

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS DEL MORTERO TRADICIONAL Y EL MORTERO
CON ADITIVO QUE INCREMENTA LA ADHERENCIA”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

BRANDY ANTONIO QUISPE MUÑOZ

ASESOR

Ing. RAFAEL CACHAY HUAMAN

LIMA- PERÚ

2018

© 2018, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

“El autor autoriza a la UNI a reproducir la tesis en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”

Quispe Muñoz, Brandy Antonio

b.antonioqm@gmail.com

954847573

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a mis padres Aurelio y Antonia, pues ellos fueron el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentaron en mí las bases de la responsabilidad y deseos de superación.

A mis hermanos Giancarlo, Fiorela y Dante por estar siempre presentes con su apoyo y consejos.

ÍNDICE

RESUMEN.....	5
ABSTRACT	6
PRÓLOGO	7
LISTA DE CUADROS.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	13
LISTA DE GRÁFICOS	15
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	17
CAPÍTULO I: CONCEPTOS Y ASPECTOS GENERALES	20
1.1 ALBAÑILERÍA	20
1.1.1 Muro de albañilería.....	20
1.1.2 Albañilería armada	21
1.1.3 Albañilería confinada.....	21
1.2 PROPIEDADES DE RESISTENCIA DE LOS MUROS DE ALBAÑILERÍA	22
1.2.1 Compresión axial.....	23
1.2.2 Compresión diagonal y cortante	24
1.3 PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN LA ALBAÑILERÍA.....	25
1.3.1 Problemas en el mortero	26
1.3.2 Problemas en las unidades	27
1.3.3 Problemas en la mano de obra.....	29
1.3.4 Problemas en el muro terminado.....	30
CAPÍTULO II: COMPONENTES DEL MURO DE ALBAÑILERÍA.....	32
2.1 MORTERO DE ALBAÑILERÍA	32
2.1.1 Componentes del mortero	32
2.1.2 Propiedades del mortero	35
2.1.3 Proporciones recomendables	38
2.2 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	39
2.2.1 Clasificación	39
2.3 ADITIVO.....	42
2.3.1 Generalidades.....	42
2.3.1.1 Concepto de aditivo.....	43
2.3.1.1 Razones para usar aditivo.....	44
CAPÍTULO III: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DEL MORTERO. 46	

3.1	ARENA.....	46
3.1.1	Granulometría	46
3.1.2	Módulo de finura.....	48
3.1.3	Contenido de humedad	48
3.1.4	Peso específico	49
3.1.5	Peso unitario suelto (P.U.S)	52
3.1.6	Peso unitario compactado (P.U.C)	54
3.1.7	Material que pasa la malla N°200.....	56
3.1.8	Límites permisibles de sustancias dañinas.....	57
3.1.9	Resistencia a los sulfatos	58
3.2	CEMENTO	59
3.3	ADITIVO.....	59
3.3.1	Aditivo Sika top - 77	59
3.3.1.1	Generalidades.....	59
3.3.1.2	Datos básicos del aditivo de acuerdo al fabricante.	59
3.3.1.3	Aplicación de acuerdo al fabricante	60
3.3.1.4	Modos de empleo de acuerdo con el fabricante.	61
CAPÍTULO IV: PROPIEDADES DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE ARCILLA COCIDA		62
4.1	CONDICIÓN DE ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD	62
4.1.1	Recomendación por condiciones de intemperismo.....	63
4.2	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN	63
4.3	ALABEO.....	64
4.4	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN UNIDADES ($f'b$)	66
4.5	PORCENTAJE DE VACÍOS	69
4.6	ABSORCIÓN.....	70
CAPÍTULO V: DESCRIPCIÓN Y PROCEDIMIENTO DE ENSAYOS.....		73
5.1	ENSAYOS DEL MORTERO	73
5.1.1	Fluidez	74
5.1.1.1	Diseño relación cemento:arena-1:3.....	76
5.1.1.2	Diseño relación cemento:arena-1:4.....	78
5.1.2	Peso unitario	80
5.1.3	Resistencia a la compresión (NTP 334.051).....	81
5.1.4	Resistencia a la flexión (NTP 334.120).....	84

5.2	ELABORACIÓN DE PILAS Y MURETES	87
5.2.1	Elaboración de pilas de albañilería utilizando el mortero convencional y mortero con aditivo.....	87
5.2.2	Elaboración de muretes de albañilería utilizando mortero convencional y mortero con aditivo.....	89
5.3	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CARACTERÍSTICA EN PILAS DE LADRILLOS (f'_{mc}) NTE - E.070.....	91
5.4	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL (CORTE), EN MURETES DE ALBAÑILERÍA (v'_{mc}).....	94
5.5	ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN PILAS	98
	CAPÍTULO VI: RESULTADO DE ENSAYOS	103
6.1	CUADROS	103
6.1.1	Cuadros de resultado de la arena.....	103
6.1.2	Cuadros de resultados de la unidad de albañilería de arcilla cocida	107
6.1.3	Cuadros de resultados de ensayos en el mortero con relación cemento:arena-1:3	109
6.1.3.1	Fluidez	109
6.1.3.2	Peso unitario	110
6.1.3.3	Resistencia a la compresión.....	111
6.1.3.4	Resistencia a flexión.....	115
6.1.4	Cuadros de resultados de ensayos en el mortero con relación cemento:arena-1:4	119
6.1.4.1	Fluidez	119
6.1.4.2	Peso unitario	121
6.1.4.3	Resistencia a la compresión.....	122
6.1.4.4	Resistencia a flexión.....	126
6.1.5	Cuadros de resultados de resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería.....	130
6.1.5.1	Mortero relación cemento:arena-1:3.....	130
6.1.5.2	Mortero relación cemento:arena-1:4.....	131
6.1.6	Cuadros de resultados del ensayo de resistencia a la compresión diagonal (corte) en muretes de albañilería	131
6.1.6.1	Mortero relación cemento:arena-1:3.....	131
6.1.6.2	Mortero relación cemento:arena-1:4.....	132

6.1.7 Cuadros de resultados del ensayo de corte directo en pilas de albañilería.....	133
6.1.7.1 Mortero relación cemento:arena-1:3.....	133
6.1.7.2 Mortero relación cemento:arena-1:4.....	138
CAPÍTULO VII: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	143
7.1 Análisis de resultados en la arena.....	143
7.2 Análisis de resultados de las unidades de albañilería de arcilla cocida	144
7.3 Análisis de resultados del mortero.....	144
7.3.1 Mortero relación cemento:arena-1:3.....	144
7.3.1.1 Fluidez y peso unitario.....	144
7.3.1.2 Resistencia a la compresión.....	146
7.3.1.3 Resistencia a flexión.....	149
7.3.2 Mortero relación cemento:arena-1:4.....	150
7.3.2.1 Fluidez y peso unitario.....	150
7.3.2.2 Resistencia a la compresión.....	151
7.3.2.3 Resistencia a flexión.....	154
7.4 Análisis de resultados de compresión axial en pilas de albañilería	156
7.4.1 Mortero relación cemento:arena-1:3.....	156
7.4.2 Mortero relación cemento:arena-1:4.....	157
7.5 Análisis de resultados de compresión diagonal (corte) en muretes de albañilería.....	158
7.5.1 Mortero relación cemento:arena-1:3.....	158
7.5.2 Mortero relación cemento:arena-1:4.....	159
7.6 Análisis de resultados del ensayo de corte directo en pilas de albañilería.....	161
7.6.1 Mortero relación cemento:arena-1:3.....	161
7.6.2 Mortero relación cemento:arena-1:4.....	162
CONCLUSIONES.....	164
RECOMENDACIONES.....	166
BIBLIOGRAFÍA.....	167
ANEXOS.....	169

RESUMEN

En el presente documento se muestran los resultados de una investigación sobre el análisis comparativo de propiedades mecánicas en pilas y muretes de albañilería, empleando mortero tradicional y el mortero con aditivo adherente; para lo cual se realizó estudios en forma separada: mortero y unidades de albañilería y en forma conjunta: pilas y muretes de albañilería.

Se utilizó el aditivo SIKATOP-77 los cuales se añadió en diferentes dosificaciones. Para cada diseño se evaluó: la fluidez, peso unitario, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión para el mortero.

En el desarrollo de la tesis se muestran los ensayos de clasificación de la unidad de albañilería, ensayos del agregado fino para la elaboración del mortero patrón, el cual tiene una relación en volumen de cemento-arena 1:3 y 1:4 para muros portantes. Se realizaron ensayos en el mortero patrón y el mortero con aditivo, de acuerdo a lo indicado en las Normas Técnicas Peruanas correspondientes a cada ensayo y la NTE E-0.70 de Albañilería.

Los especímenes de ensayos en albañilería fueron elaborados considerando un tipo de ladrillo de arcilla cocida utilizada en el ámbito de la construcción para muros de albañilería portante. La unidad de albañilería utilizada es el Ladrillo King Kong 18H, estas unidades son de fabricación industrial de la marca PIRAMIDE. Los muretes y pilas fueron elaborados utilizando mortero con aditivo SIKATOP-77 siguiendo las recomendaciones del fabricante y el mortero tradicional de acuerdo al RNE E-0.70 de Albañilería.

En términos generales, los morteros con aditivo SIKATOP-77 no alcanzan los promedios de resistencia finales en cuanto a compresión en pilas, compresión diagonal en muretes y corte directo en pilas de albañilería respecto al mortero patrón.

ABSTRACT

The current document proves the results of investigation about the comparative analysis of properties in the mechanical battery and masonry walls. It has been used a traditional mortar and mortar with additive that increases the adhesion. It was done studies in separate forms: mortar and unities of masonry; in joint form, after masonry piles and walls.

It was used the additive SIKATOP-77, and mixed with different dosages in respect of their specifications. Every design was evaluated in base of: fluency, unitary weight, resistance to compression and resistance to central bending for the mortar.

The work proves the different essays to classification in respect their specifications in unities of masonry, essays in the fine addiction to elaboration of the pattern mortar, which have a dosage in volume of the cement-sand 1:3 and 1:4 for portents walls. It was done essays with that pattern mortar and the additive mortar, in base of the indications in Peruvian Norms Technic (Normas Técnicas Peruanas) with the necessary in every essay and Norms Technics in Edificacions E-0.70 in Masonry.

The essay specimens in masonry it was done with the consideration of the unity in larks of cooked clay, that it was used in the ambit of construction of masonry portents walls. The unity in masonry used is lark King Kong 18H, this unity is being on industrial fabrication of the brand PIRAMIDE. This walls and batteries was being elaborated follow the recommendation of the fabricant of adhesive SIKATOP-77 and the traditional mortar in base of RNE E-0.70 in Masonry.

In general terms, the mortars with additive SIKATOP-77, does not reach the final averages, in terms of battery compression, diagonal compression in walls and direct cutting in masonry piles; with respect of the pattern mortar.

PRÓLOGO

En la actualidad el sistema constructivo denominado Albañilería Confinada, es el proceso constructivo de mayor uso en nuestro país y su diseño estructural está basado en el Reglamento Nacional de Edificaciones E-070 de Albañilería.

Este sistema constructivo está compuesto por muros estructurales denominados portantes y no estructurales denominados muros no portantes conocidos también como tabiquería o para uso en división de ambiente, los primeros se diseñan para recibir cargas verticales, horizontales y de flexión, mientras que los muros no portantes solo se diseñan para recibir la carga de su peso propio.

En los muros portantes se utilizan unidades de albañilería de alta resistencia y durabilidad cuya clasificación estructural está definida por su resistencia a la compresión axial, dimensionamiento y alabeo, adicionalmente están limitadas por las propiedades físicas de absorción, se recomienda menor al 22% y del porcentaje de vacíos que debe ser menor o igual al 30%. Los muros no portantes presentan una resistencia a la compresión menor a 50 kg/cm², por lo cual no se encuentra en la clasificación estructural del reglamento de albañilería.

Los muros de albañilería de este sistema constructivo están conformados por unidades de albañilería adheridas por un mortero compuesto por; cemento, arena y agua, el cual puede o no incluirse cal en el mortero, de acuerdo a la proporción indicada en el Reglamento E-070 de Albañilería.

En la actualidad se está mejorando el mortero convencional con el uso de aditivos, para cumplir la función de adherentes entre las unidades de albañilería, estos aditivos son elaborados de un agente reductor de agua, un agente suspensor (polvo de aluminio), y un amortiguador químico para asegurar la regulación oportuna.

Para su aplicación es añadido al mortero o concreto en pequeña cantidad, puede mejorar o dar propiedades específicas a las mezclas, tanto para su estado fresco como para su estado endurecido.

En ese sentido, el trabajo de investigación consiste en realizar un estudio comparativo de las propiedades mecánicas del comportamiento en la resistencia de los muros de albañilería elaborados con el mortero tradicional y el uso del mortero con aditivo SIKA TOP-77.

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1: Dosificación en volumen del mortero de albañilería, NTE E-070 .	38
Cuadro N° 2: Clasificación de la albañilería estructural. NTE E-0.70	41
Cuadro N° 3: Clasificación de la unidad de albañilería de acuerdo a sus características, NTE E-0.70.	42
Cuadro N° 4: Granulometría para mortero de acuerdo a la ASTM-C144.....	46
Cuadro N° 5: Límites permisibles de sustancias dañinas en el agregado fino, ASTM-C144	58
Cuadro N° 6: Condiciones de uso de la albañilería de acuerdo a las condiciones de intemperismo, NTE E-0.70.	63
Cuadro N° 7: Factores de corrección de f'm por esbeltez. NTE E-0.70.....	92
Cuadro N° 8: Incremento de f'm y v'm por edad de ensayo, NTE E-0.70.....	95
Cuadro N° 9: Ensayo de granulometría	103
Cuadro N° 10: Composición granulométrica	103
Cuadro N° 11: Ensayo de contenido de humedad	104
Cuadro N° 12: Ensayo de peso específico.....	105
Cuadro N° 13: Ensayo de Peso Unitario Suelto	105
Cuadro N° 14: Ensayo de Peso Unitario Compactado	105
Cuadro N° 15: Ensayo de material que pasa la malla N°200	106
Cuadro N° 16: Resumen de las principales características físicas de la arena	106
Cuadro N° 17: Resultados de variación dimensional del ladrillo King Kong 18H.....	107
Cuadro N° 18: Resultados de alabeo en ladrillo King Kong 18H	107
Cuadro N° 19: Resultados del ensayo de compresión axial del ladrillo King Kong 18H.....	108
Cuadro N° 20: Resultados del ensayo de absorción del ladrillo King Kong 18H.....	108
Cuadro N° 21: Resumen de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería	108
Cuadro N° 22: Ensayo de fluidez del mortero MP 1	109
Cuadro N° 23: Ensayo de fluidez del mortero MA- 1	109
Cuadro N° 24: Ensayo de fluidez del mortero MA 1	109
Cuadro N° 25: Ensayo de fluidez del mortero MA+ 1	110
Cuadro N° 26: Ensayo de peso unitario del mortero MP 1	110

Cuadro N° 27: Ensayo de peso unitario del mortero MA- 1	110
Cuadro N° 28: Ensayo de peso unitario del mortero MA 1	111
Cuadro N° 29: Ensayo de peso unitario del mortero MA+ 1	111
Cuadro N° 30: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en cubos de mortero MP 1	111
Cuadro N° 31: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en cubos de mortero MA- 1	112
Cuadro N° 32: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en cubos de mortero MA 1	113
Cuadro N° 33: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en cubos de mortero MA+ 1	114
Cuadro N° 34: Resultados del ensayo de resistencia a flexión de mortero MP 1.....	115
Cuadro N° 35: Resultados del ensayo de resistencia a flexión de mortero MA- 1.....	116
Cuadro N° 36: Resultados del ensayo de resistencia a flexión de mortero MA 1.....	117
Cuadro N° 37: Resultados del ensayo de resistencia a flexión de mortero MA+ 1.....	118
Cuadro N° 38: Ensayo de fluidez del mortero MP 2	119
Cuadro N° 39: Ensayo de fluidez del mortero MA- 2.....	120
Cuadro N° 40: Ensayo de fluidez del mortero MA 2	120
Cuadro N° 41: Ensayo de fluidez del mortero MA+ 2	120
Cuadro N° 42: Ensayo de peso unitario del mortero MP 2	121
Cuadro N° 43: Ensayo de peso unitario del mortero MA- 2.....	121
Cuadro N° 44: Ensayo de peso unitario del mortero MA 2	121
Cuadro N° 45: Ensayo de peso unitario del mortero MA+ 2.....	122
Cuadro N° 46: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en cubos de mortero MP 2	122
Cuadro N° 47: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en cubos de mortero MA- 2	123
Cuadro N° 48: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en cubos de mortero MA 2	124
Cuadro N° 49: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en cubos de mortero MA+ 2	125

Cuadro N° 50: Resultados del ensayo de resistencia a flexión de mortero MP 2.....	126
Cuadro N° 51: Resultados del ensayo de resistencia a flexión de mortero MA- 2.....	127
Cuadro N° 52: Resultados del ensayo de resistencia a flexión de mortero MA 2.....	128
Cuadro N° 53: Resultados del ensayo de resistencia a flexión de mortero MA+ 2.....	129
Cuadro N° 54: Resultados de ensayos de compresión axial en pilas de albañilería, utilizando el mortero tradicional y los morteros con aditivo (MP1, MA- 1, MA 1, MA+ 1)	130
Cuadro N° 55: Resultados de ensayos de compresión axial en pilas de albañilería, utilizando el mortero tradicional y los morteros con aditivo (MP2, MA- 2, MA 2, MA+ 2)	131
Cuadro N° 56: Resultados de ensayos de compresión diagonal en muretes de albañilería, utilizando el mortero tradicional y los morteros con aditivo (MP1, MA- 1, MA 1, MA+ 1)	131
Cuadro N° 57: Resultados de ensayos de compresión diagonal en muretes de albañilería, utilizando el mortero tradicional y los morteros con aditivo (MP2, MA- 2, MA 2, MA+ 2)	132
Cuadro N° 58: Resultados de ensayo de corte directo en pilas de albañilería usando mortero MP 1.....	133
Cuadro N° 59: Resultados de ensayo de corte directo en pilas de albañilería usando mortero MA- 1	134
Cuadro N° 60: Resultados de ensayo de corte directo en pilas de albañilería usando mortero MA 1.....	135
Cuadro N° 61: Resultados de ensayo de corte directo en pilas de albañilería usando mortero MA+ 1.....	136
Cuadro N° 62: Resultados de ensayo de corte directo en pilas de albañilería ajuste por mínimos cuadrados	137
Cuadro N° 63: Resultados de ensayo de corte directo en pilas de albañilería usando mortero MP 2.....	138
Cuadro N° 64: Resultados de ensayo de corte directo en pilas de albañilería usando mortero MA- 1	139

Cuadro N° 65: Resultados de ensayo de corte directo en pilas de albañilería usando mortero MA 1.....	140
Cuadro N° 66: Resultados de ensayo de corte directo en pilas de albañilería usando mortero MA+ 1.....	141
Cuadro N° 67: Resultados de ensayo de corte directo en pilas de albañilería ajuste por mínimos cuadrados	142
Cuadro N° 68: Comparación de resultados del ensayo de fluidez y P.U. con mortero C:A-1:3	144
Cuadro N° 69: Comparación de resultados del ensayo de compresión en cubos de mortero C:A-1:3.....	146
Cuadro N° 70: Comparación de resultados de cantidad de cemento por m3 y resistencia a la compresión en cubos de mortero C:A-1:3.....	147
Cuadro N° 71: Comparación de resultados del ensayo a flexión de mortero C:A-1:3.....	149
Cuadro N° 72: Comparación de resultados del ensayo de fluidez y P.U. mortero con C:A-1:4.....	150
Cuadro N° 73: Comparación de resultados del ensayo de compresión en cubos de mortero C:A-1:4.....	151
Cuadro N° 74: Comparación de resultados de cantidad de cemento por m3 y resistencia a la compresión en cubos de mortero C:A-1:4.....	153
Cuadro N° 75: Comparación de resultados del ensayo a flexión de mortero C:A-1:4.....	154
Cuadro N° 76: Comparación de resultados del ensayo de compresión axial en pilas de albañilería con mortero C:A-1:3	156
Cuadro N° 77: Comparación de resultados del ensayo de compresión axial en pilas de albañilería con mortero C:A-1:4	157
Cuadro N° 78: Comparación de resultados del ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería con mortero C:A-1:3.....	158
Cuadro N° 79: Comparación de resultados del ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería con mortero C:A-1:4.....	159
Cuadro N° 80: Comparación de resultados de adherencia, del ensayo de corte directo en pilas de albañilería con mortero C:A-1:3.....	161
Cuadro N° 81: Comparación de resultados de adherencia, del ensayo de corte directo en pilas de albañilería con mortero C:A-1:4.....	162

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1: Elemento sujeto a compresión diagonal.....	24
Figura N° 2: Elemento sujeto a compresión y carga lateral.....	24
Figura N° 3: Unidades de espesor irregular, aumentan los esfuerzos del lado en que la junta es más delgada (a); unidades de ancho irregular originan cargas excéntricas (b)	28
Figura N° 4: Mecánica de adherencia	29
Figura N° 5: Arena saturada superficialmente seca (a); vaciado de la arena superficialmente seca en la fiola (b); sumergido de la arena superfinamente seca en agua (c).....	52
Figura N° 6: Llenado de arena al recipiente de 1/10 pie ³ (a); pesado de recipiente más arena para determinar el P.U.S del agregado fino (b).....	54
Figura N° 7: Llenado en tres capas de 25 golpes cada capa arena en recipiente de 1/10 pie ³ (a); pesado de recipiente más arena para determinar el P.U.C del agregado fino (b).....	56
Figura N° 8: Aditivo Sika Top - 77en envase de 4 Litros.	60
Figura N° 9: Muestras de ladrillo King Kong 18H para ensayo de variación dimensional (a); medición de dimensiones con Vernier (b)	64
Figura N° 10: Representación gráfica de concavidad.....	65
Figura N° 11: Representación gráfica de convexidad.....	65
Figura N° 12: Llenado de agujeros en la unidad con mortero (a); secado de las unidades de temperatura ambiente (b); colocado de la unidad en la máquina de compresión (c); ensayo de compresión en unidades de albañilería (d)	68
Figura N° 13: Sumergido parcial de la unidad (a); pesado de la unidad para determinación del ensayo de absorción en unidades de albañilería (b).....	72
Figura N° 14: Pesado del cemento, arena y agua (a); mezclado de mortero (b); colocado del moro en el cono (c); obtención de la fluidez del mortero (d)	76
Figura N° 15: Recipiente metálico y pistón (a); pesado para determinar el peso unitario compactado del mortero (b).....	81

Figura N° 16: Muestras de mortero a las 24 horas de vaciado(a); desencofrado de los cubos de mortero (b); curado de los cubos de mortero (d)	83
Figura N° 17: Aplicación de carga al espécimen de mortero.	84
Figura N° 18: Moldes prismáticos 4x4x16mm (a); Vigas de mortero a las 24 horas de vaciado (b)	85
Figura N° 19: Modelo para ensayo flexión en vigas de mortero.	86
Figura N° 20: Posicionamiento y aplicación de carga mediante apoyo medio en el ensayo resistencia a la flexión	87
Figura N° 21: Preparado del mortero convencional (a); saturación de la unidad de albañilería (b); Pilas de albañilería con mortero convencional (c)	89
Figura N° 22: Mezcla agua con aditivo (a); mezcla del mortero con aditivo (b); elaboración de muretes de albañilería (c)	91
Figura N° 23: Muestras de pilas de albañilería (a); espécimen refrentado para de ensayo de compresión axial en pilas de albañilería (b)	93
Figura N° 24: Colocado del espécimen en la máquina de compresión(a); espécimen después de la compresión de pila de albañilería (b)	94
Figura N° 25: Colocado del murete en la máquina universal (a); inicio de la falla en compresión diagonal (b)	97
Figura N° 26: Colocado del murete en la máquina universal (a); falla por junta del murete en compresión diagonal (b)	97
Figura N° 27: Modelo de ensayo al corte	98
Figura N° 28: Colocado del espécimen para el ensayo (a); Ensayo de corte directo en pilas de albañilería “Laboratorio CISMID” (b)	98
Figura N° 29: Modelo para el armado de la máquina de corte directo (a); Sistema físico mecánico para ensayo de corte directo en pilas “Laboratorio CISMID” (b)	100
Figura N° 30: Falla por desplazamiento entre la unidad y el mortero (a), falla por corte del mortero y la unidad (b)	101

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Curva granulométrica del agregado fino tamizado.....	104
Gráfico N° 2: Resistencia a la compresión en cubos de mortero MP 1	112
Gráfico N° 3: Resistencia a la compresión en cubos de mortero MA- 1	113
Gráfico N° 4: Resistencia a la compresión en cubos de mortero MA 1	114
Gráfico N° 5: Resistencia a la compresión en cubos de mortero MA+ 1	115
Gráfico N° 6: Resistencia a flexión de mortero MP 1.....	116
Gráfico N° 7: Resistencia a flexión de mortero MA- 1	117
Gráfico N° 8: Resistencia a flexión de mortero MA 1.....	118
Gráfico N° 9: Resistencia a flexión de mortero MA+ 1	119
Gráfico N° 10: Resistencia a la compresión en cubos de mortero MP 2.....	123
Gráfico N° 11: Resistencia a la compresión en cubos de mortero MA- 2	124
Gráfico N° 12: Resistencia a la compresión en cubos de mortero MA 2.....	125
Gráfico N° 13: Resistencia a la compresión en cubos de mortero MA+ 2	126
Gráfico N° 14: Resistencia a flexión de mortero MP 2.....	127
Gráfico N° 15: Resistencia a flexión de mortero MA- 2	128
Gráfico N° 16: Resistencia a flexión de mortero MA 2.....	129
Gráfico N° 17: Resistencia a flexión de mortero MA 2.....	130
Gráfico N° 18: Ensayo de corte directo en pilas de albañilería C:A-1:3.....	137
Gráfico N° 19: Ensayo de corte directo en pilas de albañilería C:A-1:4.....	142
Gráfico N° 20: Comparación de resultados en porcentajes del ensayo de fluidez y P.U.....	145
Gráfico N° 21: Comparación de resultados del ensayo resistencia de compresión en cubos de mortero C:A-1:3.....	146
Gráfico N° 22: Comparación de resultados en porcentajes del ensayo de compresión en cubos de mortero	147
Gráfico N° 23: Comparación de resultados de la cantidad de cemento por m ³ y resistencia a la compresión en cubos de mortero C:A-1:3.....	148
Gráfico N° 24: Comparación de resultados del ensayo de resistencia a flexión del mortero.....	149
Gráfico N° 25: Comparación de resultados en porcentaje de resistencia a flexión del mortero.....	150
Gráfico N° 26: Comparación de resultados en porcentajes del ensayo de fluidez y P.U. C:A-1:4	151

Gráfico N° 27: Comparación de resultados del ensayo resistencia de compresión en cubos de mortero C:A-1:4.....	152
Gráfico N° 28: Comparación de resultados en porcentajes del ensayo de compresión en cubos de mortero C:A-1:4.....	152
Gráfico N° 29: Comparación de resultados de la cantidad de cemento por m3 y resistencia a la compresión en cubos de mortero C:A-1:4.....	153
Gráfico N° 30: Comparación de resultados del ensayo de resistencia a flexión del mortero C:A-1:4.....	154
Gráfico N° 31: Comparación de resultados en porcentaje de resistencia a flexión del mortero C:A-1:4.....	155
Gráfico N° 32: Comparación de resultados en porcentaje de resistencia de compresión axial en pilas de albañilería con mortero C:A-1:3 ...	156
Gráfico N° 33: Comparación de resultados en porcentaje de resistencia de compresión axial en pilas de albañilería con mortero C:A-1:4 ...	157
Gráfico N° 34: Comparación de resultados en porcentaje de resistencia de compresión diagonal en muretes de albañilería con mortero C:A-1:3.....	159
Gráfico N° 35: Comparación de resultados en porcentaje de resistencia de compresión diagonal en muretes de albañilería con mortero C:A-1:4.....	160
Gráfico N° 36: Comparación de resultados de adherencia en porcentaje, del ensayo de corte directo en pilas de albañilería de albañilería con mortero C:A-1:3	161
Gráfico N° 37: Comparación de resultados de adherencia en porcentaje, del ensayo de corte directo en pilas de albañilería de albañilería con mortero C:A-1:4	162

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

SÍMBOLO

%:	Porcentaje.
°C:	Grados centígrados.
”:	Pulgada.
+/-:	Más o menos.

SIGLA

ACI	American Concrete Institute
Ae	Ancho especificado por el fabricante
Ap	Ancho promedio
ARM	Mortero polimérico Argamassa para Bloco
ASTM	American society for testing and materials.
BNL	Brookhaven National Laboratory
cc	Centímetro cúbicos
cm	Centímetro
CV	Coeficiente de variación
DE	Desviación estándar
F	Ensayo de tracción por flexión en pilas de albañilería
f'b	Resistencia a compresión en unidades de albañilería
f'bc	Resistencia a compresión en unidades de albañilería característica
f'bp	Resistencia a compresión en unidades de albañilería promedio
f'm	Resistencia a compresión en pilas de albañilería
f'mc	Resistencia a compresión en pilas de albañilería característica
f'mp	Resistencia a compresión en pilas de albañilería promedio

f_t	Resistencia a la tracción por flexión
f_{tc}	Resistencia a la tracción por flexión característica
f_{tp}	Resistencia a la tracción por flexión promedio
g	Gramos
He	Altura especificada por el fabricante
H_p	Altura promedio
kg/cm²	Kilogramos por centímetro cuadrado
kg/m²	Kilogramos por metro cuadrado
kg	Kilogramo
KN	Kilonewton
Le:	Largo especificado por el fabricante
L_p	Largo promedio
M	Ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería
MF	Módulo de finura
MP 1	Mortero patrón relación cemento:arena-1:3
MA- 1	Mortero con menos aditivo recomendado por el fabricante (35 kg/m ³), relación cemento:arena-1:3
MA 1	Mortero con aditivo recomendado por el fabricante (40 kg/m ³), relación cemento:arena-1:3
MA+ 1	Mortero con más aditivo recomendado por el fabricante (45 kg/m ³), relación cemento:arena-1:3
MP 2	Mortero patrón relación cemento:arena-1:4
MA- 2	Mortero con menos aditivo recomendado por el fabricante (35 kg/m ³), relación cemento:arena-1:4
MA 2	Mortero con aditivo recomendado por el fabricante (40 kg/m ³), relación cemento:arena-1:4

MA+ 2	Mortero con más aditivo recomendado por el fabricante (45 kg/m ³), relación cemento:arena-1:4
mm	Milímetros
MOT	Mortero patrón
Mpa	Megapascales
N.T.P.	Norma técnica peruana
NP	Muro NO portante
NTE E-0.60	Norma técnica de edificaciones, Concreto Armado
NTE E-0.70	Norma técnica de edificaciones, Albañilería
P	Ensayo de compresión axial en pilas de albañilería
P.U.C.	Peso unitario compactado
P.U.S.	Peso unitario suelto
PC	Polymer concretes
PM	Polymer mortars
PVC	Policloruro de vinilo
RILEM	Reunión internacional de laboratorio de ensayo de materiales
RNE	Reglamento nacional de edificaciones
SSS	Peso específico de masa saturado superficialmente seco
t	Toneladas
USBR	United States Bureau of Reclamation
v'm	Resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería
v'mc	Resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería característica
v'mp	Resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería promedio
VD	Variación dimensional

CAPÍTULO I: CONCEPTOS Y ASPECTOS GENERALES

1.1 ALBAÑILERÍA

Se define como un arte de construir; se originó hace miles de años, cuando el hombre vio la necesidad de limitar espacios. Inicialmente lo hicieron con materiales rústicos como el barro y la piedra, posteriormente con materiales más elaborados como el ladrillo, cemento, cal, yeso, arena y entre otros; formando y dando origen al muro de albañilería. De ahí que muchos investigadores relacionan la albañilería con el muro propiamente dicho.

Desde tiempos antiguos y en la actualidad esta forma de construir sigue siendo la más utilizada, por ser apropiada y económico en muchas obras arquitectónicas. En la actualidad, en base al desarrollo de la resistencia de los materiales y procedimientos constructivos más elaborados en albañilería, dieron lugar a que los elementos que limitan espacios también tengan la función de resistencia de la estructura, permitiendo así construcciones atrevidas y resistentes.

Por estudios realizados se demostraron que la albañilería como elementos estructurales, tienen mayor resistencia a las cargas gravitacionales que a cargas sísmicas, por someter a estos elementos principalmente a esfuerzos de tracción, ocasionando graves fallas estructurales, originando a la albañilería armada o confinada.

1.1.1 Muro de albañilería

Es el componente fundamental de la albañilería y está compuesto por unidades de albañilería adherida con mortero especificados.

El muro de albañilería puede ser destinado entre otros, como simplemente un cerco, un tabique y hasta un elemento estructural portante correspondiente a una edificación. En general los muros aparte de ser elementos que sirven para cerrar una edificación o delimitar espacios, deben ser resistentes reduciendo condiciones de habitabilidad, tales como: tener una adecuada capacidad de aislación térmica, acústica, impermeable y durable.

1.1.2 Albañilería armada

Los muros armados se caracterizan por llevar el refuerzo en el interior de la albañilería. Este refuerzo está generalmente distribuido a lo largo de la altura del muro (refuerzo horizontal), como en su longitud (refuerzo vertical).

Estos muros requieren de la fabricación de unidades con alveolos donde se pueda colocar el refuerzo vertical; en tanto que dependiendo del diámetro del refuerzo horizontal, este se coloca en los canales de la unidad o en la junta horizontal.

El diámetro del refuerzo horizontal depende de la magnitud de la fuerza cortante que tiene que ser soportada íntegramente por el acero de acuerdo a la norma E-070.

La presencia del acero en la albañilería armada es contrarrestar la resistencia a la tracción, mientras que el muro de albañilería junto con el mortero resiste esfuerzos de compresión.

1.1.3 Albañilería confinada

Se define como aquella que se encuentra íntegramente bordeada por elementos de concreto armado (exceptuando la cimentación que puede ser de concreto ciclópeo), vaciado después de construido el muro de albañilería y con una distancia entre columnas que no supere en más de 2 veces la altura del piso.

El objetivo de los elementos de confinamiento es principalmente aumentar la capacidad de deformación al conjunto, después que los muros se agrieten. Esto significa que proporcionan ductilidad y no necesariamente mayor resistencia.

Este es el sistema que tradicionalmente se emplea en casi toda Latinoamérica para la construcción de edificios hasta de 5 pisos.

1.2 PROPIEDADES DE RESISTENCIA DE LOS MUROS DE ALBAÑILERÍA

Desde el punto de vista de resistencia, el muro de albañilería está sujeto a un conjunto de sollicitaciones de esfuerzos originados por cargas internas y/o externas a la estructura en donde forma parte el muro de albañilería. Y dado que el muro de albañilería es un material heterogéneo y anisótropo, responde a dichas sollicitaciones de esfuerzos en función principalmente de la resistencia de la interacción mortero-unidad y otras relacionados a la característica de sus componentes, de su proceso constructivo e interacción del muro con otros elementos estructurales.

En una edificación, los muros como elementos verticales resistentes llamados muros portantes, transmiten la carga a la cimentación por la disposición de las cargas verticales, solicitando en el muro esfuerzos de compresión axial y flexión en dirección normal al plano del muro.

Las cargas laterales por efecto de sismo, viento, etc. introducen en los muros un conjunto de sollicitaciones que depende de la condición de continuidad en sus extremos; cuando los muros están confinados el conjunto de sollicitaciones debido a la carga lateral puede simplificarse como dos cargas de compresión aplicados en los extremos de una de las diagonales del muro. El comportamiento de este tipo de muro ha sido estudiado experimentalmente y se encontró que los esfuerzos críticos, son los esfuerzos de tracción que se presenta en dirección normal a la diagonal cargada y esfuerzos tangenciales horizontales, que existe en las caras de contacto entre la unidad y el mortero; estos tipos de esfuerzo provocan fallas a través de una grieta que atraviesa diagonalmente el muro.

En general, el refuerzo convencional que se utiliza tanto en la albañilería confinada como en la armada sirve tan solo para proveer ductilidad al sistema, controlando el deterioro de la albañilería. En consecuencia, la albañilería simple es el material estructural que proporciona resistencia a la compresión y a la fuerza cortante, así como la mayor parte de la rigidez lateral. Por tanto, es necesario conocer sus propiedades, las cuales se pueden obtener de ensayos en prismas de albañilería simple.

1.2.1 Compresión axial

El muro de albañilería está formado por dos componentes básicos de diferentes características de esfuerzo – deformación; que sometidos a esfuerzos de compresión, estas se deformaran de manera distinta, lo cual hace que haya una interacción entre ambos bajo el efecto de la carga vertical; la unidad y el mortero sufren deformaciones verticales junto con alargamiento transversal.

La resistencia a la compresión del muro, que depende de la resistencia de sus componentes, también depende de un gran número de factores en particular de las dimensiones del muro. Así la resistencia disminuye al aumentar la esbeltez del muro; esta variación de la resistencia con relación a la esbeltez de la pila, ha sido estudiada por varios autores.

Modelo de compresión axial

Para obtener experimentalmente resultados de la resistencia a la compresión axial del muro real, será necesario un modelo o espécimen, que tenga las mismas características tanto de sus componentes como del procedimiento de fabricación y condiciones de trabajo que el muro real. Así, como será necesario un modelo que tenga la misma calidad de las unidades, el mismo mortero y el mismo espesor del mortero entre las unidades.

El modelo de ensayo que representa mejor en el ensayo de resistencia de compresión del muro, es la pila con relativa esbeltez. Este modelo también recomienda la norma técnica peruana NTP 399.605 correspondiente a la determinación de la resistencia del muro. En la misma indica que ningún modelo de ensayo deberá tener los prismas con una altura mínima de dos unidades, con una relación de esbeltez (alto – espesor) entre $1.3 < h/t < 5$; además corrige a los resultados por esbeltez, tal como veremos más adelante al interpretar resultados de los ensayos a la resistencia de a la compresión axial en pilas.

1.2.2 Compresión diagonal y cortante

El muro bajo solicitaciones de cargas laterales de sismo, viento o de asentamientos diferenciales en la cimentación, inducen en el plano un conjunto de esfuerzos que se manifiestan a través de diversos tipos de falla, en función a la magnitud de las solicitaciones a la que está sometido el muro.

Cuando el muro está confinado por un marco, las solicitaciones causan deformaciones, como se muestran en la figura N° 1, en el cual el muro resulta estar en compresión diagonal.

Otros casos de los muros portantes en las cuales están sujetos a carga vertical constante al que se le aplica una carga horizontal, como se muestra en la figura N° 2 originan tipo de falla por cortante.

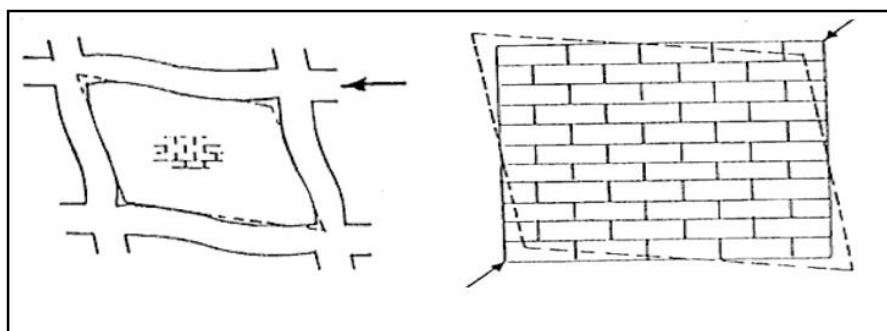


Figura N° 1: Elemento sujeto a compresión diagonal

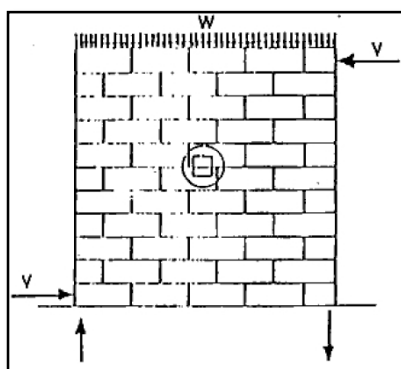


Figura N° 2: Elemento sujeto a compresión y carga lateral

Falla por cortante. - Es cuando la falla es por deslizamiento en las juntas, esto sucede cuando en las juntas los esfuerzos tangenciales, exceden a la resistencia por corte proporcionado por la adherencia entre la unidad y el mortero, en parte de la fricción propiciado por el esfuerzo de compresión normal a la junta.

