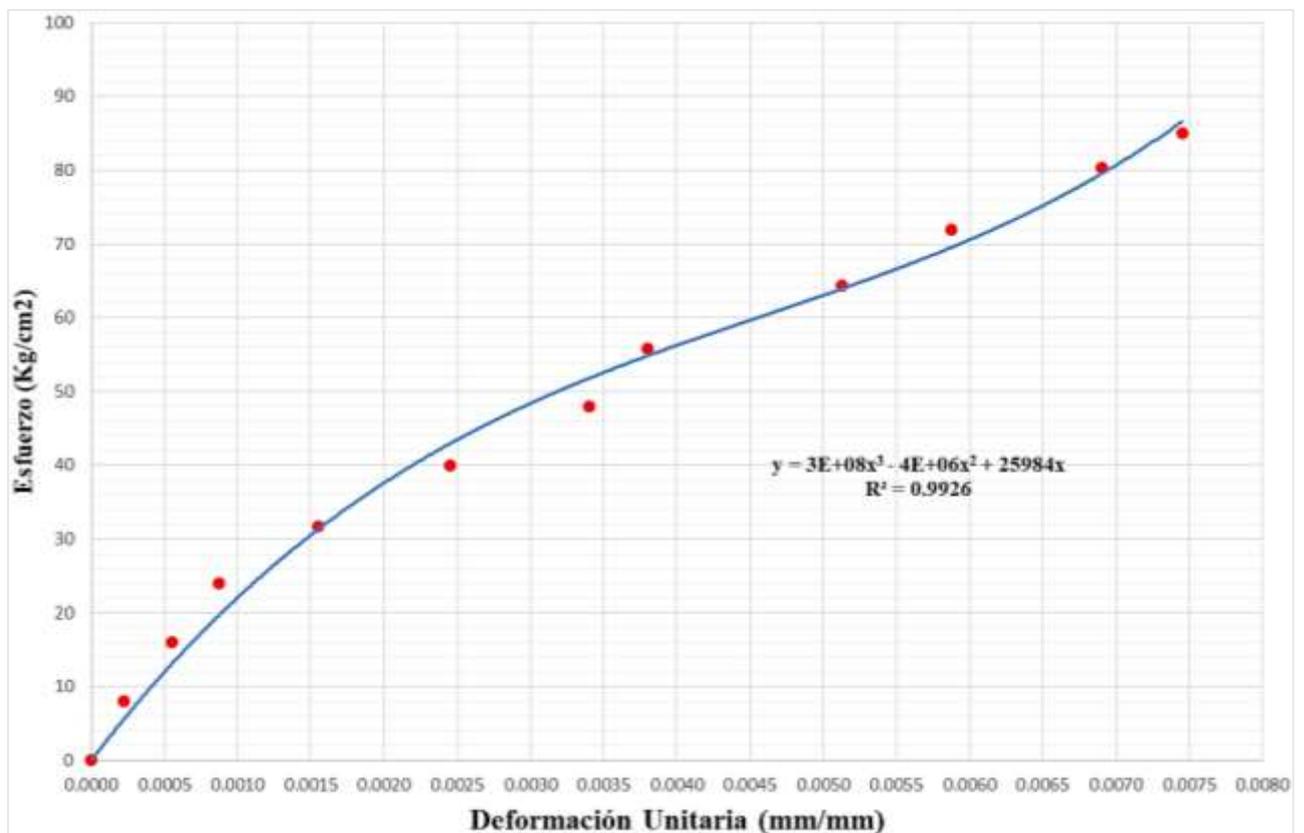
**Figura 22.** Esfuerzo vs Deformación unitaria de mortero tipo P2, sin cal, $e=1.50$ cm

Tabla 44.

Módulo de elasticidad, E_m , de mortero tipo P2, con cal, $e=2.00$ cm.

Carga Última (Tn)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Resistencia f_m (kg/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación unitaria (ϵ)
0.0	24.00	12.98	311.52	0.00	0.00	0.0000
2.5	23.98	13.10	314.14	7.96	0.09	0.0002
5.0	24.00	12.99	311.76	16.04	0.21	0.0005
7.5	23.98	12.97	311.02	24.11	0.33	0.0008
10.0	24.10	13.00	313.30	31.92	0.64	0.0016
12.5	23.99	13.10	314.27	39.77	1.01	0.0025
15.0	24.00	13.00	312.00	48.08	1.65	0.0041
17.5	24.10	12.98	312.82	55.94	1.99	0.0050
20.0	23.98	12.97	311.02	64.30	2.35	0.0059
22.5	24.00	12.98	311.52	72.23	2.75	0.0069
23.96	24.10	13.00	313.30	76.49	2.82	0.0071
Ecuación				Esf=5E+08x³-6E+06x²+29044x		
Cof. de correlación				R²=0.9922		
Def. unitaria				0.0071		
Esf. de rotura (kg/cm²)				76.49		
Módulo de elasticidad (kg/cm²)				29439		

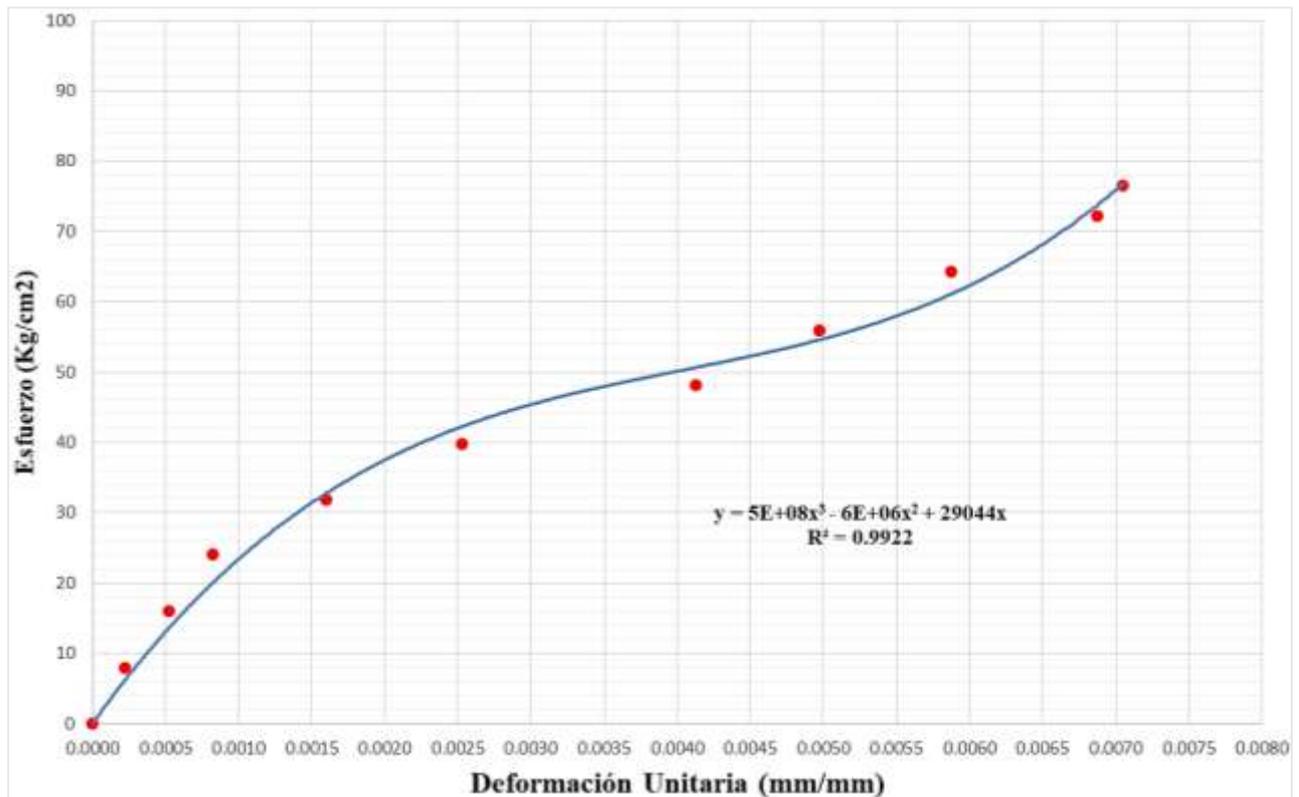


Figura 23. Esfuerzo vs Deformación unitaria de mortero tipo P2, con cal, $e=2.00$ cm

Tabla 45.

Módulo de elasticidad, E_m , de mortero tipo P2, sin cal, $e=2.00$ cm.

Carga Última (Tn)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Resistencia f_m (kg/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación unitaria (ϵ)
0.0	24.00	12.98	311.52	0.00	0.00	0.0000
2.5	23.98	12.96	310.78	8.04	0.09	0.0002
5.0	24.00	13.00	312.00	16.03	0.22	0.0006
7.5	23.99	12.99	311.63	24.07	0.35	0.0009
10.0	24.10	13.10	315.71	31.67	0.62	0.0016
12.5	24.10	12.97	312.58	39.99	0.98	0.0025
15.0	24.00	13.01	312.24	48.04	1.36	0.0034
17.5	24.10	13.00	313.30	55.86	1.52	0.0038
20.0	23.98	12.97	311.02	64.30	2.05	0.0051
22.5	24.10	12.98	312.82	71.93	2.35	0.0059
25.0	23.96	13.00	311.48	80.26	2.76	0.0069
26.5	23.97	13.02	312.09	84.95	2.98	0.0075
Ecuación				Esf=3E+08x³-4E+06x²+25984x		
Cof. de correlación				R²=0.9926		
Def. unitaria				0.0075		
Esf. de rotura (kg/cm²)				84.95		
Módulo de elasticidad (kg/cm²)				26717		

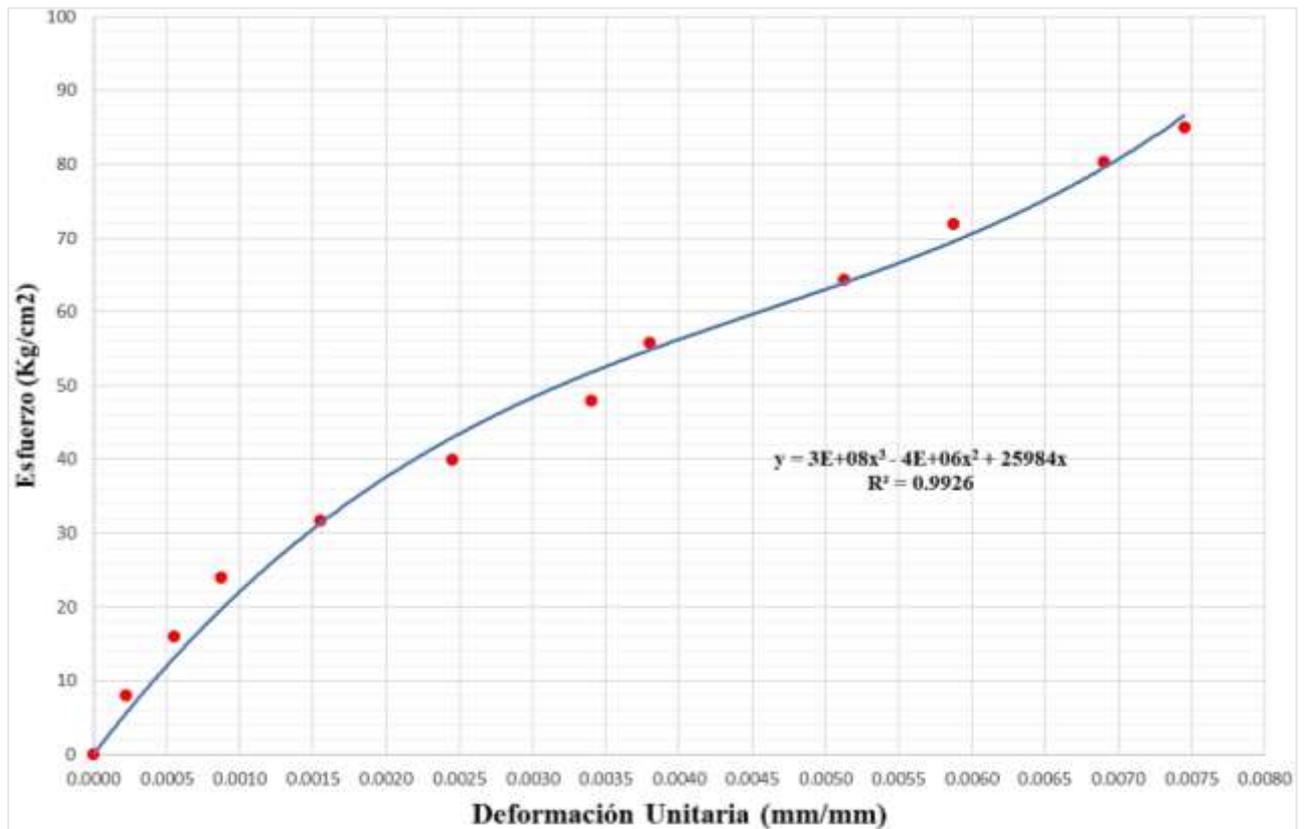


Figura 24. Esfuerzo vs Deformación unitaria de mortero tipo P2, sin cal, $e=2.00$ cm

Tabla 46.