El esfuerzo resistente al corte, puede calcularse aceptando el mecanismo de falla de COULUM, como:

$$v = u + f \cdot \sigma$$

u = Adherencia entre la unidad y el mortero Kg/cm²

f = Coeficiente de fricción

σ = Esfuerzo de confinamiento normal al plano de la junta
Kg/cm²

1.3 PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN LA ALBAÑILERÍA

Los problemas en el muro de albañilería, antes que el muro esté terminado, se presentan en sus componentes, la unidad (ladrillo), el mortero y la mano de obra. Y debido a sus respectivas variabilidades tanto en su fabricación como en su proceso constructivo, dan como resultado un muro heterogéneo y anisotrópico.

Dado que la variabilidad, no son inherentes a la albañilería sino más bien se debe a la falta de conocimiento y control en las diferentes etapas del proceso, desde la elaboración de sus componentes hasta la construcción de ellos; una de las tareas esenciales para el correcto desarrollo de la albañilería es corregir al mínimo estos problemas.

1.3.1 Problemas en el mortero

Se presentan en el estado fresco y endurecido, están a la función de las características y proporción de sus componentes que influyen la calidad del muro de albañilería.

La no uniformidad de las proporciones de los componentes al mezclarlos, puede empobrecer o enriquecer la mezcla; que de hecho introducen variaciones en la resistencia del muro de albañilería.

La resistencia del mortero, influye en la calidad del muro; las evidencias sobre este aspecto es que los morteros de resistencia altas admiten menor deformación que las de menor resistencia, afectando así la resistencia del muro; esto se justifica más aun por los estudios realizados sobre el comportamiento de la albañilería de los ladrillos sometidos a carga axial, también mostraron que existe mayores resistencia a la compresión de las albañilerías, para mortero con proporción 1:3 de cemento-arena en volumen y sin cal. Por tanto, conviene tener en los muros de albañilería, morteros de resistencias altas que garanticen muros resistentes, durables e impermeables al agua.

La trabajabilidad, es una propiedad de primer orden en el mortero y constituye un mayor problema en la albañilería; así, los morteros deben tener un máximo de trabajabilidad, que permitan facilitar la extensión del mortero penetrando en las irregularidades de la superficie, de las unidades y tengan juntas completamente llenas. Cuando el mortero pierde agua por la demora del asentado, pierde su trabajabilidad.

En obra conviene en todo momento mantener una trabajabilidad uniforme en todo proceso y evitar al mínimo el adicionar agua al mortero, lo cual nos permitirá obtener muros homogéneos y resistencias uniformes; de lo contrario, se obtendrán muros con resistencias altas en algunos puntos y bajas en otros, como consecuencia muros más heterogéneos y anisotrópicos.

1.3.2 Problemas en las unidades

Para obtener un buen muro de albañilería, es necesario buena calidad de la unidad, reflejada principalmente en la uniformidad de sus dimensiones como en su resistencia, absorción y succión al momento de asentado de las unidades con el mortero.

La variación de las dimensiones de las unidades, generalmente originan problemas de resistencia en el muro de albañilería. Así, las unidades con dimensiones irregulares conllevan a colocar espesores de mortero no uniformes en el muro, figura 3 que hacen que se concentre en la capa delgada del mortero y mayores deformaciones en el de mayor espesor, pueden afectar a la resistencia del muro; lo mismo que ocurre al dar lugar muros no verticales a un lado del muro, figura N° 3, al originar cargas excéntricas.

La resistencia de la unidad influye mayormente en la resistencia del muro, esta varía de acuerdo al tipo de material y de una fábrica a otra. Por tanto, conviene que las unidades de albañilería tengan coeficientes de variación bajo y que tengan valores altos de resistencia a la compresión. Que señalan por experiencias realizadas buena calidad del muro para fines estructurales y de exposición, a que tengan valores bajos que producirá que tengan muros con poca resistencia y durabilidad.

De otro lado al margen de la resistencia a la compresión de las unidades de diversos tipos, se deberá tener en cuenta la fragilidad de la falla. Así, las unidades solidas son más dúctiles que las unidades huecas o perforadas, que ante cargas de falla, muestran fallas frágiles y explosivas.

La succión de las unidades es otro problema de suma importancia que se deberá tener en cuenta antes de la construcción de los muros de albañilería. La succión de las unidades actúa directamente en la interacción mortero-unidad, figura N° 4; por lo tanto define el valor de la adherencia, lo cual conlleva a la necesidad de utilizar morteros trabajables. Está demostrado por trabajos de investigación, que con unidades que tienen una succión excesiva al momento del asentado, no se logra uniones adecuadas con el mortero usando métodos ordinarios de construcción; cuando la succión es muy alta, el mortero debida a la rápida pérdida de agua que es absorbida por la unidad, se deforma y endurece, lo cual impide un contacto completo en la cara de la siguiente unidad, consecuentemente el

resultado es una adhesión pobre e incompleta, dejando uniones de baja resistencia y permeables al agua.

De otro lado para que exista una buena adherencia aparte de tener la unidad una superficie rugosa, deberá tener una succión adecuada, figura N° 4, en el cual el mortero cuando entra en contacto con la unidad esta succiona agua del mortero y como el agua contiene solubles de cemento, esta se cristalizara esta en los poros capilares de la unidad. Originando así la adherencia entre la unidad y el mortero.

Para obtener en la unidad una succión adecuada en el asentado, es necesario reducir la succión mediante el humedecimiento de las unidades tal como veremos más adelante, al tratar la succión correspondiente a las unidades.

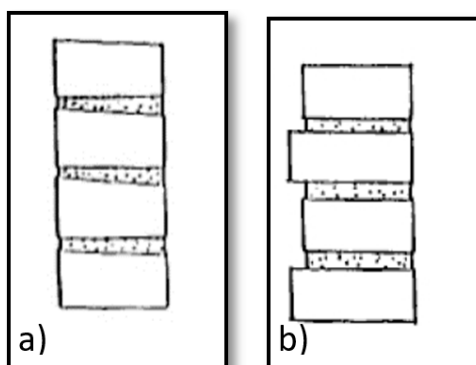


Figura N° 3: Unidades de espesor irregular, aumentan los esfuerzos del lado en que la junta es más delgada (a); unidades de ancho irregular originan cargas excéntricas (b)

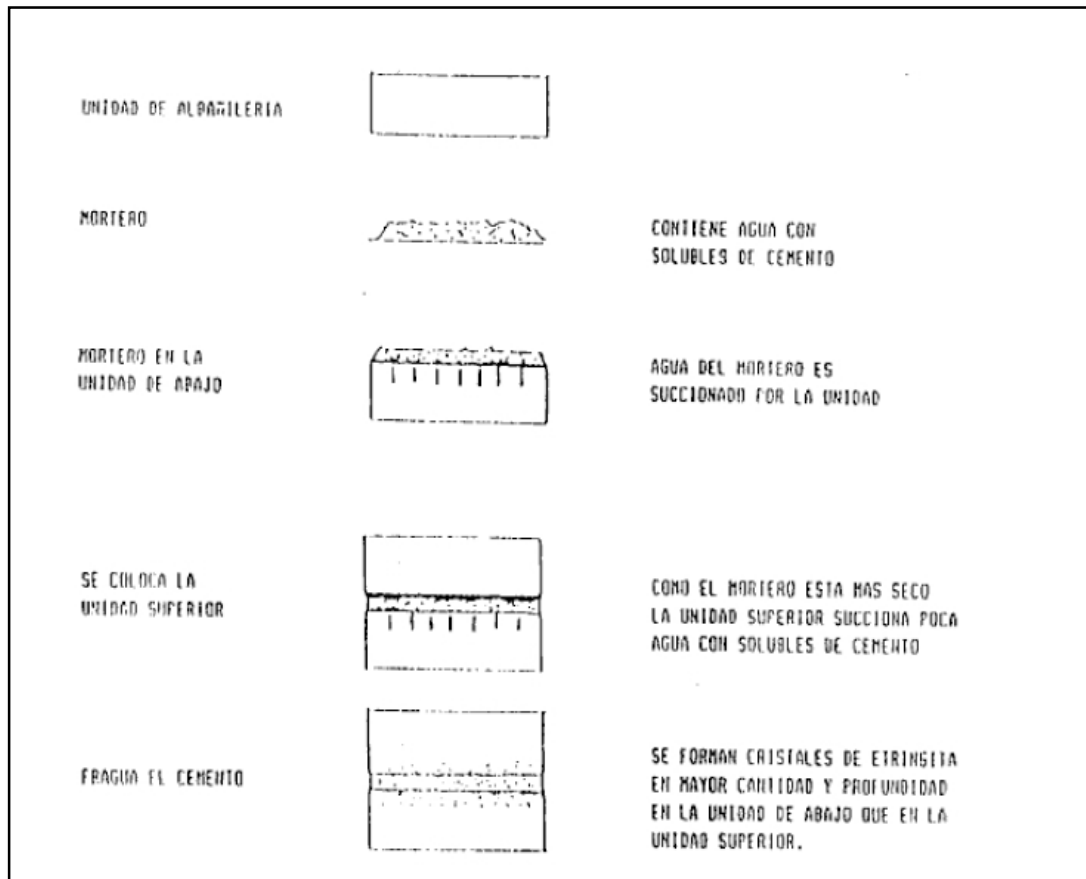


Figura N° 4: Mecánica de adherencia

1.3.3 Problemas en la mano de obra

Junto con los problemas relativos a la unidad y al mortero, se presenta el problema de la mano de obra; a diferencia de los primeros que influyen indirectamente, la mano de obra influye directamente en la calidad del muro de albañilería. Así, poco o nada nos serviría tener componentes de calidad, sin tener un uso adecuado de estos en la construcción del muro.

Los efectos más críticos que devienen de la mano de obra, que influyen en las propiedades de resistencia del muro de albañilería, son las que se describen a continuación:

El mal uso de los componentes en el proceso constructivo del muro de albañilería, como: una dosificación no uniforme de los componentes del mortero, uso de morteros no trabajables, uso indiscriminado de morteros reemplados y por último

no tener en cuenta la succión de las unidades sobre todo cuando tienen succiones altas, influirán en la calidad del muro de albañilería como se vieron anteriormente.

El llenado incompleto de las juntas horizontales y verticales, dieron lugar a muros heterogéneos, al no existir unión eficaz entre las unidades de albañilería, consecutivamente resultan muros débiles propensos a fallas por sismo y permeables al agua.

El espesor del mortero entre las unidades, excluyendo a las que están condicionadas por razones estéticas, es de suma importancia sobre todo en muros portantes; el mismo depende fundamentalmente de la calidad de la mano de obra.

1.3.4 Problemas en el muro terminado

Los problemas en el muro terminado empiezan cuando termina el proceso constructivo del mismo. A continuación, describiremos los problemas más importantes en el muro terminado.

El curado con agua en los muros de albañilería de arcilla cocida son perjudiciales, afectan a la durabilidad del muro, debido a que favorecen al fenómeno de eflorescencia; lo que no ocurre en los muros con bloques de concreto, que si favorecen la adherencia entre las unidades y el mortero.

La eflorescencia, es el principal problema en el muro terminado. Este fenómeno se origina de la composición misma de la unidad y el mortero donde están estrechamente relacionadas con la humedad. En la figura N° 4, vemos como las pequeñas cantidades de sales usualmente sulfatos, pueden estar presentes en las unidades de albañilería y en la arena con la que se elabora el mortero o que se encuentra como álcalis en el cemento, son suficientes para producir este fenómeno en el periodo en el cual el muro este secando.

Otra forma de producirse este fenómeno es cuando el muro está en contacto con la humedad del suelo, que contiene salitre (Nitrato de Sodio) soluble en agua, que al evaporarse y por capilaridad se suman a los sulfatos que contienen las unidades; luego emergen a la superficie de la unidad, que se manifiestan tornándose de color blanco.

Cuando la eflorescencia es severa, puede ser destructiva; en este caso, las sales solubles se cristalizan en la superficie de la unidad, que terminan por desintegrarla.

En la construcción el agua potencializa la eflorescencia. Durante el asentado de las unidades de arcilla cocida, solo deben ser humedecidas lo estrictamente necesario como para tener una adecuada adherencia con el mortero; mientras que en el muro terminado se debe evitar el contacto con los suelos humedecidos, sobre todo con los salitrosos.

El agrietamiento es otro problema del muro terminado, este problema es de carácter estructural; si bien es cierto que la resistencia vertical, es la mayor resistencia que ofrece el muro; también es cierto que la resistencia diagonal es la más vulnerable y esta se manifiesta en el muro, a través de fallas en dirección diagonal debido a deformaciones que inducen esfuerzos de resistencia a la tracción diagonal y al ser estas muy reducidas. Estas deformaciones que finalmente originan agrietamientos en el muro de una edificación pueden ser originadas por: restricciones a cambios volumétricos de los materiales, asentamientos diferenciales en el terreno donde está la cimentación, cargas de gravedad, cargas de viento, sismo, explosiones y vibraciones, se deberán tener en cuenta en el diseño estructural de una edificación.

CAPÍTULO II: COMPONENTES DEL MURO DE ALBAÑILERÍA

El mortero es una mezcla compuesta por un aglomerante, arena y agua; si se requiere mejorar sus propiedades se hacen uso de aditivos, como es el caso del presente estudio.

Son empleados en el muro de albañilería: revoque de superficies, montaje de bloques, elementos prefabricado, en trabajos especiales como decorativos y otros.

2.1 MORTERO DE ALBAÑILERÍA

De la definición descrita en la NTE E-0.70 de Albañilería, el mortero está constituido por una mezcla de aglomerante y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado.

La función del mortero en el muro de albañilería es doble, en primer lugar debe proveer cama uniforme para las unidades de tal manera que se extienda con facilidad y penetre las irregularidades y hendiduras de los mismos, corrigiendo así sus imperfecciones e irregularidades; en segundo lugar sirve como adhesivo para unir las unidades de albañilería. Los materiales componentes del mortero tradicional utilizados en la albañilería en el Perú son los siguientes.

2.1.1 Componentes del mortero

1.- Cemento

Los cementos aceptados en la preparación de morteros de albañilería normalmente son cementos Portland de los Tipos I, II, III, IV y del Tipo V.

Los cementos Portland son aglomerantes hidráulicos normalizados obtenidos pulverizando clinker, que consiste esencialmente en silicatos cálcicos hidráulicos a los que se les ha incorporado como adición eventual el sulfato de calcio y otros productos que no excedan el 1% en peso del total, siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante. NTP 334.099, NTP 334.051, y ASTM C-150.

Influencia

El mortero, fija la resistencia a la compresión y el valor de la adherencia con las unidades de albañilería; adicionalmente colabora en su retentividad y trabajabilidad.

Los morteros con excesos de cemento aumentan la contracción de fragua que tiende a retraer el mortero disminuyendo la durabilidad de la adherencia.

Si bien es cierto, el cemento es el componente esencial del mortero, sin cal tienen a ser ásperos, poco retentivos y en consecuencia difíciles de trabajar.

2.- La cal

Es un producto que resulta de la descomposición de las rocas calizas, mediante el calor se le denomina cal viva y al reaccionar con agua produce un polvo amorfo de color blanco, denominada cal hidratada, que constituye un aglomerante y mezclado con una cantidad conveniente de agua forma una pasta con fluidez variable.

La cal hidratada es muy utilizada en morteros de albañilería, sobre todo en proporciones convenientes con el cemento y la arena mejora las cualidades de la plasticidad y retentividad del mortero.

Influencia

Debido a la finura de la cal tiene la particularidad de reducir la consistencia, aumenta la plasticidad y retentividad de los morteros. Si bien reduce la consistencia, se deberá añadir más agua para obtener la fluidez deseada con lo que se reduce la resistencia del mortero.

La cal, al proveer al mortero plasticidad y retentividad posibilita que la mezcla pueda ser trabajable y esparcida en superficies de contacto en forma uniforme; adicionalmente la retentividad hace que el valor de la adherencia se haga uniforme con las unidades.

3.- Agregado fino

El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características granulométricas indicadas, que está especificada en la NTE E-0.70 de albañilería (Capítulo III, Tabla N° 4). Los ensayos de granulometría del agregado fino se realizarán de acuerdo a lo indicado en las normas NTP 400.010.

Influencia

El agregado fino en el mortero disminuye la contracción de fragua del mortero a niveles manejables al proveer la estructura indeformable. Los agregados de grano grueso aumentan la resistencia a la compresión del mortero y producen morteros ásperos, mientras los agregados con grano fino reducen la resistencia y la adherencia.

La forma redondeada o angulosa de los granos de la arena influyen en las propiedades del mortero, debe preferirse agregados de granulometría completa, bien graduadas que produzcan morteros trabajables y adhesivos.

4.- El agua

El agua debe ser potable, libre de sustancias destructivas, ácidos, álcalis y materia orgánica, que cumpla con los requisitos establecidos en la NTE E-060 de concreto armado.

Influencia

El agua es el componente principal en el estado plástico del mortero, determina la consistencia del mortero, es decir la trabajabilidad y para lograr una máxima adherencia debe buscarse una máxima consistencia compatible a la manipulación del mortero.

Para recuperar la consistencia perdida por el secado del mortero, se pueden añadir agua siempre y cuando esto se haga antes del inicio de la fragua del cemento, dicho inicio se puede establecerse aproximadamente a dos horas y media luego de preparado del mortero.

5.- Aditivo

En forma general, los aditivos son sustancias o productos que al ser combinados con el mortero o concreto, producen modificaciones en las características, propiedades o en el comportamiento del mortero como del concreto.

Influencia

El aditivo es un material distinto al agua, agregados y al cemento, que se usa como ingrediente en el mortero o en el concreto y que se añade inmediatamente antes o durante el mezclado, obteniendo o modificando características específicas en el mortero o concreto, ya sea en el estado fresco o endurecido.

2.1.2 Propiedades del mortero

1.- Trabajabilidad

Es una propiedad en la cual el mortero adquiere cierto grado de plasticidad y que está permite colocar las unidades de albañilería en forma alineada y regular, asegurando la extensión de la adherencia, penetrando el mortero en los intersticios de la unidad de albañilería.

En la actualidad no existe un método para poder cuantificar la trabajabilidad, en los laboratorios se le relaciona con las propiedades de la consistencia y retentividad del mortero, mientras en obra es fácilmente reconocible por un buen albañil.

2.- Consistencia

Es la propiedad en el cual el mortero tiene la cualidad de fluir y depende directamente de la cantidad de agua en el mortero.

La consistencia ideal depende del tipo de uso que se le dé al mortero y en la práctica se puede precisar que, para tener una óptima trabajabilidad, la consistencia o la fluidez deben estar entre 110% +/- 5%.

La cuantificación de la consistencia se realiza midiendo la fluidez, que es el porcentaje de flujo de acuerdo a la norma NTP 334.057.

3.- Retentividad

Es una propiedad del mortero en el cual es capaz de mantener su trabajabilidad durante el proceso de asentado de las unidades, manteniendo el agua de mezclado y resistir la succión por parte de las unidades.

Los morteros con reducida retención, ceden al agua con facilidad y consecuentemente pierden trabajabilidad endureciéndose en corto tiempo y dificultando el asentado de la próxima unidad.

En unidades de alta succión es importante la retención del agua. Ya que estas pueden absorber el agua necesaria del fraguado del mortero, lo que reduce notablemente su resistencia y la adherencia con la unidad.

4.- Resistencia a la compresión

Es una propiedad fundamental del mortero, en el cual influye la calidad de sus componentes, principalmente del tipo de aglomerante y sus proporciones.

La resistencia a la compresión del mortero aumenta con el tiempo y su valor máximo llega a los 28 días de fabricado; la influencia de cal en el mortero, donde a mayor proporción de cal cuando la relación arena-cemento es baja, disminuye la resistencia a la compresión; pero cuando la relación arena-cemento es alta, la cal tiene como influencia bajar considerablemente la resistencia a la compresión.

La granulometría de la arena influye en la resistencia a la compresión del mortero. Estudios realizados muestran que en los morteros con arenas de buen porcentaje de grano grueso obtienen mayores resistencias.

5.- Resistencia a la tracción

Esta propiedad tiene poca importancia en los muros de albañilería, en el caso de presentarse las fallas por tracción, estas ocurrirán entre la unidad y el mortero, mientras que en otras direcciones las fallas dependen principalmente de la resistencia a la tracción de la unidad, sin embargo, esta propiedad tiene importancia para morteros que se usan para revestimientos.

6.- Adherencia

Es la propiedad más importante del mortero en la cual mantiene unida las unidades del muro de albañilería. Esta propiedad no es absoluta del mortero, en ellas influyen aparte de sus componentes el tipo de la unidad, mano de obra y otros.

De esta propiedad depende la resistencia, durabilidad, permeabilidad y en parte la resistencia del muro.

La adherencia se produce cuando la unidad de albañilería sobre sus poros succiona solubles de cemento de agua del mortero; por lo tanto, mientras más fluido, será más fácil la extensión y el contacto íntimo del mortero con las unidades de albañilería, mejorando la así la adherencia.

En resumen, buscar un buen resultado de la adherencia es obtener una fuerte unión entre las unidades de albañilería y el mortero; que las juntas sean resistentes, durables, impermeables y como consecuencia mayor resistencia en el muro.

7.- Cambios volumétricos

Es la propiedad en la cual el mortero sufre cambios volumétricos debido a la contracción inicial de la fragua, secado, cambios de temperatura y humedad. Estos cambios son responsables de la pérdida parcial de la adherencia entra la unidad y el mortero, produciendo fisuras en el mortero al ser limitados las deformaciones por la unidad.

La importancia de este fenómeno es mayor, cuanto más diferente sean las características de deformación de los materiales.

Las contracciones por fraguado dependen de la cantidad de agua y la relación arena-cemento, a mayor cemento mayor será la contracción y a mayor cantidad de arena menor será la contracción.

8.- Propiedades elásticas

El mortero es más deformable que las unidades de la albañilería, como hemos visto al estudiar las propiedades de resistencia del muro y es responsable en gran parte de las deformaciones bajo la carga del muro.

2.1.3 Proporciones recomendables

De acuerdo a lo descrito en los puntos anteriores, los componentes de mortero influyen en las propiedades del mortero y estas en el muro de albañilería, es decir, que el mortero aparte de tener buena resistencia, durabilidad y adherencia con las unidades, debe proveerle al muro propiedades de resistencia de acuerdo al uso. Por tanto, los componentes y sus proporciones en el mortero juegan un rol importante en el muro de albañilería.

La NTE E-0.70, recomienda los morteros Portland Tipo I con o sin cal hidratada, específicamente como se muestra en el Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1: Dosificación en volumen del mortero de albañilería, NTE E-070

TIPO	COMPONENTES			USOS
	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 1/2	Muro portante
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muro portante
NP	1	0	Hasta 6	Muro NO portante

Fuente: NTE E-0.70 (2006)

2.2 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

La unidad de albañilería es el componente básico en la albañilería, unidos con el mortero pueden formar muros resistentes, durables e impermeables al agua.

2.2.1 Clasificación

Las unidades de albañilería se clasifican:

1.- Según materia prima de fabricación, el método de fabricación y forma de la unidad

a) Según su forma

a1 Solida

Unidad en el que cualquier lugar sección paralela a la superficie tienen un área neta equivalente al 75% o más del área bruta de la sección.

a2 Perforado o hueco

Cuando la unidad, en su sección paralela la superficie de asiento tiene un área equivalente menor al 75% del área bruta de la misma sección.

a3 tubular

La unidad tiene huecos paralelos a la superficie de asiento.

b) Según la materia usada en su fabricación

b1 Arcilla

Son fabricados con arcilla natural mezclados con arena y limo, dosificados en forma apropiada de tal manera que al amasarse con agua, debe ser plástica permitiendo ser formadas en moldes con facilidad y después de ser cocidos no deben mostrar fisuras o agrietamientos.

En nuestro medio las unidades de arcilla difieren sus propiedades debido a la variedad de arcilla que se usan en su fabricación y al método de fabricación de los mismos. Así los ladrillos fabricados industrialmente son de mejor calidad que los artesanales.

Las unidades de arcilla cocida usualmente se les denominan ladrillos y se fabrican sólidos, perforados o tubulares. El color de estas unidades normalmente es de amarillo a rojo.

b2 Concreto

Son fabricados a base de cemento y agregados moldeados en formas especiales, asistidos por vibración o presión mecánica.

Las mezclas pueden ser dosificadas para producir unidades de resistencias variables dentro de un mismo tipo de unidad.

Las unidades de concreto comúnmente se les denominan bloques de concreto, se fabrican sólido o hueco. El color de estas unidades es gris o verdoso.

b3 Sílico – calcáreas

Son fabricados a base de cal, arena natural, roca triturada o en combinación de ellas, debidamente dosificados, elaborados, prensado, secado, endurecido a vapor, bajo condiciones especiales de presión y temperatura.

Las mezclas pueden ser dosificadas para producir unidades de varias calidades, ellas se diferencian casi exclusivamente por su resistencia a la compresión.

Las unidades sílico – calcáreas se caracterizan por tener reducida variabilidad dimensional, por ser muy perfilados y de textura suave, que depende de alguna medida de las características de la arena.

Las unidades sílico – calcáreas, se fabrican sólido, hueco y perforado. Su color natural generalmente blanco griseado, amarillo o rosado de acuerdo a la arena empleada.

c) Según método de fabricación

c1 Sílico – calcáreas

Es la unidad de albañilería, fabricada con maquinaria que amasa, moldea, prensa o extruye la masa de arcilla, obteniéndose una unidad de poca variabilidad en sus propiedades y de buena calidad; las caras laterales tienen texturas muy suaves, pulidas y las caras de asiento tienen texturas ásperas.

Las unidades producidas industrialmente se caracterizan por su uniformidad en sus dimensiones, forma más perfilada y su alta resistencia, por este método se fabrican unidades macizas, perforadas y tubulares.

c2 Artesanal

Unidad de albañilería fabricado con procedimientos artesanales, el amasado y el moldeado es hecho manualmente con moldes de madera arenados o moldes metálicos, produciendo unidades de textura variable dependiendo del tipo de molde.

Estas unidades se caracterizan por tener variabilidad en sus propiedades y dimensiones, por este método generalmente se fabrican unidades de albañilería maciza.

2.- Según N.T.P. 331.017

De acuerdo a la NTP 331.017, las unidades de albañilería de arcilla cocida se clasifican en cinco tipos, Tipo I, II, III, IV y V (ver Cuadro N° 2), los cuales varían de acuerdo al tipo en resistencia y durabilidad.

Cuadro N° 2: Clasificación de la albañilería estructural. NTE E-0.70

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Tipo I	Resistencia y durabilidad muy bajas, aptos para construcciones de albañilería en condiciones de servicio y de exigencias mínimas.
Tipo II	Resistencia y durabilidad bajas, aptos para construcciones de albañilería en condiciones de servicio moderadas.
Tipo III	Resistencia y durabilidad medias, aptos para construcciones de albañilería de uso general.
Tipo IV	Resistencia y durabilidad altas, aptos para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas
Tipo V	Resistencia y durabilidad muy altas, aptos para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

Fuente: NTE E-0.70 (2006)

Cuadro N° 3: Clasificación de la unidad de albañilería de acuerdo a sus características, NTE E-0.70.

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: NTE E-0.70 (2006)

2.3 ADITIVO

2.3.1 Generalidades

Los aditivos utilizados comúnmente constituyen un material premezclado, comercialmente conocido como fluidificante, que por lo general consta de un agente reductor de agua, un agente suspensor (polvo de aluminio), y un amortiguador químico para asegurar la regulación oportuna, de la reacción de polvo de aluminio con los álcalis del cemento.

Como sustitutos de un fluidificante premezclado, las diversas sustancias contenidas en el fluidificante pueden agregarse por separado en la mezcla. El polvo de aluminio, por ejemplo, provee una expansión esencial de adherencia entre el mortero y el agregado. Un agente reductor de agua, mejora la fluidez del mortero sin aumentar los requerimientos de agua. Un aditivo incorporador de aire convencional debe agregarse también al mortero para obtener porcentajes apropiados de aire incluido; cuando el concreto este expuesto a congelación y deshielo, una pequeña cantidad de cloruro de calcio, no mayor al 2% del peso del cemento, también puede utilizarse para acelerar la resistencia.

"Análisis Comparativo de las Propiedades Mecánicas del Mortero Tradicional y el Mortero con Aditivo que Incrementa la Adherencia"

El empleo eficiente de los aditivos debe determinarse con cuidado antes de emplearse en el trabajo.

En forma general, los aditivos son sustancias o productos que al ser combinados con el mortero o concreto, producen modificaciones en las características, en las propiedades o en el comportamiento tanto del mortero como del concreto.

El que se utilice como ingrediente en el mortero o en el concreto, significa que se desea obtener un resultado distinto al que se obtendría del mismo diseño de la mezcla sin incluir aditivo. Es decir que su acción ya ha sido tomada en cuenta en el diseño final, cambiando así el comportamiento de la mezcla.

En consecuencia, el aditivo es un material distinto al agua, agregados y al cemento, que se usa como ingrediente en el mortero o en el concreto y que se añade inmediatamente antes o durante el mezclado, obteniendo o modificando características específicas en el mortero o concreto en su comportamiento, ya sea en el estado fresco o endurecido.

2.3.1.1 Concepto de aditivo

Es el producto que añadido al mortero o concreto en pequeña cantidad, puede mejorar o dar propiedades específicas a las mezclas, tanto para su estado fresco como para su estado endurecido.

Un aditivo tiene por lo general una acción principal, aunque puede presentarse igualmente a ciertas acciones secundarias.

Los aditivos se comercializan bajo la forma de polvos solubles o como líquidos, siendo estos los más aceptados y se venden bajo denominaciones correspondientes a una marca o sociedad.

2.3.1.1 Razones para usar aditivo

El empleo de aditivos está sujeto a lo indicado en las especificaciones de obra o a la aprobación previa de la inspección. Su uso no autoriza a disminuir el contenido del cemento seleccionado para la mezcla.

El contratista deberá demostrar a la inspección que con los aditivos a emplearse se pueden obtener las propiedades requeridas, que son capaces de mantener la misma calidad, composición, comportamiento adecuado del mortero y concreto en toda la obra.

En la “Guía para el empleo de aditivos en el concreto”, el comité ACI 212 enumera 20 razones para el uso de aditivos y son las siguientes:

- 1.- Aumentar la Trabajabilidad sin aumentar el contenido de agua o para reducir el contenido de agua, logrando la misma Trabajabilidad.
- 2.- Acelerar la velocidad de desarrollo de resistencia a edades tempranas.
- 3.- Aumentar la resistencia final.
- 4.- Retardar o acelerar el fraguado final.
- 5.- Retardar o reducir el desarrollo del calor.
- 6.- Modificar la velocidad o aptitud de exudación o ambas.
- 7.- Aumentar la durabilidad o la resistencia a condiciones severas de exposición incluyendo la aplicación de sales para quitar el hielo.
- 8.- Controlar la expansión causada por la reacción de los álcalis con ciertos constituyentes de los agregados.
- 9.- Reducir el flujo capilar del agua.
- 10.- Reducir la permeabilidad de los líquidos.
- 11.- Para producir concreto celular.
- 12.- Mejorar la penetración y bombeo.
- 13.- Reducir el asentamiento, especialmente en mezclas para rellenos.

- 14.- Reducir o evitar el asentamiento para originar una leve expansión en el concreto o mortero, usados para rellenar los vacíos, aberturas en estructuras de concreto y en rellenos para cimentaciones de maquinaria, columnas o para rellenar ductos de cables postensionado o vacíos agregado pre-colocado.
- 15.- Aumentar la adherencia entre el concreto viejo y el nuevo.
- 16.- Aumentar la adherencia del mortero o el concreto y el acero.
- 17.- Producir concretos o morteros de color.
- 18.- Obtener concretos o morteros con propiedades fungicidas, germicidas e insecticidas.
- 19.- Inhibir la corrosión de metales embebidos en el concreto.
- 20.- Reducir el costo unitario del mortero o el concreto.

CAPÍTULO III: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DEL MORTERO

3.1 ARENA

La arena empleada en la preparación del mortero fue procedente del centro comercial “maestro home center”, a continuación determinaremos sus principales características físicas mediante ensayos de laboratorio. Los resultados se muestran en el Capítulo VI.

3.1.1 Granulometría

Se refiere a la distribución de partículas de arena y se determina mediante el análisis granulométrico, que consiste en dividir una muestra de arena en muestras de igual tamaño según de las aberturas de los tamices utilizados en el ensayo.

La arena utilizada en el presente trabajo en estado natural debido a que no se encuentra en los límites especificados por las normas ASTM-C144 y E-070 (ver Cuadro N° 4), se eliminaron pesos retenidos en la malla N° 4, aproximadamente el 80% de la malla N° 8 y el 50% de la malla N°16, con los cuales la arena resultante se encuentra dentro de las especificaciones de dichas normas.

Cuadro N° 4: Granulometría para mortero de acuerdo a la ASTM-C144.

Malla ASTM	Abertura (mm)	% Que pasa
N° 4	4.750	100
N° 8	2.360	95 - 100
N° 16	1.180	70 - 100
N° 30	0.600	40 - 75
N° 50	0.300	10 - 35
N° 100	0.150	2 - 15
N° 200	0.075	Menos de 2

Fuente: ASTM-C144 (2011)

En el laboratorio siguiendo el procedimiento descrito en NTP 400.012, se obtienen los resultados mostrados (Capítulo VI, Tabla N° 9).

Procedimiento

1. Dejar secar al horno (110°C +/- 5°C), una muestra de la arena gruesa mayor a 3 kg, por no menos de 24 horas.
2. Luego de que la muestra este totalmente seca, dejar enfriar alrededor de 15 minutos, para luego proceder con el método del cuarteo para obtener una muestra representativa del conjunto.
3. Se toma una muestra de 600 gr, la cual será colocada en pila de tamices, los cuales estarán dispuestas en orden decreciente según el tamaño de la abertura, colocar en la máquina de vibrado y ponerlo en funcionamiento por 1,5 minutos.
4. **Resultados:** Se anotará los pesos retenidos en cada malla para obtener como resultados el porcentaje retenido acumulado en cada tamiz, referidos al total de la muestra. También se calculará el módulo de fineza, empleando la siguiente formula:

$$M.F. = \frac{\sum \%Ret. Acumulado \left[3+1 \frac{1}{2} + 3/4" + 3/8" + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100 \right]}{100}$$

5. **Equipo:** El equipo y herramientas utilizadas son:

- Horno de laboratorio, con una temperatura máxima de 200°C.
- Bandeja de metal, badilejo, espátula, guantes.
- Balanza electrónica con precisión de 0.5gr.
- Tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, Fondo.
- Maquina vibradora.

3.1.2 Módulo de finura

Es el indicador de tamaño promedio ponderado de una muestra de arena, mas no presenta la distribución de las partículas de la misma.

Según se indica en la NTE E-0.70 de albañilería, en la elaboración de mortero para el asentado de unidades de albañilería, el agregado fino deberá tener un módulo de fineza entre 1.6 - 2.5 y debe contener un máximo de 1% en peso de partículas quebradizas.

3.1.3 Contenido de humedad

Es la cantidad de agua que contiene la arena en estado natural y depende de las condiciones del ambiente en la que se encuentra la zona de trabajo.

En el laboratorio siguiendo el procedimiento descrito en NTP NTP 400.017, se obtienen los resultados mostrados (Capítulo VI, Tabla N° 11).

Procedimiento

1. Se toma como muestra 500 gr del agregado en estado natural (W_n), esta muestra se deja secar en el horno por un tiempo de 24 horas, a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, así obtenemos el peso seco de la muestra ($W_{m\text{seca}}$), con lo cual se determina el contenido de humedad de la arena.
2. **Resultados:** El resultado es expresado en porcentaje con dos decimales, determinado mediante la siguiente formula:

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{[W_n - W_{m\text{seca}}] * 100}{W_{m\text{seca}}}$$

3. **Equipo:** Se detallan los equipos y herramientas utilizados.
 - Horno de laboratorio, con una temperatura máxima de 200°C .
 - Recipiente metálico de $1/10 \text{ pie}^3$ de capacidad.
 - Varilla de compactación lisa de $5/8''$ de diámetro, de 60 cm de longitud y punta roma.
 - Balanza digital con una aproximación al décimo de gramo.
 - Lampa o badilejo.

3.1.4 Peso específico

El peso específico de los agregados expresa el peso de las partículas de agregado relacionado a un volumen igual de agua y se expresa como densidad en kg/m^3 . El procedimiento se realiza de acuerdo a la NTP 400.022.

En el laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados (Capítulo VI, Tabla N° 12).

Procedimiento

1. Obtener una muestra del agregado fino en estado natural mediante el método del cuarteo.
2. Saturar una muestra mayor de 1 kg por 24 +/- 4 horas en un balde de tamaño mediano, tal que el agua cubra y sobre pase el total de la muestra.
3. Luego de saturar la muestra por aproximadamente 24 horas, se retira el agua en exceso, teniendo especial cuidado en no eliminar partículas finas, para luego colocarlo sobre un pliego de plástico para dejarlo secar a una temperatura ambiente, también para acelerar el proceso se puede utilizar una olla y una estufa, de tal manera que se obtenga el estado Saturado Superficialmente Seco.

Observación: Para comprobar el estado saturado superficialmente seco del agregado fino, se realiza el ensayo del cono, como se describe a continuación.

- Se toma una muestra de 500 gr para llenar el molde metálico tronco-cónico hasta rebasar su capacidad, luego ligeramente apisonar el agregado fino en el molde con 25 golpes ligeros del apisonador, permitiendo dejar caer libremente el apisonador distribuyendo los golpes sobre la superficie.
- Limpiar la arena suelta de la base y levantar el molde verticalmente.

- Si la humedad superficial está aún presente, el agregado fino conservará la forma del molde (por lo que requerirá seguir secando en la estufa).
 - Si la muestra está seca, el agregado fino se desmoronará por completo lo que indica que la muestra ha sido secada más allá de la condición de saturación con superficie seca, se recomienda agregar algunos mililitros de agua, mezclar y dejar reposar 30 min para repetir el ensayo del cono una vez más.
 - Si la muestra está en el estado saturado superficialmente seco, el agregado fino tendrá un leve desmoronamiento superficial, el cual indica que ha alcanzado la condición de superficie seca.
4. Introducir de inmediato en una fiola (Vol = 500 cc,) una muestra de 500 gr del material saturado superficialmente seco, llenar con agua hasta alcanzar aproximadamente el 90% de la capacidad de la fiola de 500 cc. Luego se hace rodar el frasco sobre una superficie plana para eliminar las burbujas de aire, por un tiempo estimado de 15 minutos (Ver Figura N° 5).
 5. Se deja reposar para luego llenar el total de la capacidad de la fiola (500 cc), para determinar el peso total del agua introducida en el frasco con una aproximación de una décima de gramo.
 6. Extraer todo el material dentro de la fiola y colocarlo en un recipiente, dejarlo secar al horno a una temperatura de 105°C +/- 5°C durante aproximadamente 24 horas. Para luego poder pesarlo.
 7. Para el cálculo del peso específico de masa se utiliza la siguiente formula:

$$Pe = \frac{A}{(V - W)}$$

Dónde: A : Peso de la muestra seca al horno en gr.
 W : Peso del agua añadida al frasco en gr.
 V : Volumen de la fiola en cm³.

8. Para el cálculo del peso específico de masa saturado superficialmente seco (SSS) se utiliza la siguiente formula:

$$PeS = \frac{500}{(V - W)}$$

9. Para el cálculo del peso específico aparente se utiliza la siguiente formula:

$$Pea = \frac{A}{[(V - W) - (500 - A)]}$$

10. Para el cálculo del porcentaje de absorción se utiliza la siguiente formula.

$$Ab = \frac{(500 - A)}{A} \times 100\%$$

11. **Resultados:** Se calcularán las propiedades descritas con una aproximación al 0.01 g/cm³.

12. Equipos

- Horno de laboratorio, con una temperatura máxima de 200°C.
- Balanza electrónica, con una aproximación al décimo de gramo.
- Frasco volumétrico de 500 cm³ de capacidad (fiola).
- Molde cónico metálico, de 40 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm de diámetro en la parte inferior y 75 mm de altura.
- Barra compactadora de metal, de peso aproximado de 340 g, con un extremo de superficie plana circular de 25 mm de diámetro.
- Estufa con la capacidad de mantener una temperatura de 110°C +/- 5°C.
- Embudo, pipeta y badilejo.