Módulo de elasticidad, E_m , de mortero tipo P2, con cal, $e=3.00$ cm.

Carga Última (Tn)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Resistencia f_m (kg/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación unitaria (ϵ)
0.0	24.10	12.98	312.82	0.00	0.00	0.0000
2.5	24.00	13.10	314.40	7.95	0.10	0.0003
5.0	23.98	12.99	311.50	16.05	0.21	0.0005
7.5	23.10	12.97	299.61	25.03	0.29	0.0007
10.0	24.00	13.00	312.00	32.05	0.40	0.0010
12.5	23.99	13.10	314.27	39.77	0.65	0.0016
15.0	23.98	13.00	311.74	48.12	0.89	0.0022
17.5	24.10	12.98	312.82	55.94	1.35	0.0034
20.0	24.00	12.97	311.28	64.25	1.67	0.0042
22.5	24.10	12.98	312.82	71.93	1.89	0.0047
25.0	23.98	12.99	311.50	80.26	2.21	0.0055
26.0	24.00	13.10	314.40	82.71	2.56	0.0064
Ecuación				Esf=5E+08x³-7E+06x²+34281x		
Cof. de correlación				R²=0.99		
Def. unitaria				0.0064		
Esf. de rotura (kg/cm²)				82.71		
Módulo de elasticidad (kg/cm²)				34452		

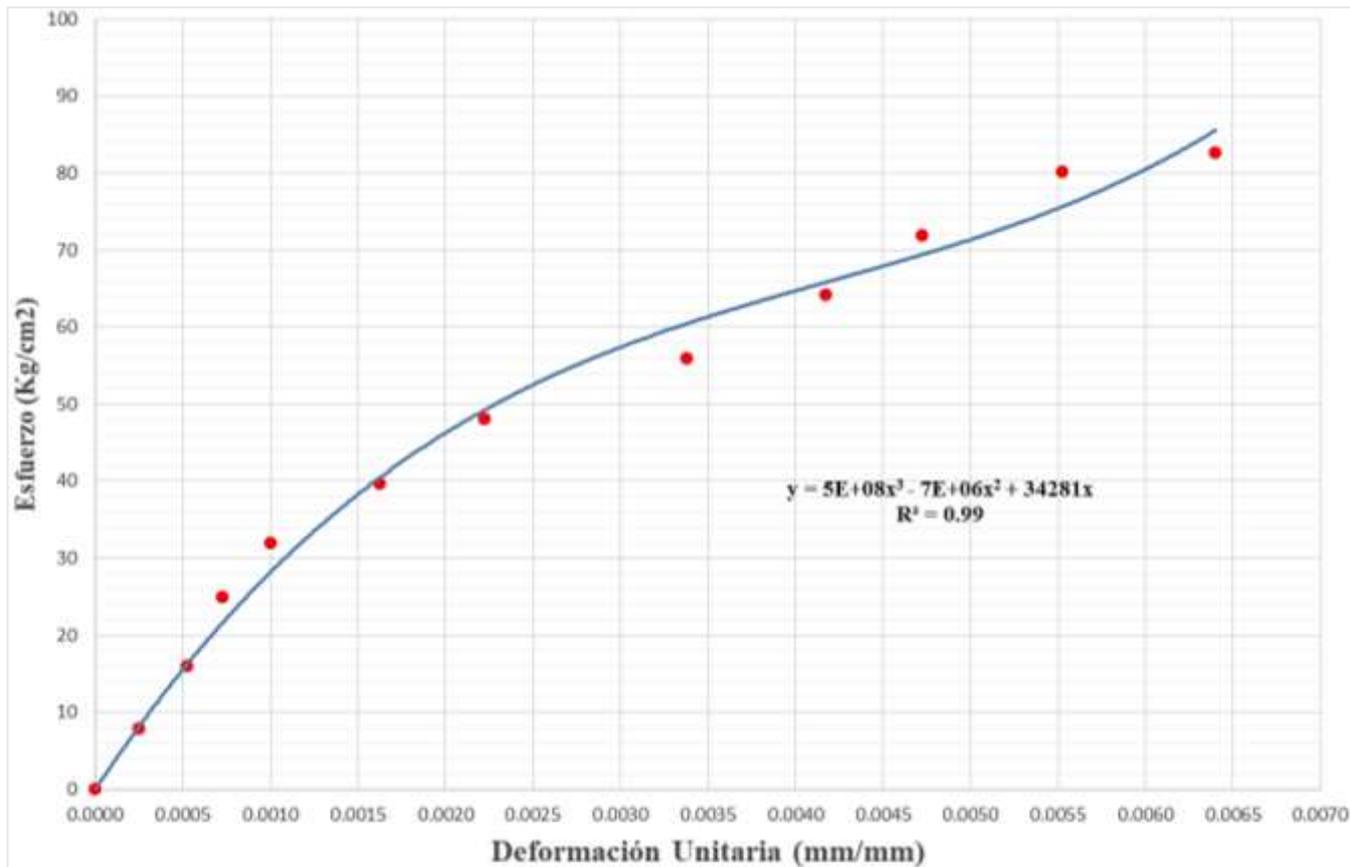


Figura 25. Esfuerzo vs Deformación unitaria de mortero tipo P2, con cal, $e=3.00$ cm

Tabla 47.

Módulo de elasticidad, E_m , de mortero tipo P2, sin cal, $e=3.00$ cm.

Carga Última (Tn)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Resistencia f_m (kg/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación unitaria (ϵ)
0.0	24.10	12.98	312.82	0.00	0.00	0.0000
2.5	23.98	13.00	311.74	8.02	0.10	0.0003
5.0	23.98	13.10	314.14	15.92	0.22	0.0006
7.5	23.10	13.01	300.53	24.96	0.31	0.0008
10.0	24.00	12.98	311.52	32.10	0.45	0.0011
12.5	23.99	12.97	311.15	40.17	0.76	0.0019
15.0	23.98	13.05	312.94	47.93	0.98	0.0025
17.5	23.96	12.97	310.76	56.31	1.56	0.0039
20.0	24.10	13.00	313.30	63.84	1.75	0.0044
22.5	24.00	12.98	311.52	72.23	1.98	0.0050
23.45	24.00	13.10	314.40	74.60	2.35	0.0059
Ecuación				Esf=6E+08x³-7E+06x²+33237x		
Cof. de correlación				R²=0.9901		
Def. unitaria				0.0059		
Esf. de rotura (kg/cm²)				74.60		
Módulo de elasticidad (kg/cm²)				22745		

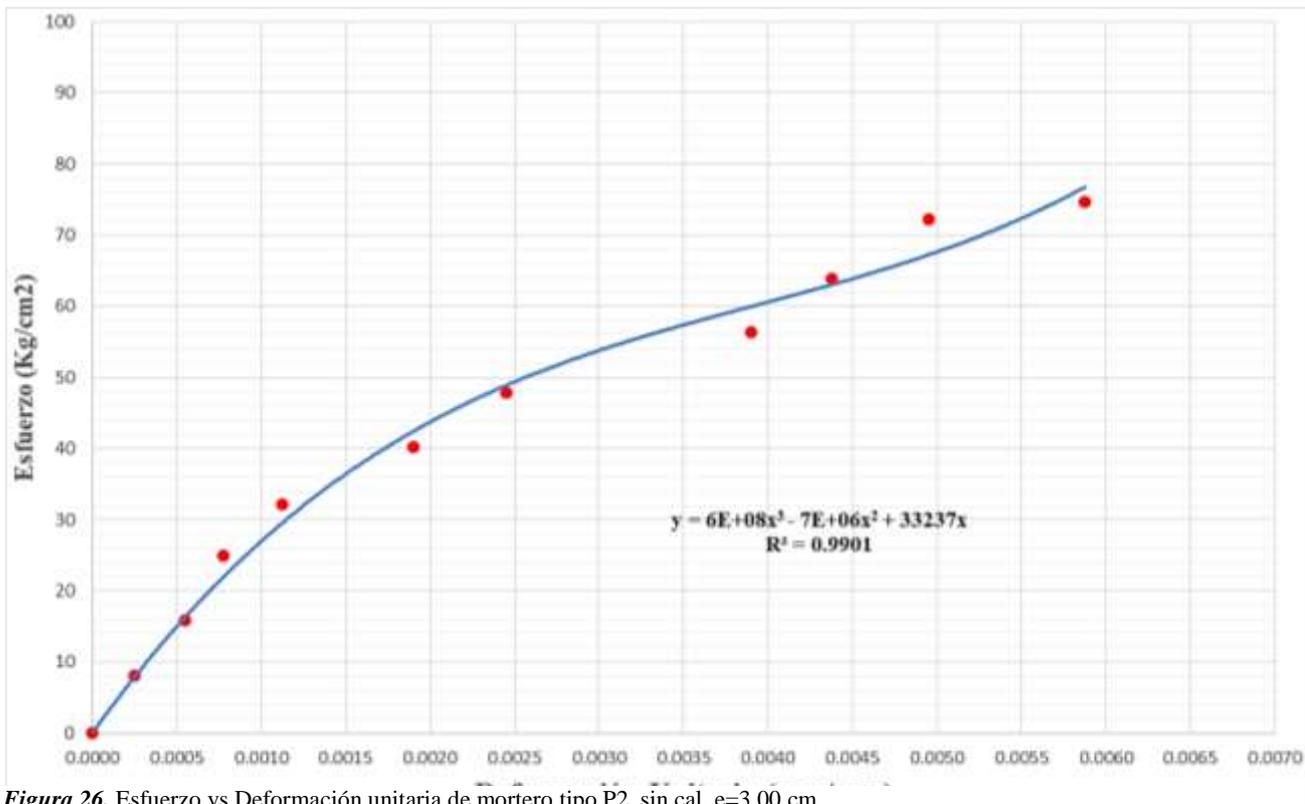


Figura 26. Esfuerzo vs Deformación unitaria de mortero tipo P2, sin cal, $e=3.00$ cm.

Tabla 48.

Módulo de elasticidad, E_m , de mortero tipo P2, con cal, $e=4.00$ cm.

Carga Última (Tn)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Resistencia f_m (kg/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación unitaria (ϵ)
0.0	24.10	13.00	313.30	0.00	0.00	0.0000
2.5	24.00	13.10	314.40	7.95	0.10	0.0003
5.0	23.98	12.99	311.50	16.05	0.23	0.0006
7.5	23.10	12.97	299.61	25.03	0.31	0.0008
10.0	24.00	13.00	312.00	32.05	0.42	0.0011
12.5	23.99	13.10	314.27	39.77	0.65	0.0016
15.0	23.98	13.00	311.27	48.12	0.92	0.0023
17.5	23.99	13.00	311.87	56.11	1.39	0.0035
20.0	24.00	12.97	311.28	64.25	1.68	0.0042
22.5	23.10	12.98	299.84	75.04	1.95	0.0049
25.0	23.98	12.99	311.50	80.26	2.24	0.0056
27.0	23.98	13.00	311.74	86.68	2.58	0.0065
Ecuación				Esf=5E+08x³-6E+06x²+33425x		
Cof. de correlación				R²=0.9921		
Def. unitaria				0.0065		
Esf. de rotura (kg/cm²)				86.68		
Módulo de elasticidad (kg/cm²)				32152		

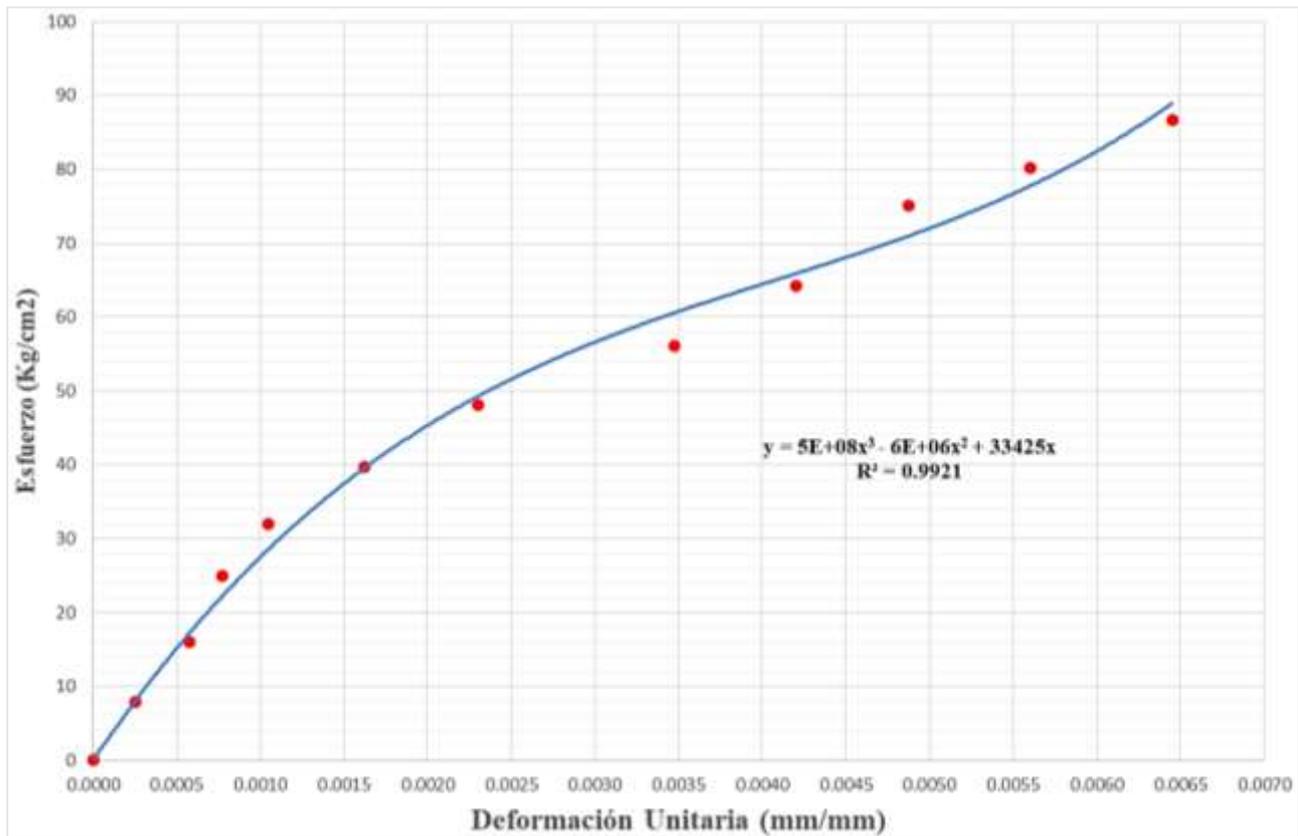


Figura 27. Esfuerzo vs Deformación unitaria de mortero tipo P2, con cal, $e=4.00$ cm.

Tabla 49.

Módulo de elasticidad, E_m , de mortero tipo P2, sin cal, $e=4.00$ cm.

Carga Última (Tn)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Resistencia f_m (kg/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación unitaria (ϵ)
0.0	24.10	13.00	313.30	0.00	0.00	0.0000
2.5	24.00	12.97	311.28	8.03	0.11	0.0003
5.0	24.10	12.99	313.06	15.97	0.26	0.0007
7.5	23.10	12.97	299.61	25.03	0.35	0.0009
10.0	24.00	13.01	312.24	32.03	0.45	0.0011
12.5	23.99	13.00	311.87	40.08	0.75	0.0019
15.0	23.97	13.05	312.81	47.95	0.98	0.0025
17.5	23.99	13.10	314.27	55.68	1.45	0.0036
20.0	24.02	12.97	311.54	64.20	1.69	0.0042
22.5	23.10	12.98	299.84	75.04	1.98	0.0050
25.0	23.98	12.99	311.50	80.26	2.26	0.0057
26.0	24.00	13.02	312.48	83.21	2.59	0.0065
Ecuación				Esf=4E+08x³-5E+06x²+29769x		
Cof. de correlación				R²=0.9903		
Def. unitaria				0.0065		
Esf. de rotura (kg/cm²)				83.21		
Módulo de elasticidad (kg/cm²)				25935		

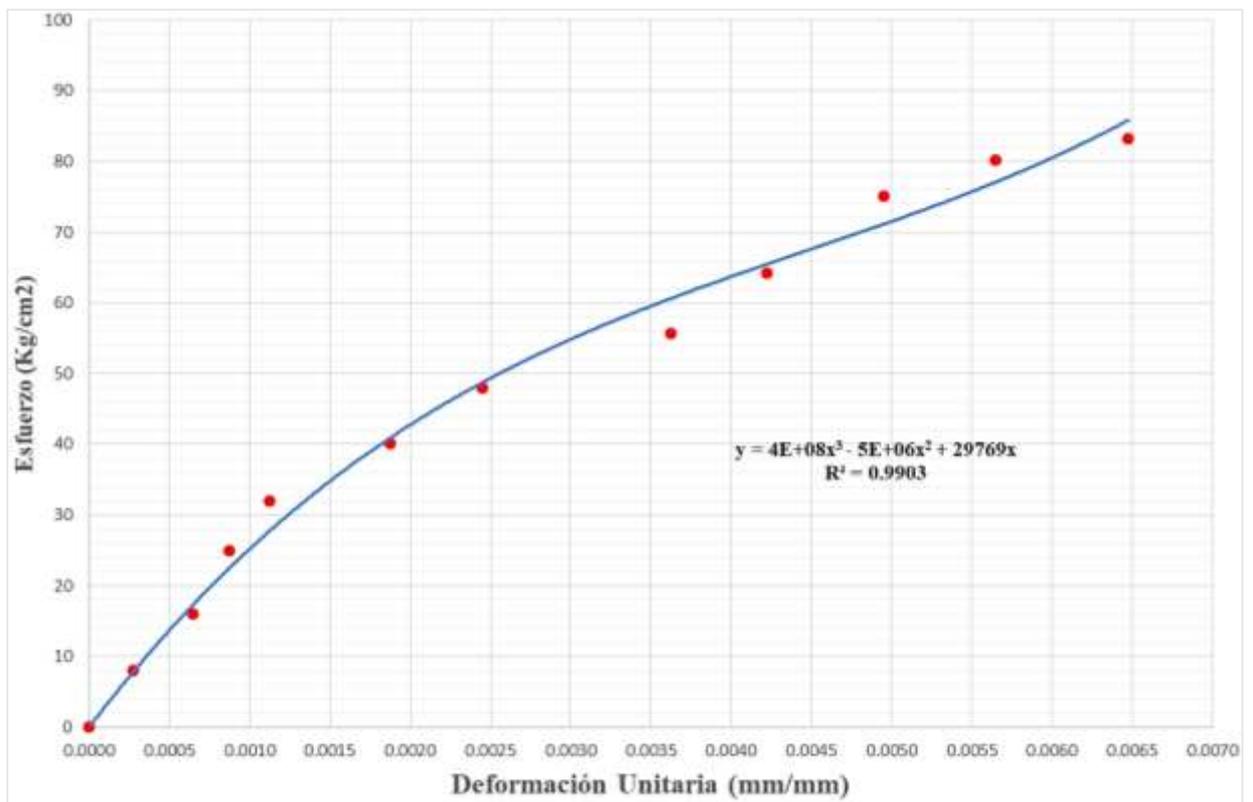


Figura 28. Esfuerzo vs Deformación unitaria de mortero tipo P2, sin cal, $e=4.00$ cm.

Tabla 50.*Módulo de corte, Gm, de mortero tipo P2, sin cal, e=1.00 cm.*

Carga (kg)	Deformación vertical (cm)	Deformación horizontal (cm)	Esfuerzo (kg/cm²)	Deformación unitaria (γ)
0	0.000	0.000	0.00	0.00000
300	0.005	0.004	0.27	0.00011
400	0.007	0.006	0.36	0.00015
700	0.008	0.007	0.63	0.00018
1200	0.009	0.008	1.09	0.00020
1500	0.010	0.009	1.36	0.00022
1700	0.012	0.010	1.54	0.00026
1900	0.013	0.010	1.72	0.00027
2100	0.014	0.011	1.90	0.00029
2500	0.015	0.012	2.27	0.00032
2700	0.015	0.013	2.45	0.00033
3000	0.016	0.015	2.72	0.00037
3300	0.017	0.016	2.99	0.00039
3500	0.018	0.018	3.17	0.00042
3800	0.020	0.019	3.44	0.00046
4000	0.021	0.020	3.63	0.00048
4300	0.023	0.021	3.90	0.00052
4500	0.024	0.023	4.08	0.00055
4700	0.025	0.024	4.26	0.00058
5000	0.026	0.025	4.53	0.00060
5300	0.028	0.026	4.80	0.00064
5500	0.030	0.028	4.99	0.00068
5800	0.031	0.030	5.26	0.00072
6000	0.031	0.031	5.44	0.00073
6400	0.032	0.031	5.80	0.00074
6900	0.033	0.032	6.25	0.00077
7000	0.035	0.034	6.34	0.00081
7300	0.036	0.036	6.62	0.00085
7500	0.037	0.038	6.80	0.00088
7800	0.038	0.040	7.07	0.00092
8000	0.040	0.041	7.25	0.00095
8300	0.040	0.042	7.52	0.00097
8500	0.041	0.043	7.70	0.00099
8800	0.042	0.044	7.98	0.00101
9000	0.043	0.045	8.16	0.00104
9300	0.045	0.047	8.43	0.00108
9500	0.047	0.049	8.61	0.00113
9700	0.050	0.050	8.79	0.00118
10000	0.051	0.052	9.06	0.00121
10270	0.052	0.053	9.31	0.00124

Van...

Viene...

Carga (kg)	Deformación vertical (cm)	Deformación horizontal (cm)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Deformación unitaria (γ)
10290	0.054	0.054	9.33	0.00127
10300	0.055	0.055	9.34	0.00130
10260	0.056	0.056	9.30	0.00132
Ecuación		Esf = -3,667,384,072.10x³ + 6,534,816.81x² + 4,911.05x		
Def. unitaria		0.00132		
Esf. de rotura (kg/cm²)		9.30		
Módulo de rigidez (kg/cm)		7045.64		
Largo (cm)	: 60.00	Altura (cm)	: 60.00	
Ancho (cm)	: 13.00	Área (cm ²)	: 780.00	

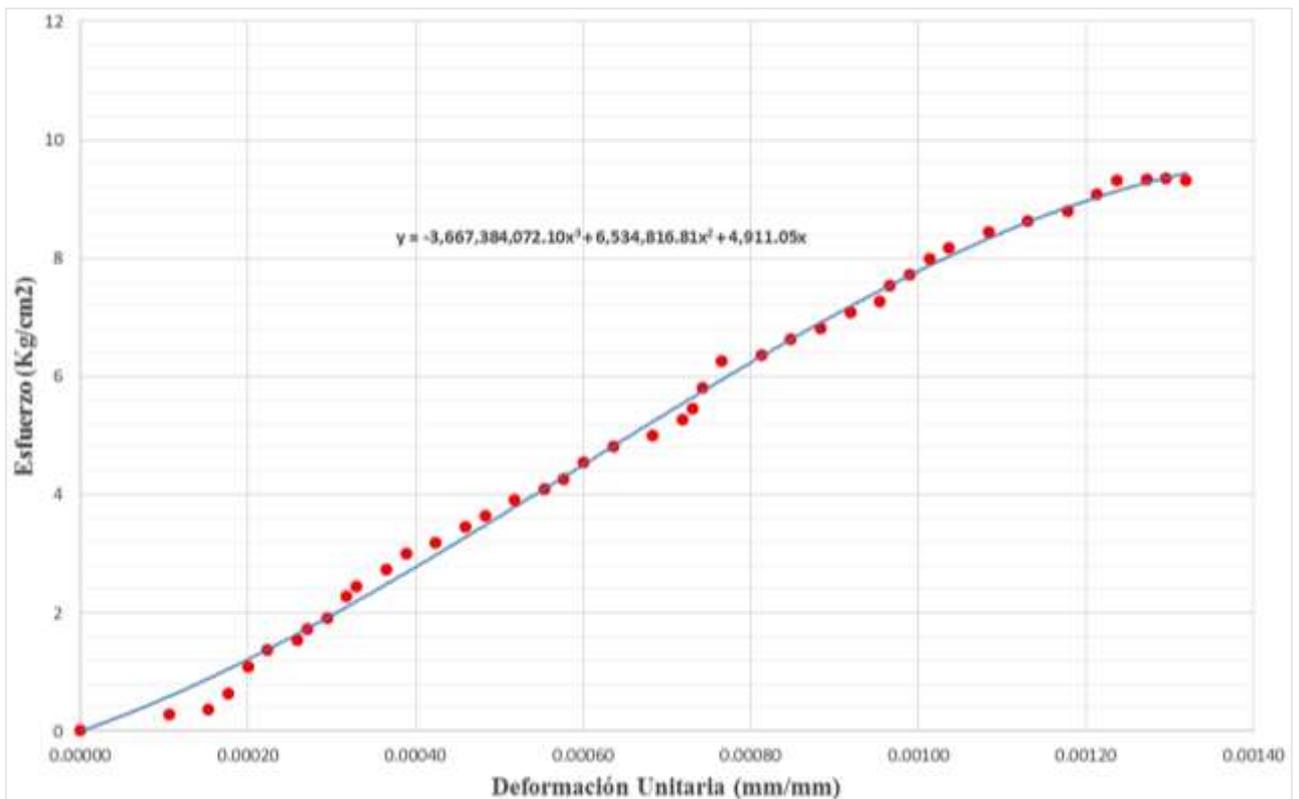


Figura 29. Esfuerzo vs Deformación unitaria cortante, de mortero tipo P2, sin cal, e=1.00 cm