Figura N° 5: Arena saturada superficialmente seca (a); vaciado de la arena superficialmente seca en la fiola (b); sumergido de la arena superfinamente seca en agua (c)

3.1.5 Peso unitario suelto (P.U.S)

El cálculo del peso unitario suelto de la arena se determinó de acuerdo al procedimiento establecido en la NTP 400.017.

Siguiendo el procedimiento, en el laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados en (Capítulo VI, Tabla N° 13).

Procedimiento

1. La muestra debe estar seca, se realiza el procedimiento de cuarteo de la arena y se pesa el recipiente de volumen $1/10 \text{ pie}^3$, el cual debe estar seco y limpio. A este peso lo denominaremos (W_r).
2. Se llena el recipiente con una lampa o badilejo, de tal manera que el agregado se deje caer de una altura aproximada de 5 cm por encima del

balde, este llenado se realizara en una sola capa, sin golpear o chucear. Finalmente se enrasa suavemente el balde con la varilla metálica para eliminar el exceso (Ver Figura N° 6).

3. Se pesa el recipiente con la muestra en estado suelto, de esta manera obtenemos el peso de la muestra (W_{ms}) más el peso del recipiente (W_r).
4. Empleamos la siguiente fórmula para el cálculo del peso unitario suelto del agregado fino:

$$P. U. S = \frac{[(W_{ms} + W_r) - W_r]}{V} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

Dónde: W_r : Peso del recipiente limpio y seco, expresado en kg.

W_{ms} : Peso de la muestra en estado suelto, expresado en kg.

V : Volumen del balde de 1/10 pie³, expresado en m³.

5. **Resultados:** Los resultados serán expresados en (kg/m³) con dos decimales.
6. **Equipo:** Se detalla el equipo y herramientas utilizadas.
 - Horno de laboratorio, con una temperatura máxima de 200°C.
 - Recipiente metálico de 1/10 pie³ de capacidad.
 - Varilla de compactación lisa de 5/8" de diámetro, de 60 cm de longitud y punta roma.
 - Balanza digital con una aproximación al décimo de gramo.
 - Lampa o badilejo.



Figura N° 6: Llenado de arena al recipiente de 1/10 pie³ (a); pesado de recipiente más arena para determinar el P.U.S del agregado fino (b)

3.1.6 Peso unitario compactado (P.U.C)

El cálculo del peso unitario suelto de la arena se determinó de acuerdo al procedimiento establecido en la NTP 400.017, utilizando un recipiente de volumen 1/10 pie³.

Siguiendo el procedimiento, en el laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados en (Capítulo VI, Tabla N° 14).

Procedimiento

1. La muestra debe estar seca, se realiza el procedimiento de cuarteo de la arena y se pesa el recipiente de volumen 1/10 pie³, el cual debe estar seco y limpio. A este peso lo denominaremos (W_r).
2. Se llena el recipiente con una lampa o badilejo, de tal manera que el agregado se deje caer de una altura aproximada de 5 cm por encima del balde, este llenado se realizara en 3 capas, cada una de 25 golpes empleando la varilla de diámetro 5/8". Finalmente se enrasa suavemente el balde con la varilla metálica para eliminar el exceso (Ver Figura N° 7).

3. Se pesa el recipiente con la muestra en estado suelto, de esta manera obtenemos el peso de la muestra (W_{mc}) más el peso del recipiente (W_r).
4. Empleamos la siguiente fórmula para el cálculo del peso unitario suelto del agregado fino:

$$P. U. C = \frac{[(W_{mc} + W_r) - W_r]}{V} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

Dónde:

- W_r : Peso del recipiente limpio y seco, expresado en kg.
- W_{mc} : Peso de la muestra compactada, expresado en kg.
- V : Volumen del balde de 1/10 pie³, expresado en m³.

5. **Resultados:** Los resultados serán expresados en (kg/m³) con dos decimales.
6. **Equipo:** Se detalla los equipos y herramientas utilizados:
 - Horno de laboratorio, con una temperatura máxima de 200°C.
 - Recipiente metálico de 1/10 pie³ de capacidad.
 - Varilla de compactación lisa de 5/8" de diámetro, de 60 cm de longitud y punta roma.
 - Balanza digital con una aproximación al décimo de gramo.
 - Lampa o badilejo.



Figura N° 7: Llenado en tres capas de 25 golpes cada capa arena en recipiente de 1/10 pie³ (a); pesado de recipiente más arena para determinar el P.U.C del agregado fino (b)

3.1.7 Material que pasa la malla N°200

Para la determinación de este material según el procedimiento descrito en NTP 400.018

En el laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados en (Capítulo VI, Tabla N° 15).

Procedimiento

1. Secar la muestra de ensayo a peso constante a una temperatura de 110°C +/- 5°C. Determinar la cantidad con aproximación al 0.1% de la masa de la muestra de ensayo.
2. Después de secar y determinar la masa, colocar la muestra de ensayo en el recipiente y adicionar agua suficiente para cubrirla. No adicionar detergente, agente dispersantes ni alguna otra sustancia al agua. Agitar la muestra vigorosamente con el fin de separar completamente todas las partículas más finas que el tamiz normalizado de 75µm (N°200) de las partículas gruesas, y llevar el material fino a la suspensión. Verter inmediatamente el agua de lavado conteniendo los sólidos suspendidos y disueltos sobre los tamices, colocando el tamiz más grueso en la parte superior. Tener cuidado para evitar tanto como sea posible, la decantación de las partículas más grandes de la muestra.

3. Adicionar una segunda carga de agua a la muestra en el recipiente, agitar, y decantar como antes. Repetir esta operación hasta que el agua de lavado esta clara.
4. Retornar todo el material retenido sobre los tamices mediante un chorro de agua. Secar el agregado lavado a peso constante a una temperatura de 110°C +/- 5°C y determinar la masa con aproximación al 0.1% de la masa original de la muestra.
7. Para el cálculo del peso específico de masa se utiliza la siguiente formula:

$$A = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$$

- Dónde:
- A : Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75µm (N°200) por vía húmeda.
 - P1 : Peso seco de la muestra original, gramos
 - P2 : Peso seco de la muestra ensayada, gramos

8. **Resultados:** Los resultados serán expresados en porcentaje con dos decimales.
9. **Equipo:** Se detalla los equipos y herramientas utilizados.
 - Horno de laboratorio, con una temperatura máxima de 200°C.
 - Recipiente de suficiente tamaño para contener la muestra cubierta con agua y permitir una agitación vigorosa sin perdidas de la muestra ni el agua.
 - Tamices se utiliza el tamiz normalizado de 1.18mm (N°16) y el de 75µm (N°200).
 - Balanza digital con una aproximación al décimo de gramo.

3.1.8 Límites permisibles de sustancias dañinas

No excederán a los límites especificados como se indica en el Cuadro N° 5. Las impurezas orgánicas existentes en el agregado fino son compuestos nocivos para éste y afecta a los morteros y concretos

Cuadro N° 5: Límites permisibles de sustancias dañinas en el agregado fino, ASTM-C144

DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO
Partículas quebradizas, máximo en porcentaje.	1 %
Material más fino en la malla N° 200. Máximo en porcentaje.	5%
Carbón y lignito, máximo en porcentaje.	0.5%
Materia orgánica	El agregado fino no debe presentar impurezas orgánicas.

Fuente: ASTM-C144 (2011)

La N.T.E. E-0.70 recomienda un máximo de 1% en peso de partículas quebradizas, terrones de arcilla o partículas friables en el agregado fino para la elaboración de concreto o mortero.

3.1.9 Resistencia a los sulfatos

El comportamiento del mortero expuesto a la congelación guarda relación con la estructura (poros de arena), si la arena tiene un alto porcentaje de absorción, sucede que al absorber agua esta pasa del estado líquido a sólido por congelamiento, provoca tensiones internas que pueden ocasionar agrietamiento o desintegración del mortero.

Su determinación según NTP 400.016, consiste en sumergir muestras de arena previamente lavadas y secadas, en una solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, preparado de acuerdo a la norma durante 16 horas ni más de 18 horas, de manera que queden todas cubiertas por la solución; después de cumplida el periodo, se retiran las muestras dejándola escurrir llevándolas al horno hasta obtener un peso constante; la muestra a temperatura ambiente se somete a un nuevo periodo de inmersión, repitiendo este ciclo el número de veces requerido.

La evaluación cuantitativa del ensayo, se realiza por un promedio compensado, calculo a partir del porcentaje de pérdida, para cada fracción granulométrica, teniendo como base escalonado de la muestra original ósea, los porcentajes en los tamices indicados.

3.2 CEMENTO

Cemento Portland, especificados en la Norma Técnica Peruana NTP 334.009:2013. CEMENTOS, Cementos Portland Requisitos.

Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker, compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contienen generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda.

Material que desarrolla propiedades conglomerantes al ser hidratado; formándose una masa plástica resistente y duradera debido a las transformaciones químicas en su masa al mezclarse con arena gruesa y agua, denotándose a esta como mortero.

3.3 ADITIVO

3.3.1 Aditivo Sika top - 77

3.3.1.1 Generalidades

Sika top-77 es una dispersión polimérica extremadamente fina y estable que mejora la adherencia y otorga apreciables ventajas al mortero de cemento y concreto.

3.3.1.2 Datos básicos del aditivo de acuerdo al fabricante.

El aditivo Sika top-77 es de aspecto líquido de color blanco, con una densidad de 1.03 +/- 0.01 Kg/L, en el mercado se venden en paquetes de 4 envases PET x 4 litros o cilindros x 200 litros.

Su almacenamiento debe ser en sitios frescos y bajo techo, en estas condiciones se puede almacenar en un envase cerrado original durante 1 año, a menos que la etiqueta indique un tiempo mayor o menor.



Figura N° 8: Aditivo Sika Top - 77 en envase de 4 Litros.

3.3.1.3 Aplicación de acuerdo al fabricante

La superficie debe estar limpia, sin lechada, libre de polvo, partes sueltas o mal adheridas, libre de aceite, gras, pintura y otros. Es necesario una superficie rugosa para obtener una adherencia óptima.

Humedecer bien la losa, en lo posible mantener saturada rociándole agua con una pulverizadora. Al aplicar lechada adhesiva o el mortero, no debe existir agua libre en la superficie.

Detalles de aplicación de acuerdo al fabricante.

El consumo o dosis es de 40 kg de Sika top-77 por 1m³ de mortero cuando usamos como aditivo para mortero.

El consumo o dosis es de 20 kg de Sika top-77 por 1m³ de mortero cuando usamos como lechada en puente de adherencia.

Para el presente estudio se usará una dosificación de 40kg por 1m³ de mortero, cuyos resultados de los ensayos se muestran en el capítulo VI

Características y Ventajas de acuerdo al fabricante

- Mayor adherencia del mortero sobre concreto, albañilería, piedra, acero y otros.
- Mayor flexibilidad del mortero, reduciéndose la formación de fisuras y aumentando la resistencia al impacto.
- Mayor retención de agua del mortero y mayor cohesión, lo que se traduce en mezcla homogénea de mayor resistencia a la abrasión
- Mayor impermeabilidad y estabilidad al agua.
- Mayor resistencia química del mortero de cemento.
- Alta calidad y durabilidad en mortero de reparación.

3.3.1.4 Modos de empleo de acuerdo con el fabricante.

- Punte de adherencia en lechada adhesiva para tarrajeo y mortero de reparación.
- Aditivo para mortero de reparaciones en concreto y albañilería
- Aditivo para mortero, para incrementar la impermeabilidad y la resistencia a ataques químicos.
- Aditivos para lechadas y morteros de inyección.
- Aditivo para mejorar la adherencia de pinturas a base de cemento o cal.

En el presente estudio se utilizó como aditivo para aumentar adherencia de mortero.

CAPÍTULO IV: PROPIEDADES DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE ARCILLA COCIDA

Para el presente estudio, se usaron ladrillos de arcilla cocida de uso más común en la construcción de muros de albañilería en nuestro medio. La unidad utilizada conocido como King Kong de 18 huecos perforado macizo de 9x12.5x23 fabricado industrialmente de la marca Pirámide, estas unidades son procedentes de la zona de Carabayllo-Lima.

Las propiedades de las unidades que a continuación se estudian, corresponden a las obligatorias especificaciones de NTP 311.017, E-070, NTP 331.040 y NTP 399.621 que son necesarios para la construcción de muros de albañilería. Los resultados se muestran en el Capítulo VI.

4.1 CONDICIÓN DE ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD

La NTP E-070 de albañilería, menciona las condiciones de aceptación de las unidades de albañilería, por su aspecto y condiciones de variabilidad (dispersión), los cuales son medidos mediante ensayos de laboratorio. A continuación se presentan los requisitos de aceptación de las unidades de albañilería:

- Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente o 40% para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote.
- La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto clase P (portante) tendrá una absorción no mayor del 12%. La absorción del bloque de concreto NP (no portante), no será mayor de 15%.
- La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en su superficie o en su interior, tales como conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- La unidad de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo u objeto similar, producirá un sonido metálico.
- La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras, grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.

- La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

4.1.1 Recomendación por condiciones de intemperismo.

Se utilizará el tipo de ladrillo de acuerdo a las condiciones del suelo, clima y al grado de intemperismo al que va a estar expuesto el ladrillo, como se detalla en el Cuadro N° 6.

Cuadro N° 6: Condiciones de uso de la albañilería de acuerdo a las condiciones de intemperismo, NTE E-0.70.

Condiciones de uso	Condiciones de intemperismo		
	Bajo	Medio	Alto
Para superficies que no están en contacto directo con la lluvia intensa, terreno o agua.	Cualquier tipo	Tipos II, III, IV y V	Tipos IV y V
Para superficies en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.	Tipos III, IV y V	Tipos IV y V	Ningún tipo

Fuente: NTE E-0.70 (2006)

4.2 VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN

En principio las unidades de albañilería generalmente no concuerdan con sus dimensiones especificadas; existen diferencias de largo, ancho y alto, consecuentemente estas variaciones geométricas se manifiestan en la necesidad de hacer juntas de mortero mayores que las convenientes.

Para su determinación según la norma NTP 399.613, consiste en medir cada unidad el largo, ancho y alto con una precisión de 1mm.

En el laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados en (Capítulo VI, Tabla N° 17).

Procedimiento

1. Se toma cuatro medidas efectivas (Ver Figura N° 9), sobre los puntos medios de cada dimensión del ladrillo obteniéndose las dimensiones promedio: Largo (L_p), Ancho (A_p) y Altura (H_p).
2. Se anotan las medidas del fabricante, denominados: Largo (L_e), Ancho (A_e), Altura (H_e).
3. La variación dimensional (VD) se determina de la siguiente manera:
 - Largo : $VD_L = [(L_e - L_p) \times 100\%] / L_e$
 - Ancho : $VD_A = [(A_e - A_p) \times 100\%] / A_e$
 - Altura : $VD_H = [(H_e - H_p) \times 100\%] / H_e$
4. Resultados: Se dará el valor promedio obtenido más desfavorable y sin decimales, para cada una de las dimensiones.
5. Equipo: Vernier, precisión a 0.1mm

PROPIEDADES DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA



Figura N° 9: Muestras de ladrillo King Kong 18H para ensayo de variación dimensional (a); medición de dimensiones con Vernier (b)

4.3 ALABEO

Se detalla el procedimiento y los resultados del ensayo de variación dimensional según la NTP 399.613:2005.

Procedimiento

En el ensayo de alabeo pueden presentarse dos casos, cuando la muestra presenta concavidad o cuando presenta convexidad.

1. Cuando presenta concavidad

Se coloca una regla metálica a lo largo de la diagonal de la cara de asiento del ladrillo, este presentará concavidad cuando la cuña se introduzca en el punto medio de la regla, tratando de ubicar la flecha máxima para medir la deformación, como se observa en la Figura N° 10.

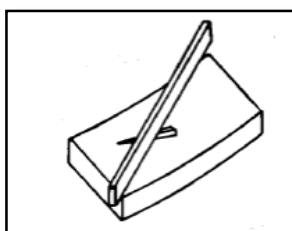


Figura N° 10: Representación gráfica de concavidad

En el laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados en (Capítulo VI, Tabla N°18).

2. Cuando presenta convexidad

Se coloca una regla metálica a lo largo de la diagonal de la cara de asiento del ladrillo, este presentará convexidad cuando se introduzcan dos cuñas metálicas en los vértices de las aristas opuestas, buscando el punto de apoyo de la regla obre la diagonal, para obtener así la misma medida en ambas cuñas, como se observa en la Figura N° 11.

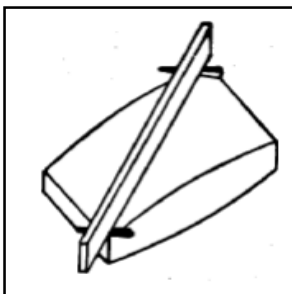


Figura N° 11: Representación gráfica de convexidad.

3. **Resultados:** Se indica el valor promedio más crítico obtenido correspondiente a convexidad expresado en milímetros y sin decimales.
4. **Equipo:** Cuñas y regla metálica graduada al milímetro.

En el laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados en (Capítulo VI, Tabla N°18).

4.4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN UNIDADES (f'_{b})

La propiedad más importante de la unidad de albañilería, sus valores indican la calidad estructural y la exposición del muro. Para su determinación se realizó el ensayo de compresión axial de acuerdo NTP 399.613.

En el laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados en (Capítulo VI, Tabla N°19).

Procedimiento

1. El ensayo se realiza en unidades enteras de albañilería, estas deben encontrarse totalmente secas, por lo que las unidades elegidas para el ensayo son colocadas en el horno del laboratorio a una temperatura de 105°C a 115°C, durante al menos 24 horas.
2. Dejar enfriar las unidades de albañilería sin apilar, por al menos 4 horas.
3. Tomar dos medidas por dimensión de cada unidad de albañilería a ensayar (Largo, Ancho, Altura), con la finalidad de tener el promedio de estas dimensiones.
4. Los agujeros deberán ser llenados con un mortero compuesto por una parte de cemento Portland y dos partes de arena.
5. Se refrenta o capea las unidades de albañilería con una mezcla de Yeso-cemento-agua en una proporción en volumen de 1:2:2, con la finalidad de nivelar la zona donde se va a aplicar la carga, dejar secar por al menos 24 horas.

6. Ensayo: Se utilizará una prensa calibrada (máquina de compresión) que proporcione una carga continua, se colocará el espécimen en el dentro de unas planchas metálicas de 1", la cual estará centrada en la máquina de compresión, se ajusta el cabezal de tal manera que el espécimen este ajustado, luego se aplicará una carga axial a una velocidad no mayor de 1.27 mm/min. Ver Figura N° 12.

7. Cálculo de la resistencia a la compresión del espécimen ($f'b$):

El cálculo de la resistencia a la compresión es el cociente entre la carga máxima de falla o rotura y el área bruta del espécimen.

- $f'b = \frac{P}{A}$, en (kg/cm^2).

P: Carga máxima de rotura o de falla en el ladrillo, expresado en (kg).

A: Área de la cara de asiento del ladrillo, se obtiene promediando las áreas brutas de la cara inferior y superior.

- Se calculará una resistencia a la compresión promedio ($f'bp$) de los (n) resultados, que presenten las mismas características de fabricación.
- Luego se hallará la desviación estándar (DE) de las (n) muestras, siendo el cálculo de la siguiente manera:

$$DE = \sqrt{\frac{\sum_i^n (f'bi - f'bp)^2}{(n - 1)}} ; i = 1, 2, \dots, n ; kg/cm^2$$

$F'bi$: Resultado del ensayo individual

$F'bp$: Resultados del promedio de los ensayos individuales.

DE: Desviación estándar

- La resistencia característica de la unidad de albañilería se calculará restando una vez la de desviación estándar (DE) al promedio de los ensayos de compresión ($f'b$).

$$f'_{bc} = f'_{bp} - DE$$

8. Equipo:

Se detalla el equipo y las herramientas utilizadas.

- Horno de laboratorio, con una temperatura máxima de 200°C.
- Bandeja y mesa de base nivelada para la elaboración de la mezcla para el capeado.
- Planchas metálicas de espesor igual a 1", con un área mayor a la del espécimen.
- Máquina de compresión calibrada, con capacidad no menor a 100 t.



Figura N° 12: Llenado de agujeros en la unidad con mortero (a); secado de las unidades de temperatura ambiente (b); colocado de la unidad en la máquina de compresión (c); ensayo de compresión en unidades de albañilería (d)

Fuente: *Elaboración propia*

4.5 PORCENTAJE DE VACÍOS

Se detalla el procedimiento y los resultados del ensayo de porcentaje de vacíos en unidades de albañilería según la NTP 399.613

Procedimiento

1. Medir y registrar la longitud, el ancho y la altura del espécimen tal como se realizó en el ensayo de variación dimensional. El volumen (A) del ladrillo será el producto del promedio de las tres dimensiones.
2. Llenar de arena una probeta graduada hasta 1L de tal manera que la arena caiga por acción de la gravedad sin agitar ni vibrar, pesar esta arena para obtener el peso de la arena en la probeta denominado (D).
3. Colocar la unidad de albañilería sobre una superficie nivelada, por encima de un plástico de dimensiones no menor a 0.6 m x 0.6 m, usando un cucharón metálico verter la arena contenida en la probeta dentro de los alveolos del ladrillo, nivelando la superficie de la cara superior con una espátula y retirar el exceso de arena.
4. Levantar el ladrillo y dejar caer la arena de los alveolos, pesar la arena de contenida en los alveolos (E). Calcular el volumen de los alveolos utilizando la siguiente formula.

$$F = E * \frac{1000}{D} \text{ (cm}^3\text{)}$$

Dónde: F= Volumen de la arena en los alveolos en cm³.

E= Peso de la arena en los alveolos (g).

D= Peso de la arena contenida en 1L (g).

5. Luego el cálculo del porcentaje de vacíos se da de la siguiente manera.

$$\%V = F * \frac{100}{A} \%$$

Dónde: %V = Porcentaje de vacíos, expresado en porcentaje.

A = Volumen del ladrillo en (cm³).

6. Equipo:

Se detalla el equipo y las herramientas utilizadas.

- Probeta graduada de 1L de capacidad.
- Cucharon metálico, badilejo para enrasar, arena fina, plástico.
- Balanza digital con aproximación al 0.1 g.

4.6 ABSORCIÓN

Se define como el aumento de masa de un sólido poroso que se produce como resultado de la penetración de un líquido en sus poros permeables. Esta propiedad es útil para estimar cantidad de agua promedio que se debe agregar a cada unidad de albañilería, con el fin de evitar la succión del agua presente en la mezcla. El ensayo de absorción se realiza en agua fría y en agua caliente (absorción máxima), esta última es considerada como una medida de impermeabilidad, siendo muy importante en unidades de albañilería que serán usadas en zonas lluviosas.

Se detalla el procedimiento y los resultados del ensayo de porcentaje de vacíos en unidades de albañilería según la NTP 399.613

En el laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados en (Capítulo VI, Tabla N° 20).

Procedimiento

1. Registrar el peso de cada espécimen, peso seco del espécimen
2. Sumergir parcialmente los especímenes de prueba en un recipiente con agua durante 24 horas, a una temperatura entre 16 a 30 °C. ello con el fin de aprovechar la capilaridad producida por la diferencia de presiones

entre ambas caras. Procurar que el nivel de agua se encuentre por debajo de la mitad de la altura del espécimen

3. Retirar las muestras del recipiente y eliminar el agua superficial usando un paño
4. Registrar el peso de cada espécimen peso del espécimen luego de la sumersión en agua fría, dentro de los cinco minutos siguientes de ser retirados del agua.
5. Luego el cálculo del porcentaje de absorción.

$$A(\%) = \frac{W_S - W_D}{W_D} \times 100$$

Dónde: A% = Porcentaje de absorción

W_S = Peso del espécimen luego de la sumersión en agua fría (g)

W_D = Peso seco del espécimen (g)

6. **Equipo:**

Se detalla el equipo y las herramientas utilizadas.

- Barras de acero u otro material no corrosible
- Balanza digital con aproximación al 0.1 g.
- Paño
- Bandeja de plástico.

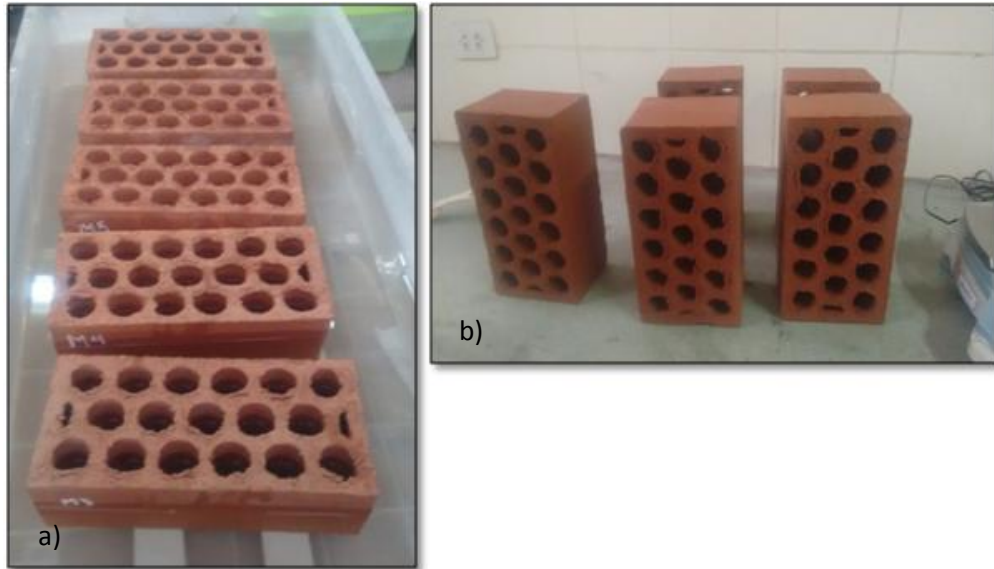


Figura N° 13: Sumergido parcial de la unidad (a); pesado de la unidad para determinación del ensayo de absorción en unidades de albañilería (b)

CAPÍTULO V: DESCRIPCIÓN Y PROCEDIMIENTO DE ENSAYOS

El presente capítulo, trata de la descripción y procedimientos de ensayos en morteros, pilas y muretes; realizados en el laboratorio de ensayo de materias LEM-UNI y el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastre CISMID, con la finalidad de obtener el comportamiento del mortero con aditivo que aumenta la adherencia SIKATOP-77, en las propiedades de resistencia del muro de albañilería de arcilla cocida.

En el presente estudio, se utilizó morteros con proporciones de 1:3 y 1:4 en relación de volúmenes, así como también se utilizaron las mismas proporciones de cemento-arena para distintas dosificaciones de aditivo, el cemento utilizado fue cemento Portland Tipo I marca “Sol” y arena, el cual se obtuvieron de las tiendas “Maestro Home Center”.

Los resultados y los análisis de cada ensayo se presentan en los capítulos VI y VII, respectivamente.

5.1 ENSAYOS DEL MORTERO

El mortero en su estado fresco, su propiedad más importante es la trabajabilidad que está relacionado directamente con la fluidez del mortero, mientras en su estado endurecido es la adherencia con las unidades, sin dejar de lado la resistencia de compresión y tracción.

Entre las propiedades del mortero, en su estado fresco estudiaremos la fluidez y el peso unitario, en su estado endurecido veremos la resistencia a la compresión y flexión.

La adherencia no es una propiedad absoluta del mortero, sino más bien se mide en relación a la unidad de albañilería. Esta propiedad se determinará en forma indirecta, con el ensayo de corte directo en pilas.

5.1.1 Fluidez

La fluidez del mortero, es una medida de la trabajabilidad del mortero y se mide como un porcentaje del incremento en el diámetro de un tronco de cono de 4" de diámetro inicial en la base, colocando sobre una mesa de flujo, la cual se somete a 25 golpes durante 15 segundos, dejándola caer desde una altura de 1/2" de acuerdo a la NTP 334.057.

Para conseguir morteros con una fluidez determinada, es suficiente la modificación de la cantidad de agua. Para el presente estudio, se adoptó un flujo dentro de 110 +/- 5%, que fue usado en la determinación de las demás propiedades del mortero, en la fabricación de las pilas y muretes, se verificará la resistencia a compresión en cubos de mortero, ensayadas a 3, 7 y 28 días.

En el laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados en (Capítulo VI).

Procedimiento

1. Pesamos el cemento y la arena en proporción 1:3 y 1:4 en volumen, así como la cantidad de agua en forma aproximada como para obtener la fluidez deseada para el caso del mortero patrón, con la determinación del agua deseada se realizaron distintas dosificaciones para los cuales se le añadieron aditivo: menos, igual y más de lo recomendado por el fabricante respectivamente (35kg/m³, 40kg/m³, 45kg/m³).
2. Se obtiene el mortero de consistencia plástica en la mezcladora de tres velocidades (lenta, media y rápida), de la siguiente manera:
 - CEMENTO + AGUA :Velocidad cero
 - CEMENTO + AGUA=PASTA :Velocidad lenta durante 30 segundos
 - PASTA + ARENA=MORTERO :Velocidad lenta durante 60 segundos
 - MORTERO :Velocidad media durante 60 segundos
 - MORTERO :Velocidad rápida durante 60 segundos
 - OBTENEMOS EL MORTERO PLASTICO.

3. Colocamos el mortero sobre el cono dispuesto en forma centrada en la mesa de flujo en dos capas, enrazamos y sacamos el cono verticalmente, dejando dispuesto el mortero en la mesa de flujo; inmediatamente se deja caer desde una altura de 12mm, 25 veces en 15 segundos por medio de una leva rotatoria incorporada en la mesa de flujo y determinamos el diámetro promedio con el vernier.
4. Repetimos el mismo procedimiento variando las cantidades de agua hasta obtener la fluidez deseada.

5. Cálculo de la fluidez

Obtenido el diámetro del mortero inmediatamente después de realizado el ensayo, se expresa la fluidez en porcentaje y se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$F = \frac{D_p - D_i}{D_i} \times 100$$

Dónde: F% = Fluidez del mortero (%)

D_p = Diámetro promedio

D_i = Diámetro inicial (10.16cm)

6. Equipo:

Se detalla el equipo y las herramientas utilizadas.

- Mesa de flujo con tronco de cono de 4" de diámetro en la base y 2" de altura.
- Mezcladora de 1/6 HP, con 3 velocidades incluido recipiente y platea.
- Balanza al décimo de gramo.
- Probeta graduada de 500ml.
- Vernier, vasijas y espátula



Figura N° 14: Pesado del cemento, arena y agua (a); mezclado de mortero (b); colocado del moro en el cono (c); obtención de la fluidez del mortero (d)

5.1.1.1 Diseño relación cemento:arena-1:3

Diseño MP 1

- Arena / Cemento : 3.21
- Agua / Cemento : 0.915

Diseño por bolsa de cemento

- Cemento (Kg) : 42.5
- Arena (Kg) : 136.43
- Agua (Kg) : 38.89
- Aditivo (Kg) : -

Diseño por m³

- Cemento (Kg) : 279.43
- Arena (Kg) : 896.97
- Agua (Kg) : 255.68
- Aditivo (Kg) : -

Diseño MA- 1

- Arena / Cemento : 3.21
- Agua / Cemento : 0.915

Diseño por bolsa de cemento

- Cemento (Kg) : 42.5
- Arena (Kg) : 136.43
- Agua (Kg) : 38.89
- Aditivo (Kg) : 5.32

Diseño por m3

- Cemento (Kg) : 270.25
- Arena (Kg) : 867.49
- Agua (Kg) : 247.27
- Aditivo (Kg) : 33.85

Diseño MA 1

- Arena / Cemento : 3.21
- Agua / Cemento : 0.915

Diseño por bolsa de cemento

- Cemento (Kg) : 42.5
- Arena (Kg) : 136.43
- Agua (Kg) : 38.89
- Aditivo (Kg) : 6.08

Diseño por m3

- Cemento (Kg) : 268.98
- Arena (Kg) : 863.43
- Agua (Kg) : 246.12
- Aditivo (Kg) : 38.50

Diseño MA+ 1

- Arena / Cemento : 3.21
- Agua / Cemento : 0.915

Diseño por bolsa de cemento

- Cemento (Kg) : 42.5
- Arena (Kg) : 136.43
- Agua (Kg) : 38.89
- Aditivo (Kg) : 6.84

Diseño por m3

- Cemento (Kg) : 267.73
- Arena (Kg) : 859.42
- Agua (Kg) : 244.97
- Aditivo (Kg) : 43.12

5.1.1.2 Diseño relación cemento:arena-1:4

Diseño MP 2

- Arena / Cemento : 4.28
- Agua / Cemento : 1.100

Diseño por bolsa de cemento

- Cemento (Kg) : 42.5
- Arena (Kg) : 181.90
- Agua (Kg) : 46.75
- Aditivo (Kg) : -

Diseño por m3

- Cemento (Kg) : 225.76
- Arena (Kg) : 966.23
- Agua (Kg) : 248.33
- Aditivo (Kg) : -

Diseño MP- 2

- Arena / Cemento : 4.28
- Agua / Cemento : 1.100

Diseño por bolsa de cemento

- Cemento (Kg) : 42.5
- Arena (Kg) : 181.90
- Agua (Kg) : 46.75
- Aditivo (Kg) : 6.59

Diseño por m3

- Cemento (Kg) : 218.34
- Arena (Kg) : 934.48
- Agua (Kg) : 240.17
- Aditivo (Kg) : 33.85

Diseño MP 2

- Arena / Cemento : 4.28
- Agua / Cemento : 1.100

Diseño por bolsa de cemento

- Cemento (Kg) : 42.5
- Arena (Kg) : 181.90
- Agua (Kg) : 46.75
- Aditivo (Kg) : 7.53

Diseño por m3

- Cemento (Kg) : 217.32
- Arena (Kg) : 930.11
- Agua (Kg) : 239.05
- Aditivo (Kg) : 38.50

Diseño MP+ 2

- Arena / Cemento : 4.28
- Agua / Cemento : 1.100

- Cemento (Kg) : 42.5
- Arena (Kg) : 181.90
- Agua (Kg) : 46.75
- Aditivo (Kg) : 8.47

Diseño por m³

- Cemento (Kg) : 216.31
- Arena (Kg) : 925.79
- Agua (Kg) : 237.94
- Aditivo (Kg) : 43.12

5.1.2 Peso unitario

El peso unitario del mortero varía normalmente entre los 2000 kg/m³ y 2200 kg/m³, dependiendo por el diseño, el tipo de agregado y la cantidad de agua añadida. Existen morteros especiales diseñados para diferentes necesidades. El procedimiento de este ensayo se realiza mediante el uso de un recipiente de 400ml de capacidad, el cual es llenado en 3 capas, recibiendo 25 golpes por cada capa llenada según lo indica la NTP 334.005.

En el laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados en (Capítulo VI).

Procedimiento

1. Pesamos el cemento y la arena en proporción 1:3 y 1:4 en volumen, con la misma cantidad de agua determinado en el ensayo de fluidez del mortero, para el caso del aditivo se usaran las mismas proporciones de cemento, arena y agua para distintas dosificaciones de aditivo.
2. Colocamos el recipiente normalizado, en 3 capas con 25 golpes cada una con el pisón; luego enrasamos y pesamos en conjunto.

3. El peso unitario del mortero, resulta de dividir el peso del mortero obtenido por la diferencia de pesos, entre el volumen del recipiente, el cual se expresa en g/cm³ o Kg/m³.

4. **Equipo:**

Se detalla el equipo y las herramientas utilizadas.

- Mesa de flujo con tronco de cono de 4" de diámetro en la base y 2" de altura.
- Mezcladora de 1/6 HP, con 3 velocidades incluido recipiente y platea.
- Balanza al décimo de gramo.
- Probeta graduada de 500ml.
- Recipiente metálico 400ml con pistón normalizado
- Espátula



Figura N° 15: Recipiente metálico y pistón (a); pesado para determinar el peso unitario compactado del mortero (b)

5.1.3 Resistencia a la compresión (NTP 334.051)

La calidad del mortero generalmente se establece por su resistencia a la compresión, debido a las funciones estructurales estáticas y dinámicas que cumple este material al soportar cargas y esfuerzos (muros portantes).

Esta norma establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión en morteros de cementos portland, usando especímenes cúbicos de 50mm de lado, estos especímenes serán compactados en dos capas por

apisonado del compactador. Los cubos se curan un día en su molde y luego son retirados de su molde e inmersos en agua de cal hasta su ensayo. Esta norma se aplica para determinar la resistencia de la compresión de cementos Portland y otros morteros, y los resultados pueden ser usados para verificar el cumplimiento de requisitos.

Las pruebas a los 3, 7 y 28 días pueden ayudar a detectar problemas potenciales relacionados con la calidad del mortero o con los procedimientos de las pruebas en el laboratorio.

En el laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados en (Capítulo VI).

Procedimiento

1. Una vez preparado la mezcla del mortero, se moldean según lo indica la norma NTP 334.051, se realiza el llenado de los moldes metálicos previamente engrasados, compactando en dos capas, cada una de ellas con 32 golpes en forma cuadrática.
2. Ya colocado el mortero, cubrir con trapo húmedo por 24 horas, luego se desmoldará e inmediatamente se colocarán en agua con cal (4 g de cal por litro de agua).
3. El ensayo de compresión se realizará como mínimo a 3 especímenes a una misma edad, los ensayos se darán a los 3, 7 y 28 días.

4. Se empleará la siguiente formula:

$$\text{Resistencia a la compresión (f'c)} = \frac{P}{A} (\text{kg/cm}^2)$$

Donde:

P: Carga máxima de falla del espécimen (kg)

A: Área de la sección del espécimen (cm²)

5. **Resultados:** Los resultados se obtendrá como el promedio de los 3 especímenes para edades de 3 y 7 días y el promedio de 6 especímenes para la edad de 28 días, a una edad determinada y serán expresados en (kg/cm²).

6. **Equipos:** Se detallan los equipos y herramientas utilizados:

- Máquina de compresión Versa-Tester, capacidad máxima: 27 000 kg (Sistema métrico: KN).
- Compactador, espátula, balanza con aproximación al décimo de gramo y vernier.

Se observa en la Figura N° 16 los especímenes de ensayo, y en la Figura N° 17 el procedimiento de aplicación de carga.



Figura N° 16: Muestras de mortero a las 24 horas de vaciado(a); desencofrado de los cubos de mortero (b); curado de los cubos de mortero (d)



Figura N° 17: Aplicación de carga al espécimen de mortero.

5.1.4 Resistencia a la flexión (NTP 334.120)

Al igual que la resistencia a compresión, la resistencia a la flexión ($f't$) o módulo de ruptura, solo constituye una medida de calidad de la unidad. Su evaluación debería realizarse cuando se tenga un alto alabeo que puede conducir a la unidad a una falla de flexión.

Para la realización de este ensayo se utilizarán probetas prismáticas de mortero de cemento y un procedimiento para preparar dichas probetas.

Esta norma establece el procedimiento para determinar la resistencia a la flexión en morteros de cementos portland, usando especímenes en forma de viga (probeta prismática) de 40 x 40 x 160mm, estos especímenes, en la etapa de vaciado, serán compactados en dos capas por apisonado del compactador. Las vigas se curan un día en su molde y luego son retirados de su molde e inmersos en agua de cal hasta su ensayo. Los resultados pueden ser usados para verificar el cumplimiento de requisitos.

Las pruebas de flexión se realizarán a los 7 y 28 días, en el laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados en (Capítulo VI).