Tabla 51.*Módulo de corte, Gm, de mortero tipo P2, con cal, e=1.00 cm.*

Carga (kg)	Deformación vertical (cm)	Deformación horizontal (cm)	Esfuerzo (kg/cm²)	Deformación unitaria (γ)
0	0.000	0.000	0.00	0.00000
300	0.004	0.004	0.27	0.00009
400	0.006	0.006	0.36	0.00014
700	0.007	0.007	0.63	0.00016
1200	0.009	0.008	1.09	0.00020
1500	0.010	0.009	1.36	0.00022
1700	0.011	0.010	1.54	0.00025
1900	0.013	0.010	1.72	0.00027
2100	0.014	0.011	1.90	0.00029
2500	0.015	0.012	2.26	0.00032
2700	0.015	0.013	2.45	0.00033
3000	0.016	0.015	2.72	0.00037
3300	0.017	0.016	2.99	0.00039
3500	0.019	0.018	3.17	0.00044
3800	0.020	0.019	3.44	0.00046
4000	0.022	0.020	3.62	0.00049
4300	0.023	0.021	3.89	0.00052
4500	0.024	0.023	4.08	0.00055
4700	0.025	0.024	4.26	0.00058
5000	0.026	0.025	4.53	0.00060
5300	0.027	0.026	4.80	0.00062
5500	0.029	0.028	4.98	0.00067
5800	0.030	0.030	5.25	0.00071
6000	0.031	0.031	5.43	0.00073
6400	0.032	0.031	5.80	0.00074
6500	0.034	0.032	5.89	0.00078
6700	0.035	0.034	6.07	0.00081
6900	0.036	0.036	6.25	0.00085
7000	0.037	0.038	6.34	0.00088
7300	0.038	0.040	6.61	0.00092
7400	0.039	0.041	6.70	0.00094
7600	0.040	0.042	6.88	0.00097
7700	0.041	0.043	6.97	0.00099
7900	0.042	0.044	7.15	0.00101
8000	0.043	0.045	7.25	0.00104
8200	0.045	0.047	7.43	0.00108
8300	0.047	0.049	7.52	0.00113
8500	0.050	0.050	7.70	0.00118
8600	0.051	0.052	7.79	0.00121
8800	0.052	0.053	7.97	0.00124

Van...

Viene...

Carga (kg)	Deformación vertical (cm)	Deformación horizontal (cm)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Deformación unitaria (γ)
9000	0.054	0.054	8.15	0.00127
9300	0.055	0.055	8.42	0.00130
10260	0.056	0.056	8.66	0.00132
Ecuación		Esf = -3,095,790,826.42x³ + 4,368,408.96x² + 5,861.24x		
Def. unitaria		0.00132		
Esf. de rotura (kg/cm²)		8.66		
Módulo de rigidez (kg/cm)		6564.94		
Largo (cm)	: 60.05	Altura (cm)	: 60.05	
Ancho (cm)	: 13.00	Área (cm ²)	: 780.65	

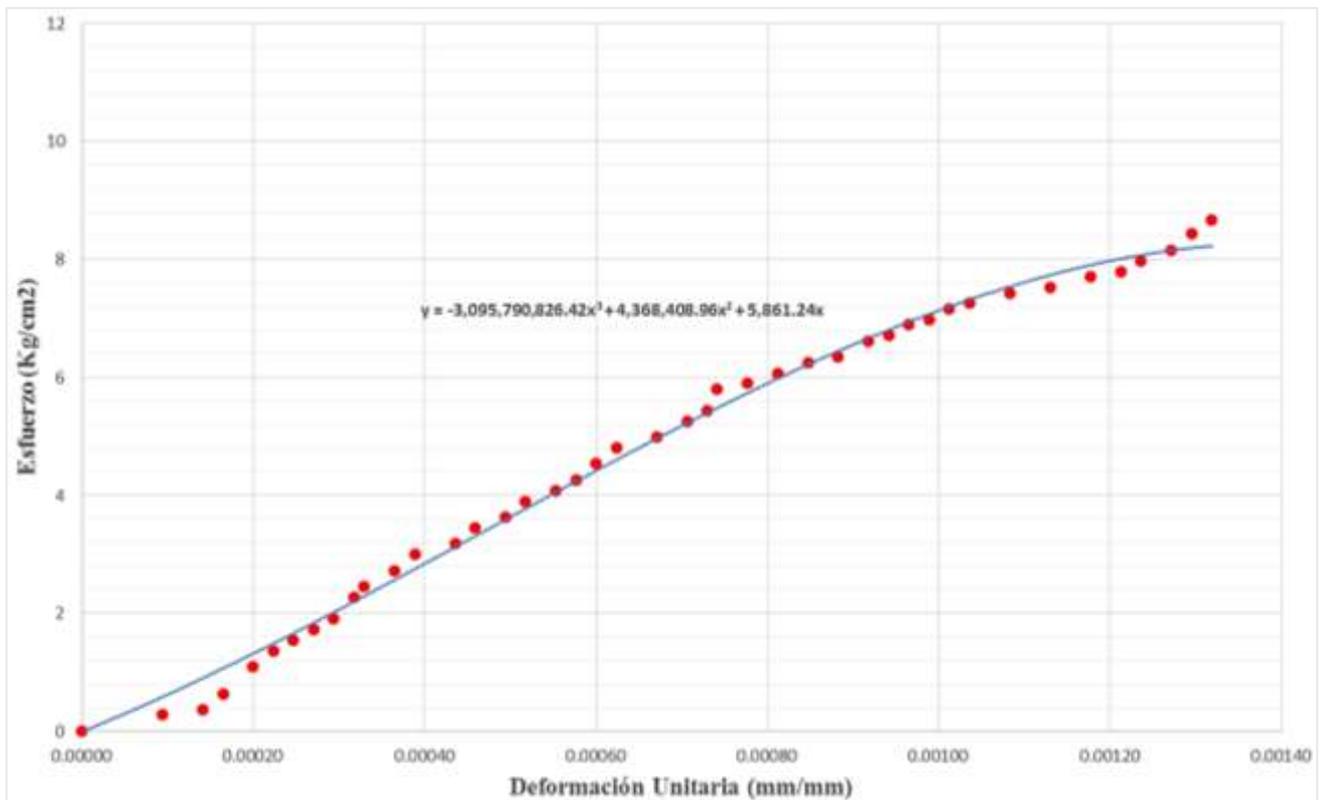


Figura 30. Esfuerzo vs Deformación unitaria cortante, de mortero tipo P2, con cal, e=1.00 cm

Tabla 52.*Módulo de corte, Gm, de mortero tipo P2, sin cal, e=1.50 cm.*

Carga (kg)	Deformación vertical (cm)	Deformación horizontal (cm)	Esfuerzo (kg/cm²)	Deformación unitaria (γ)
0	0.000	0.000	0.00	0.00000
300	0.005	0.004	0.27	0.00011
400	0.007	0.006	0.36	0.00015
700	0.008	0.007	0.63	0.00018
1200	0.009	0.008	1.09	0.00020
1500	0.010	0.009	1.36	0.00022
1700	0.011	0.010	1.54	0.00025
1900	0.012	0.010	1.72	0.00026
2100	0.013	0.011	1.90	0.00028
2500	0.014	0.012	2.26	0.00031
2700	0.015	0.013	2.44	0.00033
3000	0.016	0.015	2.71	0.00036
3300	0.017	0.016	2.99	0.00039
3500	0.018	0.017	3.17	0.00041
3800	0.019	0.019	3.44	0.00045
4000	0.020	0.020	3.62	0.00047
4300	0.021	0.021	3.89	0.00049
4500	0.022	0.023	4.07	0.00053
4700	0.023	0.023	4.25	0.00054
5000	0.025	0.025	4.52	0.00059
5300	0.027	0.026	4.80	0.00062
5500	0.029	0.028	4.98	0.00067
5800	0.030	0.030	5.25	0.00071
6000	0.031	0.031	5.43	0.00073
6400	0.032	0.031	5.79	0.00074
6900	0.034	0.032	6.24	0.00078
7000	0.035	0.034	6.33	0.00081
7300	0.036	0.036	6.61	0.00085
7500	0.037	0.039	6.79	0.00089
7800	0.038	0.040	7.06	0.00092
8000	0.040	0.041	7.24	0.00095
8300	0.040	0.042	7.51	0.00096
8500	0.041	0.043	7.69	0.00099
8800	0.042	0.044	7.96	0.00101
9000	0.043	0.046	8.14	0.00105
9300	0.045	0.048	8.42	0.00109
9500	0.048	0.049	8.60	0.00114
9800	0.050	0.050	8.87	0.00118
10000	0.051	0.052	9.05	0.00121
10300	0.052	0.053	9.32	0.00124
10500	0.055	0.055	9.50	0.00129

Van...

Viene...

Carga (kg)	Deformación vertical (cm)	Deformación horizontal (cm)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Deformación unitaria (γ)
10700	0.056	0.056	9.68	0.00132
10980	0.057	0.057	9.94	0.00134
Ecuación		Esf = -2,572,230,064.37x³ + 4,574,880.23x² + 5,765.44x		
Def. unitaria		0.00134		
Esf. de rotura (kg/cm²)		9.94		
Módulo de rigidez (kg/cm)		7407.79		
Largo (cm)	: 60.10	Altura (cm)	: 60.10	
Ancho (cm)	: 13.00	Área (cm ²)	: 781.30	

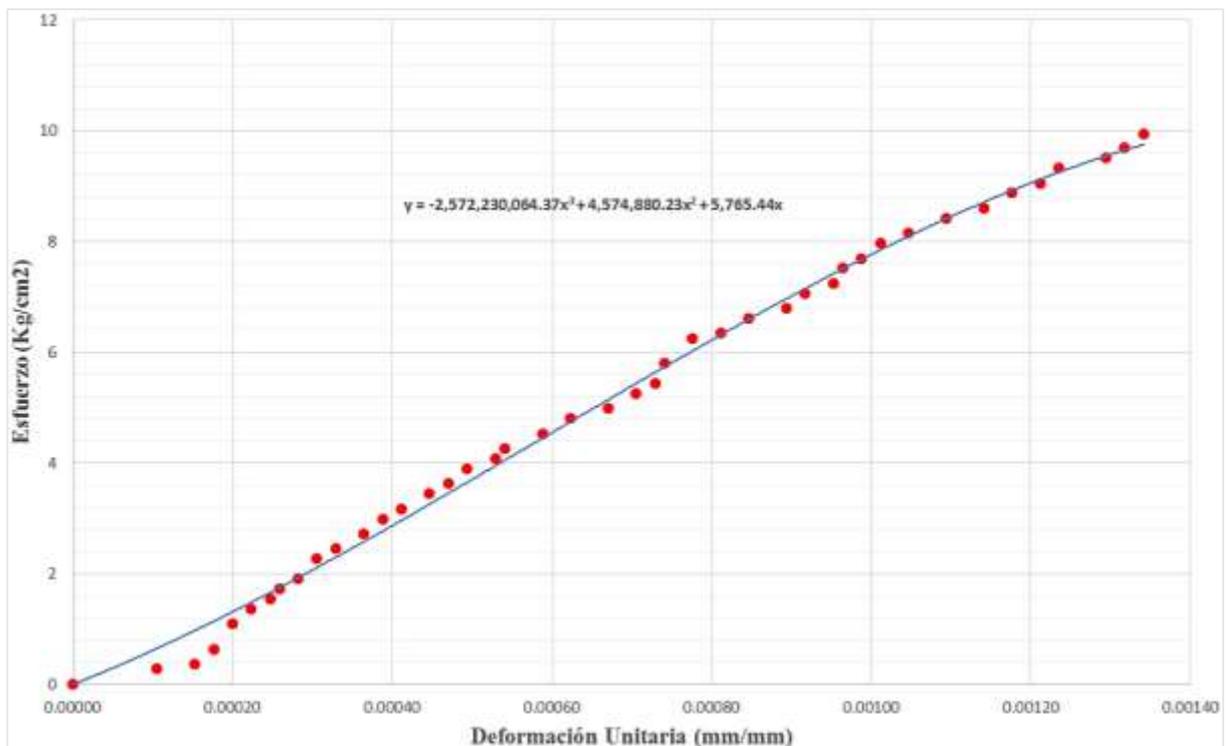


Figura 31. Esfuerzo vs Deformación unitaria cortante, de mortero tipo P2, sin cal, e=1.50 cm