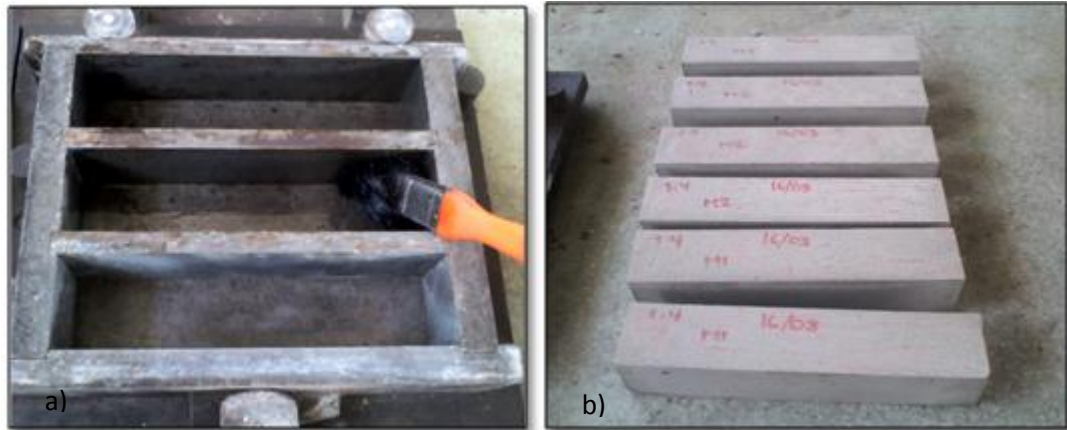


Figura N° 18: Moldes prismáticos 4x4x16mm (a); Vigas de mortero a las 24 horas de vaciado (b)

Procedimiento

En el proceso de ensayo de las muestras se procederá de la siguiente manera:

Retirar la muestra 30 min antes de la posa de curado:

1. Marcar la línea media de una de las caras principales y así mismo dos líneas a 1 cm de los bordes de la cara opuesta, ya que estas nos servirán para colocar los apoyos que se usaran en el ensayo.
2. Colocar los apoyos en las marcas hechas posteriormente.
3. Se tendrá que utilizar dos plataformas planas, en las cuales se apoyara la muestra (figura 20).
4. Ensayar y analizar el resultado arrojado por el equipo.

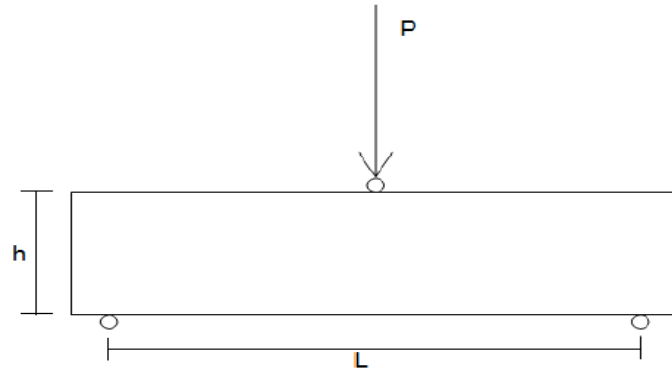


Figura N° 19: Modelo para ensayo flexión en vigas de mortero.

5. Se empleará la siguiente formula:

$$f't = \frac{My}{I}$$

$$f't = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Donde:

$f't$: Resistencia a la flexión (Kg/cm²)

P : Carga máxima de falla del espécimen (kg)

L : Longitud del espécimen (L=16cm)

b : Base del espécimen (b=4cm)

h : Altura del espécimen (h=4cm)



Figura N° 20: Posicionamiento y aplicación de carga mediante apoyo medio en el ensayo resistencia a la flexión

5.2 ELABORACIÓN DE PILAS Y MURETES

A continuación, mediante los ensayos experimentales en pilas y muretes, determinaremos las principales propiedades de resistencia del muro de albañilería, variando la relación cemento – arena del mortero, así como también variando las dosificaciones del aditivo, con la finalidad de determinar la influencia en dichas propiedades.

5.2.1 Elaboración de pilas de albañilería utilizando el mortero convencional y mortero con aditivo.

La elaboración de las pilas de albañilería se realizará de acuerdo a lo indicado en la NTE E-0.70 de Albañilería y la NTP 399.605.

Las pilas de albañilería utilizando mortero convencional se realizarán con una junta de mortero (Cemento -Arena – 1:3 y 1:4), de espesor igual a 1.5 cm. Las de pilas de albañilería utilizando mortero con aditivo se realizarán con mortero en proporciones (Cemento -Arena – 1:3 y 1:4), para los cuales se le añadieron aditivo: menos, igual y más de lo recomendado por el fabricante (35kg/m³, 40kg/m³, 45kg/m³), se elaboraron con juntas de espesor igual a 1.5 cm.

Esta pila constará de 4 unidades de King Kong de 18 huecos perforado macizo de 9x12.5x23 fabricado industrialmente de la marca Pirámide, una encima de otra, el asentamiento de unidades será de sogá. Se detalla el procedimiento:

1. Las unidades de albañilería estarán limpias y sin ningún material ajeno adherido, deberán sumergirse en agua por lo menos 3 minutos (Ver Figura N° 21), para saturarlas y así evitar que absorban el agua del mortero.
2. Los materiales componentes del mortero de albañilería, el cual denominamos mortero patrón se describieron anteriormente.
3. Las pilas se compondrán de 4 unidades enteras de albañilería y se construirán sobre una superficie nivelada, con un espesor de junta de 1.5 cm, al finalizar la elaboración de la pila esta deberá estar aplomo (Ver Figura N°21).
4. Luego de elaborar la pila de albañilería, estas permanecerán en condiciones de laboratorio, en el cual se realizará el capeado de la muestra (parte superior e inferior) con una proporción en volumen de Yeso-Cemento-Agua (1:2:2), con la finalidad de corregir los posibles desniveles de la unidad de albañilería, tener en cuenta que esta capa no deberá ser mayor a 4 mm.
5. Se tomarán medidas del largo, ancho y altura de la pila (4 medida de cada lado), donde se promediarán para hallar el largo, ancho y altura promedio con una aproximación de 1 mm.
6. Mantener en condiciones adecuadas de limpieza y orden en el laboratorio hasta el día de su ensayo.

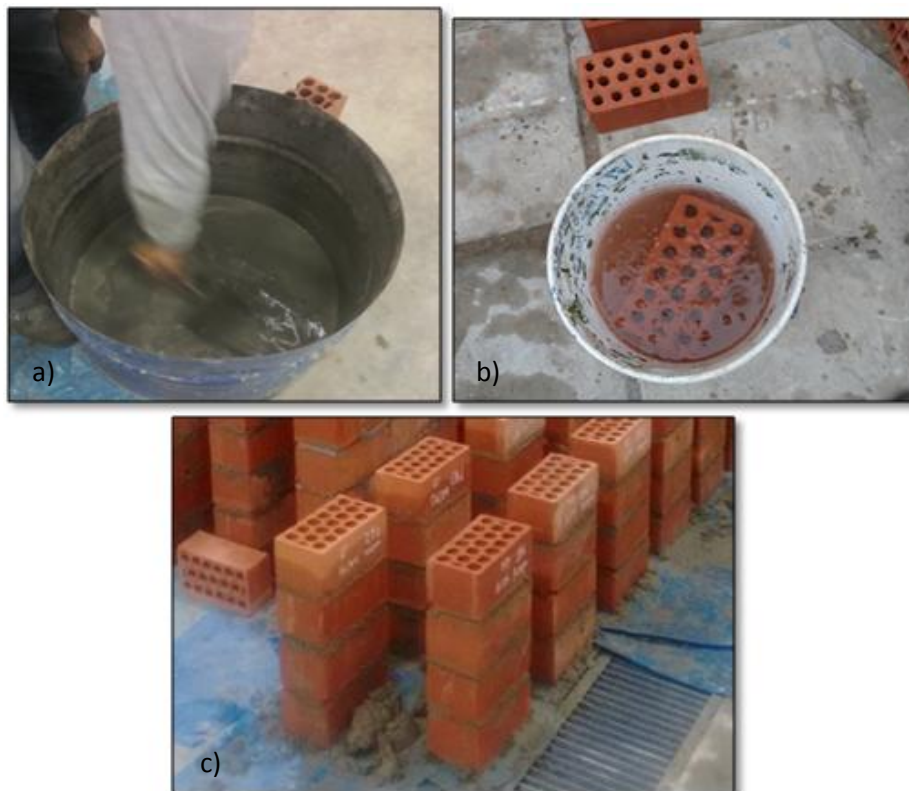


Figura N° 21: Preparado del mortero convencional (a); saturación de la unidad de albañilería (b); Pilas de albañilería con mortero convencional (c).

5.2.2 Elaboración de muretes de albañilería utilizando mortero convencional y mortero con aditivo.

La elaboración de muretes de albañilería se realizará de acuerdo a lo indicado en la NTP 399.621:2004.

Esta Norma Técnica Peruana establece el método de ensayo para la determinación de la resistencia a compresión diagonal (corte), en muretes de albañilería de dimensión mínima de 600 mm x 600 mm, mediante la aplicación de 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.

Los muretes de albañilería utilizando mortero convencional se realizarán con una junta de mortero (Cemento -Arena – 1:3 y 1:4), de espesor igual a 1.5 cm. Las de muretes de albañilería utilizando mortero con aditivo, se realizarán con mortero en proporciones (Cemento -Arena – 1:3 y 1:4), para los cuales se le añadieron

aditivo: menos, igual y más de lo recomendado por el fabricante (35kg/m³, 40kg/m³, 45kg/m³), se elaboraron con juntas de espesor igual a 1.5 cm.

El procedimiento para la elaboración de muretes de albañilería es el siguiente:

1. Las unidades de albañilería estarán limpias y sin ningún material ajeno adherido, deberán sumergirse en agua por lo menos 3 minutos para saturarlas y así evitar que absorban el agua del mortero.
2. Los especímenes de ensayo deben ser en lo posible cuadrados, de dimensiones mínimas de 600 mm x 600 mm.
3. Las unidades de albañilería huecas que estarán en contacto con las escuadras de carga durante el ensayo, deberán ser rellenas con mortero de cemento-arena 1:3 en su totalidad, con la finalidad de que no se produzca una falla local.
4. Los materiales componentes del mortero de albañilería, el cual denominamos mortero patrón se describen y dosifica en el capítulo anterior, en el momento de elaborado el murete, deberán moldearse 3 cubos de 5 cm de lado, para determinar la resistencia a la compresión de la tanda de muros construidos.
5. La elaboración de los muretes deberá ser sobre una superficie plana y nivelada, cada muestra al finalizar deberá estar nivelada y aplomo.
6. Las juntas horizontales tendrán un espesor de 1.5 cm; las juntas verticales tendrán un espesor entre 1.5 cm y 2 cm, estas medidas serán controladas con un escantillón.
7. Los muretes de albañilería elaborados empleando el mortero convencional y con aditivo se compondrán de 6 hiladas.
8. Luego de elaborar el murete de albañilería, esta se cubrirá con polietileno hasta el día de su ensayo.

- Se tomarán medidas del largo, ancho y altura de la pila (3 medida de cada lado), donde se promediarán para hallar un largo, ancho y altura promedio con una aproximación de 1 mm.

En la Figura N° 31 podemos observar el procedimiento de elaboración de muretes de albañilería con el mortero tradicional.



Figura N° 22: Mezcla agua con aditivo (a); mezcla del mortero con aditivo (b); elaboración de muretes de albañilería (c)

5.3 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CARACTERÍSTICA EN PILAS DE LADRILLOS (f'_{mc}) NTE - E.070

El ensayo de compresión axial en pilas de albañilería se realizará de acuerdo a la NTE E.070, a la edad de 21 y 28 días de elaborada la muestra. Para la presente investigación se ensayaron a los 28 días de elaborada la muestra, teniendo en cuenta que el procedimiento de ensayo es el mismo para el mortero convencional y el mortero con aditivo, para la unidad de albañilería descrito anteriormente.

En el laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados en (Capítulo VI).

Procedimiento

Se colocarán las pilas de albañilería refrendadas (Ver Figura N° 23) entre dos planchas metálicas de 1" de espesor y en el medio del eje de la máquina de compresión, esta aplicará una carga axial continua a una velocidad no mayor de 1.27 mm/minuto (Ver Figura N° 24).

1. Anotar la carga máxima aplicada a la pila de albañilería, utilizar la siguiente fórmula para el cálculo de la resistencia a compresión de cada pila:

$$f'm = t * \left(\frac{P}{A}\right) \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

P : Carga máxima de rotura en kg.

A : Área bruta de la cara de asiento de la pila en cm².

t : Coeficiente de esbeltez, el cual se calcula para cada prisma y se es expresado de la relación entre la altura del prisma (Hp) y la menor dimensión lateral (tp), esta relación (Hp/tp) determinara el factor de corrección según el Cuadro N° 7.

Cuadro N° 7: Factores de corrección de f'm por esbeltez. NTE E-0.70.

FACTORES DE CORRECCIÓN DE f'_m POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

Fuente: NTE E-0.70 (2006)

2. Se calculará una resistencia a la compresión promedio (f'_{mp}) de los (n) resultados, que presenten las mismas características de fabricación.
3. Luego se hallará la desviación estándar (DE) de las (n) muestras, siendo el cálculo de la siguiente manera:

$$DE = \sqrt{\frac{\sum_i^n (f'_{mi} - f'_{mp})^2}{(n - 1)}} ; i = 1, 2, \dots, n ; \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right)$$

f'_{mi} : Resultado de resistencia individual

f'_{mp} : Resultado del promedio de las resistencias individuales

4. La resistencia característica de la pila de albañilería se calculará restando una vez la de desviación estándar (DE) al promedio de los ensayos de compresión axial en pilas de albañilería (f'_{mp}).

$$f'_{mc} = f'_{mp} - DE$$

5. Equipo: Se detalla los equipos y herramientas utilizados.
 - Planchas metálicas de 1" de espesor de un área mayor al área de la base de las pilas.
 - Máquina de compresión calibrada (precisión 50 kg), capacidad no menor de 100 t.



Figura N° 23: Muestras de pilas de albañilería (a); espécimen refrentado para de ensayo de compresión axial en pilas de albañilería (b)

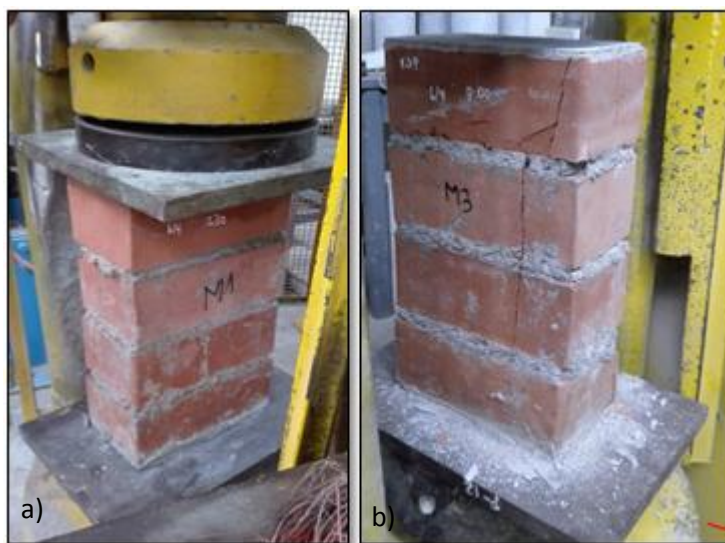


Figura N° 24: Colocado del espécimen en la máquina de compresión(a); espécimen después de la compresión de pila de albañilería (b)

5.4 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL (CORTE), EN MURETES DE ALBAÑILERÍA ($v'mc$)

El ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería se realizará de acuerdo a la NTE E.070 y NTP 399.621, a la edad de 21 y 28 días de elaborada la muestra. Para la presente investigación se ensayaron a los 28 días de elaborada la muestra, teniendo en cuenta que el procedimiento de ensayo es el mismo para el mortero convencional y el mortero con aditivo, para la unidad de albañilería descrito anteriormente.

En el laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados en (Capítulo VI).

Procedimiento

Colocar las escuadras de carga en la parte inferior y superior de la máquina de ensayo.

1. Colocar el espécimen de ensayo aplomo y de tal manera que la diagonal del murete de albañilería será paralela a la dirección de la gravedad, colocando las escuadras en las unidades de albañilería que han sido rellenas con cemento-arena 1:3.
2. La aplicación de la carga será de forma continua y hasta la carga ultima, La carga se puede aplicar a cualquier velocidad conveniente hasta la

mitad del valor máximo esperado, después de lo cual se ajustarán los controles del equipo de manera que el resto de la carga se aplique a una velocidad uniforme de 1 t/min, o a una velocidad tal que la carga máxima se alcance en no menos de 1 minuto ni más de 2 minutos.

3. Anotar la carga máxima de falla, utilizar la siguiente fórmula para el cálculo de la resistencia a compresión de cada pila:

$$v'_m = 0.707 * \left(\frac{P}{Ab} \right) \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

P : Carga máxima de falla en kg.

Ab : Área bruta del espécimen en cm², calculada de la siguiente manera:

$$Ab = t * \left(\frac{l + h}{2} \right) \text{ cm}^2$$

Donde:

l : Largo del murete en cm, con aproximación al décimo.

h : Altura del murete en cm, con aproximación al décimo.

t : Espesor del murete en cm, con aproximación al décimo.

4. Se multiplicará la resistencia a la carga diagonal por un factor según el Cuadro N° 8

Cuadro N° 8: Incremento de f'm y v'm por edad de ensayo, NTE E-0.70.

INCREMENTO DE f'_m y v'_m POR EDAD			
Edad		14 días	21 días
Muretes	Ladrillos de arcilla	1,15	1,05
	Bloques de concreto	1,25	1,05
Pilas	Ladrillos de arcilla y Bloques de concreto	1,10	1,00

Fuente: NTE E-0.70 (2006)

5. Se calculará una resistencia a la compresión diagonal promedio (v'_{mp}) de los (n) resultados, que presenten las mismas características de fabricación.
6. Luego se hallará la desviación estándar (DE) de las (n) muestras, siendo el cálculo de la siguiente manera:

$$DE = \sqrt{\frac{\sum_i^n (v'_{mi} - v'_{mp})^2}{(n - 1)}} ; i = 1, 2, \dots, n$$

V'_{mi} : Resultado individual de resistencia

V'_{mp} : Resultado del promedio de los resultados individuales

7. La resistencia característica de la pila de albañilería, se calculará restando una vez la de desviación estándar (DE) al promedio de los ensayos de compresión axial en pilas de albañilería (f'_{mp}):

$$v'_{mc} = v'_{mp} - DE$$

8. Equipo: Se detallan los equipos y herramientas utilizados
 - Escuadras de carga de acero.
 - Nivel de burbuja, plomada, cinta métrica.
 - Soporte anticaída de muretes.
 - Máquina de compresión calibrada (precisión 20 kg), capacidad 20 t.

En las figuras N° 25 podemos observar la colocación de los muretes de ensayo en la máquina de compresión, así como el traslado de los mismos. En la figura N° 26 observamos el modo de falla de los muretes.



Figura N° 25: Colocado del murete en la máquina universal (a); inicio de la falla en compresión diagonal (b)



Figura N° 26: Colocado del murete en la máquina universal (a); falla por junta del murete en compresión diagonal (b)

5.5 ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN PILAS

El ensayo nos permite determinar el esfuerzo cortante del muro, la adherencia y el coeficiente de fricción entre la unidad y el mortero.

Este ensayo se basa en la teoría de y mecanismo de falla del físico e ingeniero francés C.A. COULOMB; que consiste de acuerdo al modelo considerado en el presente estudio, como se muestra en la figura N° 27.

El cual consiste en mantener constante la fuerza de confinamiento perpendicular a las cargas de las unidades extremas y cargar sobre la unidad inmediata en forma paralela a las juntas, hasta obtener la falla como se observa en la figura N°.28

En el laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados en (Capítulo VI)

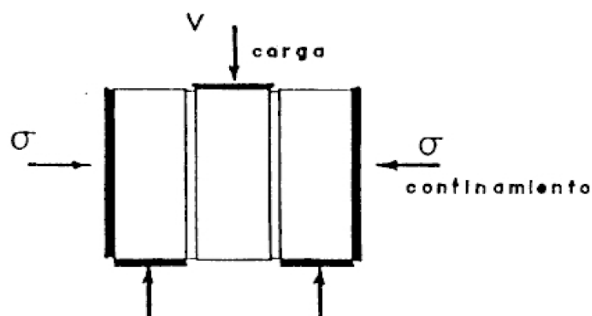


Figura N° 27: Modelo de ensayo al corte

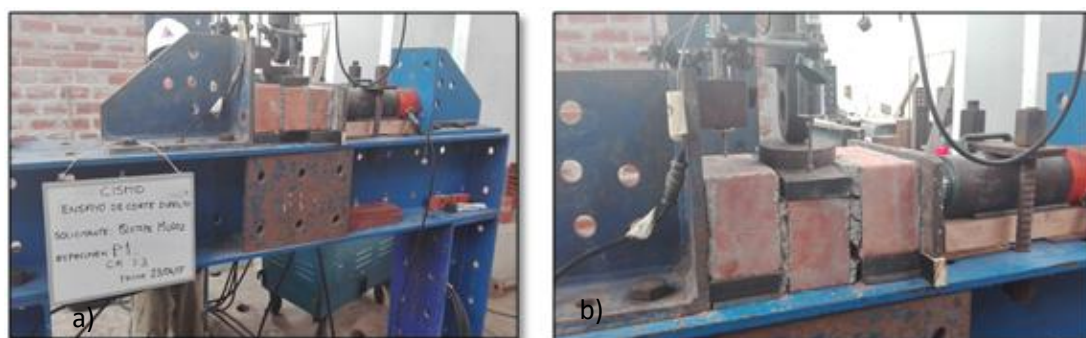


Figura N° 28: Colocado del espécimen para el ensayo (a); Ensayo de corte directo en pilas de albañilería "Laboratorio CISMID" (b)

Procedimiento

Las pilas de albañilería utilizando mortero convencional se realizarán con una junta de mortero (Cemento -Arena – 1:3 y 1:4), de espesor igual a 1.5 cm. Las de pilas de albañilería utilizando mortero con aditivo se realizarán con mortero en proporciones (Cemento -Arena – 1:3 y 1:4), para los cuales se le añadieron aditivo: menos, igual y más de lo recomendado por el fabricante respectivamente (35kg/m³, 40kg/m³, 45kg/m³), se elaboraron con juntas de espesor igual a 1.5 cm.

Esta pila constará de 3 unidades de King Kong de 18 huecos perforado macizo de 9x12.5x23 fabricado industrialmente de la marca Pirámide, una encima de otra, el asentamiento de unidades será de sogá.

1. Para el tipo de unidad y dosificación del mortero se fabricaron 3 morteros debidamente identificados con el código y fecha para el rol de ensayos a los 28 días.
48 horas antes del ensayo se refrendan las caras donde estarán sometidos a esfuerzos, para distribuir uniformemente las cargas del ensayo; haciendo uso de un capeado proporción en volumen de Yeso-Cemento-Agua (1:2:2).
2. Se instala el sistema físico mecánico correspondiente al ensayo de corte directo en el laboratorio de estructuras del CISMID; se utilizó un pórtico con perfiles de acero, dos celdas para lectura de fuerzas, dos gatos hidráulicos y planchas de acero para distribución de cargas de confinamiento y corte como se observa en la figura N° 29
3. Instalado el sistema, disponemos el espécimen en la misma posición mostrada en la figura N° 29, perfectamente centrado. Aplicamos la carga de confinamiento con un cago hidráulico en posición horizontal, manteniéndolo constante; aplicamos la carga vertical con el otro gato a la unidad intermedia hasta llevarlo a la falla. Obtenemos las lecturas en el DATA LOGGER conectado a ambos gatos.

4. Modos de falla:

En respuesta a la sollicitación del esfuerzo de corte en el ensayo, la falla ocurriría generalmente por desplazamiento entre la unidad y el mortero, estas fallas ocasionalmente fueron acompañadas por fallas por corte del mortero o de la unidad, como se muestra en la figura N° 30

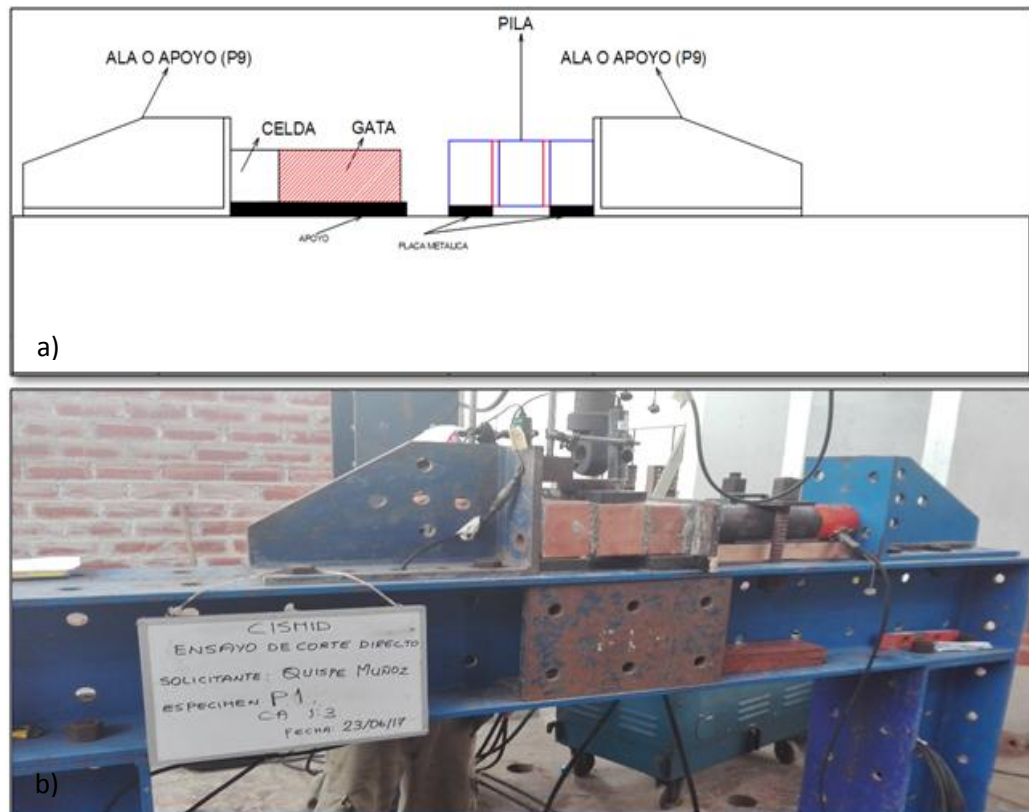


Figura N° 29: Modelo para el armado de la máquina de corte directo (a); Sistema físico mecánico para ensayo de corte directo en pilas “Laboratorio CISMID” (b)

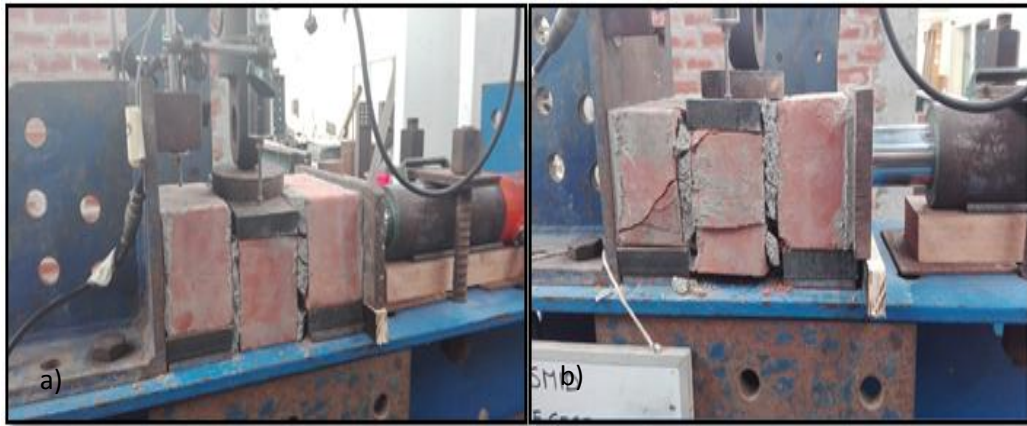


Figura N° 30: Falla por desplazamiento entre la unidad y el mortero (a), falla por corte del mortero y la unidad (b)

5. La resistencia al corte se obtiene directamente de la carga de falla entre el área de corte correspondiente a la suma de áreas en contacto con el mortero y las unidades; se calcula mediante la siguiente formula:

$$v = \frac{V}{A}$$

Donde:

v : Resistencia al corte (Kg/cm²)

V: Carga de corte (Kg)

A: Área de corte (cm²)

A cuyos resultados de ensayos, se les corrige multiplicando por el coeficiente:

$$C = 1 - cv$$

La adherencia y el coeficiente de fricción, se obtienen aceptando el mecanismo de falla de C.A. COULOUMB, mediante el ajuste lineal de mínimos cuadrados en función a los esfuerzos de corte, obtenidos en los ensayos.

La fórmula que relaciona dichos parámetros es la siguiente:

$$v = u + f \cdot \sigma$$

Donde:

v : Resistencia al corte (Kg/cm²)

u: Adherencia entre la unidad y el mortero (Kg/cm²)

f : Coeficiente de fricción en la junta

σ: Esfuerzo v : Resistencia al corte (Kg/cm²)

de confinamiento normal al plano de la junta Kg/cm²

Del ajuste lineal tenemos:

$$u = \frac{(\sum V)(\sum \sigma^2) - (\sum \sigma)(\sum \sigma \cdot V)}{n(\sum \sigma^2) - (\sum \sigma)^2}$$

$$f = \frac{n(\sum \sigma \cdot V) - (\sum \sigma)(\sum V)}{n(\sum \sigma^2) - (\sum \sigma)^2}$$

n : Número de puntos, correspondiente a la recta en referencia.

CAPÍTULO VI: RESULTADO DE ENSAYOS

6.1 CUADROS

6.1.1 Cuadros de resultado de la arena

Cuadro N° 9: Ensayo de granulometría

MALLA	N° 1	N° 2	N° 3	PROMEDIO PESO RETENIDO
N° 4	0	0	0	0
N° 8	18.7	20	24	20.90
N° 16	128.6	133.7	138.4	133.57
N° 30	156.3	161.9	161.1	159.77
N° 50	125.7	126.6	123.5	125.27
N° 100	81	77.8	76.8	78.53
FONDO	89.7	80	76.2	81.97

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 10: Composición granulométrica

MALLA	PESO RETENIDO		% ACUMULADO	
	gr	%	RETENIDO	PASA
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	20.90	3.48	3.48	96.52
N° 16	133.57	22.26	25.74	74.26
N° 30	159.77	26.63	52.37	47.63
N° 50	125.27	20.88	73.25	26.75
N° 100	78.53	13.09	86.34	13.66
FONDO	81.97	13.66	100.00	0.00
MODULO DE FINEZA 2.41				

Fuente: Elaboración propia

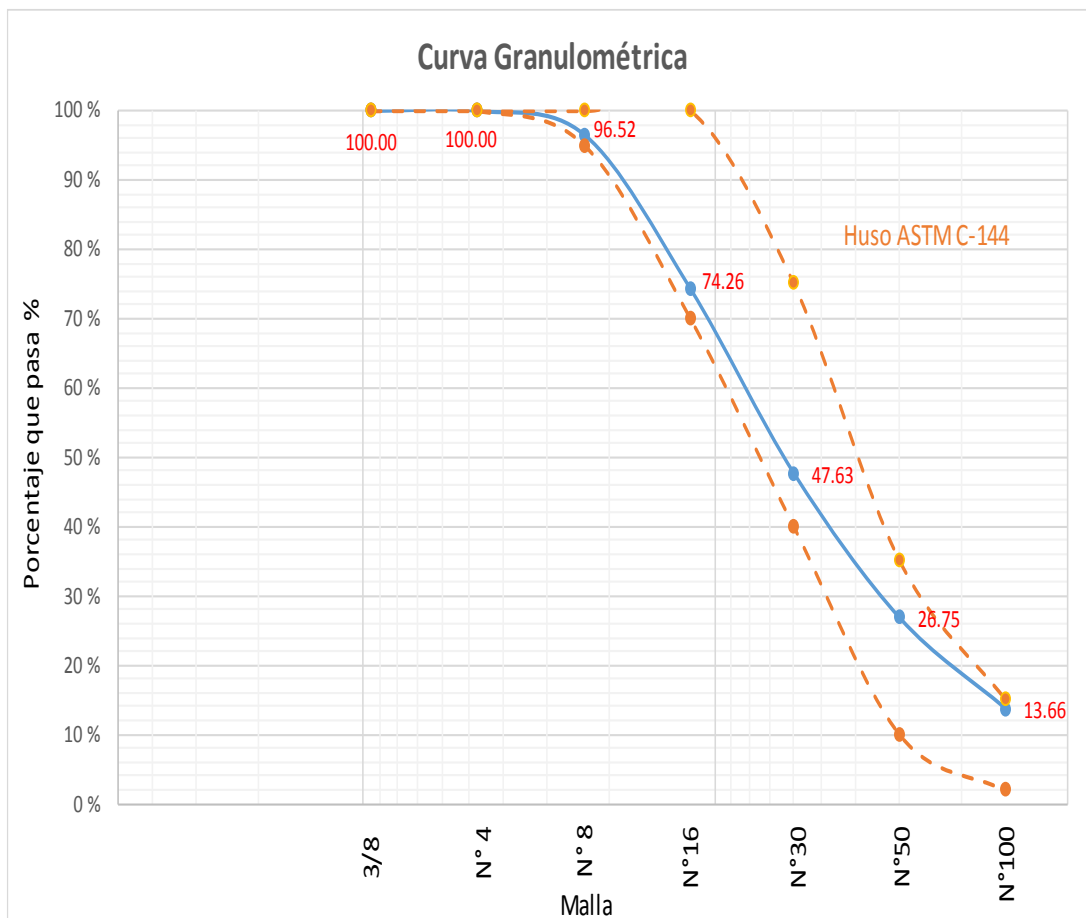


Gráfico N° 1: Curva granulométrica del agregado fino tamizado.

Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro N° 11: Ensayo de contenido de humedad

ENSAYO	N° 1	N° 2	N° 3
A PESO DE LA ARENA HUMEDA (g)	500	500	500
B PESO DE LA ARENA SECA (g)	492	492.9	493.6
C PESO DEL AGUA (A-B) (g)	8.0	7.1	6.4
D CONTENIDO DE HUMEDAD $C/B \times 100$	1.63	1.44	1.30
CONTENIDO DE HUMEDAD 1.45%			

Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro N° 12: Ensayo de peso específico

ENSAYO	N° 1	N° 2	N° 3
A PESO ARENA SUPERFICIAMENTE SECA (g)	500	500	500
B PESO ARENA S.S. + PESO BALON + P AGUA (g)	949.3	952	952.4
C PESO DEL BALON (g)	142.5	142.5	142.5
D PESO DEL AGUA (g)	306.80	309.50	309.90
E PESO ARENA SECA AL HORNO (g)	492	492.2	493.3
F VOLUMEN DEL BALON (cm ³)	500	500	500
G PESO ESPECIFICO DE MASA $E/(F-D)$	2.5	2.6	2.6
PESO ESPECIFICO 2.58 g/cm³			

Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro N° 13: Ensayo de Peso Unitario Suelto

ENSAYO	N° 1	N° 2	N° 3
A PESO ARENA + RECIPIENTE (g)	6119.70	6127.60	6128.50
B PESO RECIPIENTE (g)	1577.60	1577.60	1577.60
C PESO ARENA A-B (g)	4542.10	4550.00	4550.90
D VOLUMEN RECIPIENTE 1/10 PIE3 (cm ³)	2831.69	2831.69	2831.69
E PUS C/D	1.60	1.61	1.61
PESO UNITARIO SUELTO 1605.99 Kg/m³			

Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro N° 14: Ensayo de Peso Unitario Compactado

ENSAYO	N° 1	N° 2	N° 3
A PESO ARENA + RECIPIENTE (g)	6919.70	6927.60	6928.50
B PESO RECIPIENTE (g)	1577.60	1577.60	1577.60
C PESO ARENA A-B (g)	5342.10	5350.00	5350.90
D VOLUMEN RECIPIENTE 1/10 PIE3 (cm ³)	2831.69	2831.69	2831.69
E PUC C/D	1.89	1.89	1.89
PESO UNITARIO COMPACTADO 1888.51 Kg/m³			

Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro N° 15: Ensayo de material que pasa la malla N°200

ENSAYO	N° 1	N° 2	N° 3
A PESO INICIAL SECO DE LA ARENA (g)	300	300	300
B PESO SECO DE LA ARENA LAVADA (g)	286	288.6	287.3
D MAT. QUE PASA LA MALLA N°200 $((A-B)/A) \times 100$	4.67	3.80	4.23
MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200 4.23%			

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 16: Resumen de las principales características físicas de la arena

ARENA	
GRANULOMETRIA DENTRO DE LOS LIMITES	E-070
MODULO DE FINURA	2.41
CONTENIDO DE HUMEDAD	1.45%
PESO ESPECIFICO	2.58 Kg/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1605.99 Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1888.51 Kg/m ³
MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200	4.23%

Fuente: Elaboración propia

6.1.2 Cuadros de resultados de la unidad de albañilería de arcilla cocida

Cuadro N° 17: Resultados de variación dimensional del ladrillo King Kong 18H

Ladrillo King Kong 18H Dimensiones del Fabricante		
Le (cm)	Ae (cm)	He (cm)
23	12.5	9

Muestra	Lp- Largo promedio (cm)	Ap- Ancho promedio	Hp- Altura promedio	VD largo (%)	VD Ancho (%)	VD Alto (%)
A-1	22.70	12.18	8.83	1.30	2.60	1.94
A-2	22.70	12.15	9.03	1.30	2.80	-0.28
A-3	22.48	12.10	8.98	2.28	3.20	0.28
A-4	22.58	12.15	9.05	1.85	2.80	-0.56
A-5	22.73	12.15	9.05	1.20	2.80	-0.56
A-6	22.53	12.15	9.00	2.07	2.80	0.00
A-7	22.55	12.08	8.83	1.96	3.40	1.94
A-8	22.88	12.18	9.08	0.54	2.60	-0.83
A-9	22.83	12.20	9.08	0.76	2.40	-0.83
A-10	22.75	12.10	9.00	1.09	3.20	0.00

Promedio VD Largo (%) (+)	1.43
Promedio VD Largo (%) (-)	0.00

(%) VD Largo (+ o -) Mas desfavorable	1.43
---------------------------------------	------

Promedio VD Ancho (%) (+)	2.86
Promedio VD Ancho (%) (-)	0.00

(%) VD Ancho (+ o -) Mas desfavorable	2.86
---------------------------------------	------

Promedio VD Alto (%) (+)	0.83
Promedio VD Alto (%) (-)	-0.61

(%) VD Alto (+ o -) Mas desfavorable	0.83
--------------------------------------	------

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 18: Resultados de alabeo en ladrillo King Kong 18H

Muestra	Concavidad Maxima (mm)	Convexidad Maxima (mm)	Valor mas desfavorable (mm)
A-1	1.25	-	1.25
A-2	0.50	-	0.50
A-3	1.00	0.50	1.00
A-4	1.00	0.50	1.00
A-5	1.00	0.50	1.00
A-6	0.75	-	0.75
A-7	1.00	0.50	1.00
A-8	1.00	0.50	1.00
A-9	0.50	-	0.50
A-10	0.50	-	0.50
Promedio			0.85

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 19: Resultados del ensayo de compresión axial del ladrillo King Kong 18H

Muestra	Largo Prom. (cm)	Ancho Prom. (cm)	Altura Prom. (cm)	Area bruta (cm ²)	Carga (P) (Kg)	Resistencia a la compresion (Kg/cm ²)	Desviacion estandar
A-1	22.53	12.15	9.00	273.68	62000	226.54	155.83
A-2	22.55	12.08	8.83	272.29	58000	213.01	1.11
A-3	22.88	12.18	9.08	278.50	55000	197.48	274.75
A-4	22.83	12.20	9.08	278.47	64000	229.83	248.74
A-5	22.75	12.10	9.00	275.28	56000	203.43	112.93
Promedio						214.06	158.67
						DE	14.08
f'bc característica (Kg/cm ²) =							199.98
						CV (%)	6.58

Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro N° 20: Resultados del ensayo de absorción del ladrillo King Kong 18H

Muestra	Peso seco (g)	Peso saturado 24 horas (g)	Absorción A %
M-1	2709.2	3013.3	11.22
M-2	2801.0	3101.1	10.71
M-3	2696.2	2990.6	10.92
M-4	2783.9	3093.1	11.11
M-5	2749.9	3058.8	11.23
CONTENIDO DE HUMEDAD 11.04%			

Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro N° 21: Resumen de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería

Propiedad	Ladrillo piramide King Kong 18H
Dimensiones (cm)	
Largo	22.67
Ancho	12.14
Alto	8.99
Variación de la dimension Max %	
Hasta 10 cm	+ 1.43
Hasta 15 cm	+ 2.86
Mayor de 15 cm	+ 0.83
Peso (Kg)	2.75
Resistencia a la compresion Kg/cm ²	199.98
Absorción	11.04
Clasificación	Tipo V

Fuente: *Elaboración propia*

6.1.3 Cuadros de resultados de ensayos en el mortero con relación cemento:arena-1:3

6.1.3.1 Fluidez

Cuadro N° 22: Ensayo de fluidez del mortero **MP 1**

MORTERO	CEMENTO (g)	ARENA (g)	AGUA (g)	RELACION EN PESO a/c	DIAMETRO PROMEDIO (mm)	FLUJO F %
1	200	642	183	3.21	21.11	107.73
2	200	642	183	3.21	21.17	108.37
3	200	642	183	3.21	21.34	110.01
FLUIDEZ 108.7%						

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 23: Ensayo de fluidez del mortero **MA- 1**

MORTERO	CEMENTO (g)	ARENA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	RELACION EN PESO a/c	DIAMETRO PROMEDIO (mm)	FLUJO F %
1	200	642	183	25.05	3.21	18.11	78.27
2	200	642	183	25.05	3.21	18.57	82.78
3	200	642	183	25.05	3.21	18.22	79.31
FLUIDEZ 80.12%							

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 24: Ensayo de fluidez del mortero **MA 1**

MORTERO	CEMENTO (g)	ARENA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	RELACION EN PESO a/c	DIAMETRO PROMEDIO (mm)	FLUJO F %
1	200	642	183	28.62	3.21	18.24	79.53
2	200	642	183	28.62	3.21	17.54	72.64
3	200	642	183	28.62	3.21	17.80	75.15
FLUIDEZ 75.77%							

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 25: Ensayo de fluidez del mortero **MA+ 1**

MORTERO	CEMENTO (g)	ARENA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	RELACION EN PESO a/c	DIAMETRO PROMEDIO (mm)	FLUJO F %
1	200	642	183	32.21	3.21	16.40	61.39
2	200	642	183	32.21	3.21	16.28	60.24
3	200	642	183	32.21	3.21	16.20	59.47
FLUIDEZ 60.37%							

Fuente: Elaboración propia

6.1.3.2 Peso unitario

Cuadro N° 26: Ensayo de peso unitario del mortero **MP 1**

MORTERO	PESO DEL RECIPIENTE (g)	P. MORTERO CON RECIPIENTE (g)	PESO DEL MORTERO (g)	VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m3)	PESO UNITARIO DEL MORTERO (g/cm3)
1	759.50	1597.80	838.30	400	2.10
2	759.50	1591.80	832.30	400	2.08
3	759.50	1591.40	831.90	400	2.08
PESO UNITARIO 2085.42Kg/m3					

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 27: Ensayo de peso unitario del mortero **MA- 1**

MORTERO	PESO DEL RECIPIENTE (g)	P. MORTERO CON RECIPIENTE (g)	PESO DEL MORTERO (g)	VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m3)	PESO UNITARIO DEL MORTERO (g/cm3)
1	759.50	1553.20	793.70	400	1.98
2	759.50	1547.10	787.60	400	1.97
3	759.50	1543.70	784.20	400	1.96
PESO UNITARIO 1971.25Kg/m3					

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 28: Ensayo de peso unitario del mortero **MA 1**

MORTERO	PESO DEL RECIPIENTE (g)	P. MORTERO CON RECIPIENTE (g)	PESO DEL MORTERO (g)	VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m3)	PESO UNITARIO DEL MORTERO (g/cm3)
1	759.50	1541.70	782.20	400	1.96
2	759.50	1542.30	782.80	400	1.96
3	759.50	1539.90	780.40	400	1.95
PESO UNITARIO 1954.5Kg/m3					

Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro N° 29: Ensayo de peso unitario del mortero **MA+ 1**

MORTERO	PESO DEL RECIPIENTE (g)	P. MORTERO CON RECIPIENTE (g)	PESO DEL MORTERO (g)	VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m3)	PESO UNITARIO DEL MORTERO (g/cm3)
1	759.50	1534.40	774.90	400	1.94
2	759.50	1536.80	777.30	400	1.94
3	759.50	1532.00	772.50	400	1.93
PESO UNITARIO 1937.25Kg/m3					

Fuente: *Elaboración propia*

6.1.3.3 Resistencia a la compresión

Cuadro N° 30: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en cubos de mortero **MP 1**

ESPECIMEN	EDAD (día)	L1 (cm)	L2 (cm)	AREA (cm2)	CARGA DE COMPRESIÓN (KN)	CARGA DE COMPRESIÓN N (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION F'c (Kg/cm2)	F'c prom DE Cv	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO F'c (Kg/cm2)	
1	3	5.09	5.08	25.86	25.54	2604.31	100.72	F'c prom 97.75	97.75	
2		5.05	5.02	25.35	23.86	2433.00	95.97	DE 2.58		
3		5.07	5.04	25.55	24.20	2467.67	96.57	Cv 2.64%		
1	7	5.03	5.09	25.60	28.70	2926.54	114.31	F'c prom 124.23	124.23	
2		5.05	5.08	25.65	32.76	3340.54	130.22	DE 8.66		
3		5.08	5.08	25.81	32.44	3307.91	128.18	Cv 6.97%		
1	28	5.03	5.09	25.60	40.70	4150.18	162.10	F'c prom 164.71	164.71	
2		5.07	5.04	25.55	41.00	4180.77	163.61			DE 3.65
3		5.08	5.01	25.45	41.18	4199.12	164.99			Cv 2.22%
4		5.04	5.09	25.65	40.22	4101.23	159.87			
5		5.06	5.07	25.65	42.32	4315.37	168.21			
6		5.09	5.04	25.65	42.64	4348.00	169.49			

Fuente: *Elaboración propia*

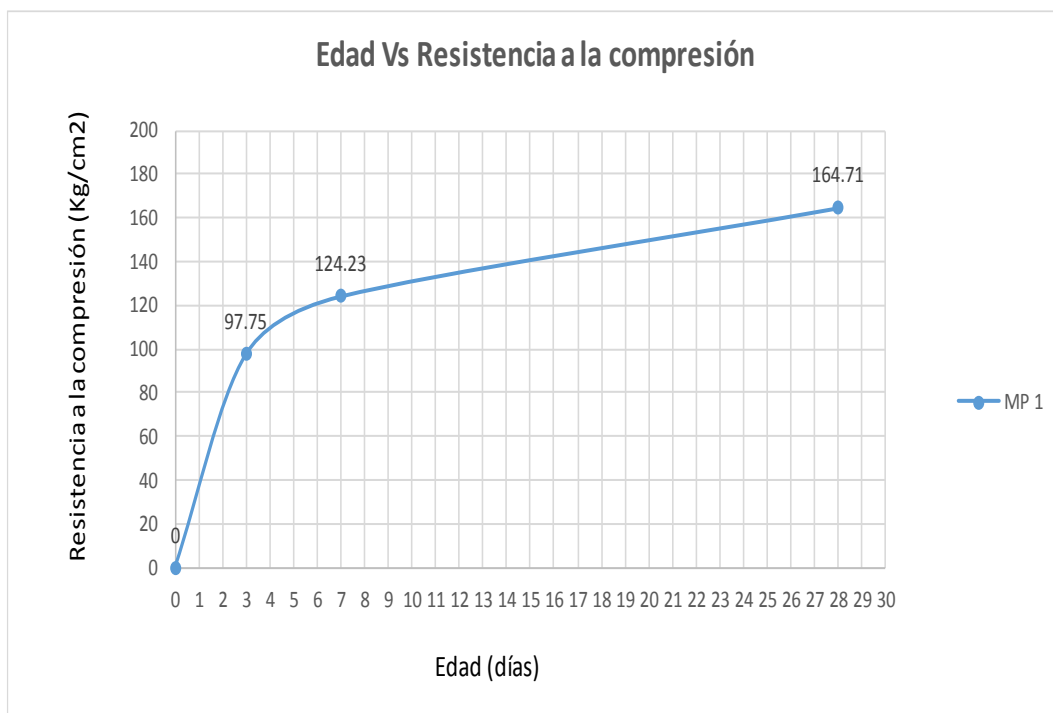


Gráfico N° 2: Resistencia a la compresión en cubos de mortero **MP 1**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 31: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en cubos de mortero **MA- 1**

ESPECIMEN	EDAD (día)	L1 (cm)	L2 (cm)	AREA (cm ²)	CARGA DE COMPRESIÓN (KN)	CARGA DE COMPRESIÓN N (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION F'c (Kg/cm ²)	F'c prom DE Cv	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO F'c (Kg/cm ²)
1	3	5.09	5.04	25.65	16.72	1704.94	66.46	F'c prom 64.12	64.12
2		5.07	5.06	25.65	14.68	1496.92	58.35	DE 5.02	
3		5.07	5.08	25.76	17.06	1739.61	67.54	Cv 7.84%	
1	7	5.00	5.09	25.45	20.52	2092.42	82.22	F'c prom 78.69	78.69
2		5.05	5.09	25.70	19.46	1984.34	77.20	DE 3.07	
3		5.02	5.03	25.25	18.98	1935.39	76.65	Cv 3.90%	
1	28	5.01	5.09	25.50	25.82	2632.87	103.25	F'c prom 107.51 DE 5.05 Cv 4.70%	107.51
2		5.01	5.06	25.35	27.30	2783.78	109.81		
3		5.00	5.06	25.30	25.52	2602.27	102.86		
4		5.00	5.07	25.35	26.20	2671.61	105.39		
5		5.09	5.05	25.70	27.08	2761.35	107.43		
6		5.00	5.07	25.35	28.92	2948.97	116.33		

Fuente: Elaboración propia

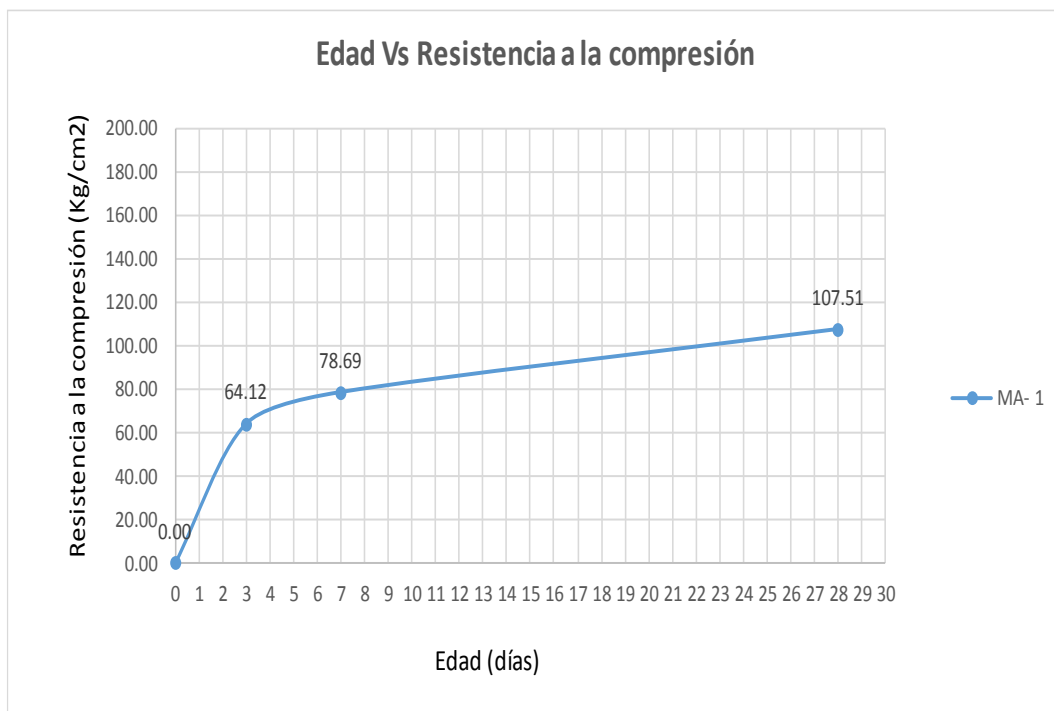


Gráfico N° 3: Resistencia a la compresión en cubos de mortero **MA-1**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 32: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en cubos de mortero **MA 1**

ESPECIMEN	EDAD (día)	L1 (cm)	L2 (cm)	AREA (cm²)	CARGA DE COMPRESIÓN (KN)	CARGA DE COMPRESIÓN N (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION F'c (Kg/cm²)	F'c prom DE Cv	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO F'c (Kg/cm²)	
1	3	5.00	5.08	25.40	15.28	1558.10	61.34	F'c prom 61.11	61.11	
2		5.06	5.07	25.65	15.20	1549.94	60.42	DE 0.62		
3		5.05	5.01	25.30	15.28	1558.10	61.58	Cv 1.01%		
1	7	5.05	5.06	25.55	16.50	1682.51	65.84	F'c prom 67.82	67.82	
2		5.07	5.10	25.86	17.80	1815.07	70.20	DE 2.20		
3		5.07	5.09	25.81	17.06	1739.61	67.41	Cv 3.25%		
1	28	5.03	5.10	25.65	26.28	2679.77	104.46	F'c prom 102.91	102.91	
2		5.03	5.07	25.50	26.32	2683.85	105.24			
3		5.02	5.08	25.50	26.34	2685.89	105.32			DE 2.61
4		5.01	5.07	25.40	25.48	2598.20	102.29			Cv 2.53%
5		5.01	5.09	25.50	24.68	2516.62	98.69			
6		5.00	5.09	25.45	25.32	2581.88	101.45			

Fuente: Elaboración propia

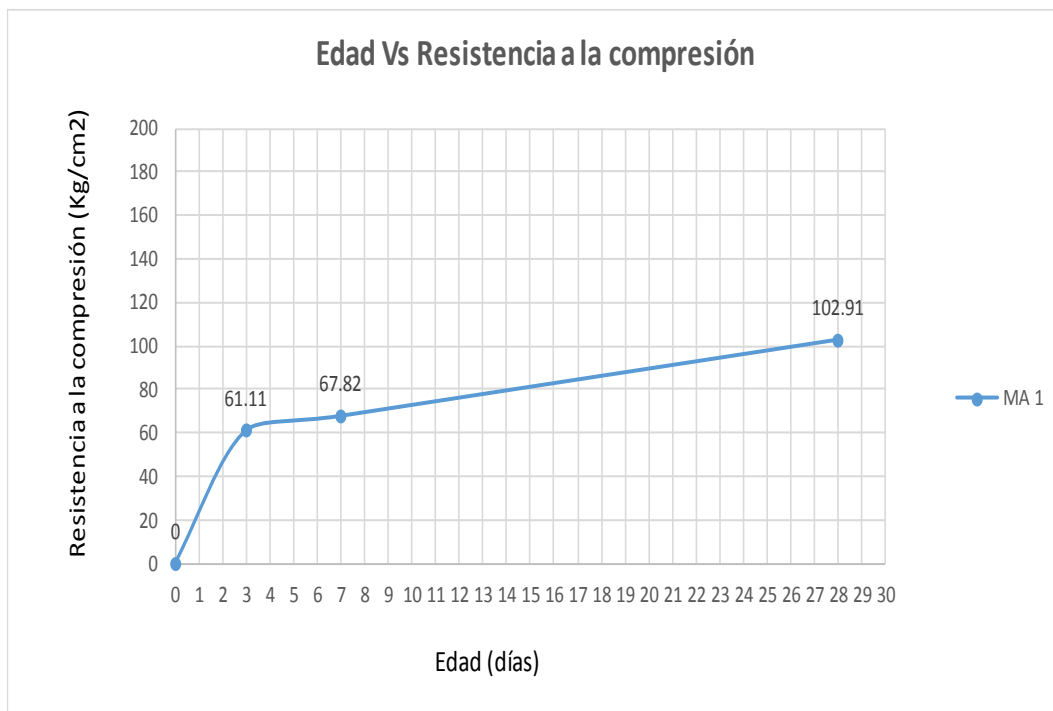


Gráfico N° 4: Resistencia a la compresión en cubos de mortero **MA 1**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 33: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en cubos de mortero **MA+ 1**

ESPECIMEN	EDAD (día)	L1 (cm)	L2 (cm)	AREA (cm ²)	CARGA DE COMPRESIÓN (KN)	CARGA DE COMPRESIÓN N (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION F'c (Kg/cm ²)	F'c prom DE Cv	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO F'c (Kg/cm ²)	
1	3	5.08	5.05	25.65	15.50	1580.54	61.61	F'c prom 59.32	59.32	
2		5.08	5.07	25.76	14.58	1486.72	57.72	DE 2.03		
3		5.09	5.05	25.70	14.78	1507.12	58.63	Cv 3.43%		
1	7	5.07	5.09	25.81	15.80	1611.13	62.43	F'c prom 64.11	64.11	
2		5.03	5.08	25.55	15.88	1619.28	63.37	DE 2.14		
3		5.08	5.07	25.76	16.80	1713.10	66.51	Cv 3.33%		
1	28	5.00	5.08	25.40	23.86	2433.00	95.79	F'c prom 91.32	91.32	
2		5.00	5.08	25.40	23.26	2371.82	93.38			DE 4.42
3		5.07	5.07	25.70	23.16	2361.63	91.87			Cv 4.84%
4		5.01	5.08	25.45	20.96	2137.29	83.98			
5		5.00	5.09	25.45	23.60	2406.49	94.56			
6		5.00	5.07	25.35	21.96	2239.26	88.33			

Fuente: Elaboración propia

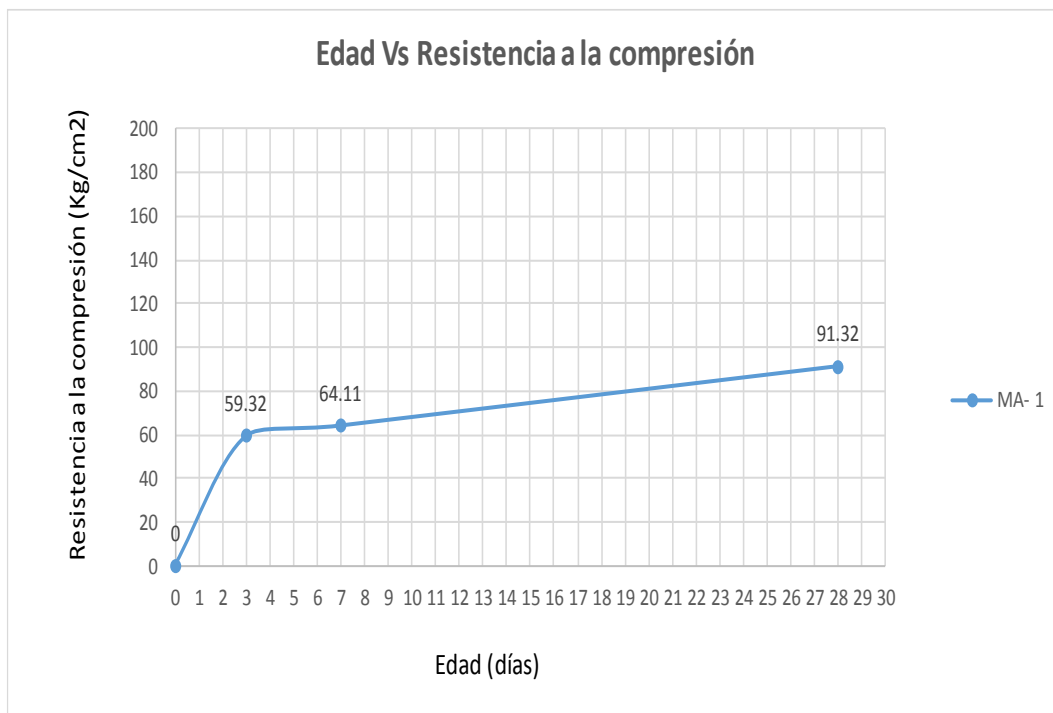


Gráfico N° 5: Resistencia a la compresión en cubos de mortero **MA+ 1**

Fuente: Elaboración propia

6.1.3.4 Resistencia a flexión

Cuadro N° 34: Resultados del ensayo de resistencia a flexión de mortero **MP 1**

ESPECIMEN	EDAD (día)	CARGA DE FLEXION (KN)	CARGA DE FLEXION (Kg)	RESISTENCIA A FLEXION (F't) (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A FLEXION PROMEDIO (F't) (Kg/cm ²)
1	7	0.99	100.95	37.86	37.28
2		0.96	97.89	36.71	
1	28	1.46	148.88	55.83	54.01
2		1.44	146.84	55.06	
3		1.38	140.72	52.77	
4		1.37	139.70	52.39	

Fuente: Elaboración propia

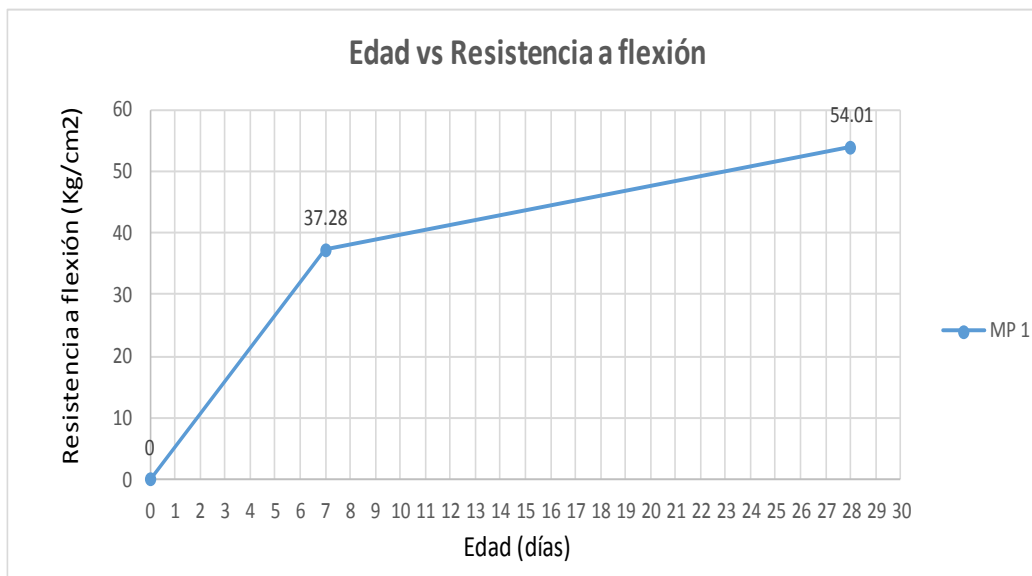


Gráfico N° 6: Resistencia a flexión de mortero **MP 1**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 35: Resultados del ensayo de resistencia a flexión de mortero **MA- 1**

ESPECIMEN	EDAD (día)	CARGA DE FLEXION (KN)	CARGA DE FLEXION (Kg)	RESISTENCIA A FLEXION (F't) (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A FLEXION PROMEDIO (F't) (Kg/cm ²)
1	7	0.82	83.62	31.36	30.59
2		0.78	79.54	29.83	
1	28	0.98	99.93	37.47	39.19
2		0.98	99.93	37.47	
3		1.06	108.09	40.53	
4		1.08	110.13	41.30	

Fuente: Elaboración propia

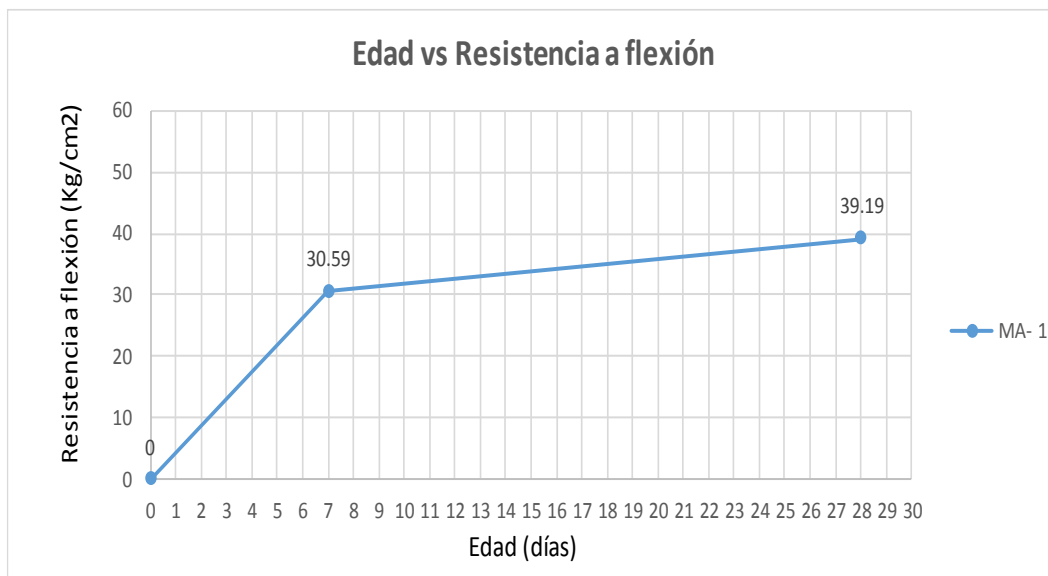


Gráfico N° 7: Resistencia a flexión de mortero **MA- 1**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 36: Resultados del ensayo de resistencia a flexión de mortero **MA 1**

ESPECIMEN	EDAD (dia)	CARGA DE FLEXION (KN)	CARGA DE FLEXION (Kg)	RESISTENCIA A FLEXION (F't) (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A FLEXION PROMEDIO (F't) (Kg/cm ²)
1	7	0.84	85.65	32.12	29.83
2		0.72	73.42	27.53	
1	28	1.02	104.01	39.00	37.09
2		0.92	93.81	35.18	
3		0.96	97.89	36.71	
4		0.98	99.93	37.47	

Fuente: Elaboración propia

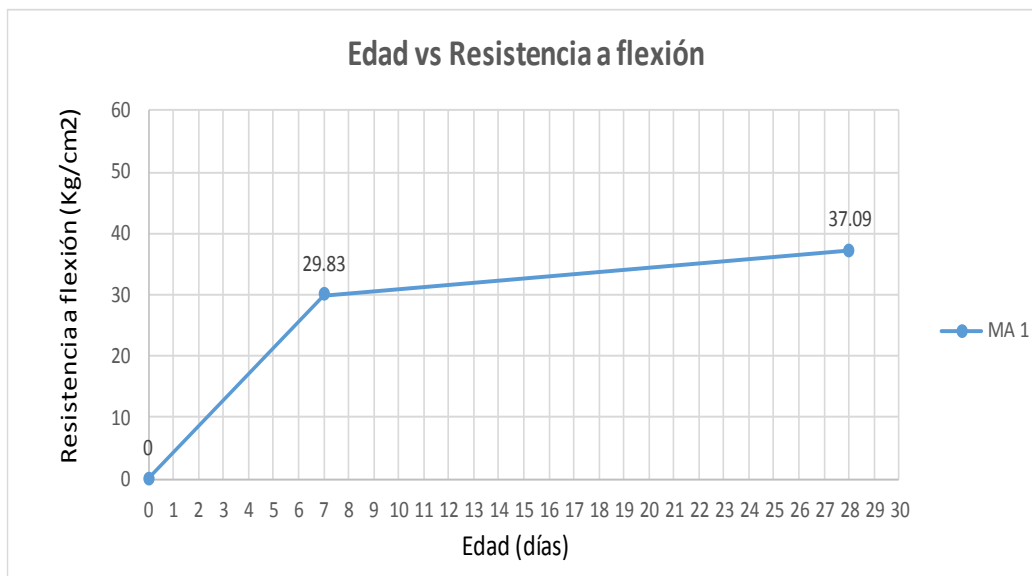


Gráfico N° 8: Resistencia a flexión de mortero **MA 1**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 37: Resultados del ensayo de resistencia a flexión de mortero **MA+ 1**

ESPECIMEN	EDAD (día)	CARGA DE FLEXION (KN)	CARGA DE FLEXION (Kg)	RESISTENCIA A FLEXION (F't) (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A FLEXION PROMEDIO (F't) (Kg/cm ²)
1	7	0.68	69.34	26.00	26.77
2		0.72	73.42	27.53	
1	28	0.86	87.69	32.89	34.80
2		0.84	85.65	32.12	
3		1.02	104.01	39.00	
4		0.92	93.81	35.18	

Fuente: Elaboración propia

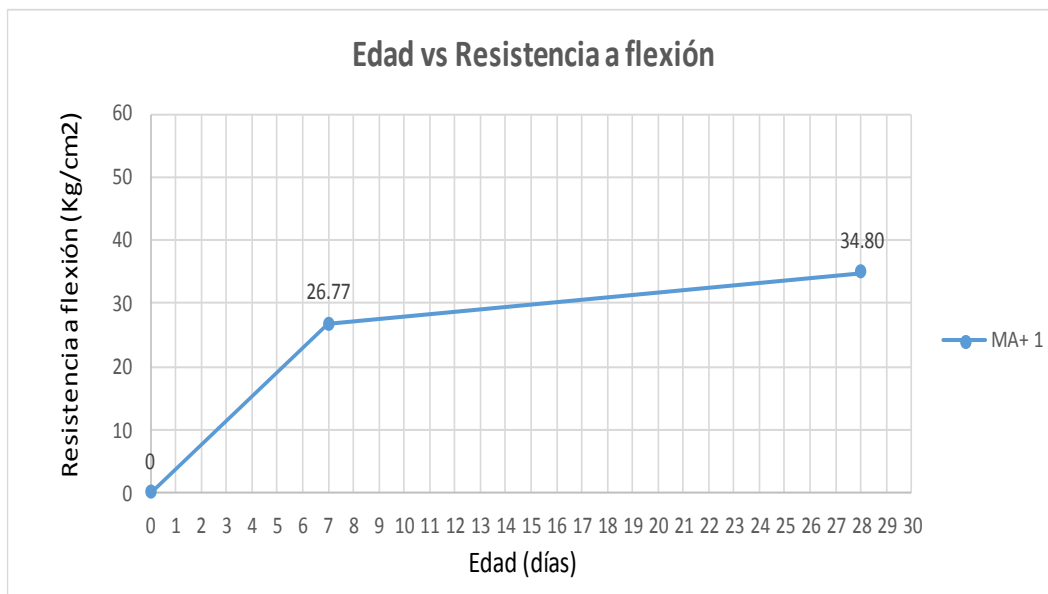


Gráfico N° 9: Resistencia a flexión de mortero **MA+ 1**

Fuente: *Elaboración propia*

6.1.4 Cuadros de resultados de ensayos en el mortero con relación cemento:arena-1:4

6.1.4.1 Fluidez

Cuadro N° 38: Ensayo de fluidez del mortero **MP 2**

MORTERO	CEMENTO (g)	ARENA (g)	AGUA (g)	RELACION EN PESO a/c	DIAMETRO PROMEDIO (mm)	FLUJO F %
1	200	856	220	4.28	21.73	113.88
2	200	856	220	4.28	21.17	108.39
3	200	856	220	4.28	21.64	112.97
FLUIDEZ 111.75%						

Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro N° 39: Ensayo de fluidez del mortero **MA- 2**

MORTERO	CEMENTO (g)	ARENA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	RELACION EN PESO a/c	DIAMETRO PROMEDIO (mm)	FLUJO F %
1	200	856	220	31.01	4.28	18.94	86.42
2	200	856	220	31.01	4.28	19.39	90.87
3	200	856	220	31.01	4.28	18.08	77.93
FLUIDEZ 85.07%							

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 40: Ensayo de fluidez del mortero **MA 2**

MORTERO	CEMENTO (g)	ARENA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	RELACION EN PESO a/c	DIAMETRO PROMEDIO (mm)	FLUJO F %
1	200	856	220	35.44	4.28	16.90	66.29
2	200	856	220	35.44	4.28	16.98	67.15
3	200	856	220	35.44	4.28	17.47	71.95
FLUIDEZ 68.46%							

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 41: Ensayo de fluidez del mortero **MA+ 2**

MORTERO	CEMENTO (g)	ARENA (g)	AGUA (g)	ADITIVO (g)	RELACION EN PESO a/c	DIAMETRO PROMEDIO (mm)	FLUJO F %
1	200	856	220	39.87	4.28	16.12	58.64
2	200	856	220	39.87	4.28	15.74	54.90
3	200	856	220	39.87	4.28	15.68	54.36
FLUIDEZ 55.96%							

Fuente: Elaboración propia

6.1.4.2 Peso unitario

Cuadro N° 42: Ensayo de peso unitario del mortero **MP 2**

MORTERO	PESO DEL RECIPIENTE (g)	P. MORTERO CON RECIPIENTE (g)	PESO DEL MORTERO (g)	VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m3)	PESO UNITARIO DEL MORTERO (g/cm3)
1	759.50	1586.50	827.00	400	2.07
2	759.50	1590.60	831.10	400	2.08
3	759.50	1587.80	828.30	400	2.07
PESO UNITARIO 2072Kg/m3					

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 43: Ensayo de peso unitario del mortero **MA- 2**

MORTERO	PESO DEL RECIPIENTE (g)	P. MORTERO CON RECIPIENTE (g)	PESO DEL MORTERO (g)	VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m3)	PESO UNITARIO DEL MORTERO (g/cm3)
1	759.50	1547.70	788.20	400	1.97
2	759.50	1541.10	781.60	400	1.95
3	759.50	1542.20	782.70	400	1.96
PESO UNITARIO 1960.42Kg/m3					

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 44: Ensayo de peso unitario del mortero **MA 2**

MORTERO	PESO DEL RECIPIENTE (g)	P. MORTERO CON RECIPIENTE (g)	PESO DEL MORTERO (g)	VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m3)	PESO UNITARIO DEL MORTERO (g/cm3)
1	759.50	1542.60	783.10	400	1.96
2	759.50	1539.00	779.50	400	1.95
3	759.50	1537.10	777.60	400	1.94
PESO UNITARIO 1950.17Kg/m3					

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 45: Ensayo de peso unitario del mortero **MA+ 2**

MORTERO	PESO DEL RECIPIENTE (g)	P. MORTERO CON RECIPIENTE (g)	PESO DEL MORTERO (g)	VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m3)	PESO UNITARIO DEL MORTERO (g/cm3)
1	759.50	1542.20	782.70	400	1.96
2	759.50	1536.00	776.50	400	1.94
3	759.50	1537.60	778.10	400	1.95
PESO UNITARIO 1940Kg/m3					

Fuente: *Elaboración propia*

6.1.4.3 Resistencia a la compresión

Cuadro N° 46: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en cubos de mortero **MP 2**

ESPECIMEN	EDAD (dia)	L1 (cm)	L2 (cm)	AREA (cm2)	CARGA DE COMPRESIÓN (KN)	CARGA DE COMPRESIÓN (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION F'c (Kg/cm2)	F'c prom DE Cv	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO F'c (Kg/cm2)
1	3	5.09	5.09	25.91	16.94	1727.37	66.67	F'c prom 66.99	66.99
2		5.09	5.06	25.76	17.28	1762.04	68.41	DE 1.30	
3		5.09	5.06	25.76	16.64	1696.78	65.88	Cv 1.93%	
1	7	5.06	5.09	25.76	24.06	2453.40	95.26	F'c prom 93.79	93.79
2		5.03	5.08	25.55	24.62	2510.50	98.25	DE 5.35	
3		5.09	5.08	25.86	22.28	2271.89	87.86	Cv 5.70%	
1	28	5.09	5.09	25.91	29.38	2995.88	115.63	F'c prom 116.94 DE 1.87 Cv 1.60%	116.94
2		5.09	5.01	25.50	28.90	2946.93	115.56		
3		5.03	5.09	25.60	28.80	2936.74	114.70		
4		5.07	5.08	25.76	29.88	3046.86	118.30		
5		5.08	5.07	25.76	29.84	3042.78	118.14		
6		5.06	5.04	25.50	29.84	3042.78	119.31		

Fuente: *Elaboración propia*

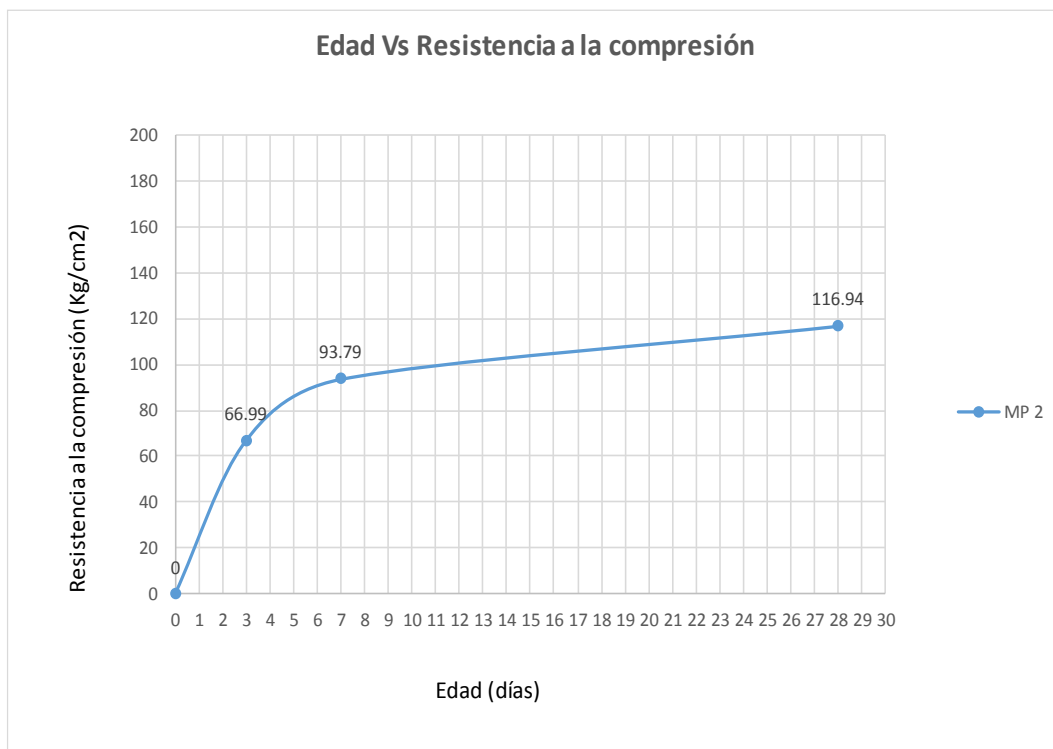


Gráfico N° 10: Resistencia a la compresión en cubos de mortero **MP 2**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 47: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en cubos de mortero **MA- 2**

ESPECIMEN	EDAD (día)	L1 (cm)	L2 (cm)	AREA (cm ²)	CARGA DE COMPRESIÓN (KN)	CARGA DE COMPRESIÓN (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION F'c (Kg/cm ²)	F'c prom DE Cv	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO F'c (Kg/cm ²)
1	3	5.02	5.09	25.55	10.28	1048.25	41.02	F'c prom 43.60	43.60
2		5.09	5.01	25.50	11.20	1142.06	44.79	DE 2.24	
3		5.05	5.07	25.60	11.30	1152.26	45.00	Cv 5.13%	
1	7	5.09	5.01	25.50	13.02	1327.65	52.06	F'c prom 50.67	50.67
2		5.08	5.05	25.65	12.20	1244.03	48.49	DE 1.91	
3		5.09	5.06	25.76	13.00	1325.61	51.47	Cv 3.77%	
1	28	5.05	5.05	25.50	18.28	1864.01	73.09	F'c prom 78.47 DE 3.44 Cv 4.39%	78.47
2		5.06	5.07	25.65	19.46	1984.34	77.35		
3		5.04	5.09	25.65	20.52	2092.42	81.56		
4		5.08	5.02	25.50	20.12	2051.64	80.45		
5		5.05	5.02	25.35	19.02	1939.47	76.50		
6		5.03	5.08	25.55	20.52	2092.42	81.89		

Fuente: Elaboración propia



Gráfico N° 11: Resistencia a la compresión en cubos de mortero **MA- 2**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 48: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en cubos de mortero **MA 2**

ESPECIMEN	EDAD (día)	L1 (cm)	L2 (cm)	AREA (cm ²)	CARGA DE COMPRESIÓN (KN)	CARGA DE COMPRESIÓN (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION F'c (Kg/cm ²)	F'c prom DE Cv	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO F'c (Kg/cm ²)
1	3	5.08	5.05	25.65	9.26	944.24	36.81	F'c prom	36.93
2		5.07	5.05	25.60	9.10	927.93	36.24	DE	
3		5.05	5.07	25.60	9.48	966.68	37.76	Cv	
1	7	5.07	5.05	25.60	12.80	1305.22	50.98	F'c prom	49.86
2		5.09	5.08	25.86	12.66	1290.94	49.93	DE	
3		5.03	5.09	25.60	12.22	1246.07	48.67	Cv	
1	28	5.08	5.08	25.81	15.40	1570.34	60.85	F'c prom DE Cv	64.99 2.28 3.50%
2		5.07	5.09	25.81	16.84	1717.17	66.54		
3		5.07	5.09	25.81	16.68	1700.86	65.91		
4		5.06	5.08	25.70	16.36	1668.23	64.90		
5		5.05	5.07	25.60	16.18	1649.87	64.44		
6		5.08	5.06	25.70	16.96	1729.41	67.28		