Tabla 53.*Módulo de corte, Gm, de mortero tipo P2, con cal, e=1.50 cm.*

Carga (kg)	Deformación vertical (cm)	Deformación horizontal (cm)	Esfuerzo (kg/cm²)	Deformación unitaria (γ)
0	0.000	0.000	0.00	0.00000
200	0.005	0.004	0.18	0.00011
300	0.007	0.006	0.27	0.00015
400	0.008	0.007	0.36	0.00018
700	0.009	0.008	0.63	0.00020
1000	0.010	0.009	0.91	0.00022
1200	0.012	0.010	1.09	0.00026
1500	0.013	0.010	1.36	0.00027
1800	0.014	0.011	1.63	0.00029
2000	0.015	0.012	1.81	0.00032
2300	0.015	0.013	2.08	0.00033
2500	0.016	0.015	2.27	0.00037
2800	0.017	0.016	2.54	0.00039
3000	0.018	0.018	2.72	0.00042
3200	0.020	0.019	2.90	0.00046
3500	0.021	0.020	3.17	0.00048
3800	0.023	0.021	3.44	0.00052
4000	0.024	0.023	3.63	0.00055
4200	0.025	0.024	3.81	0.00058
4500	0.026	0.025	4.08	0.00060
4800	0.028	0.026	4.35	0.00064
5000	0.030	0.028	4.53	0.00068
5300	0.031	0.030	5.80	0.00072
5500	0.031	0.031	4.99	0.00073
5800	0.032	0.031	5.26	0.00074
6000	0.033	0.032	5.44	0.00077
6300	0.035	0.034	5.71	0.00081
6700	0.036	0.036	6.07	0.00085
7000	0.037	0.038	6.34	0.00088
7200	0.038	0.040	6.53	0.00092
7700	0.040	0.041	6.98	0.00095
8000	0.040	0.042	7.25	0.00097
8300	0.041	0.043	7.52	0.00099
8600	0.042	0.044	7.80	0.00101
8800	0.043	0.045	7.98	0.00104
9000	0.045	0.047	8.16	0.00108
9400	0.047	0.049	8.52	0.00113
9800	0.050	0.050	8.88	0.00118
10000	0.051	0.052	9.06	0.00121
10200	0.054	0.054	9.25	0.00127
10300	0.057	0.057	9.34	0.00134

Van...

Viene...

Carga (kg)	Deformación vertical (cm)	Deformación horizontal (cm)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Deformación unitaria (γ)
10400	0.058	0.058	9.43	0.00137
10470	0.059	0.059	9.49	0.00139
Ecuación		Esf = -4,396,244,474.27x³ + 9,031,852.36x² + 2,838.04x		
Def. unitaria		0.00139		
Esf. de rotura (kg/cm²)		9.49		
Módulo de rigidez (kg/cm)		6824.26		
Largo (cm)	: 60.00	Altura (cm)	: 60.00	
Ancho (cm)	: 13.00	Área (cm ²)	: 780.00	

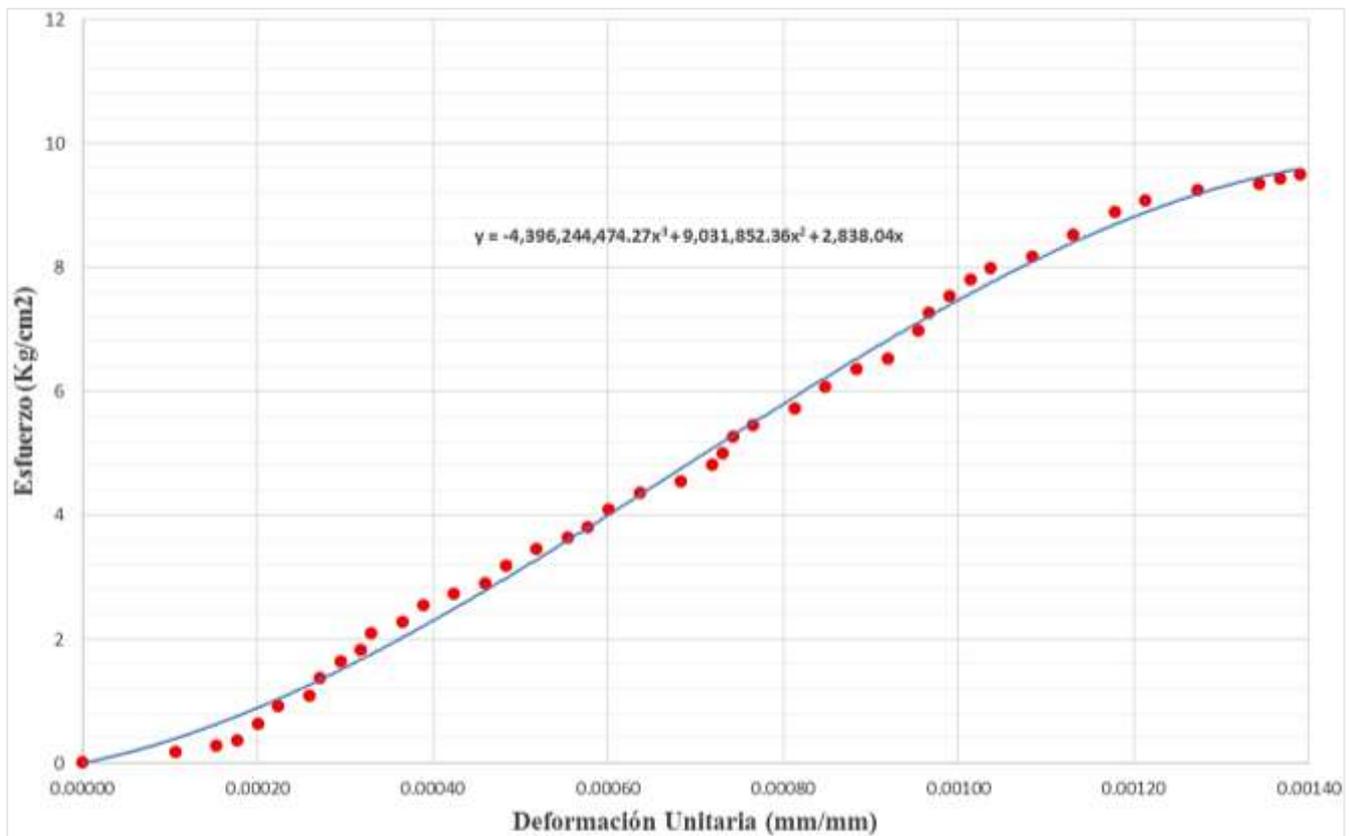


Figura 32. Esfuerzo vs Deformación unitaria cortante, de mortero tipo P2, con cal, e=1.50 cm

Tabla 54.*Módulo de corte, Gm, de mortero tipo P2, sin cal, e=2.00 cm.*

Carga (kg)	Deformación vertical (cm)	Deformación horizontal (cm)	Esfuerzo (kg/cm²)	Deformación unitaria (γ)
0	0.000	0.000	0.00	0.00000
300	0.004	0.004	0.27	0.00009
400	0.006	0.006	0.36	0.00014
700	0.007	0.007	0.63	0.00016
1200	0.009	0.008	1.09	0.00020
1500	0.010	0.009	1.36	0.00022
1700	0.011	0.010	1.54	0.00025
1900	0.013	0.010	1.72	0.00027
2100	0.014	0.011	1.90	0.00029
2500	0.015	0.012	2.27	0.00032
2700	0.015	0.013	2.45	0.00033
3000	0.016	0.015	2.72	0.00037
3300	0.017	0.016	2.99	0.00039
3500	0.019	0.018	3.17	0.00044
3800	0.020	0.019	3.44	0.00046
4000	0.022	0.020	3.63	0.00049
4300	0.023	0.021	3.90	0.00052
4500	0.024	0.023	4.08	0.00055
4700	0.025	0.024	4.26	0.00058
5000	0.026	0.025	4.53	0.00060
5300	0.027	0.026	4.80	0.00062
5500	0.029	0.028	4.99	0.00067
5800	0.030	0.030	5.26	0.00071
6000	0.031	0.031	5.44	0.00073
6400	0.032	0.031	5.80	0.00074
6500	0.034	0.032	5.89	0.00078
6700	0.035	0.034	6.07	0.00081
6900	0.036	0.036	6.25	0.00085
7000	0.037	0.038	6.34	0.00088
7300	0.038	0.040	6.62	0.00092
7400	0.039	0.041	6.71	0.00094
7600	0.040	0.042	6.89	0.00097
7700	0.041	0.043	6.98	0.00099
7900	0.042	0.044	7.16	0.00101
8000	0.043	0.045	7.25	0.00104
8200	0.045	0.047	7.43	0.00108
8300	0.047	0.049	7.52	0.00113
8500	0.050	0.050	7.70	0.00118
8600	0.051	0.052	7.80	0.00121
8800	0.052	0.053	7.98	0.00124
9000	0.054	0.054	8.16	0.00127

Van...

Viene...

Carga (kg)	Deformación vertical (cm)	Deformación horizontal (cm)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Deformación unitaria (γ)
9400	0.055	0.055	8.52	0.00130
9690	0.056	0.056	8.78	0.00132
Ecuación		Esf = -2,940,879,584.75x³ + 4,144,591.35x² + 5,931.90x		
Def. unitaria		0.00132		
Esf. de rotura (kg/cm²)		8.78		
Módulo de rigidez (kg/cm)		6654.21		
Largo (cm)	: 60.00	Altura (cm)	: 60.00	
Ancho (cm)	: 13.00	Área (cm ²)	: 780.00	

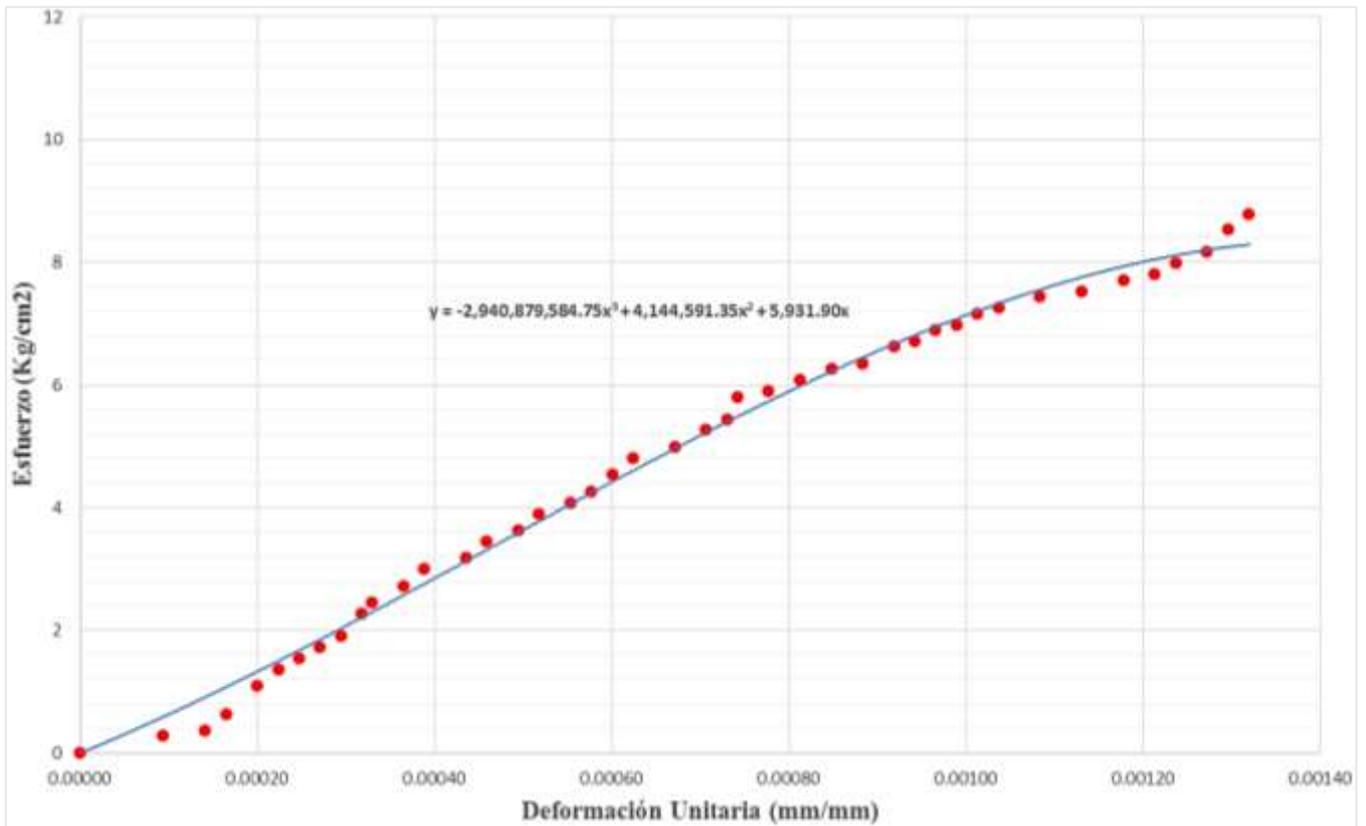


Figura 33. Esfuerzo vs Deformación unitaria cortante, de mortero tipo P2, sin cal, e=2.00 cm