Fuente: Elaboración propia



Gráfico N° 12: Resistencia a la compresión en cubos de mortero **MA 2**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 49: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en cubos de mortero **MA+ 2**

ESPECIMEN	EDAD (día)	L1 (cm)	L2 (cm)	AREA (cm ²)	CARGA DE COMPRESIÓN (KN)	CARGA DE COMPRESIÓN (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION F'c (Kg/cm ²)	F'c prom DE Cv	RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO F'c (Kg/cm ²)	
1	3	5.04	5.08	25.60	9.08	925.89	36.16	F'c prom	36.52	
2		5.08	5.05	25.65	9.12	929.97	36.25	DE		0.55
3		5.09	5.08	25.86	9.42	960.56	37.15	Cv		1.49%
1	7	5.08	5.03	25.55	11.92	1215.48	47.57	F'c prom	44.63	
2		5.08	5.08	25.81	10.66	1087.00	42.12	DE		2.75
3		5.03	5.09	25.60	11.10	1131.87	44.21	Cv		6.16%
1	28	5.04	5.02	25.30	15.78	1609.09	63.60	F'c prom	62.64	
2		5.05	5.05	25.50	15.62	1592.77	62.46	DE		1.46
3		5.07	5.08	25.76	15.24	1554.02	60.34	Cv		2.34%
4		5.02	5.06	25.40	15.94	1625.40	63.99			
5		5.00	5.07	25.35	15.88	1619.28	63.88			
6		5.00	5.06	25.30	15.28	1558.10	61.59			

Fuente: Elaboración propia

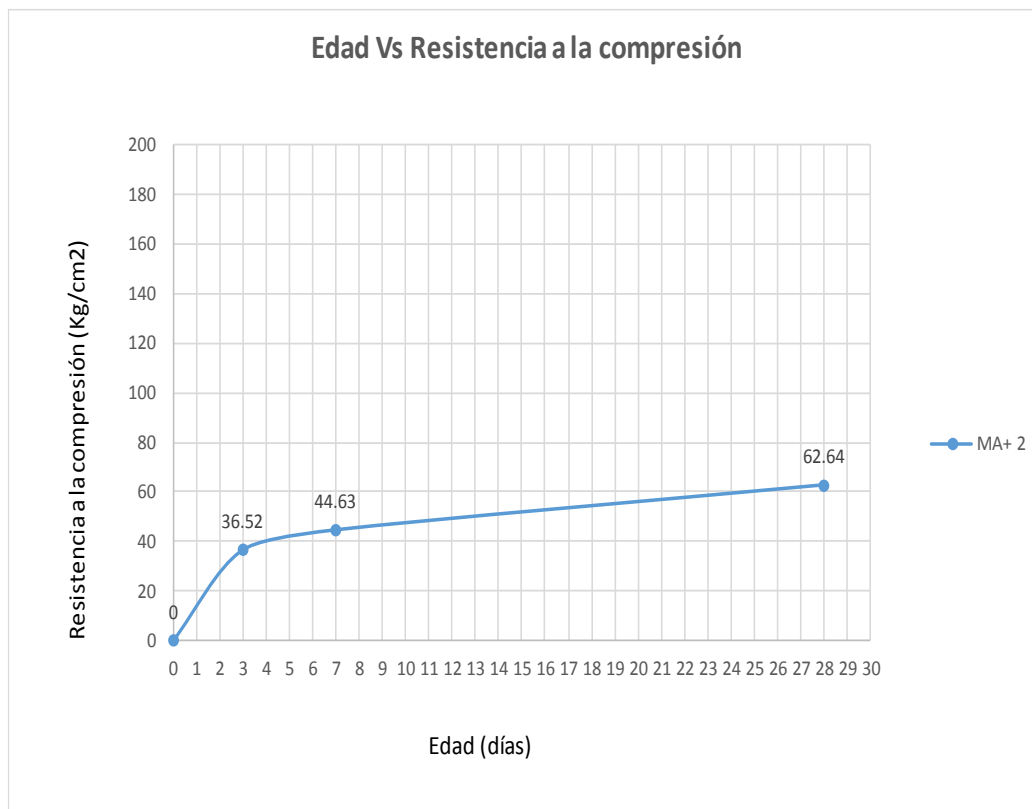


Gráfico N° 13: Resistencia a la compresión en cubos de mortero **MA+ 2**

Fuente: *Elaboración propia*

6.1.4.4 Resistencia a flexión

Cuadro N° 50: Resultados del ensayo de resistencia a flexión de mortero **MP 2**

ESPECIMEN	EDAD (día)	CARGA DE FLEXION (KN)	CARGA DE FLEXION (Kg)	RESISTENCIA A FLEXION (F't) (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A FLEXION PROMEDIO (F't) (Kg/cm ²)
1	7	0.68	69.34	26.00	26.00
2		0.68	69.34	26.00	
1	28	1.10	112.17	42.06	41.68
2		1.08	110.13	41.30	
3		1.12	114.21	42.83	
4		1.06	108.09	40.53	

Fuente: *Elaboración propia*

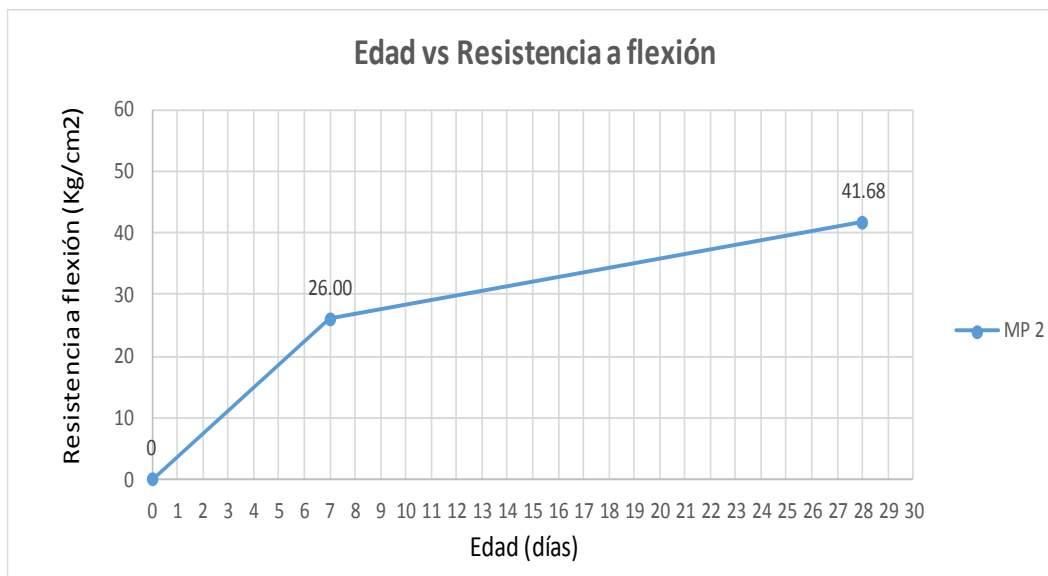


Gráfico N° 14: Resistencia a flexión de mortero **MP 2**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 51: Resultados del ensayo de resistencia a flexión de mortero **MA- 2**

ESPECIMEN	EDAD (día)	CARGA DE FLEXION (KN)	CARGA DE FLEXION (Kg)	RESISTENCIA A FLEXION (F't) (Kg/cm2)	RESISTENCIA A FLEXION PROMEDIO (F't) (Kg/cm2)
1	7	0.62	63.22	23.71	24.86
2		0.68	69.34	26.00	
1	28	0.76	77.50	29.06	29.06
2		0.76	77.50	29.06	
3		0.78	79.54	29.83	
4		0.74	75.46	28.30	

Fuente: Elaboración propia

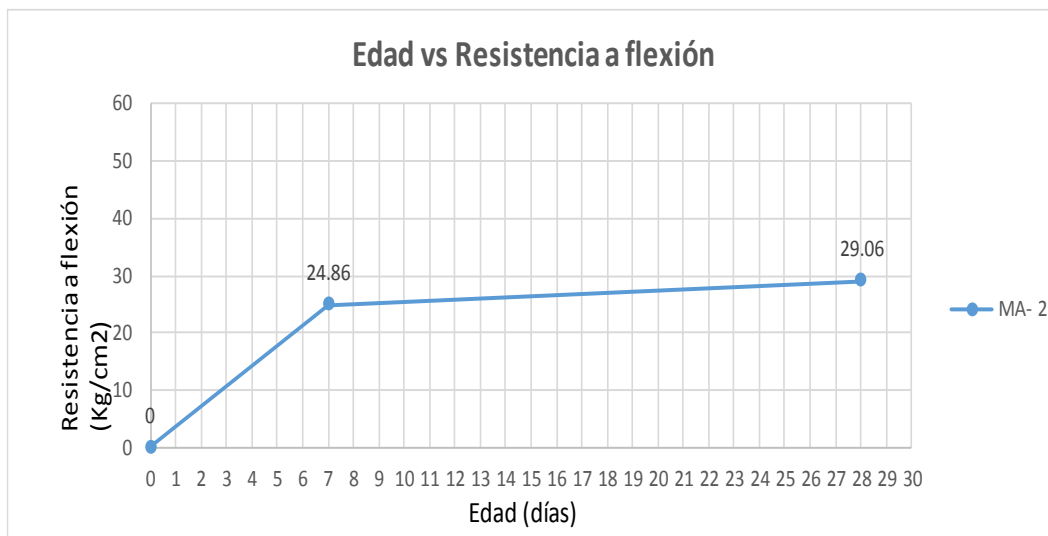


Gráfico N° 15: Resistencia a flexión de mortero **MA-2**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 52: Resultados del ensayo de resistencia a flexión de mortero **MA 2**

ESPECIMEN	EDAD (día)	CARGA DE FLEXION (KN)	CARGA DE FLEXION (Kg)	RESISTENCIA A FLEXION (F't) (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A FLEXION PROMEDIO (F't) (Kg/cm ²)
1	7	0.56	57.10	21.41	21.41
2		0.56	57.10	21.41	
1	28	0.72	73.42	27.53	27.91
2		0.74	75.46	28.30	
3		0.74	75.46	28.30	
4		0.72	73.42	27.53	

Fuente: Elaboración propia

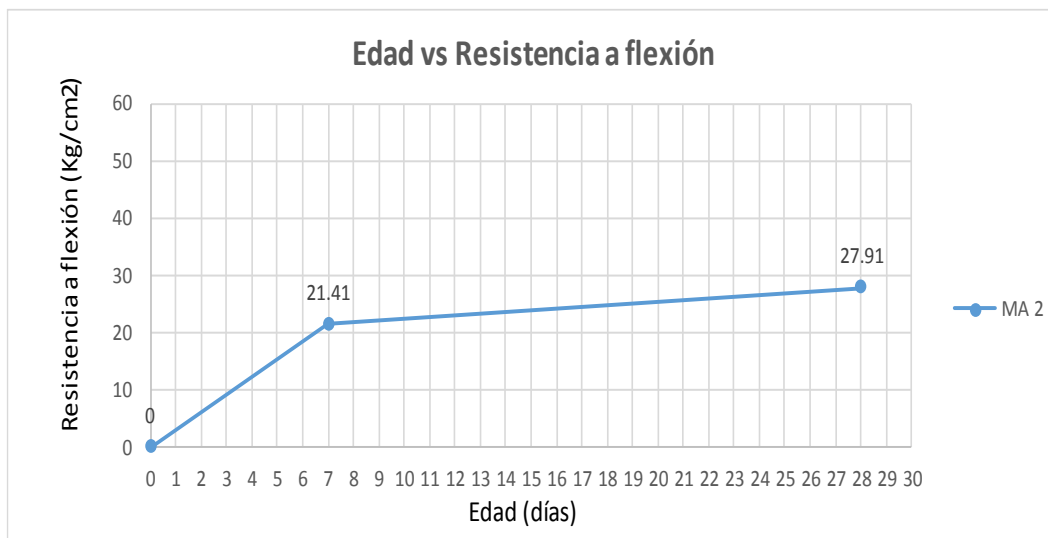


Gráfico N° 16: Resistencia a flexión de mortero **MA 2**

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 53: Resultados del ensayo de resistencia a flexión de mortero **MA+ 2**

ESPECIMEN	EDAD (día)	CARGA DE FLEXION (KN)	CARGA DE FLEXION (Kg)	RESISTENCIA A FLEXION (F't) (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A FLEXION PROMEDIO (F't) (Kg/cm ²)
1	7	0.50	50.99	19.12	19.50
2		0.52	53.02	19.88	
1	28	0.64	65.26	24.47	24.09
2		0.64	65.26	24.47	
3		0.60	61.18	22.94	
4		0.64	65.26	24.47	

Fuente: Elaboración propia

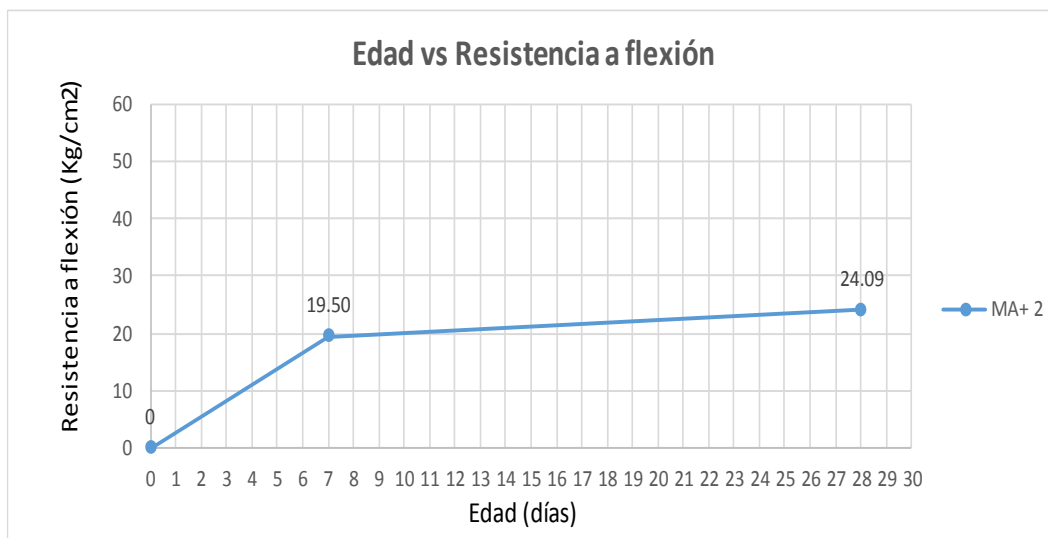


Gráfico N° 17: Resistencia a flexión de mortero MA 2

Fuente: Elaboración propia

6.1.5 Cuadros de resultados de resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería

6.1.5.1 Mortero relación cemento:arena-1:3

Cuadro N° 54: Resultados de ensayos de compresión axial en pilas de albañilería, utilizando el mortero tradicional y los morteros con aditivo (MP1, MA- 1, MA 1, MA+ 1)

CODIFICACION	MUESTRA	Ensayo en (días)	Area Seccion (cm2)	Carga P (Kg)	f' mc Caracteristica (Kg/cm2)
MP 1	1	28	276.00	30600	99.00
	2		274.14	29330	
	3		277.09	30500	
MA- 1	1	28	275.88	27000	90.36
	2		276.41	28200	
	3		278.69	28000	
MA 1	1	28	277.02	25800	82.44
	2		276.49	24800	
	3		277.70	25200	
MA+ 1	1	28	277.02	22600	71.88
	2		274.14	22100	
	3		274.74	20800	

Fuente: Elaboración propia

6.1.5.2 Mortero relación cemento:arena-1:4

Cuadro N° 55: Resultados de ensayos de compresión axial en pilas de albañilería, utilizando el mortero tradicional y los morteros con aditivo (MP2, MA- 2, MA 2, MA+ 2)

CODIFICACION	MUESTRA	Ensayo en (días)	Area Seccion (cm2)	Carga P (Kg)	f' mc Caracteristica (Kg/cm2)
MP 1	1	28	274.74	29000	94.62
	2		273.54	28200	
	3		278.84	28800	
MA- 1	1	28	274.14	25000	81.14
	2		277.63	25400	
	3		275.88	24200	
MA 1	1	28	277.63	24800	77.12
	2		279.99	24200	
	3		275.34	23000	
MA+ 1	1	28	274.74	20500	63.22
	2		279.38	19000	
	3		278.84	20800	

Fuente: Elaboración propia

6.1.6 Cuadros de resultados del ensayo de resistencia a la compresión diagonal (corte) en muretes de albañilería

6.1.6.1 Mortero relación cemento:arena-1:3

Cuadro N° 56: Resultados de ensayos de compresión diagonal en muretes de albañilería, utilizando el mortero tradicional y los morteros con aditivo (MP1, MA- 1, MA 1, MA+ 1)

CODIFICACION	MUESTRA	Ensayo en (días)	Area Seccion (cm2)	Carga P (Kg)	V' mc Caracteristica (Kg/cm2)
MP 1	1	28	733.22	10400	9.04
	2		726.00	9200	
	3		727.21	727.21	
MA- 1	1	28	724.79	6000	5.76
	2		721.20	6200	
	3		719.40	5900	
MA 1	1	28	732.00	5600	5.43
	2		720.00	5800	
	3		728.42	6000	
MA+ 1	1	28	727.21	4640	4.52
	2		726.00	5100	
	3		720.00	4840	

Fuente: Elaboración propia

6.1.6.2 Mortero relación cemento:arena-1:4

Cuadro N° 57: Resultados de ensayos de compresión diagonal en muretes de albañilería, utilizando el mortero tradicional y los morteros con aditivo (**MP2, MA- 2, MA 2, MA+ 2**)

CODIFICACION	MUESTRA	Ensayo en (días)	Area Seccion (cm2)	Carga P (Kg)	V'mc Caracteristica (Kg/cm2)
MP 1	1	28	735.05	8750	7.88
	2		721.20	9250	
	3		738.00	8250	
MA- 1	1	28	724.19	4600	4.53
	2		720.00	5000	
	3		732.61	5200	
MA 1	1	28	726.00	4200	4.06
	2		725.40	4440	
	3		721.20	4800	
MA+ 1	1	28	726.00	4000	3.78
	2		730.17	3900	
	3		727.82	4100	

Fuente: Elaboración propia

6.1.7 Cuadros de resultados del ensayo de corte directo en pilas de albañilería

6.1.7.1 Mortero relación cemento:arena-1:3

Cuadro N° 58: Resultados de ensayo de corte directo en pilas de albañilería usando mortero MP 1

ESPECIMEN	Esfuerzo de confinamiento σ (Kg/cm ²)	Medidas promedio (cm)				Area de corte A (cm ²)	Carga de confinamiento F (kg)	Carga cortante V (kg)	Esfuerzo cortante v (Kg/cm ²)	v prom DE CV %	Esfuerzo de corte corregido v
		Largo		Ancho							
		L1	L2	A1	A2						
MP 1	1.0	22.7	22.8	12.4	12.1	667.60	325	9200	13.78	v prom 14.515	13.83
	1.0	22.9	22.7	12.2	12.1	667.45	320	10100	15.13	DE 0.683	
	1.0	22.9	22.8	12.1	12.2	669.74	322	9800	14.63	CV % 4.71%	
	1.5	23.0	23.0	12.0	12.1	674.20	500	9500	14.09	v 14.593	14.09
	1.5	22.8	22.8	12.1	12.2	667.46	510	10080	15.10	DE 0.506	
	1.5	23.0	22.6	12.1	12.0	665.00	514	9700	14.59	CV % 3.47%	
	2.0	23.0	22.8	12.2	12.0	670.8	660	9900	14.76	v 14.826	14.59
	2.0	22.7	22.5	12.0	12.1	655.95	667	9600	14.64	DE 0.232	
	2.0	22.9	23.0	12.2	12.2	675.54	670	10190	15.08	CV % 1.56%	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 59: Resultados de ensayo de corte directo en pilas de albañilería usando mortero **MA- 1**

ESPECIMEN	Esfuerzo de confinamiento σ (Kg/cm ²)	Medidas promedio (cm)				Area de corte A (cm ²)	Carga de confinamiento F (kg)	Carga cortante V (kg)	Esfuerzo cortante v (Kg/cm ²)	v prom DE CV %	Esfuerzo de corte corregido v
		Largo		Ancho							
	L1	L2	A1	A2							
MA- 1	1.0	22.8	22.7	12.0	12.1	662.76	322	5100	7.70	v prom 8.429	7.76
	1.0	22.9	22.7	12.1	12.1	666.24	327	6000	9.01	DE 0.669	
	1.0	22.9	23.0	12.1	12.3	675.53	324	5800	8.59	CV % 7.94%	
	1.5	23.0	22.6	12.0	12.2	666.20	505	5900	8.86	v 8.348	7.81
	1.5	23.0	23.0	12.2	12.2	677.84	515	5700	8.41	DE 0.542	
	1.5	22.8	22.9	12.1	12.1	668.53	508	5200	7.78	CV % 6.49%	
	2.0	22.6	22.5	12.3	12.0	656.1	662	6100	9.30	v 9.012	8.52
	2.0	22.9	22.7	12.2	12.1	667.45	670	6200	9.29	DE 0.487	
2.0	22.8	22.7	12.1	12.0	662.76	678	5600	8.45	CV % 5.41%		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 60: Resultados de ensayo de corte directo en pilas de albañilería usando mortero **MA 1**

ESPECIMEN	Esfuerzo de confinamiento σ (Kg/cm ²)	Medidas promedio (cm)				Area de corte A (cm ²)	Carga de confinamiento F (kg)	Carga cortante V (kg)	Esfuerzo cortante v (Kg/cm ²)	v prom		Esfuerzo de corte corregido v
		Largo		Ancho						DE	CV %	
	L1	L2	A1	A2								
MA 1	1.0	22.8	22.9	12.1	12.1	668.53	320	7700	11.52	v prom	11.341	10.74
	1.0	22.6	22.5	12.3	12.0	656.10	330	7000	10.67	DE	0.603	
	1.0	22.9	22.7	12.2	12.1	667.45	325	7900	11.84	CV %	5.32%	
	1.5	22.8	23.0	12.1	12.0	669.60	515	7500	11.20	v	11.672	11.26
	1.5	22.7	22.5	12.2	12.1	658.37	510	7800	11.85	DE	0.412	
	1.5	23.0	22.7	12.2	12.0	668.50	508	8000	11.97	CV %	3.53%	
	2.0	22.8	22.7	12.2	12.1	665.18	665	8100	12.18	v	11.525	10.95
	2.0	23.0	22.8	12.1	12.1	670.81	668	7600	11.33	DE	0.579	
2.0	23.0	22.7	12.2	12.0	668.50	660	7400	11.07	CV %	5.03%		

Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro N° 61: Resultados de ensayo de corte directo en pilas de albañilería usando mortero **MA+ 1**

ESPECIMEN	Esfuerzo de confinamiento σ (Kg/cm ²)	Medidas promedio (cm)				Area de corte A (cm ²)	Carga de confinamiento F (kg)	Carga cortante V (kg)	Esfuerzo cortante v (Kg/cm ²)	v prom DE CV %	Esfuerzo de corte corregido v
		Largo		Ancho							
		L1	L2	A1	A2						
MA+ 1	1.0	23.0	22.7	12.2	12.0	668.50	321	5900	8.83	v prom 9.528 DE 0.618 CV % 6.49%	8.91
	1.0	22.8	22.7	12.2	12.1	665.18	332	6500	9.77		
	1.0	23.0	22.8	12.1	12.1	670.81	327	6700	9.99		
	1.5	23.0	22.7	12.2	12.0	668.50	517	6300	9.42	v 9.806 DE 0.392 CV % 3.99%	9.41
	1.5	22.8	22.6	12.2	12.2	664.12	513	6500	9.79		
	1.5	22.8	22.8	12.0	12.2	666.24	507	6800	10.21		
	2.0	23.0	23.0	12.3	12.1	677.83	663	6700	9.88	v 9.701 DE 0.290 CV % 2.99%	9.41
	2.0	22.6	22.7	12.2	12.2	661.86	660	6200	9.37		
	2.0	22.8	22.8	12.3	12.2	669.90	670	6600	9.85		

Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro N° 62: Resultados de ensayo de corte directo en pilas de albañilería ajuste por mínimos cuadrados

ESPECIMEN	Ptos n	$\Sigma \sigma$	Σv	$\Sigma \sigma^2$	$\Sigma \sigma \times v$	u	f	$v = u + f \cdot \sigma$
MP 1	3	4.5	42.51	7.25	64.15	13.028	0.762	$v = 13.028 + 0.762\sigma$
MA- 1	3	4.5	24.09	7.25	36.52	6.882	0.765	$v = 6.882 + 0.765\sigma$
MA 1	3	4.5	32.94	7.25	49.52	10.668	0.208	$v = 10.668 + 0.208\sigma$
MA+ 1	3	4.5	27.74	7.25	41.86	8.493	0.501	$v = 8.493 + 0.501\sigma$

Fuente: Elaboración propia

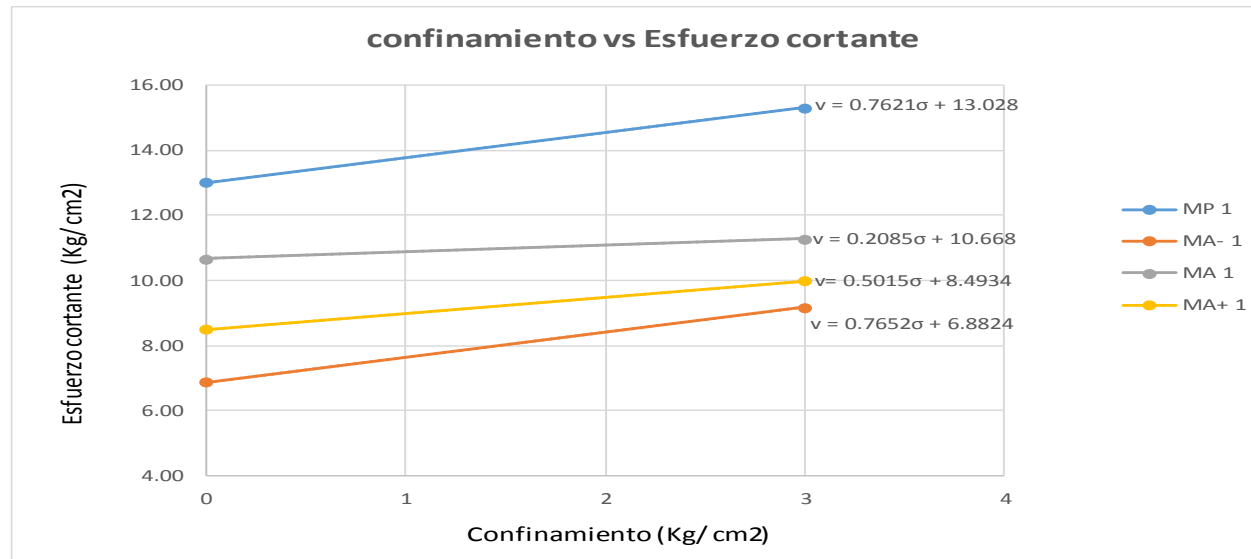


Gráfico N° 18: Ensayo de corte directo en pilas de albañilería C:A-1:3

Fuente: Elaboración propia

6.1.7.2 Mortero relación cemento:arena-1:4

Cuadro N° 63: Resultados de ensayo de corte directo en pilas de albañilería usando mortero **MP 2**

ESPECIMEN	Esfuerzo de confinamiento σ (Kg/cm ²)	Medidas promedio (cm)				Area de corte A (cm ²)	Carga de confinamiento F (kg)	Carga cortante V (kg)	Esfuerzo cortante v (Kg/cm ²)	v prom		Esfuerzo de corte corregido v
		Largo		Ancho						DE	CV %	
	L1	L2	A1	A2								
MP 2	1.0	22.7	22.7	12.1	12.1	661.70	322	8500	12.85	v prom	12.764	12.527
	1.0	22.7	22.7	12.2	12.2	664.13	325	8600	12.95	DE	0.237	
	1.0	22.9	22.8	12.4	12.1	672.16	320	8400	12.50	CV %	1.86%	
	1.5	22.9	22.7	12.2	12.1	667.45	504	8600	12.88	v	13.183	12.820
	1.5	22.9	22.8	12.1	12.2	669.74	507	9100	13.59	DE	0.363	
	1.5	22.6	22.8	12.2	12.3	665.34	510	8700	13.08	CV %	2.76%	
	2.0	23.0	22.8	12.1	12.1	670.81	661	10100	15.06	v	13.764	12.638
	2.0	22.8	23.0	12.0	12.1	669.6	665	8700	12.99	DE	1.126	
	2.0	23.0	22.8	12.1	12.2	672.02	672	8900	13.24	CV %	8.18%	

Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro N° 64: Resultados de ensayo de corte directo en pilas de albañilería usando mortero **MA- 1**

ESPECIMEN	Esfuerzo de confinamiento σ (Kg/cm ²)	Medidas promedio (cm)				Area de corte A (cm ²)	Carga de confinamiento F (kg)	Carga cortante V (kg)	Esfuerzo cortante v (Kg/cm ²)	v prom		Esfuerzo de corte corregido v
		Largo		Ancho						DE	CV %	
		L1	L2	A1	A2							
MA- 2	1.0	22.9	22.8	12.2	12.3	672.18	330	4500	6.69	v prom	6.971	6.581
	1.0	22.6	22.8	12.1	12.1	661.69	328	4500	6.80	DE	0.390	
	1.0	23.0	23.0	12.0	12.1	674.2	322	5000	7.42	CV %	5.59%	
	1.5	22.8	22.8	12.1	12.2	667.46	503	5200	7.79	v	7.217	6.720
	1.5	23.0	22.6	12.1	12.0	665.00	513	4600	6.92	DE	0.497	
	1.5	23.1	22.7	12.2	12.5	676.87	507	4700	6.94	CV %	6.88%	
	2.0	23.0	22.8	12.2	12.0	670.8	668	5100	7.60	v	7.349	7.126
	2.0	22.7	22.8	12.3	12.2	667.62	670	4800	7.19	DE	0.222	
	2.0	22.9	23.0	12.2	12.2	675.54	665	4900	7.25	CV %	3.03%	

Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro N° 65: Resultados de ensayo de corte directo en pilas de albañilería usando mortero **MA 1**

ESPECIMEN	Esfuerzo de confinamiento σ	Medidas promedio (cm)				Area de corte A (cm ²)	Carga de confinamiento F (kg)	Carga cortante V (kg)	Esfuerzo cortante v (Kg/cm ²)	v prom		Esfuerzo de corte corregido v
		Largo		Ancho						DE	CV %	
	(Kg/cm ²)	L1	L2	A1	A2	(cm ²)	(kg)	(kg)	(Kg/cm ²)			
MA 2	1.0	23.0	22.7	12.2	12.0	668.50	319	6800	10.17	v prom	10.427	10.176
	1.0	22.8	22.7	12.2	12.1	665.18	322	7100	10.67	DE	0.251	
	1.0	23.0	22.8	12.1	12.1	670.81	325	7000	10.44	CV %	2.41%	
	1.5	23.0	22.7	12.2	12.0	668.50	517	6900	10.32	v	10.155	9.958
	1.5	22.8	22.6	12.2	12.2	664.12	512	6600	9.94	DE	0.197	
	1.5	22.8	22.8	12.0	12.2	666.24	508	6800	10.21	CV %	1.94%	
	2.0	23.0	23.0	12.3	12.1	677.83	678	6900	10.18	v	10.456	10.216
	2.0	22.6	22.7	12.2	12.2	661.86	670	7000	10.58	DE	0.241	
	2.0	22.8	22.8	12.3	12.2	669.90	675	7110	10.61	CV %	2.30%	

Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro N° 66: Resultados de ensayo de corte directo en pilas de albañilería usando mortero **MA+ 1**

ESPECIMEN	Esfuerzo de confinamiento σ (Kg/cm ²)	Medidas promedio (cm)				Area de corte A (cm ²)	Carga de confinamiento F (kg)	Carga cortante V (kg)	Esfuerzo cortante v (Kg/cm ²)	v prom		Esfuerzo de corte corregido v
		Largo		Ancho						DE	CV %	
	L1	L2	A1	A2								
MA+ 2	1.0	22.8	22.8	12.0	12.2	666.24	321	6100	9.16	v prom	9.276	9.002
	1.0	23.0	23.0	12.3	12.1	677.83	332	6500	9.59	DE	0.274	
	1.0	22.6	22.7	12.2	12.1	660.64	327	6000	9.08	CV %	2.96%	
	1.5	22.8	22.8	12.3	12.2	669.90	517	6900	10.30	v	9.746	9.249
	1.5	22.7	22.7	12.2	12.2	664.13	513	6200	9.34	DE	0.498	
	1.5	22.7	22.8	12.2	12.2	666.40	507	6400	9.60	CV %	5.11%	
	2.0	22.9	23.0	12.3	12.1	675.53	663	6500	9.62	v	9.385	9.070
	2.0	23.0	22.8	12.3	12.3	675.69	660	6100	9.03	DE	0.315	
	2.0	22.6	22.8	12.2	12.1	662.90	670	6300	9.50	CV %	3.35%	

Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro N° 67: Resultados de ensayo de corte directo en pilas de albañilería ajuste por mínimos cuadrados

ESPECIMEN	Ptos n	$\Sigma \sigma$	Σv	$\Sigma \sigma^2$	$\Sigma \sigma \times v$	u	f	$v = u + f.\sigma$
MP 2	3	4.5	37.98	7.25	57.03	12.495	0.111	$v = 12.495 + 0.111\sigma$
MA- 2	3	4.5	20.43	7.25	30.91	5.991	0.545	$v = 5.991 + 0.545\sigma$
MA 2	3	4.5	30.35	7.25	45.55	10.057	0.040	$v = 10.057 + 0.04\sigma$
MA+ 2	3	4.5	27.32	7.25	41.01	9.004	0.068	$v = 9.004 + 0.068\sigma$

Fuente: Elaboración propia

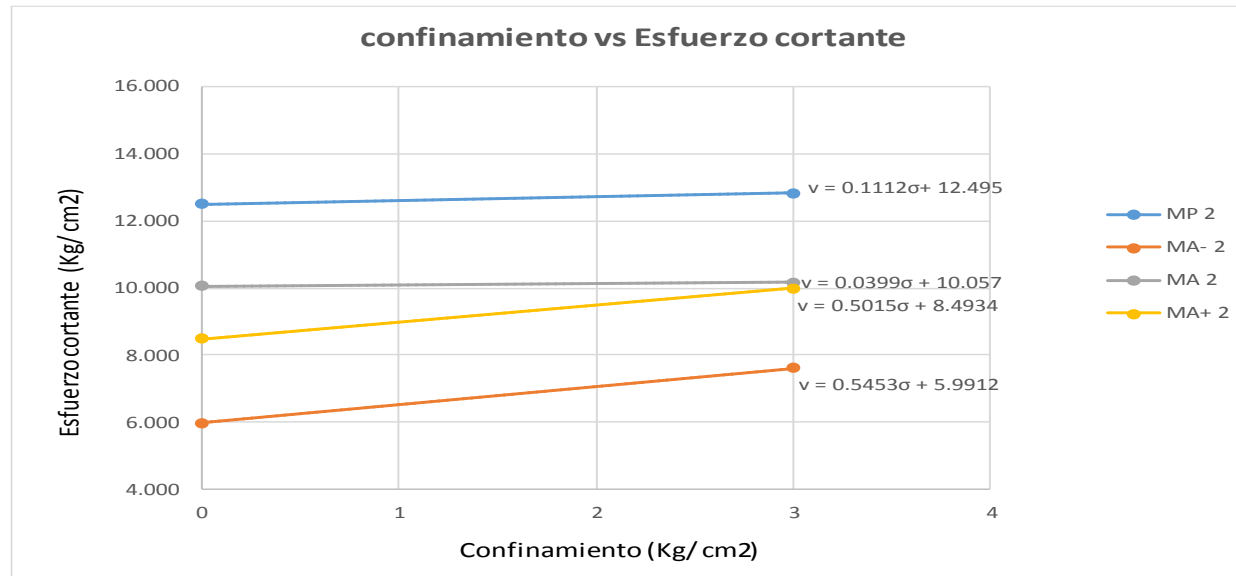


Gráfico N° 19: Ensayo de corte directo en pilas de albañilería C:A-1:4

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VII: ANÁLISIS DE RESULTADOS

El presente capítulo trata del análisis y comparación de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, tanto de los materiales componentes del muro de albañilería como pilas y muretes; con la finalidad de determinar la influencia del aditivo SIKATOP-77 en las propiedades de resistencia del muro de albañilería

7.1 Análisis de resultados en la arena

La arena utilizada en la preparación del mortero en la fabricación de pilas y muretes fue arena de Carabayllo, en la cual se eliminaron pesos retenidos en la malla N° 4, aproximadamente el 80% de la malla N° 8 y el 50% de la malla N°16 mediante el tamizado. A continuación analizaremos los resultados obtenidos en los ensayos realizados en el laboratorio.

La granulometría de la arena, gráfico N° 1 se encuentra dentro de los límites establecidos por las normas ASTM-C144 y E-070. Tiene como máximo 48.89% de peso retenido entre mallas consecutivas, siendo menor al 50%; además tiene 20.88% y 13.09% de pesos retenidos en las mallas N° 50 y N° 100, respectivamente, por tanto son menores al 25% limitado por la norma ASTM-C144; el material más fino que es la malla N° 200 es de 4.23%, siendo menor al 10% límite máximo fijado por la norma ASTM-C144; el módulo de finura 2.41 se encuentra entre 1.6 y 2.5 de acuerdo a la norma E-070 y el contenido de humedad de 1.45%.

El peso unitario suelto 1605.99 Kg/m³, Peso unitario compactado 1888.51 Kg/m³, peso específico 2.58 g/cm³ de la arena, se encuentran dentro de los valores correspondientes a la arena de Carabayllo, estas propiedades no son limitadas por las normas correspondientes a las arenas usadas en morteros de albañilería.

7.2 Análisis de resultados de las unidades de albañilería de arcilla cocida

Las unidades utilizadas en la fabricación de las pilas y muretes fueron del ladrillo King Kong de 18 huecos, los cuales son fabricados industrialmente de 23 x 12.5 x 9. A continuación analizaremos los resultados obtenidos de los ensayos realizados con dichas unidades cuadro N° 21.

Las unidades de albañilería con un porcentaje de variación máximo en dimensión de 2.86%, alabeo máximo de 1.25 mm, resistencia a la compresión axial 199.98 Kg/cm² con respecto al área neta, absorción 11.04% corresponden a la unidad tipo V de la clasificación NTP 399.613 nos indica que trata de un ladrillo de resistencia y durabilidad muy altas, aptos para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

7.3 Análisis de resultados del mortero

7.3.1 Mortero relación cemento:arena-1:3

7.3.1.1 Fluidez y peso unitario

Cuadro N° 68: Comparación de resultados del ensayo de fluidez y P.U. con mortero **C:A-1:3**

ENSAYO	MP 1	MA- 1	MA 1	MA+ 1
Fluidez	108.70	80.12	75.77	60.37
P.U.	2085.42	1971.25	1954.50	1937.25
COMPARACIÓN EN PORCENTAJE				
Fluidez	100%	73.70%	69.70%	55.53%
P.U.	100%	94.53%	93.72%	92.89%

Fuente: Elaboración propia

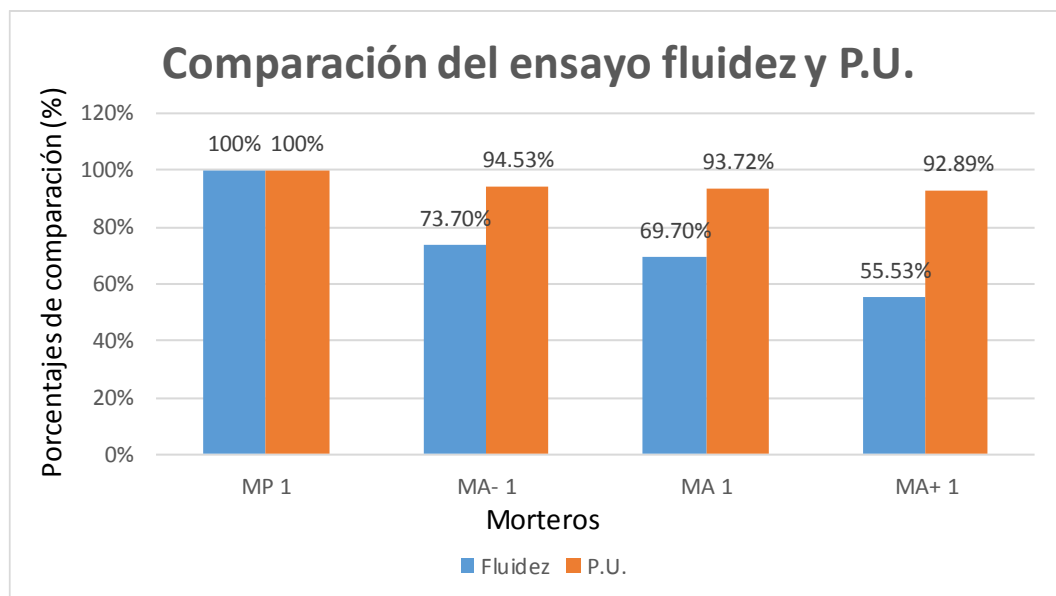


Gráfico N° 20: Comparación de resultados en porcentajes del ensayo de fluidez y P.U.