Tabla 55.*Módulo de corte, Gm, de mortero tipo P2, con cal, e=2.00 cm*

Carga (kg)	Deformación vertical (cm)	Deformación horizontal (cm)	Esfuerzo (kg/cm²)	Deformación unitaria (γ)
0	0.000	0.000	0.00	0.00000
300	0.005	0.004	0.27	0.00011
500	0.007	0.006	0.45	0.00015
700	0.008	0.007	0.63	0.00018
900	0.009	0.008	0.81	0.00020
1000	0.010	0.009	0.90	0.00022
1200	0.012	0.010	1.09	0.00026
1300	0.013	0.010	1.18	0.00027
1500	0.014	0.011	1.36	0.00029
1700	0.015	0.012	1.54	0.00032
1900	0.015	0.013	1.72	0.00033
2000	0.016	0.015	1.81	0.00036
2300	0.017	0.016	2.08	0.00039
2500	0.018	0.018	2.26	0.00042
2800	0.020	0.019	2.53	0.00046
3000	0.021	0.020	2.71	0.00048
3300	0.023	0.021	2.99	0.00052
3600	0.024	0.023	3.26	0.00055
3800	0.025	0.024	3.44	0.00058
4000	0.026	0.025	3.62	0.00060
4300	0.028	0.026	3.89	0.00064
4500	0.030	0.028	4.07	0.00068
4800	0.031	0.030	4.34	0.00072
5000	0.031	0.031	4.52	0.00073
5300	0.032	0.031	4.80	0.00074
5600	0.033	0.032	5.07	0.00076
5800	0.035	0.034	5.25	0.00081
6000	0.036	0.036	5.43	0.00085
6200	0.037	0.038	5.61	0.00088
6500	0.038	0.040	5.88	0.00092
6800	0.040	0.041	6.15	0.00095
7000	0.040	0.042	6.33	0.00096
7200	0.041	0.043	6.52	0.00099
7400	0.042	0.044	6.70	0.00101
7500	0.043	0.045	6.79	0.00104
7800	0.045	0.047	7.06	0.00108
7900	0.047	0.049	7.15	0.00113
8000	0.050	0.050	7.24	0.00118
8020	0.056	0.056	7.26	0.00132

Van...

Viene...

Ecuación	$Esf = -5,352,590,966.22x^3 + 9,696,339.85x^2 + 2,143.14x$		
Def. unitaria	0.00132		
Esf. de rotura (kg/cm²)	7.26		
Módulo de rigidez (kg/cm)	5507.41		
Largo (cm)	: 60.10	Altura (cm)	: 60.10
Ancho (cm)	: 13.00	Área (cm ²)	: 781.30

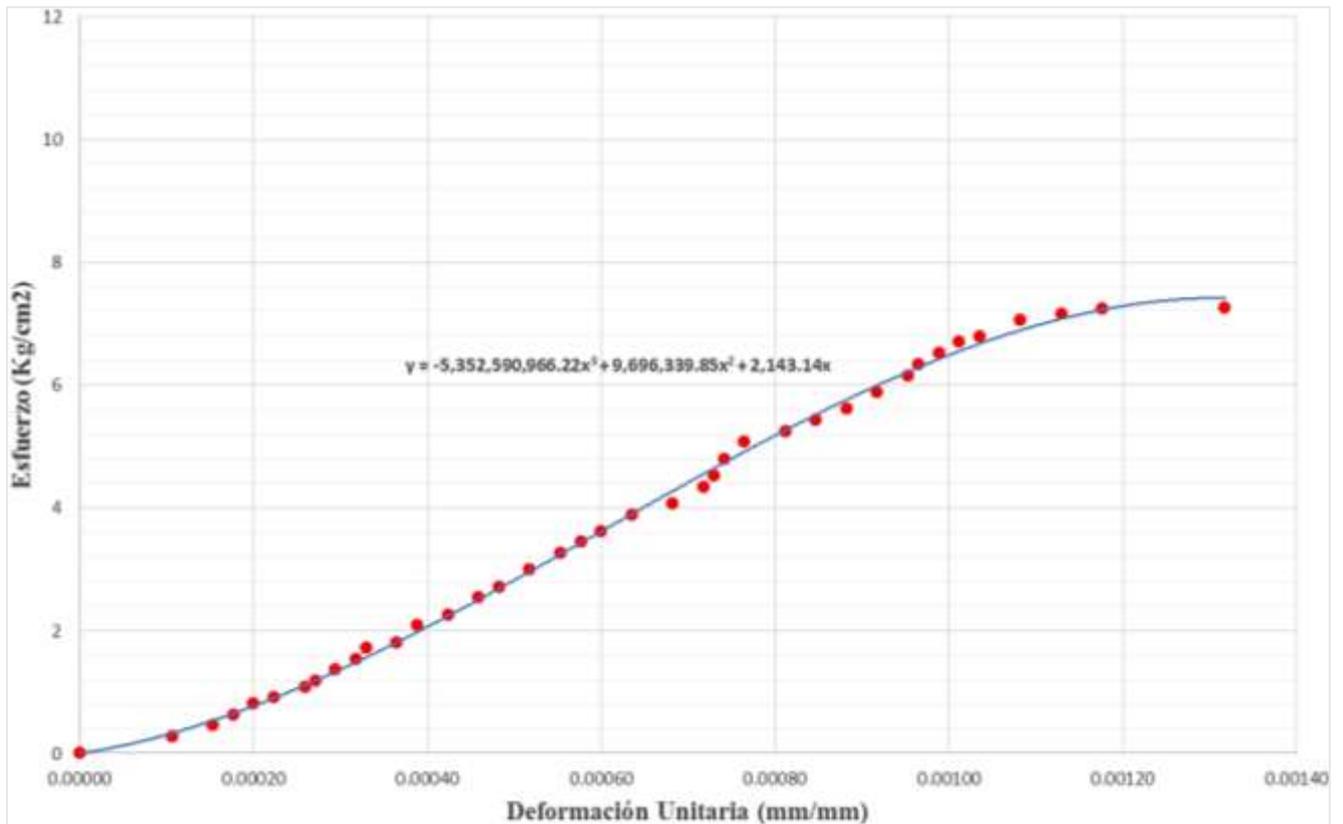


Figura 34. Esfuerzo vs Deformación unitaria cortante, de mortero tipo P2, con cal, e=2.00 cm.

Tabla 56.*Módulo de corte, Gm, de mortero tipo P2, sin cal, e=3.00 cm*

Carga (kg)	Deformación vertical (cm)	Deformación horizontal (cm)	Esfuerzo (kg/cm²)	Deformación unitaria (γ)
0	0.000	0.000	0.00	0.00000
300	0.005	0.004	0.27	0.00011
500	0.007	0.006	0.45	0.00015
700	0.008	0.007	0.63	0.00018
900	0.009	0.008	0.81	0.00020
1000	0.010	0.009	0.90	0.00022
1200	0.012	0.010	1.09	0.00026
1300	0.013	0.010	1.18	0.00027
1500	0.014	0.011	1.36	0.00029
1700	0.015	0.012	1.54	0.00032
1900	0.015	0.013	1.72	0.00033
2000	0.016	0.015	1.81	0.00036
2300	0.07	0.016	2.08	0.00039
2500	0.018	0.018	2.26	0.00042
2800	0.020	0.019	2.53	0.00046
3000	0.021	0.020	2.71	0.00048
3300	0.023	0.021	2.99	0.00052
3600	0.024	0.023	3.26	0.00055
3800	0.025	0.024	3.44	0.00058
4000	0.026	0.025	3.62	0.00060
4300	0.028	0.026	3.89	0.00064
4500	0.030	0.028	4.07	0.00068
4800	0.031	0.030	4.34	0.00072
5000	0.031	0.031	4.52	0.00073
5300	0.032	0.031	4.80	0.00074
5600	0.033	0.032	5.07	0.00076
5800	0.035	0.034	5.25	0.00081
6000	0.036	0.036	5.43	0.00085
6200	0.037	0.038	5.61	0.00088
6500	0.038	0.040	5.88	0.00092
6800	0.040	0.041	6.15	0.00095
7000	0.040	0.042	6.33	0.00096
7200	0.041	0.043	6.52	0.00099
7400	0.042	0.044	6.70	0.00101
7500	0.043	0.045	6.79	0.00104

Van...

Viene...

Carga (kg)	Deformación vertical (cm)	Deformación horizontal (cm)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Deformación unitaria (γ)
7800	0.045	0.047	7.06	0.00108
7900	0.050	0.050	7.15	0.00118
7990	0.056	0.056	7.23	0.00132
Ecuación		Esf = -5,440,615,351.50x³ + 9,790,402.20x² + 2,122.91x		
Def. unitaria		0.00132		
Esf. de rotura (kg/cm²)		7.23		
Módulo de rigidez (kg/cm)		5486.81		
Largo (cm)	: 60.10	Altura (cm)	: 60.10	
Ancho (cm)	: 13.00	Área (cm ²)	: 781.30	

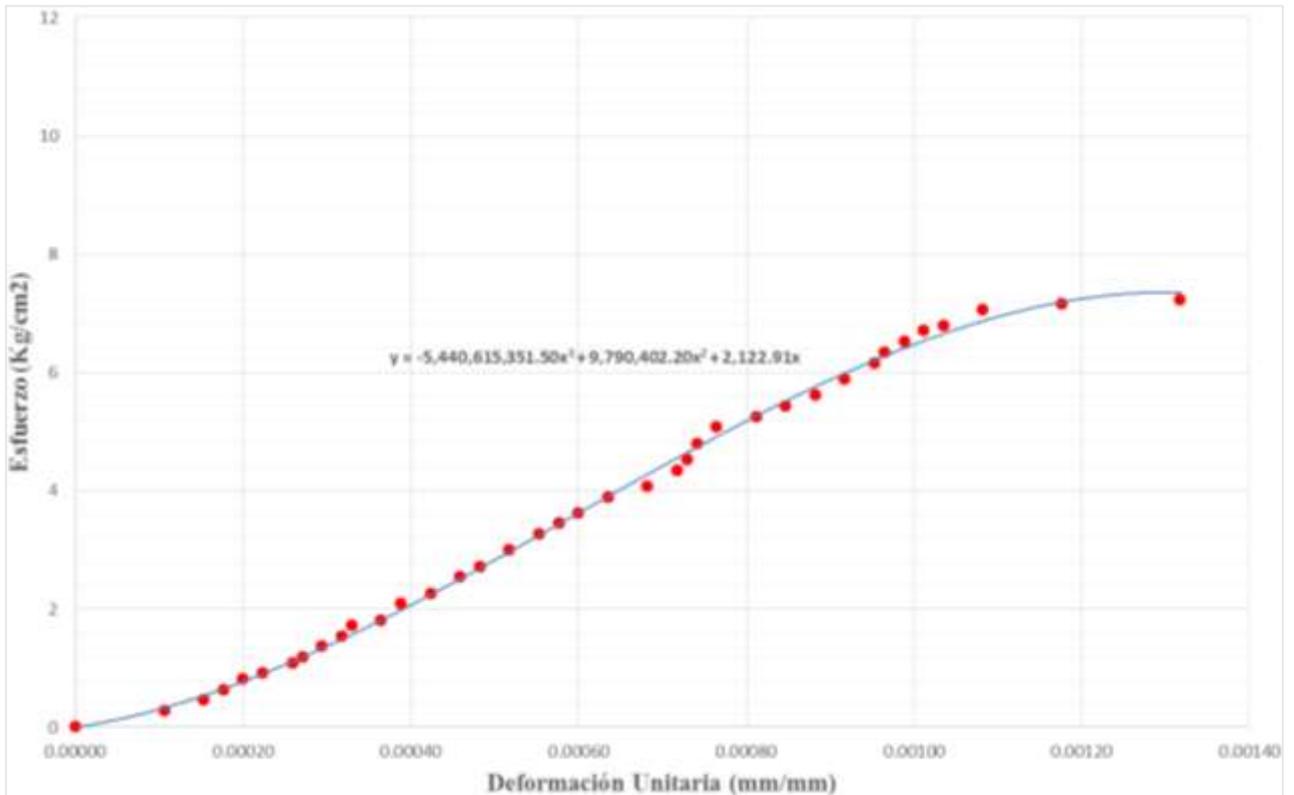


Figura 35. Esfuerzo vs Deformación unitaria cortante, de mortero tipo P2, sin cal, e=3.00 cm

Tabla 57.
Módulo de corte, Gm, de mortero tipo P2, con cal, e=3.00 cm

Carga (kg)	Deformación vertical (cm)	Deformación horizontal (cm)	Esfuerzo (kg/cm²)	Deformación unitaria (γ)
0	0.000	0.000	0.00	0.00000
300	0.005	0.004	0.27	0.00011
400	0.007	0.006	0.36	0.00015
700	0.008	0.007	0.63	0.00018
1200	0.009	0.008	1.09	0.00020
1500	0.010	0.009	1.36	0.00022
1700	0.012	0.010	1.54	0.00026
1900	0.013	0.010	1.72	0.00027
2100	0.014	0.011	1.90	0.00029
2500	0.015	0.012	2.27	0.00032
2700	0.015	0.013	2.45	0.00033
3000	0.016	0.015	2.72	0.00037
3300	0.017	0.016	2.99	0.00039
3500	0.018	0.018	3.17	0.00042
3800	0.020	0.019	3.44	0.00046
4000	0.021	0.020	3.63	0.00048
4300	0.023	0.021	3.90	0.00052
4400	0.024	0.023	3.99	0.00055
4500	0.025	0.024	4.08	0.00058
4600	0.026	0.025	4.17	0.00060
4800	0.028	0.026	4.35	0.00064
5000	0.030	0.028	4.53	0.00068
5200	0.031	0.030	4.71	0.00072
5400	0.031	0.031	4.89	0.00073
5600	0.032	0.031	5.08	0.00074
5800	0.033	0.032	5.26	0.00077
6000	0.035	0.034	5.44	0.00081
6200	0.036	0.036	5.62	0.00085
6500	0.037	0.038	5.89	0.00088
6900	0.038	0.040	6.25	0.00092
7000	0.040	0.041	6.34	0.00095
7200	0.040	0.042	6.53	0.00097
7300	0.041	0.043	6.62	0.00099
7400	0.042	0.044	6.71	0.00101

Van...

Viene...

Carga (kg)	Deformación vertical (cm)	Deformación horizontal (cm)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Deformación unitaria (γ)
7600	0.043	0.045	6.89	0.00104
7800	0.045	0.047	7.07	0.00108
7900	0.047	0.049	7.16	0.00113
8000	0.050	0.050	7.25	0.00118
8200	0.051	0.052	7.43	0.00121
8300	0.052	0.053	7.52	0.00124
8500	0.054	0.054	7.70	0.00127
8600	0.055	0.055	7.80	0.00130
8629	0.056	0.056	7.82	0.00132
Ecuación		Esf = -2,099,225,503.10x³ + 2,565,379.00x² + 6,151.28x		
Def. unitaria		0.00132		
Esf. de rotura (kg/cm²)		7.82		
Módulo de rigidez (kg/cm)		5925.62		
Largo (cm) : 60.00		Altura (cm) : 60.00		
Ancho (cm) : 13.00		Área (cm ²) : 780.00		

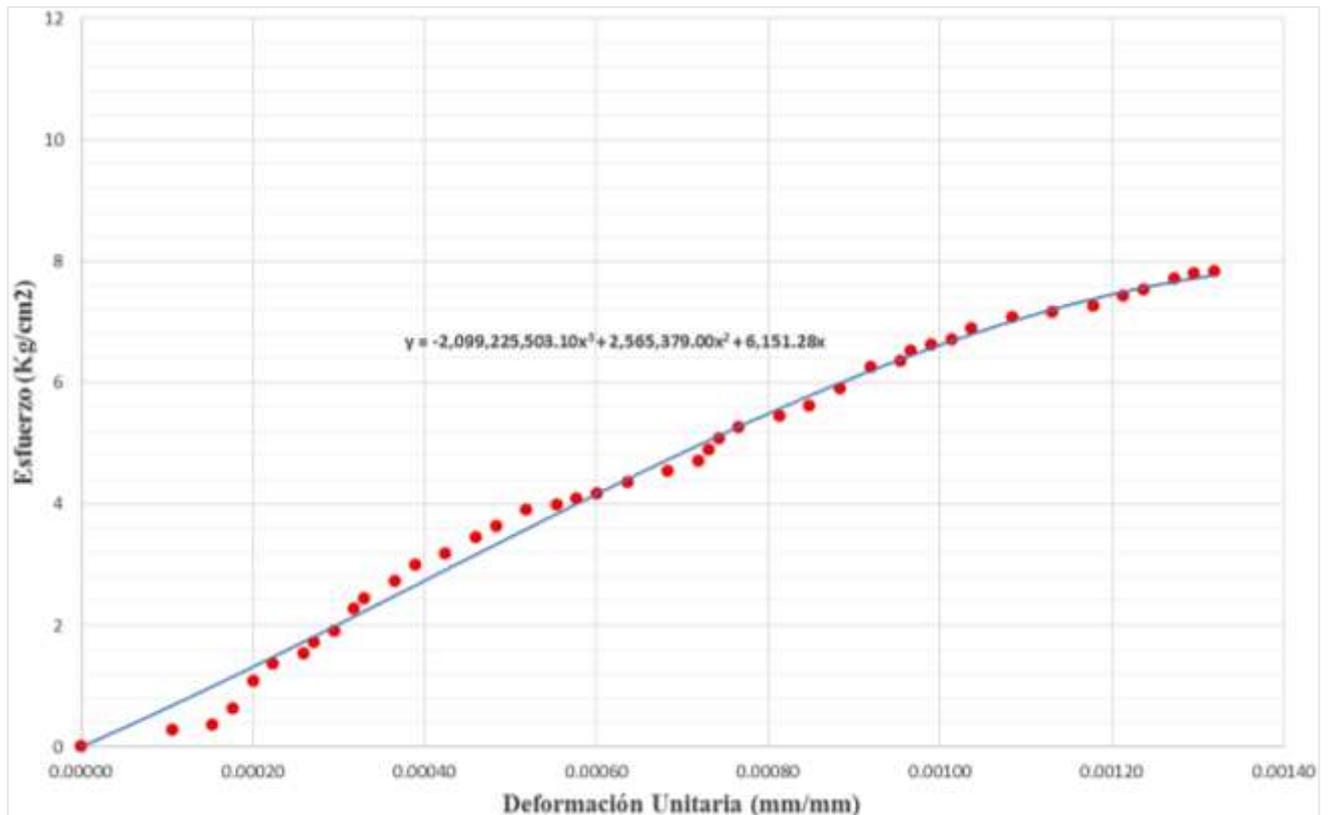


Figura 36. Esfuerzo vs Deformación unitaria cortante, de mortero tipo P2, con cal, e=3.00 cm

Tabla 58.*Módulo de corte, Gm, de mortero tipo P2, sin cal, e=4.00 cm*

Carga (kg)	Deformación vertical (cm)	Deformación horizontal (cm)	Esfuerzo (kg/cm²)	Deformación unitaria (γ)
0	0.000	0.000	0.00	0.00000
300	0.005	0.004	0.27	0.00011
500	0.007	0.006	0.45	0.00015
700	0.008	0.007	0.63	0.00018
900	0.009	0.008	0.81	0.00020
1000	0.010	0.009	0.90	0.00022
1200	0.012	0.010	1.09	0.00026
1300	0.013	0.010	1.18	0.00027
1500	0.014	0.011	1.36	0.00029
1700	0.015	0.012	1.54	0.00032
1900	0.015	0.013	1.72	0.00033
2000	0.016	0.015	1.81	0.00036
2300	0.017	0.016	2.08	0.00039
2500	0.018	0.018	2.26	0.00042
2800	0.020	0.019	2.53	0.00046
3000	0.021	0.020	2.71	0.00048
3300	0.023	0.021	2.99	0.00052
3600	0.024	0.023	3.26	0.00055
3800	0.025	0.024	3.44	0.00058
4000	0.026	0.025	3.62	0.00060
4300	0.028	0.026	3.89	0.00064
4500	0.030	0.028	4.07	0.00068
4800	0.031	0.030	4.34	0.00072
5000	0.031	0.031	4.52	0.00073
5300	0.032	0.031	4.79	0.00074
5600	0.033	0.032	5.07	0.00076
5800	0.035	0.034	5.25	0.00081
6000	0.036	0.036	5.43	0.00085
6200	0.041	0.040	5.61	0.00095
6500	0.045	0.045	5.88	0.00106
6800	0.050	0.050	6.15	0.00118
6820	0.056	0.056	6.17	0.00132
Ecuación		Esf = -6,274,568,841.65x³ + 9,976,809.04x² + 2,287.80x		
Def. unitaria		0.00132		
Esf. de rotura (kg/cm²)		6.17		
Módulo de rigidez (kg/cm)		4683.36		
Largo (cm)	: 60.12	Altura (cm)	: 60.12	
Ancho (cm)	: 13.00	Área (cm ²)	: 781.56	

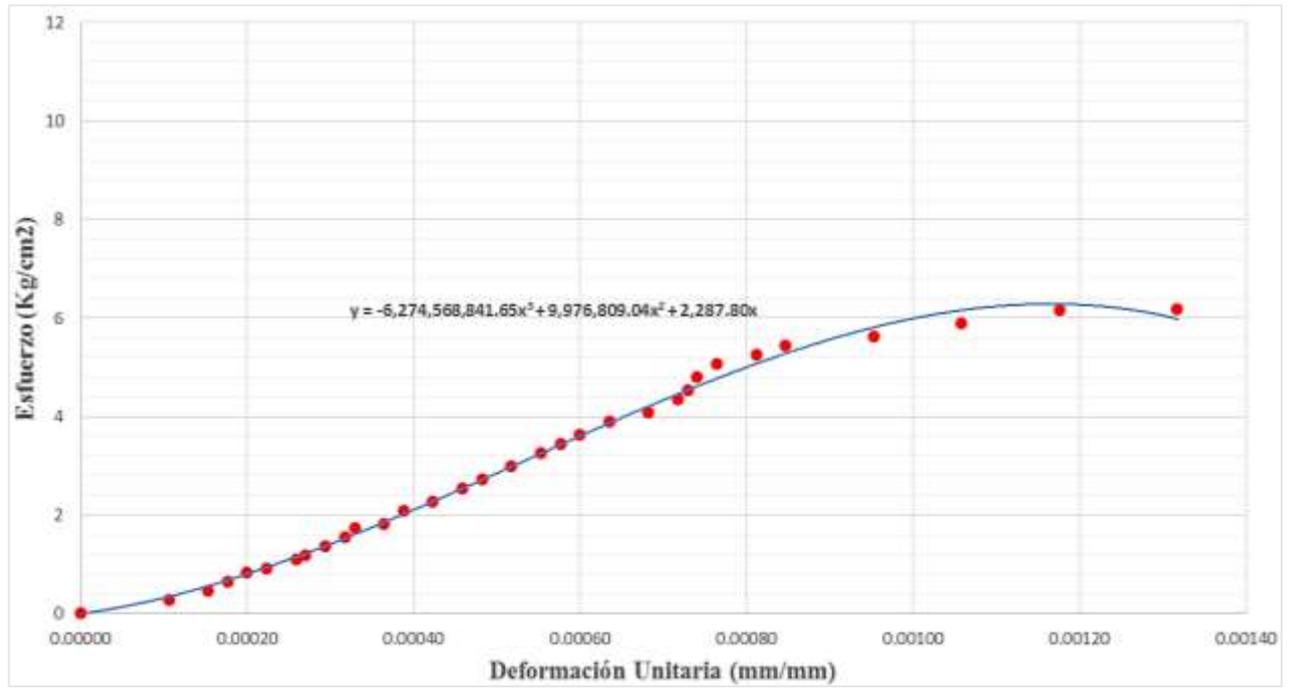


Figura 37. Esfuerzo vs Deformación unitaria cortante, de mortero tipo P2, sin cal, e=4.00 cm

Tabla 59.*Módulo de corte, Gm, de mortero tipo P2, con cal, e=4.00 cm*

Carga (kg)	Deformación vertical (cm)	Deformación horizontal (cm)	Esfuerzo (kg/cm²)	Deformación unitaria (γ)
0	0.000	0.000	0.00	0.00000
300	0.005	0.004	0.27	0.00011
500	0.007	0.006	0.45	0.00015
700	0.008	0.007	0.63	0.00018
900	0.009	0.008	0.82	0.00020
1000	0.010	0.009	0.91	0.00022
1200	0.012	0.010	1.09	0.00026
1300	0.013	0.010	1.18	0.00027
1500	0.014	0.011	1.36	0.00029
1700	0.015	0.012	1.54	0.00032
1900	0.015	0.013	1.72	0.00033
2000	0.016	0.015	1.81	0.00037
2300	0.017	0.016	2.08	0.00039
2500	0.018	0.018	2.27	0.00042
2800	0.020	0.019	2.54	0.00046
3000	0.021	0.020	2.72	0.00048
3300	0.023	0.021	2.99	0.00052
3600	0.024	0.023	3.26	0.00055
3800	0.025	0.024	3.44	0.00058
4000	0.026	0.025	3.63	0.00060
4300	0.028	0.026	3.90	0.00064
4500	0.030	0.028	4.08	0.00068
4800	0.031	0.030	4.35	0.00072
5000	0.031	0.031	4.53	0.00073
5300	0.032	0.031	4.80	0.00074
5600	0.033	0.032	5.08	0.00077
5800	0.035	0.034	5.26	0.00081
6000	0.036	0.036	5.44	0.00085
6200	0.037	0.038	5.62	0.00088
6500	0.038	0.040	5.89	0.00092
6800	0.040	0.041	6.16	0.00095
7000	0.040	0.042	6.34	0.00097
7200	0.041	0.043	6.53	0.00099
7400	0.042	0.044	6.71	0.00101
7500	0.043	0.045	6.80	0.00104

Van...