Fuente: *Elaboración propia*

RESUMEN

- La fluidez de todos los morteros con aditivo son menores al valor máximo permitido por la NTP 334.051.
- El MA 1 Y MA+ 1 poseen valores de fluidez mínimos.
- El peso unitario disminuye a medida que se aumenta la cantidad de aditivo.

7.3.1.2 Resistencia a la compresión

Cuadro N° 69: Comparación de resultados del ensayo de compresión en cubos de mortero **C:A-1:3**

Edad (Días)	MP 1	MA- 1	MA 1	MA+ 1
3	97.75	64.12	61.11	59.32
7	124.23	78.69	67.82	64.11
28	164.71	107.51	102.91	91.32
COMPARACIÓN EN PORCENTAJE				
3	100%	65.59%	62.52%	60.68%
7	100%	63.34%	54.59%	51.60%
28	100%	65.27%	62.48%	55.44%

Fuente: *Elaboración propia*

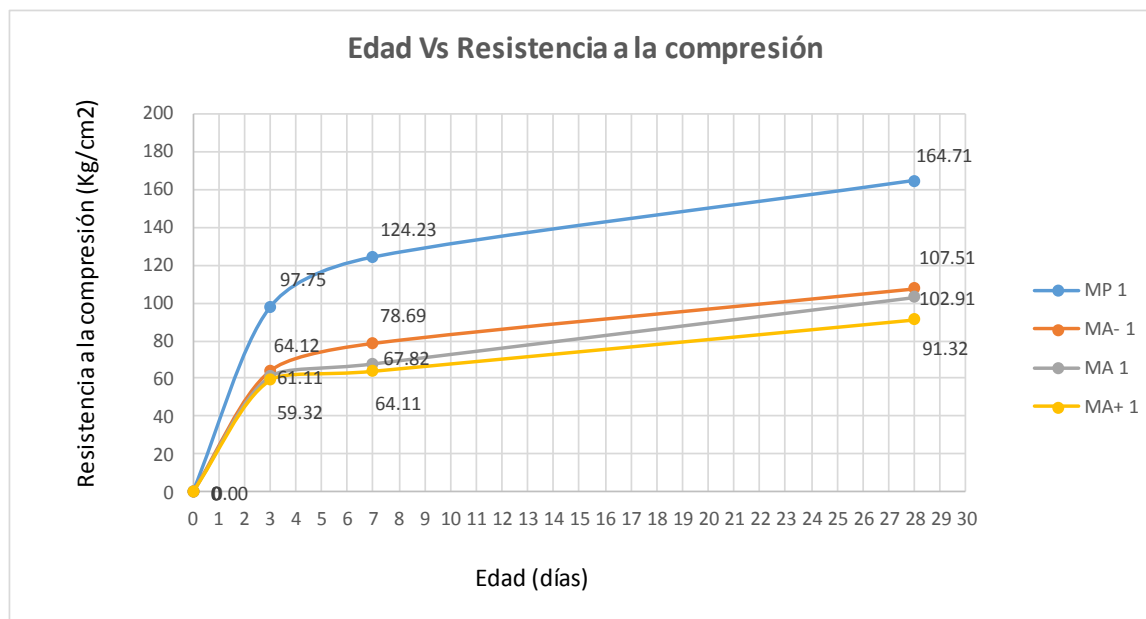


Gráfico N° 21: Comparación de resultados del ensayo resistencia de compresión en cubos de mortero **C:A-1:3**

Fuente: *Elaboración propia*

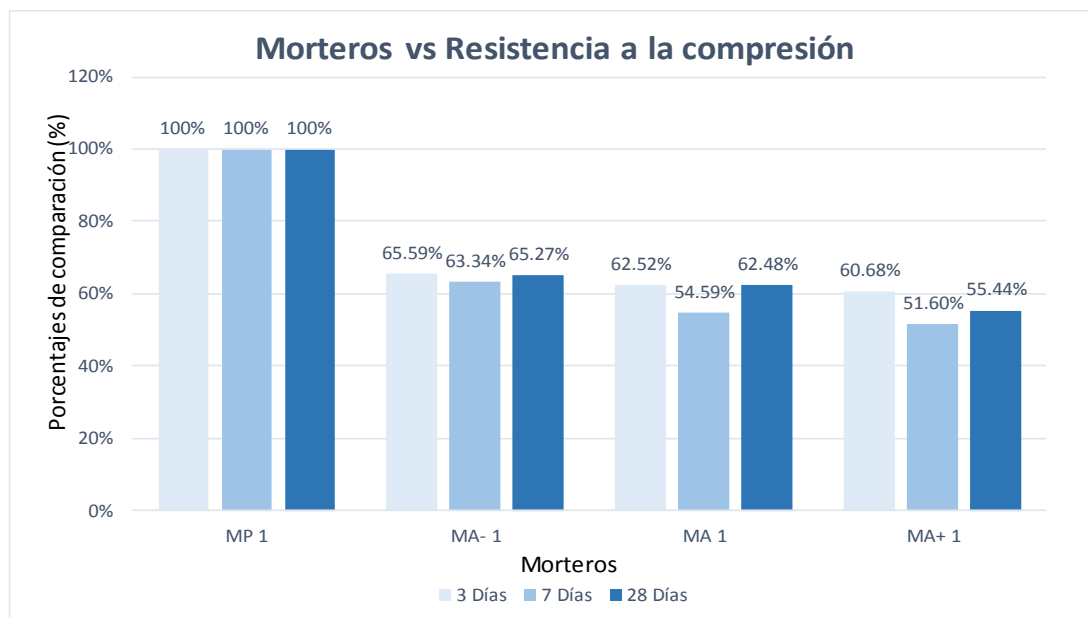


Gráfico N° 22: Comparación de resultados en porcentajes del ensayo de compresión en cubos de mortero

Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro N° 70: Comparación de resultados de cantidad de cemento por m3 y resistencia a la compresión en cubos de mortero **C:A-1:3**

Especimen	Cemento por m3 (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION F'c (Kg/cm2)
MP 1	279.43	164.71
MA- 1	270.25	107.51
MA 1	268.98	102.91
MA+ 1	267.73	91.32
COMPARACIÓN EN PORCENTAJE		
MP 1	100%	100%
MA- 1	96.71%	65.27%
MA 1	96.26%	62.48%
MA+ 1	95.81%	55.44%

Fuente: *Elaboración propia*

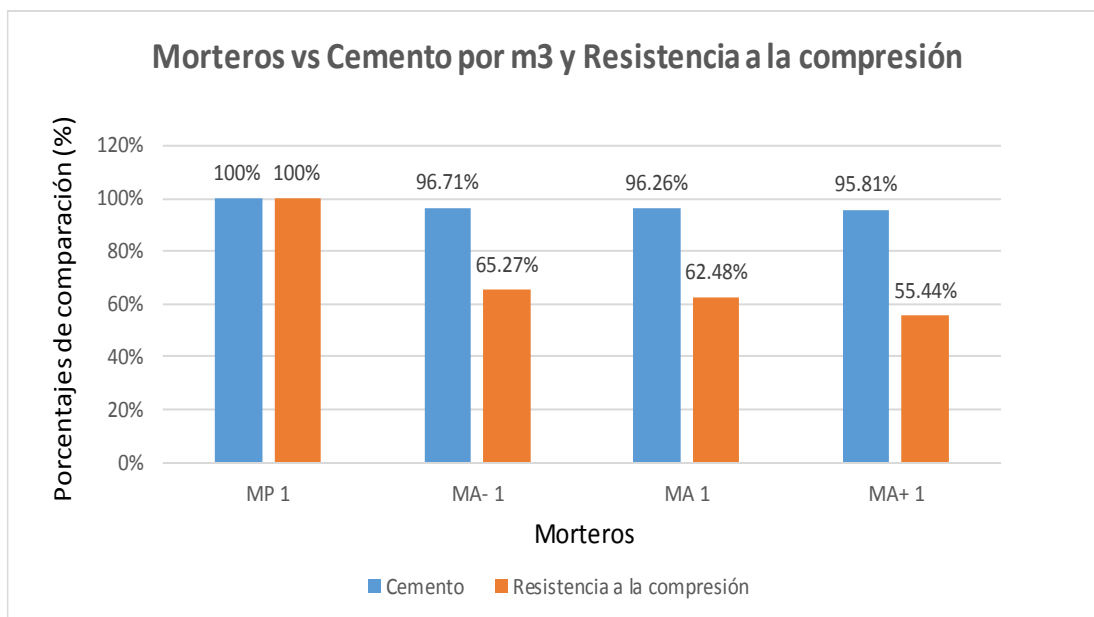


Gráfico N° 23: Comparación de resultados de la cantidad de cemento por m3 y resistencia a la compresión en cubos de mortero **C:A-1:3**

Fuente: *Elaboración propia*

RESUMEN

- El diseño MP 1, tienen mayores valores que los morteros con aditivo.
- Los diseños MA- 1, MA 1 y MA+ 1, tienen menores valores que el mortero patrón en su edad de los 28 días.
- A medida que se agrega aditivo, la resistencia a la compresión disminuye progresivamente como se observa en el gráfico N° 21
- El mortero MP 1 es el diseño óptimo (216.55 kg/cm^2) y el diseño MA+ 2 es el deficiente (171.14 kg/cm^2) en su edad de 28 días.
- A medida que se agrega aditivo, disminuye la cantidad de cemento y la resistencia a la compresión disminuye progresivamente como se observa en el gráfico N° 23

7.3.1.3 Resistencia a flexión

Cuadro N° 71: Comparación de resultados del ensayo a flexión de mortero C:A-1:3

Edad (Días)	MP 2	MA- 2	MA 2	MA+ 2
7	37.28	30.59	29.83	26.77
28	54.01	39.19	37.09	34.80
COMPARACIÓN EN PORCENTAJE				
7	100%	82.05%	80.00%	71.79%
28	100%	72.57%	68.67%	64.42%

Fuente: *Elaboración propia*

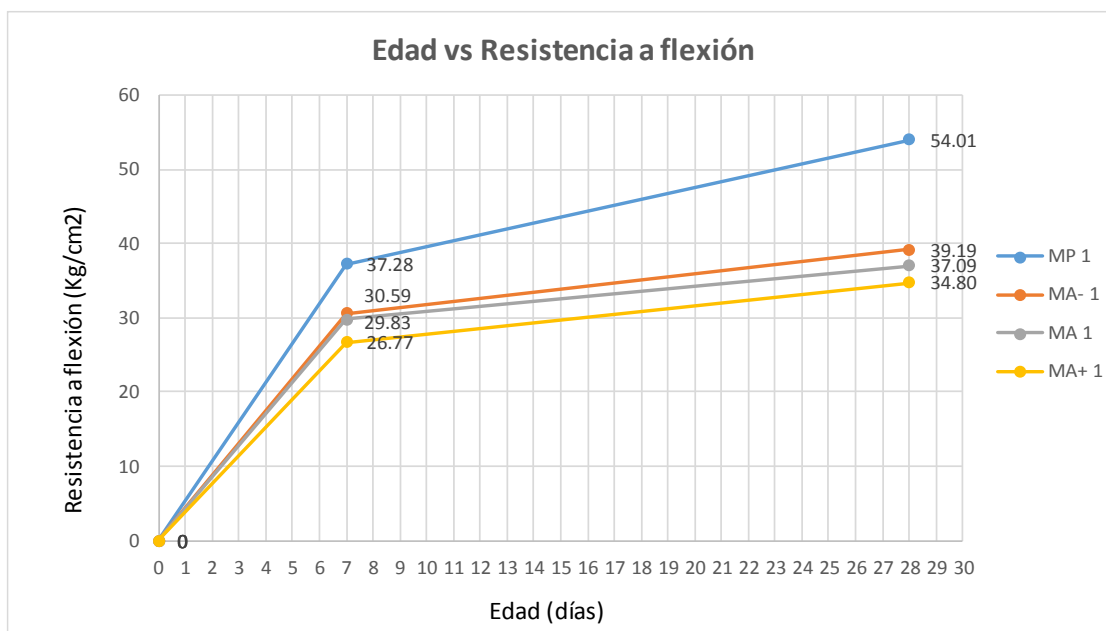


Gráfico N° 24: Comparación de resultados del ensayo de resistencia a flexión del mortero

Fuente: *Elaboración propia*

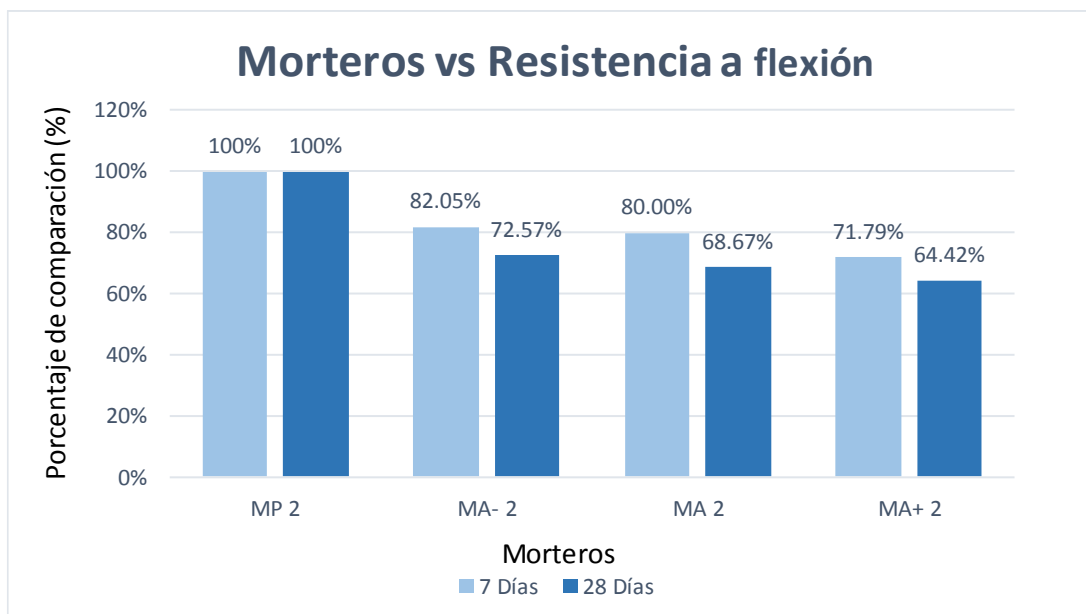


Gráfico N° 25: Comparación de resultados en porcentaje de resistencia a flexión del mortero

Fuente: *Elaboración propia*

RESUMEN

- El diseño MP 1, tienen mayores valores a los 7 días y 28 días respecto al mortero con aditivo.
- A medida que se agrega aditivo, la resistencia a flexión disminuye progresivamente como se observa en el gráfico N° 24.
- El diseño MP 1 es el diseño óptimo (54.01 kg/cm^2) y el diseño MA+ 1 es el deficiente (34.80 kg/cm^2) en su edad de 28 días.

7.3.2 Mortero relación cemento:arena-1:4

7.3.2.1 Fluidez y peso unitario

Cuadro N° 72: Comparación de resultados del ensayo de fluidez y P.U. mortero con **C:A-1:4**

ENSAYO	MP 2	MA- 2	MA 2	MA+ 2
Fluidez	111.75	85.07	68.46	55.96
P.U.	2072	1960	1950	1940
COMPARACIÓN EN PORCENTAJE				
Fluidez	100%	76.13%	61.27%	50.08%
P.U.	100%	94.59%	94.11%	93.63%

Fuente: *Elaboración propia*

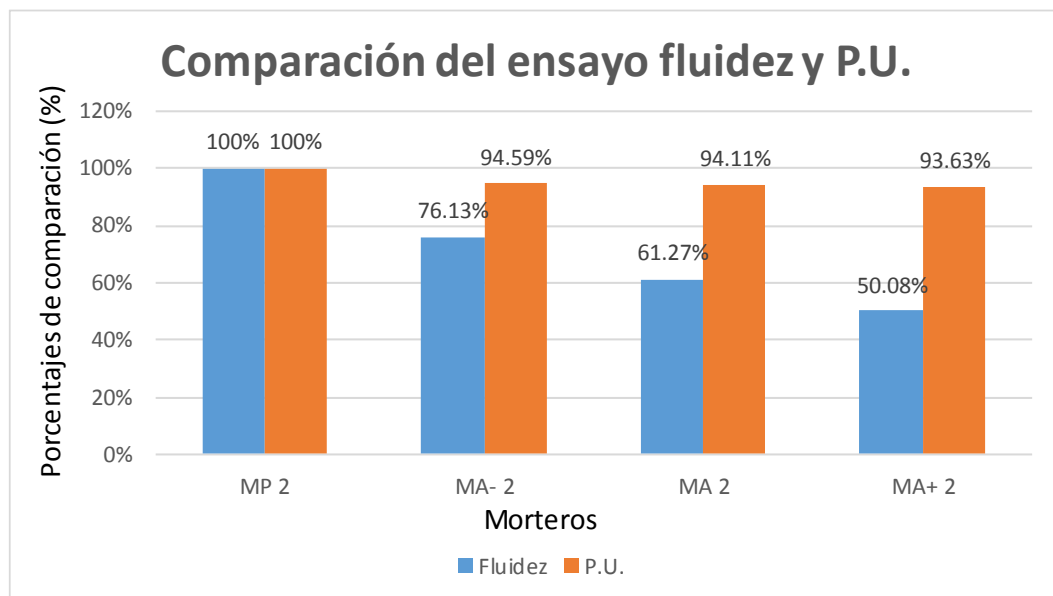


Gráfico N° 26: Comparación de resultados en porcentajes del ensayo de fluidez y P.U. **C:A-1:4**

Fuente: *Elaboración propia*

7.3.2.2 Resistencia a la compresión

Cuadro N° 73: Comparación de resultados del ensayo de compresión en cubos de mortero **C:A-1:4**

Edad (días)	MP 2	MA- 2	MA 2	MA+ 2
3	66.99	43.60	36.93	36.52
7	93.79	50.67	49.86	44.63
28	116.94	78.47	64.99	62.64
COMPARACIÓN EN PORCENTAJE				
3	100%	65.09%	55.14%	54.52%
7	100%	54.03%	53.16%	47.59%
28	100%	67.11%	55.57%	53.57%

Fuente: *Elaboración propia*

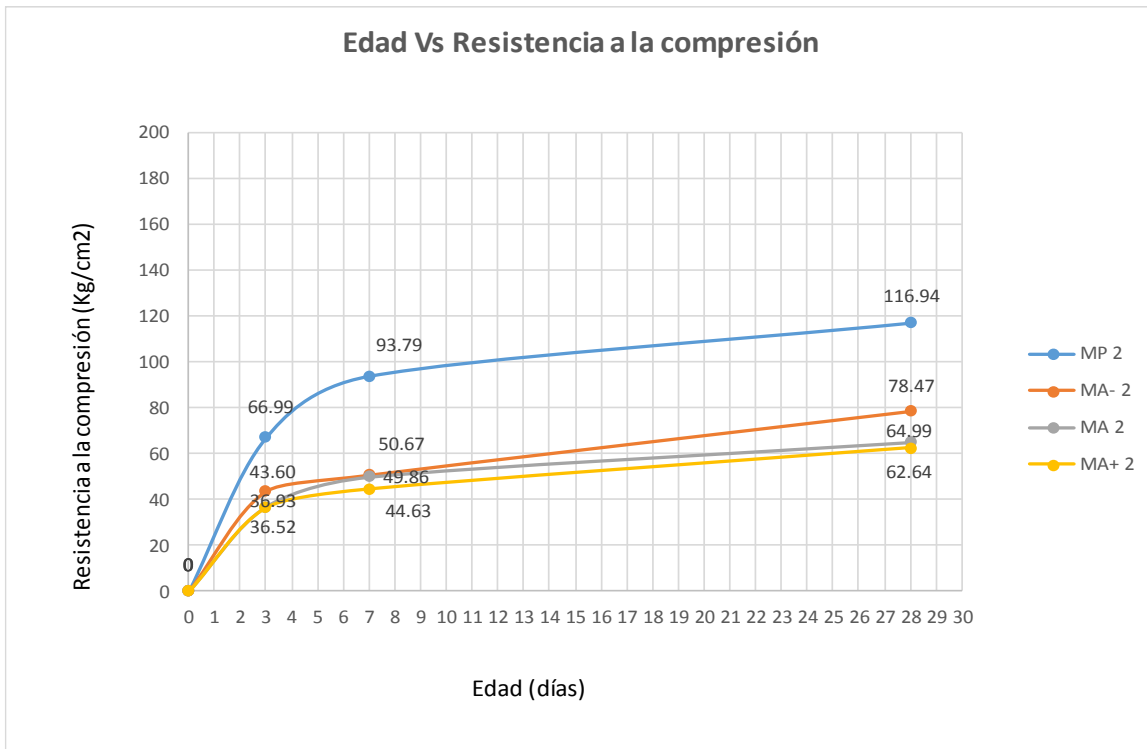


Gráfico N° 27: Comparación de resultados del ensayo resistencia de compresión en cubos de mortero **C:A-1:4**

Fuente: *Elaboración propia*

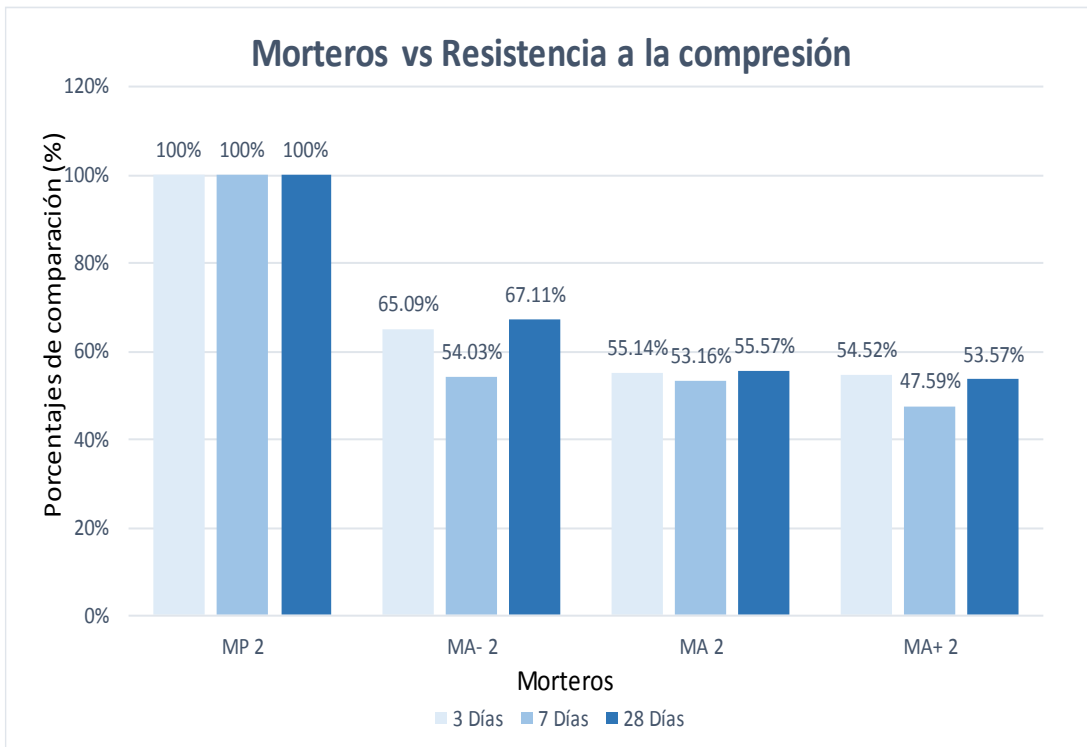


Gráfico N° 28: Comparación de resultados en porcentajes del ensayo de compresión en cubos de mortero **C:A-1:4**

Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro N° 74: Comparación de resultados de cantidad de cemento por m3 y resistencia a la compresión en cubos de mortero **C:A-1:4**

Especimen	Cemento por m3 (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION F'c (Kg/cm2)
MP 1	225.76	116.94
MA- 1	218.34	78.47
MA 1	217.32	64.99
MA+ 1	216.31	62.64
COMPARACIÓN EN PORCENTAJE		
MP 1	100%	100%
MA- 1	96.71%	67.11%
MA 1	96.26%	55.57%
MA+ 1	95.81%	53.57%

Fuente: *Elaboración propia*

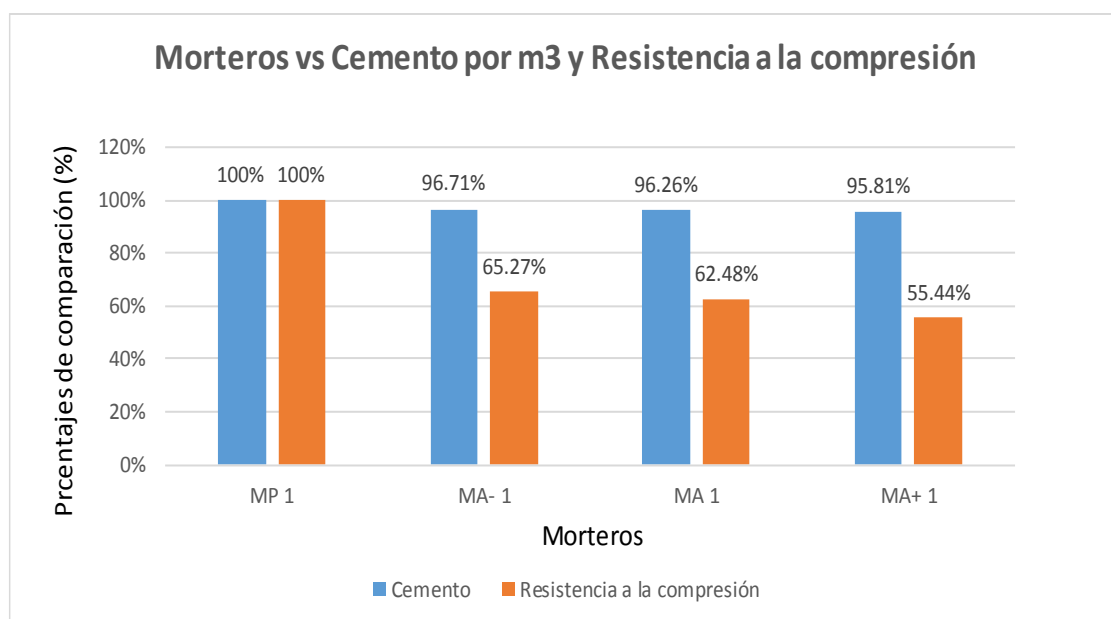


Gráfico N° 29: Comparación de resultados de la cantidad de cemento por m3 y resistencia a la compresión en cubos de mortero **C:A-1:4**

Fuente: *Elaboración propia*

RESUMEN

- El diseño MP 2, tienen mayores valores que los morteros con aditivo.
- Los diseños MA- 2, MA 2 y MA+ 2, tienen menores valores que el mortero patrón en su edad de los 28 días.

- A medida que se agrega aditivo, la resistencia a la compresión disminuye progresivamente como se observa en el gráfico N° 25
- El mortero MP 1 es el diseño óptimo (116.94 kg/cm²) y el diseño MA+ 2 es el deficiente (62.64 kg/cm²) en su edad de 28 días.
- A medida que se agrega aditivo, disminuye la cantidad de cemento y la resistencia a la compresión disminuye progresivamente como se observa en el gráfico N° 29

7.3.2.3 Resistencia a flexión

Cuadro N° 75: Comparación de resultados del ensayo a flexión de mortero **C:A-1:4**

Edad (Días)	MP 2	MA- 2	MA 2	MA+ 2
7	26.00	24.86	21.41	19.50
28	41.68	29.06	27.91	24.09
COMPARACIÓN EN PORCENTAJE				
7	100%	95.59%	82.35%	75.00%
28	100%	69.72%	66.97%	57.80%

Fuente: *Elaboración propia*

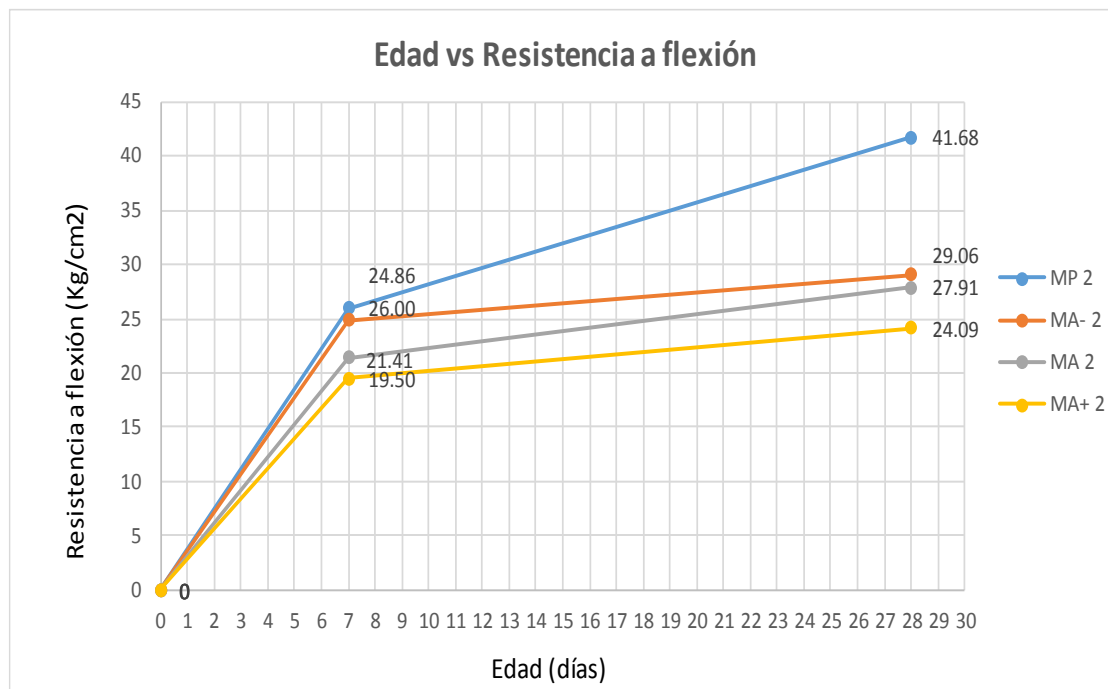


Gráfico N° 30: Comparación de resultados del ensayo de resistencia a flexión del mortero **C:A-1:4**

Fuente: *Elaboración propia*

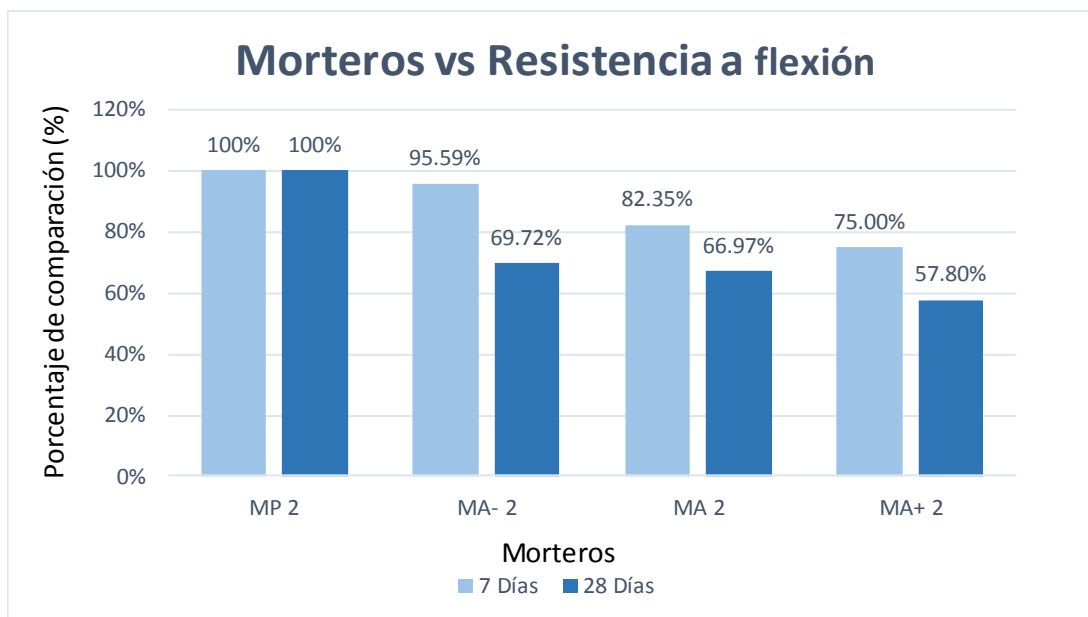


Gráfico N° 31: Comparación de resultados en porcentaje de resistencia a flexión del mortero C:A-1:4

Fuente: *Elaboración propia*

RESUMEN

- El diseño MP 2, tienen mayores valores a los 7 días y 28 días respecto al mortero con aditivo.
- A medida que se agrega aditivo, la resistencia a flexión disminuye progresivamente como se observa en el gráfico N° 28.
- El diseño MP 2 es el diseño óptimo (41.68 kg/cm^2) y el diseño MA+ 2 es el deficiente (24.09 kg/cm^2) en su edad de 28 días.

7.4 Análisis de resultados de compresión axial en pilas de albañilería

7.4.1 Mortero relación cemento:arena-1:3

Cuadro N° 76: Comparación de resultados del ensayo de compresión axial en pilas de albañilería con mortero **C:A-1:3**

CODIFICACION	Ensayos de compresion en pilas de albañileria a los 28 días	
	Kg/cm2	%
MP 1	99.00	100%
MA- 1	90.36	91%
MA 1	82.44	83%
MA+ 1	71.88	73%

Fuente: *Elaboración propia*

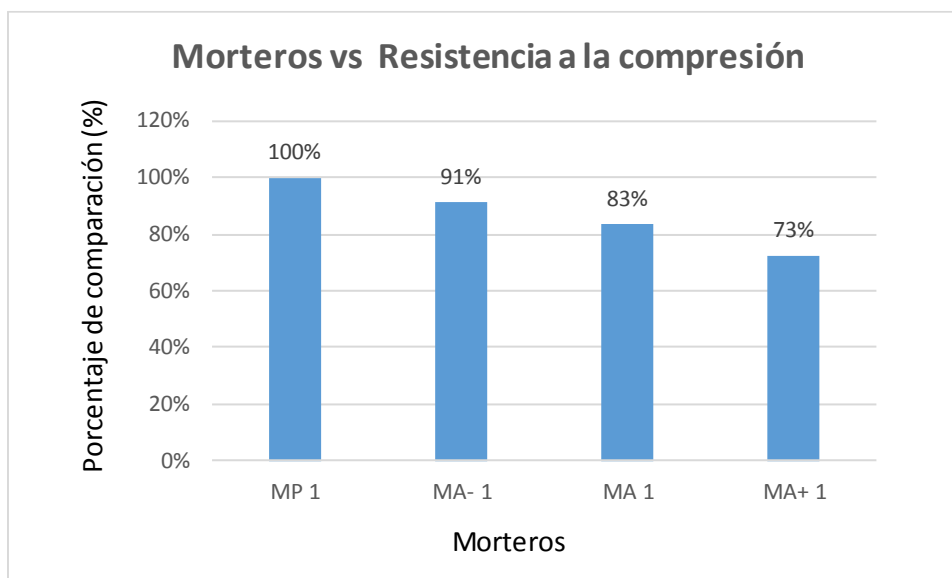


Gráfico N° 32: Comparación de resultados en porcentaje de resistencia de compresión axial en pilas de albañilería con mortero **C:A-1:3**

Fuente: *Elaboración propia*

RESUMEN

- El diseño MP 1, tienen mayores valores a los 28 días respecto al mortero con aditivo.
- A medida que se agrega aditivo, la resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería disminuye progresivamente como se observa en el gráfico N° 30.
- El diseño MP 1 es el diseño óptimo (99.00 kg/cm²) y el diseño MA+ 1 es el deficiente (71.88 kg/cm²) en su edad de 28 días.

7.4.2 Mortero relación cemento:arena-1:4

Cuadro N° 77: Comparación de resultados del ensayo de compresión axial en pilas de albañilería con mortero **C:A-1:4**

CODIFICACION	Ensayos de compresion en pilas de albañileria a los 28 días	
	Kg/cm2	%
MP 2	94.62	100%
MA- 2	81.14	86%
MA 2	77.12	81%
MA+2	63.22	67%

Fuente: *Elaboración propia*

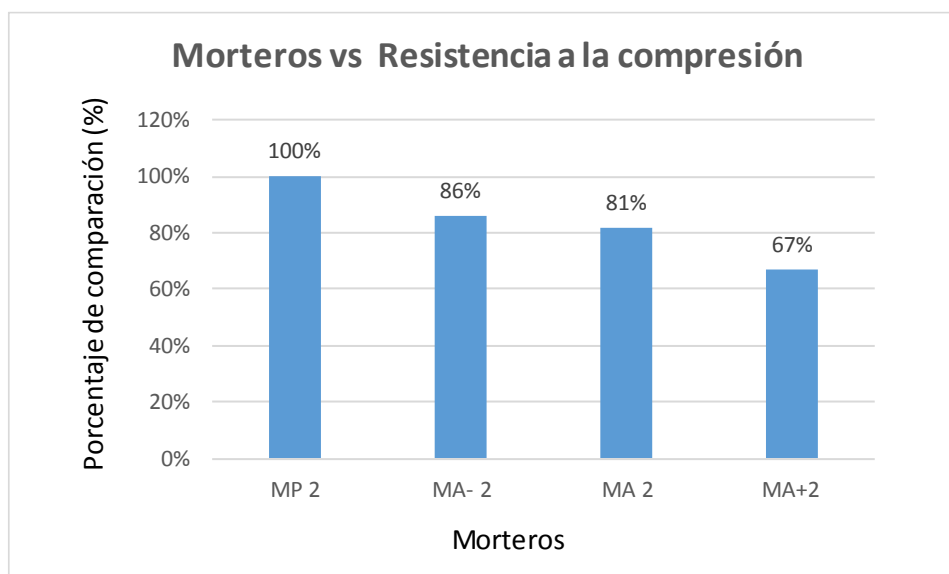


Gráfico N° 33: Comparación de resultados en porcentaje de resistencia de compresión axial en pilas de albañilería con mortero **C:A-1:4**

Fuente: *Elaboración propia*

RESUMEN

- El diseño MP 2, tienen mayores valores a los 28 días respecto al mortero con aditivo.
- A medida que se agrega aditivo, la resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería disminuye progresivamente como se observa en el gráfico N° 31.
- El diseño MP 2 es el diseño óptimo (94.00 kg/cm²) y el diseño MA+ 2 es el deficiente (63.22 kg/cm²) en su edad de 28 días.

7.5 Análisis de resultados de compresión diagonal (corte) en muretes de albañilería

7.5.1 Mortero relación cemento:arena-1:3

Cuadro N° 78: Comparación de resultados del ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería con mortero **C:A-1:3**

CODIFICACION	Ensayos de compresion diagonal en muretes de albañileria a los 28 dias	
	Kg/cm2	%
MP 1	9.04	100%
MA- 1	5.76	64%
MA 1	5.43	60%
MA+ 1	4.52	50%

Fuente: Elaboración propia

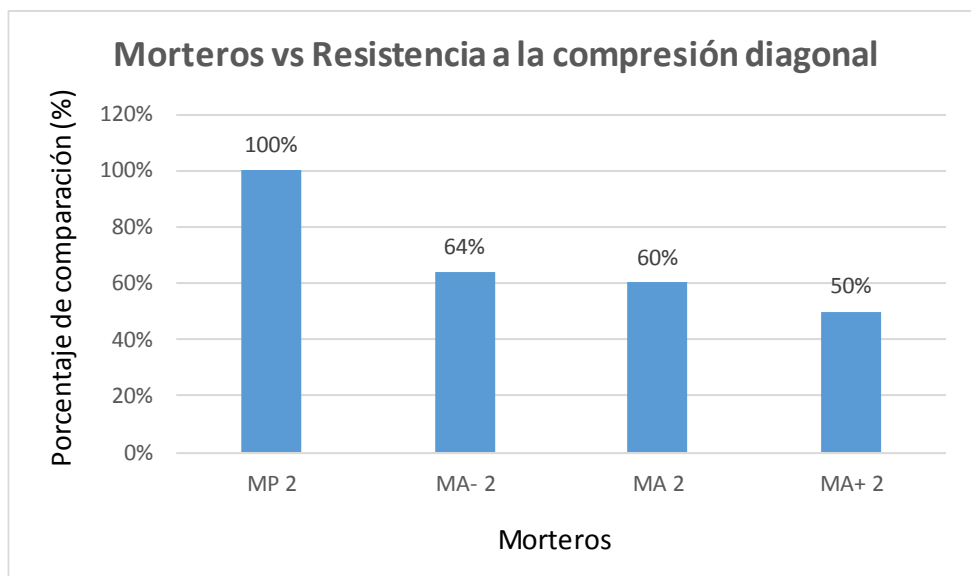


Gráfico N° 34: Comparación de resultados en porcentaje de resistencia de compresión diagonal en muretes de albañilería con mortero **C:A-1:3**

Fuente: Elaboración propia

RESUMEN

- El diseño MP 1, tienen mayores valores a los 28 días respecto al mortero con aditivo.
- A medida que se agrega aditivo, la resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería disminuye progresivamente como se observa en el gráfico N° 32.
- El diseño MP 1 es el diseño óptimo (9.04 kg/cm^2) y el diseño MA+ 1 es el deficiente (4.52 kg/cm^2) en su edad de 28 días.

7.5.2 Mortero relación cemento:arena-1:4

Cuadro N° 79: Comparación de resultados del ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería con mortero **C:A-1:4**

CODIFICACION	Ensayos de compresion diagonal en muretes de albañileria a los 28	
	Kg/cm2	%
MP 2	7.88	100%
MA- 2	4.53	57%
MA 2	4.06	52%
MA+ 2	3.78	48%

Fuente: Elaboración propia

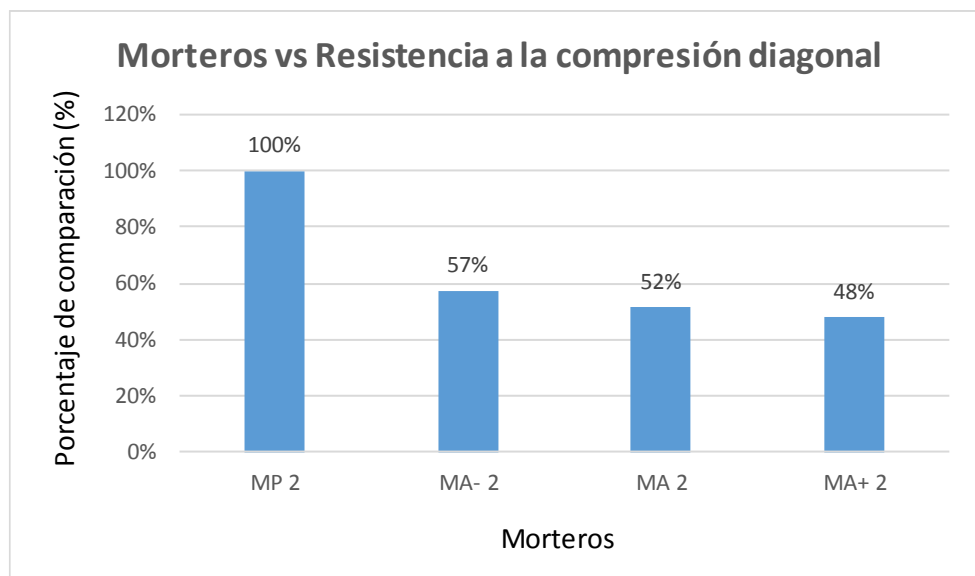


Gráfico N° 35: Comparación de resultados en porcentaje de resistencia de compresión diagonal en muretes de albañilería con mortero **C:A-1:4**

Fuente: *Elaboración propia*

RESUMEN

- El diseño MP 2, tienen mayores valores a los 28 días respecto al mortero con aditivo.
- A medida que se agrega aditivo, la resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería disminuye progresivamente como se observa en el gráfico N° 33.
- El diseño MP 2 es el diseño óptimo (7.88 kg/cm^2) y el diseño MA+ 2 es el deficiente (3.78 kg/cm^2) en su edad de 28 días.

7.6 Análisis de resultados del ensayo de corte directo en pilas de albañilería

7.6.1 Mortero relación cemento:arena-1:3

Cuadro N° 80: Comparación de resultados de adherencia, del ensayo de corte directo en pilas de albañilería con mortero **C:A-1:3**

CODIFICACION	Adherencia u	
	Kg/cm2	%
MP 1	13.03	100%
MA- 1	6.88	53%
MA 1	10.67	82%
MA+ 1	8.49	65%

Fuente: *Elaboración propia*

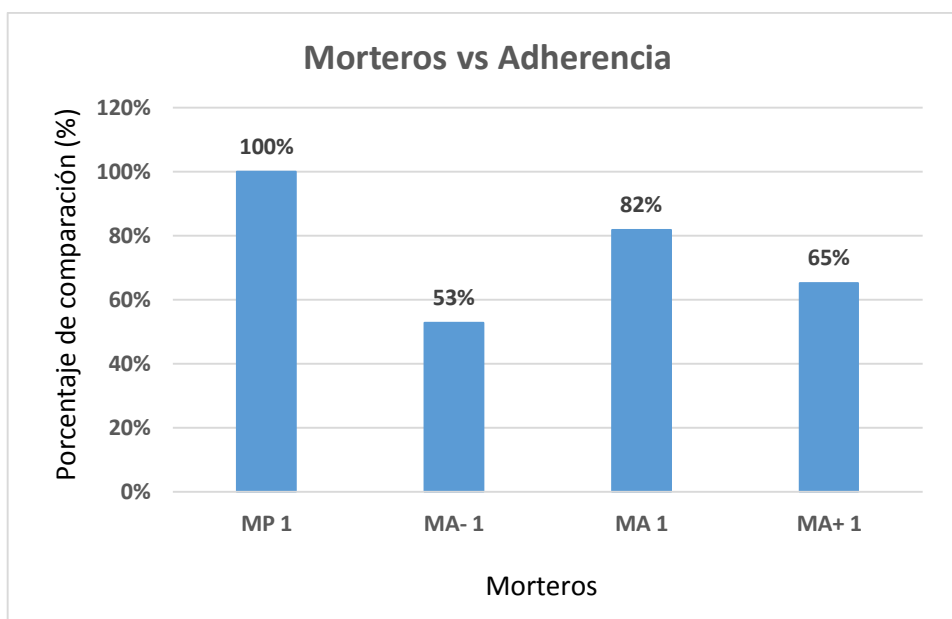


Gráfico N° 36: Comparación de resultados de adherencia en porcentaje, del ensayo de corte directo en pilas de albañilería de albañilería con mortero **C:A-1:3**

Fuente: *Elaboración propia*

RESUMEN

- El diseño MP 1, tienen mayores valores a los 28 días respecto al mortero con aditivo.
- El diseño MA 1, tiene una mejor adherencia a comparación a los morteros MA- 1, MA+ 1. Pero no supera al MP 1
- El diseño MP 1 es el diseño óptimo (13.03 kg/cm²) y el diseño MA- 1 es el deficiente (6.88 kg/cm²) en su edad de 28 días.

7.6.2 Mortero relación cemento:arena-1:4

Cuadro N° 81: Comparación de resultados de adherencia, del ensayo de corte directo en pilas de albañilería con mortero **C:A-1:4**

CODIFICACION	Adherencia u	
	Kg/cm2	%
MP 2	12.49	100%
MA- 2	5.99	48%
MA 2	10.06	80%
MA+ 2	9.00	72%

Fuente: *Elaboración propia*

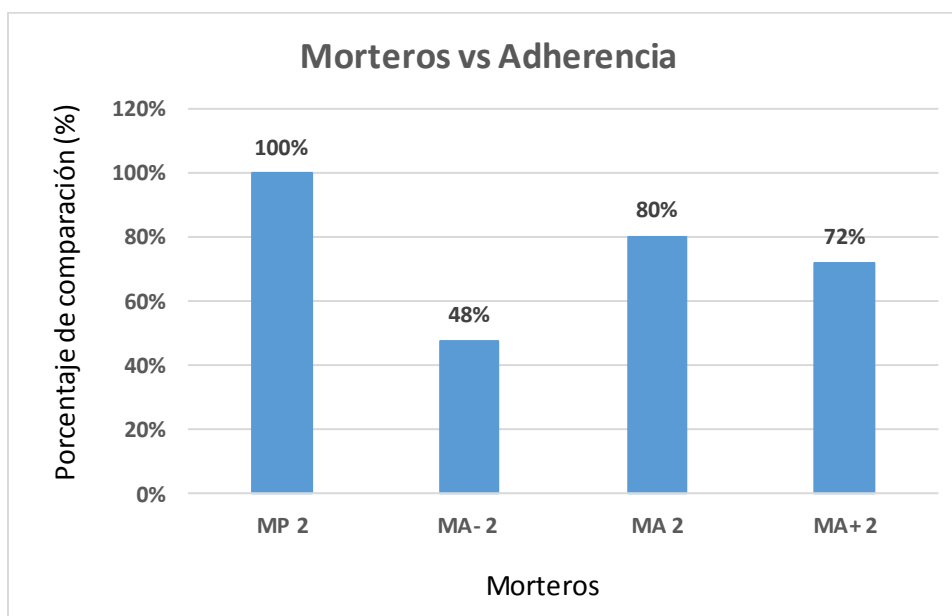


Gráfico N° 37: Comparación de resultados de adherencia en porcentaje, del ensayo de corte directo en pilas de albañilería de albañilería con mortero **C:A-1:4**

Fuente: *Elaboración propia*

RESUMEN

- El diseño MP 2, tienen mayores valores a los 28 días respecto al mortero con aditivo.
- El diseño MA 2, tiene una mejor adherencia a comparación a los morteros MA- 2, MA+ 2. Pero no supera al MP 1
- El diseño MP 2 es el diseño óptimo (12.49 kg/cm^2) y el diseño MA- 1 es el deficiente (5.99 kg/cm^2) en su edad de 28 días.

CONCLUSIONES

En la presente investigación denominada “Análisis Comparativo de las Propiedades Mecánicas del Mortero Tradicional y el Mortero con Aditivo que Incrementa la Adherencia”, se utilizó el aditivo Sika Top 77, cemento Sol tipo I y ladrillo King Kong de 18 huecos de tipo V; para lo cual se utilizó morteros de relación en peso cemento:arena (1 : 3.21 – 1 : 4.28), y dosificaciones de aditivo 35 kg, 40 Kg y 45 Kg por metro cubico de mortero.

Se realizó ensayos del mortero en estado fresco: fluidez y peso unitario, estado endurecido: compresión de cubos y flexión de vigas. En albañilería se realizaron ensayos: compresión en pilas, corte diagonal en muretes y ensayo de corte directo en pilas, cuyos resultados se muestran a continuación:

- La fluidez de los morteros con aditivo es menor en todos los casos estudiados. Para la dosificación de 35kg/m³ alcanzo el (75%), para la dosificación de 40kg/m³ alcanzo el (65%) y para la dosificación de 45Kg/m³ alcanzo (52%), respecto al mortero patrón; es decir que a mayor dosificación de aditivo la fluidez se va reduciendo.
- El peso unitario de los morteros con aditivo es menor en todos los casos estudiados. Para la dosificación de 35kg/m³ alcanzo el (94%), para la dosificación de 40kg/m³ alcanzo el (93%) y para la dosificación de 45Kg/m³ alcanzo (92%), respecto al mortero patrón; es decir que a mayor dosificación de aditivo el peso unitario se va reduciendo.
- La resistencia a la compresión en cubos de los morteros con aditivo es menor en todos los casos estudiados. Para la dosificación de 35kg/m³ alcanzo el (66%), para la dosificación de 40kg/m³ alcanzo el (59%) y para la dosificación de 45Kg/m³ alcanzo (55%), respecto al mortero patrón; es decir que a mayor dosificación de aditivo la resistencia a la compresión se va reduciendo.

- La resistencia a flexión de los morteros con aditivo es menor en todos los casos estudiados. Para la dosificación de 35kg/m³ alcanzo el (71%), para la dosificación de 40kg/m³ alcanzo el (68%) y para la dosificación de 45Kg/m³ alcanzo (61%), respecto al mortero patrón; es decir que a mayor dosificación de aditivo la resistencia a flexión se va reduciendo.
- La resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería utilizando morteros con aditivo es menor en todos los casos estudiados. Para la dosificación de 35kg/m³ alcanzo el (88%), para la dosificación de 40kg/m³ alcanzo el (82%) y para la dosificación de 45Kg/m³ alcanzo (70%), respecto al mortero patrón; es decir que a mayor dosificación de aditivo la resistencia a la compresión axial en pilas se va reduciendo.
- La resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería utilizando morteros con aditivo es menor en todos los casos estudiados. Para la dosificación de 35kg/m³ alcanzo el (64%), para la dosificación de 40kg/m³ alcanzo el (60%) y para la dosificación de 45Kg/m³ alcanzo (50%), respecto al mortero patrón; es decir que a mayor dosificación de aditivo la resistencia a la compresión axial en pilas se va reduciendo.
- En la adherencia en pilas de albañilería utilizando morteros con aditivo es menor en todos los casos estudiados. Para la dosificación de 35kg/m³ alcanzo el (50%), para la dosificación de 40kg/m³ alcanzo el (81%) y para la dosificación de 45Kg/m³ alcanzo (68%), respecto al mortero patrón; es decir que a mayor dosificación de aditivo la resistencia a la compresión axial en pilas se va reduciendo.

Con los ensayos realizados se llegó a determinar que el aditivo Sika Top 77 utilizado en la investigación trae resultados desfavorables en las condiciones establecidas en la presente investigación.

RECOMENDACIONES

- Realizar ensayos previos de los aditivos utilizados, estas no se pueden usar directamente en obra, se determinó en el presente estudio de investigación que el aditivo trajo resultados desfavorables para el mortero.
- No es recomendable el uso del aditivo utilizado en el presente trabajo de investigación, ya que no alcanzan los promedios de resistencia finales en cuanto a los ensayos realizados (compresión en cubos de mortero, flexión en vigas de mortero, resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería, resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería y ensayo de corte directo en pilas de albañilería), respecto al mortero patrón.
- Continuar con la investigación acerca de los aditivos que aumentan adherencia en el mortero, la cual ayudara a dar una mejor perspectiva al uso de estos aditivos y corroborar la hipótesis planteada (si se aumenta la adherencia en el mortero aumenta las propiedades mecánicas de los muros de albañilería).

BIBLIOGRAFÍA

1. ASOCEM, Catálogo de Normas Técnicas Peruanas de Cementos, Cales y Yesos. Centro de documentación. Lima-Perú 2013.
2. Crespo Escobar, Santiago. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PARA EDIFICACIONES Y OBRA CIVIL. Editorial Club Universitario. Madrid 2010.
3. Gallegos Vargas, Héctor. ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL, Pontificia Universidad Católica del Perú-Fondo Editorial. Lima1991.
4. Instituto Nacional de Investigación y Normalización de SENCICO, “Albañilería N.T.P. E-070“, Lima, Edición 2006.
5. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. ALBAÑILERÍA N.T.P. E-070; Edición del Instituto Nacional de Investigación y Normalización de Sencico, Lima 2006.
6. R. Meli y G. Salgado. COMPORTAMIENTO DE MUROS DE MAMPOSTERÍA SUJETOS A CARGA LATERAL, Instituto de ingeniería UNAM. México 1969
7. SAN BARTOLOMÉ, ÁNGEL, “Albañilería Confinada”, Colección del Ingeniero Civil, Libro N°4 del Capítulo de Ingeniería Civil-Consejo departamental de Lima, 1992.
8. SAN BARTOLOMÉ, ÁNGEL, “Construcciones de Albañilería: Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural”, Pontificia Universidad Católica del Perú –Fondo Editorial, Lima, 1994.
9. SAN BARTOLOMÉ, ÁNGEL, “Comentarios a la norma técnica de edificación E.070 albañilería informe final” Pontificia Universidad Católica del Perú – Fondo Editorial, Lima, 2005.

10. VILLEGAS MARTÍNEZ, CARLOS. A., “Estudio de verificación de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla cocida de lima metropolitana”. (Tesis para optar el título profesional), Departamento Académico de Construcción, FIC-UNI, Lima, 2008.

ANEXOS

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PILAS DE ALBAÑILERÍA

TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO TRADICIONAL Y EL MORTERO CON ADITIVO QUE INCREMENTA LA ADHERENCIA, EN SISTEMAS DE ALBAÑILERÍA

CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO	CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO	Cantera:	Carabayllo
Cuadro N°: 82	Cemento: SOL-TIPO I	Fecha de elaboración:	10/4/2017
Marca: PIRAMIDE	Arena: NTP E-070	Fecha de ensayo:	8/5/2017
Tipo: KK-18H	Proporción: Cemento:Arena - 1:3	Edad:	28 días
Dimensión: 9x12.5x23	Espesor: 1.5cm		
	Muestra: MP 1		

ESPECIMEN	Medidas promedio (mm)			Area bruta (cm) (4)	Esbeltez (S)=(2)/(3)	Factor de Corrección (6)	Carga (Kg) (7)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm2) (8)=(7)/(4)
	Largo (1)	Alto(2)	Ancho (3)					
1	230.0	403.0	120.0	276.00	3.358	0.9243	30600	110.87
2	227.5	400.5	120.5	274.14	3.324	0.9230	29330	106.99
3	229.0	403.0	121.0	277.09	3.331	0.9232	30500	110.07

ESPECIMEN	Resistencia a la compresion corregida (Kg/cm2) (9)=(8)*(6)	desviacion estandar ((9)-f' mp)^2
1	102.48	2.33
2	98.75	4.83
3	101.62	0.45
Promedio	100.95	3.81
	DE	1.95
	CV (%)	1.93

f' mc característica (Kg/cm2)= 99.00

TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO TRADICIONAL Y EL MORTERO CON ADITIVO QUE INCREMENTA LA ADHERENCIA, EN SISTEMAS DE ALBAÑILERÍA

CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO	CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO	Cantera:	Carabayllo
Cuadro N°: 83	Cemento: SOL-TIPO I	Fecha de elaboración:	10/4/2017
Marca: PIRAMIDE	Arena: NTP E-070	Fecha de ensayo:	8/5/2017
Tipo: KK-18H	Proporción: Cemento:Arena - 1:3	Edad:	28 días
Dimensión: 9x12.5x23	Espesor: 1.5cm		
	Muestra: MA- 1		

ESPECIMEN	Medidas promedio (mm)			Area bruta (cm) (4)	Esbeltez (S)=(2)/(3)	Factor de Corrección (6)	Carga (Kg) (7)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm2) (8)=(7)/(4)
	Largo (1)	Alto(2)	Ancho (3)					
1	228.0	399.5	121.0	275.88	3.302	0.9221	27000	97.87
2	227.5	401.0	121.5	276.41	3.300	0.9220	28200	102.02
3	227.5	401.5	122.5	278.69	3.278	0.9211	28000	100.47

ESPECIMEN	Resistencia a la compresion corregida (Kg/cm2) (9)=(8)*(6)	desviacion estandar ((9)-f' mp)^2
1	90.24	4.16
2	94.06	3.17
3	92.54	0.07
Promedio	92.28	3.70
	DE	1.92
	CV (%)	2.08

f' mc característica (Kg/cm2)= 90.36

TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO TRADICIONAL Y EL MORTERO CON ADITIVO QUE INCREMENTA LA ADHERENCIA, EN SISTEMAS DE ALBAÑILERÍA

CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO	CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO	Cantera:	Carabayllo
Cuadro N° : 84	Cemento: SOL-TIPO I	Fecha de elaboración:	10/4/2017
Marca: PIRAMIDE	Arena: NTP E-070	Fecha de ensayo:	8/5/2017
Tipo: KK-18H	Proporción: Cemento:Arena - 1:3	Edad:	28 días
Dimensión : 9x12.5x23	Espesor: 1.5cm		
	Muestra: MA 1		

ESPECIMEN	Medidas promedio (mm)			Area bruta	Esbeltez	Factor de Corrección	Carga (Kg)	Resistencia a la Compresión
	Largo (1)	Alto(2)	Ancho (3)	(cm) (4)	(S)=(2)/(3)	(6)	(7)	(Kg/cm2) (8)=(7)/(4)
1	228.0	400.0	121.5	277.02	3.292	0.9217	25800	93.13
2	228.5	400.0	121.0	276.49	3.306	0.9222	24800	89.70
3	229.5	399.5	121.0	277.70	3.302	0.9211	25200	90.75

ESPECIMEN	Resistencia a la compresion corregida (Kg/cm2) (9)=(8)*(6)	desviacion estandar ((9)-f'mp)^2
1	85.84	3.21
2	82.72	1.77
3	83.59	0.21
Promedio	84.05	2.60
	DE	1.61
	CV (%)	1.92

f'mc característica (Kg/cm2)= 82.44

TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO TRADICIONAL Y EL MORTERO CON ADITIVO QUE INCREMENTA LA ADHERENCIA, EN SISTEMAS DE ALBAÑILERÍA

CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO	CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO	Cantera:	Carabayllo
Cuadro N° : 85	Cemento: SOL-TIPO I	Fecha de elaboración:	10/4/2017
Marca: PIRAMIDE	Arena: NTP E-070	Fecha de ensayo:	8/5/2017
Tipo: KK-18H	Proporción: Cemento:Arena - 1:3	Edad:	28 días
Dimensión : 9x12.5x23	Espesor: 1.5cm		
	Muestra: MA+ 1		

ESPECIMEN	Medidas promedio (mm)			Area bruta	Esbeltez	Factor de Corrección	Carga (Kg)	Resistencia a la Compresión
	Largo (1)	Alto(2)	Ancho (3)	(cm) (4)	(S)=(2)/(3)	(6)	(7)	(Kg/cm2) (8)=(7)/(4)
1	228.0	399.0	121.5	277.02	3.284	0.9214	22600	81.58
2	227.5	400.5	120.5	274.14	3.324	0.9230	22100	80.62
3	228.0	400.5	120.5	274.74	3.324	0.9463	20800	75.71

ESPECIMEN	Resistencia a la compresion corregida (Kg/cm2) (9)=(8)*(6)	desviacion estandar ((9)-f'mp)^2
1	75.17	2.04
2	74.41	0.45
3	71.64	4.40
Promedio	73.74	3.45
	DE	1.86
	CV (%)	2.52

f'mc característica (Kg/cm2)= 71.88

TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO TRADICIONAL Y EL MORTERO CON ADITIVO QUE INCREMENTA LA ADHERENCIA, EN SISTEMAS DE ALBAÑILERÍA

CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO	CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO	Cantera:	Carabayllo
Cuadro N° : 86	Cemento: SOL-TIPO I	Fecha de elaboracion:	12/4/2017
Marca: PIRAMIDE	Arena: NTP E-070	Fecha de ensayo:	10/5/2017
Tipo: KK-18H	Proporcion: Cemento:Arena - 1:4	Edad:	28 dias
Dimension : 9x12.5x23	Espesor: 1.5cm		
	Muestra: MP 2		

ESPECIMEN	Medidas promedio (mm)			Area bruta	Esbeltez	Factor de Corrección (6)	Carga (Kg) (7)	Resistencia a la Compresión
	Largo (1)	Alto(2)	Ancho (3)	(cm) (4)	(S)=(2)/(3)			(Kg/cm2) (8)=(7)/(4)
1	228.0	402.0	120.5	274.74	3.336	0.9234	29000	105.55
2	227.0	401.0	120.5	273.54	3.328	0.9231	28200	103.09
3	229.5	400.0	121.5	278.84	3.292	0.9217	28800	103.28

ESPECIMEN	Resistencia a la compresion corregida (Kg/cm2) (9)=(8)*(6)	desviacion estandar ((9)-f _{mp}) ²
1	97.47	2.32
2	95.17	0.60
3	95.20	0.56
Promedio	95.94	1.74
	DE	1.32
	CV (%)	1.38

f _{mc} característica (Kg/cm2)=	94.62
--	-------

TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO TRADICIONAL Y EL MORTERO CON ADITIVO QUE INCREMENTA LA ADHERENCIA, EN SISTEMAS DE ALBAÑILERÍA

CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO	CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO	Cantera:	Carabayllo
Cuadro N° : 87	Cemento: SOL-TIPO I	Fecha de elaboracion:	12/4/2017
Marca: PIRAMIDE	Arena: NTP E-070	Fecha de ensayo:	10/5/2017
Tipo: KK-18H	Proporcion: Cemento:Arena - 1:4	Edad:	28 dias
Dimension : 9x12.5x23	Espesor: 1.5cm		
	Muestra: MA- 2		

ESPECIMEN	Medidas promedio (mm)			Area bruta	Esbeltez	Factor de Corrección (6)	Carga (Kg) (7)	Resistencia a la Compresión
	Largo (1)	Alto(2)	Ancho (3)	(cm) (4)	(S)=(2)/(3)			(Kg/cm2) (8)=(7)/(4)
1	227.5	397.0	120.5	274.14	3.295	0.9218	25000	91.20
2	228.5	398.5	121.5	277.63	3.280	0.9212	25400	91.49
3	228.0	398.0	121.0	275.88	3.289	0.9216	24200	87.72

ESPECIMEN	Resistencia a la compresion corregida (Kg/cm2) (9)=(8)*(6)	desviacion estandar ((9)-f _{mp}) ²
1	84.06	1.00
2	84.28	1.48
3	80.84	4.93
Promedio	83.06	3.71
	DE	1.93
	CV (%)	2.32

f _{mc} característica (Kg/cm2)=	81.14
--	-------

TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO TRADICIONAL Y EL MORTERO CON ADITIVO QUE INCREMENTA LA ADHERENCIA, EN SISTEMAS DE ALBAÑILERÍA

CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO	CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO	Cantera:	Carabayllo
Cuadro N° : 88	Cemento: SOL-TIPO I	Fecha de elaboración:	12/4/2017
Marca: PIRAMIDE	Arena: NTP E-070	Fecha de ensayo:	10/5/2017
Tipo: KK-18H	Proporción: Cemento:Arena - 1:4	Edad:	28 días
Dimensión : 9x12.5x23	Espesor: 1.5cm		
	Muestra: MA 2		

ESPECIMEN	Medidas promedio (mm)			Area bruta (cm) (4)	Esbeltez (S)=(2)/(3)	Factor de Corrección (6)	Carga (Kg) (7)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm2) (8)=(7)/(4)
	Largo (1)	Alto(2)	Ancho (3)					
1	228.5	400.0	121.5	277.63	3.292	0.9217	24800	89.33
2	229.5	401.0	122.0	279.99	3.287	0.9215	24200	86.43
3	228.5	402.5	120.5	275.34	3.340	0.9236	23000	83.53

ESPECIMEN	Resistencia a la compresion corregida (Kg/cm2) (9)=(8)*(6)	desviacion estandar ((9)-f'mp)^2
1	82.33	6.88
2	79.65	0.00
3	77.15	6.55
Promedio	79.71	6.72
	DE	2.59
	CV (%)	3.25

f' mc característica (Kg/cm2)=	77.12
--------------------------------	-------

TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO TRADICIONAL Y EL MORTERO CON ADITIVO QUE INCREMENTA LA ADHERENCIA, EN SISTEMAS DE ALBAÑILERÍA

CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO	CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO	Cantera:	Carabayllo
Cuadro N° : 89	Cemento: SOL-TIPO I	Fecha de elaboración:	12/4/2017
Marca: PIRAMIDE	Arena: NTP E-070	Fecha de ensayo:	10/5/2017
Tipo: KK-18H	Proporción: Cemento:Arena - 1:4	Edad:	28 días
Dimensión : 9x12.5x23	Espesor: 1.5cm		
	Muestra: MA+ 2		

ESPECIMEN	Medidas promedio (mm)			Area bruta (cm) (4)	Esbeltez (S)=(2)/(3)	Factor de Corrección (6)	Carga (Kg) (7)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm2) (8)=(7)/(4)
	Largo (1)	Alto(2)	Ancho (3)					
1	228.0	402.0	120.5	274.74	3.336	0.9234	20500	74.62
2	229.0	401.0	122.0	279.38	3.287	0.9215	19000	68.01
3	229.5	400.0	121.5	278.84	3.292	0.9217	20800	74.59

ESPECIMEN	Resistencia a la compresion corregida (Kg/cm2) (9)=(8)*(6)	desviacion estandar ((9)-f'mp)^2
1	68.90	4.52
2	62.67	16.85
3	68.75	3.92
Promedio	66.77	12.64
	DE	3.56
	CV (%)	5.33

f' mc característica (Kg/cm2)=	63.22
--------------------------------	-------

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL (CORTE) EN MURETES DE ALBAÑILERÍA

TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO TRADICIONAL Y EL MORTERO CON ADITIVO QUE INCREMENTA LA ADHERENCIA, EN SISTEMAS DE ALBAÑILERÍA

CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO	CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO	Cantera:	Carabayllo
Cuadro N° : 90	Cemento: SOL-TIPO I	Fecha de elaboración:	17/4/2017
Marca: PIRAMIDE	Arena: NTP E-070	Fecha de ensayo:	15/5/2017
Tipo: KK-18H	Proporción: Cemento:Arena - 1:3	Edad:	28 días
Dimensión : 9x12.5x23	Espesor: 1.5cm		
	Muestra: MP 1		

ESPECIMEN	Medidas promedio (mm)			Ab (cm)	Carga (kg) (5)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²) (6)=0.707*(5)/(4)	desviación estandar ((6)-f' _{mp}) ²	TIPO DE FALLA
	Largo (1)	Alto(2)	Ancho (3)	(4)=[(1)+(2)]/2*(3)				
1	601	601	122	733.22	10400	10.03	0.18	Mixta
2	598	602	121	726.00	9200	8.96	0.41	Mixta
3	600	602	121	727.21	10100	9.82	0.05	Mixta
					Promedio	9.60	0.32	
						DE	0.57	
						CV (%)	0.06	

V_{mc} característica (Kg/cm²)= 9.04

TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO TRADICIONAL Y EL MORTERO CON ADITIVO QUE INCREMENTA LA ADHERENCIA, EN SISTEMAS DE ALBAÑILERÍA

CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO	CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO	Cantera:	Carabayllo
Cuadro N° : 91	Cemento: SOL-TIPO I	Fecha de elaboración:	17/4/2017
Marca: PIRAMIDE	Arena: NTP E-070	Fecha de ensayo:	16/5/2017
Tipo: KK-18H	Proporción: Cemento:Arena - 1:3	Edad:	28 días
Dimensión : 9x12.5x23	Espesor: 1.5cm		
	Muestra: MA- 1		

ESPECIMEN	Medidas promedio (mm)			Ab (cm)	Carga (kg) (5)	Esfuerzo cortante (Kg/cm ²) (6)=0.707*(5)/(4)	desviación estandar ((6)-f' _{mp}) ²	TIPO DE FALLA
	Largo (1)	Alto(2)	Ancho (3)	(4)=[(1)+(2)]/2*(3)				
1	597	601	121	724.79	6000	5.85	0.00	Junta
2	600	602	120	721.20	6200	6.08	0.03	Junta
3	598	601	120	719.40	5900	5.80	0.01	Junta
					Promedio	5.91	0.02	
						DE	0.15	
						CV (%)	0.03	

V_{mc} característica (Kg/cm²)= 5.76

TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO TRADICIONAL Y EL MORTERO CON ADITIVO QUE INCREMENTA LA ADHERENCIA, EN SISTEMAS DE ALBAÑILERÍA

CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO	CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO	Cantera:	Carabayllo
Cuadro N° : 92	Cemento: SOL-TIPO I	Fecha de elaboracion:	17/4/2017
Marca: PIRAMIDE	Arena: NTP E-070	Fecha de ensayo:	16/5/2017
Tipo: KK-18H	Proporcion: Cemento:Arena - 1:3	Edad:	28 dias
Dimension : 9x12.5x23	Espesor: 1.5cm		
	Muestra: MA 1		

ESPECIMEN	Medidas promedio (mm)			Ab (cm)	Carga (kg) (5)	Esfuerzo cortante (Kg/cm2) (6)=0.707*(5)/(4)	desviacion estandar ((6)-f' mp)^2	TIPO DE FALLA
	Largo (1)	Alto(2)	Ancho (3)	(4)=[(1)+(2)]/2*(3)				
1	600	600	122	732.00	5600	5.41	0.05	Junta
2	601	599	120	720.00	5800	5.70	0.00	Junta
3	603	601	121	728.42	6000	5.82	0.03	Junta
					Promedio	5.64	0.05	
						DE	0.21	
						CV (%)	0.04	

V'mc característica (Kg/cm2)= 5.43

TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO TRADICIONAL Y EL MORTERO CON ADITIVO QUE INCREMENTA LA ADHERENCIA, EN SISTEMAS DE ALBAÑILERÍA

CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO	CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO	Cantera:	Carabayllo
Cuadro N° : 93	Cemento: SOL-TIPO I	Fecha de elaboracion:	17/4/2017
Marca: PIRAMIDE	Arena: NTP E-070	Fecha de ensayo:	16/5/2017
Tipo: KK-18H	Proporcion: Cemento:Arena - 1:3	Edad:	28 dias
Dimension : 9x12.5x23	Espesor: 1.5cm		
	Muestra: MA 1		

ESPECIMEN	Medidas promedio (mm)			Ab (cm)	Carga (kg) (5)	Esfuerzo cortante (Kg/cm2) (6)=0.707*(5)/(4)	desviacion estandar ((6)-f' mp)^2	TIPO DE FALLA
	Largo (1)	Alto(2)	Ancho (3)	(4)=[(1)+(2)]/2*(3)				
1	602	600	121	727.21	4640	4.51	0.05	Junta
2	601	599	121	726.00	5100	4.97	0.05	Junta
3	602	598	120	720.00	4840	4.75	0.00	Junta
					Promedio	4.74	0.05	
						DE	0.23	
						CV (%)	0.05	

V'mc característica (Kg/cm2)= 4.52

TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO TRADICIONAL Y EL MORTERO CON ADITIVO QUE INCREMENTA LA ADHERENCIA, EN SISTEMAS DE ALBAÑILERÍA

CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO	CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO	Cantera:	Carabaylo
Cuadro N° : 94	Cemento: SOL-TIPO I	Fecha de elaboración:	19/4/2017
Marca: PIRAMIDE	Arena: NTP E-070	Fecha de ensayo:	17/5/2017
Tipo: KK-18H	Proporción: Cemento:Arena - 1:4	Edad:	28 días
Dimensión : 9x12.5x23	Espesor: 1.5cm		
	Muestra: MP 2		

ESPECIMEN	Medidas promedio (mm)			Ab (cm)	Carga (kg) (5)	Esfuerzo cortante (Kg/cm2) (6)=0.707*(5)/(4)	desviación estandar ((6)-f' mp)^2	TIPO DE FALLA
	Largo (1)	Alto(2)	Ancho (3)	(4)=[(1)+(2)]/2*(3)				
1	605	600	122	735.05	8750	8.42	0.00	Mixta
2	601	601	120	721.20	9250	9.07	0.37	Mixta
3	600	600	123	738.00	8250	7.90	0.31	Mixta
					Promedio	8.46	0.34	
						DE	0.58	
						CV (%)	0.07	

V'mc característica (Kg/cm2)= 7.88

TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO TRADICIONAL Y EL MORTERO CON ADITIVO QUE INCREMENTA LA ADHERENCIA, EN SISTEMAS DE ALBAÑILERÍA

CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO	CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO	Cantera:	Carabaylo
Cuadro N° : 95	Cemento: SOL-TIPO I	Fecha de elaboración:	19/4/2017
Marca: PIRAMIDE	Arena: NTP E-070	Fecha de ensayo:	17/5/2017
Tipo: KK-18H	Proporción: Cemento:Arena - 1:4	Edad:	28 días
Dimensión : 9x12.5x23	Espesor: 1.5cm		
	Muestra: MP- 2		

ESPECIMEN	Medidas promedio (mm)			Ab (cm)	Carga (kg) (5)	Esfuerzo cortante (Kg/cm2) (6)=0.707*(5)/(4)	desviación estandar ((6)-f' mp)^2	TIPO DE FALLA
	Largo (1)	Alto(2)	Ancho (3)	(4)=[(1)+(2)]/2*(3)				
1	597	600	121	724.19	4600	4.49	0.10	Junta
2	599	601	120	720.00	5000	4.91	0.01	Junta
3	600	601	122	732.61	5200	5.02	0.04	Junta
					Promedio	4.81	0.08	
						DE	0.28	
						CV (%)	0.06	

V'mc característica (Kg/cm2)= 4.53

TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO TRADICIONAL Y EL MORTERO CON ADITIVO QUE INCREMENTA LA ADHERENCIA, EN SISTEMAS DE ALBAÑILERÍA

CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO	CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO	Cantera:	Carabayllo
Cuadro N° : 96	Cemento: SOL-TIPO I	Fecha de elaboración:	19/4/2017
Marca: PIRAMIDE	Arena: NTP E-070	Fecha de ensayo:	17/5/2017
Tipo: KK-18H	Proporción: Cemento:Arena - 1:4	Edad:	28 días
Dimensión : 9x12.5x23	Espesor: 1.5cm		
	Muestra: MP 2		

ESPECIMEN	Medidas promedio (mm)			Ab (cm)	Carga (kg) (5)	Esfuerzo cortante (Kg/cm2) (6)=0.707*(5)/(4)	desviación estándar	TIPO DE FALLA
	Largo (1)	Alto(2)	Ancho (3)	(4)=[(1)+(2)]/2*(3)			((6)-f'mp)^2	
1	599	601	121	726.00	4200	4.09	0.08	Junta
2	598	601	121	725.40	4440	4.33	0.00	Junta
3	600	602	120	721.20	4800	4.71	0.11	Junta
					Promedio	4.37	0.10	
						DE	0.31	
						CV (%)	0.07	

$$V'_{mc} \text{ característica (Kg/cm}^2\text{)} = 4.06$$

TESIS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO TRADICIONAL Y EL MORTERO CON ADITIVO QUE INCREMENTA LA ADHERENCIA, EN SISTEMAS DE ALBAÑILERÍA

CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO	CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO	Cantera:	Carabayllo
Cuadro N° : 97	Cemento: SOL-TIPO I	Fecha de elaboración:	19/4/2017
Marca: PIRAMIDE	Arena: NTP E-070	Fecha de ensayo:	17/5/2017
Tipo: KK-18H	Proporción: Cemento:Arena - 1:4	Edad:	28 días
Dimensión : 9x12.5x23	Espesor: 1.5cm		
	Muestra: MP+ 2		

ESPECIMEN	Medidas promedio (mm)			Ab (cm)	Carga (kg) (5)	Esfuerzo cortante (Kg/cm2) (6)=0.707*(5)/(4)	desviación estándar	TIPO DE FALLA
	Largo (1)	Alto(2)	Ancho (3)	(4)=[(1)+(2)]/2*(3)			((6)-f'mp)^2	
1	600	600	121	726.00	4000	3.90	0.00	Junta
2	598	599	122	730.17	3900	3.78	0.01	Junta
3	602	601	121	727.82	4100	3.98	0.01	Junta
					Promedio	3.88	0.01	
						DE	0.10	
						CV (%)	0.03	

$$V'_{mc} \text{ característica (Kg/cm}^2\text{)} = 3.78$$