Viene...

Carga (kg)	Deformación vertical (cm)	Deformación horizontal (cm)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Deformación unitaria (γ)
7800	0.045	0.047	7.07	0.00108
7900	0.047	0.049	7.16	0.00113
8000	0.050	0.050	7.25	0.00118
8140	0.056	0.056	7.38	0.00132
Ecuación		Esf = -5,165,443,575.40x³ + 9,441,125.55x² + 2,216.72x		
Def. unitaria		0.00132		
Esf. de rotura (kg/cm²)		7.38		
Módulo de rigidez (kg/cm)		5589.2		
Largo (cm) : 60.00		Altura (cm) : 60.00		
Ancho (cm) : 13.00		Área (cm ²) : 780.00		

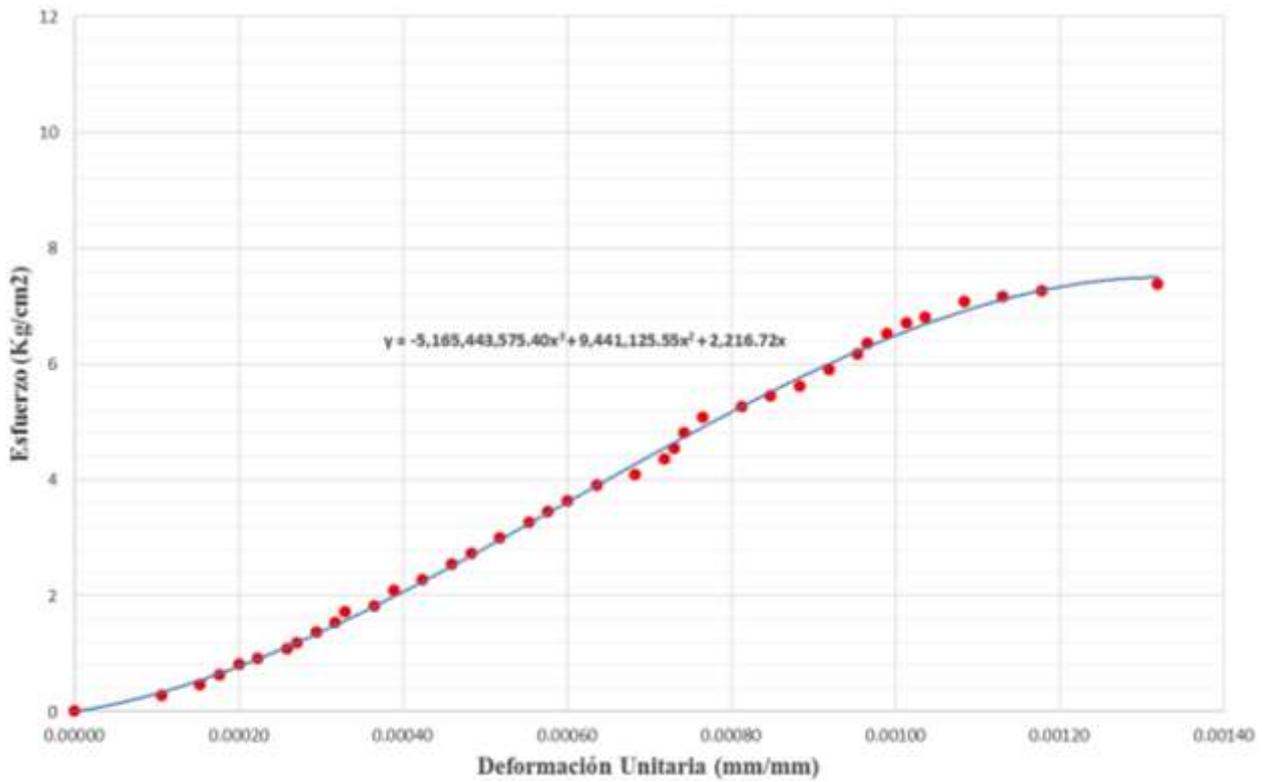


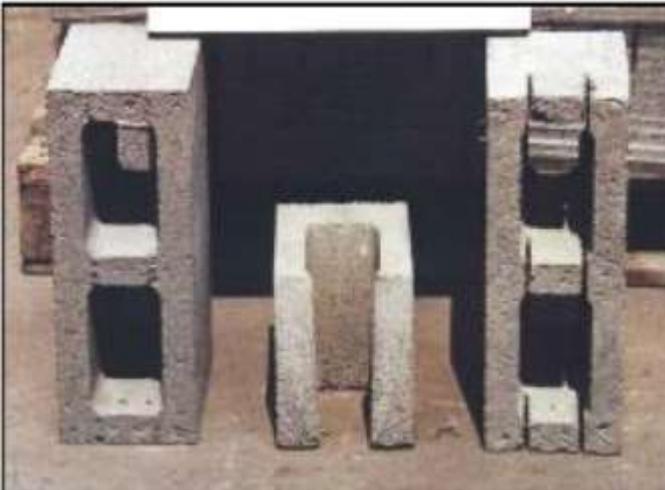
Figura 38. Esfuerzo vs Deformación unitaria cortante, de mortero tipo P2, con cal, e=4.00 cm

3. PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 1. Unidades de Albañilería – Ladrillos.

Fuente: San Bartolomé, 2001.



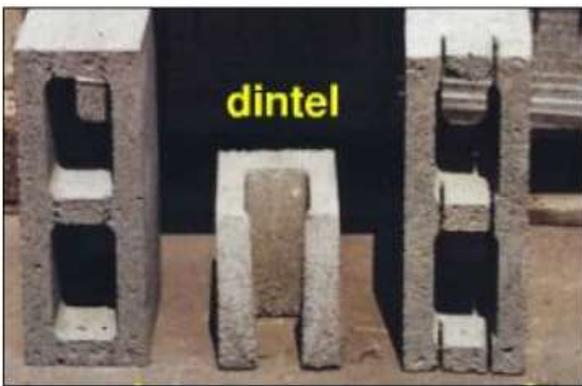
Fotografía 2. Unidad de albañilería – Bloque.

Fuente: San Bartolomé, 2001.



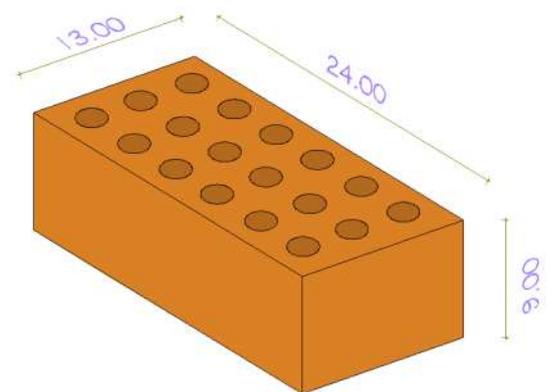
Fotografía 3. Unidades de albañilería sólida.

Fuente: San Bartolomé, 2001.



Fotografía 5. Unidades huecas.

Fuente: San Bartolomé, 2001.

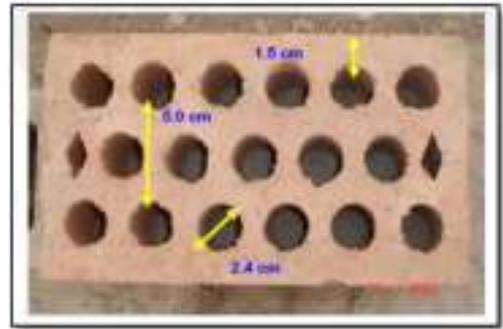


Fotografía 4. Unidades perforadas o alveolares.

Fuente: Aceros Arequipa, 2010.



Fotografía 7. Unidades tubulares.
Fuente: Aceros Arequipa, 2010.



Fotografía 6. Unidad de albañilería con huecos.
Fuente: Gallegos & Cassabone, 2005



Fotografía 8. Adquisición de ladrillos de la fábrica de “Cerámicos Cajamarca S.R.L.”



Fotografía 9. Ingreso de unidades de albañilería al laboratorio de Mecánica de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca.



Fotografía 10. Colocación de las unidades de albañilería al horno, a fin de determinar la humedad natural.



Fotografía 11. Medición de los lados de ladrillo para ensayo de variabilidad dimensional.



Fotografía 12. Pesaje de las unidades de albañilería.



Fotografía 13. Determinando el alabeo de la cara superior del ladrillo (ensayo de alabeo).



Fotografía 15. Ensayo a la compresión axial de ladrillos.



Fotografía 14. Colocación de unidades de albañilería sobre agua, con un nivel de 3 mm, por espacio de 1 min (ensayo de succión).



Fotografía 17. Colocación de ladrillos en poza para su sumergirlos por 24 h. para realizar el ensayo de absorción.



Fotografía 16. Elaboración de muretes con mortero sin cal, con espesor de junta de 1 cm.



Fotografía 18. Toma de datos del ensayo a carga axial sobre pilas de unidades de albañilería.



Fotografía 19. Muretes realizados, considerando morteros con y sin cal, así como diferentes espesores.



Fotografía 20. Curado de muretes de albañilería.



Fotografía 21. Ensayo a compresión diagonal, en murete con mortero sin cal, espesor de 1 cm, para el cálculo de la resistencia característica al corte.



Fotografía 22. Ensayo a compresión diagonal, en murete con mortero sin cal, espesor de 3.0 cm, para el cálculo de la resistencia característica al corte.



Fotografía 23. Ensayo a compresión diagonal, en murete con mortero sin cal, espesor de 3 cm, para el cálculo de la resistencia característica al corte.



Fotografía 24. Ensayo a compresión diagonal, en murete con mortero tipo P2, con cal, espesor de 2 cm, para el cálculo de la resistencia característica al corte.



Fotografía 25. Ensayo a compresión diagonal, en murete con mortero tipo P2, con cal, espesor de 1.5 cm, para el cálculo de la resistencia característica al corte.



Fotografía 26. Ensayo a compresión diagonal, en murete con mortero tipo P2, con cal, espesor de 1.5 cm, para el cálculo de la resistencia característica al corte, donde se muestra una falla escalonada en la diagonal del murete, teniendo un sonido estruendoso en el momento de fractura.



Fotografía 27. Ensayo a compresión diagonal, en murete con mortero sin cal, espesor de 1.5 cm, para el cálculo de la resistencia característica al corte, donde existió una falla a través de la junta diagonal.



Fotografía N° 28. Forma de falla escalonada en el ensayo a compresión diagonal de un murete, con mortero tipo P2, con cal, y espesor de 2 cm.



Fotografía 29. Inspección del asesor de tesis, Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.

**4. CONSTANCIA DE USO DE LABORATORIO DE ENSAYOS DE
MATERIALES UNC**



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



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

CONSTANCIA

Que el señor **VÍCTOR MARTÍN VARGAS SALAZAR**, alumno de la Escuela de Postgrado, Maestría en Ciencias, Mención en Ingeniería y Gerencia de la Construcción de la Universidad Nacional de Cajamarca, ha realizado sus ensayos en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la UNC, para la Tesis de Maestría Titulada: **"INFLUENCIA DEL TIPO DE MORTERO Y ESPESOR DE JUNTA EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES FABRICADOS CON ALBAÑILERÍA SEMI INDUSTRIAL DE CAJAMARCA"**. Dichos ensayos se realizaron del 09 de enero del 2018 al 20 de diciembre del 2018

Se expide la presente, para los fines que estime conveniente.

Cajamarca, 04 de Noviembre de 2019.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ing. Víctor Martín Vargas
JEFE DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES