

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con cenizas de ladrillo artesanal

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

AUTOR

Breisner Mariano Camacho Delgado

ASESOR

Wilson Martin Garcia Vera

<https://orcid.org/0000-0001-6108-0946>

Chiclayo, 2025

**Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en
muros de albañilería a partir de mortero modificado con cenizas de
ladrillo artesanal**

PRESENTADA POR

Breisner Mariano Camacho Delgado

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
Tesis para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Fidel Ortiz Zapata
PRESIDENTE

Justo David Pedraza Franco
SECRETARIO

Wilson Martin Garcia Vera
VOCAL

Dedicatoria

A Dios, por ser mi guía y darme la voluntad necesaria para afrontar las adversidades.
A mis padres, por su infinita paciencia, su constante apoyo y amor incondicional, ambos han sido mis maestros y mis mayores defensores. Este logro es tanto de ustedes como mío, porque sin su amor y sacrificio, no habría llegado hasta aquí.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, Luz Delgado y Mariano Camacho, a mis hermanos y a mis abuelos a quienes honro su memoria. A todos ellos, gracias por su enorme sacrificio y ganas de verme triunfar en la vida.

Un agradecimiento especial a Liliana Olano, por su inquebrantable apoyo a lo largo de este proyecto, por sus consejos, sabías palabras y sobre todo por creer en mi y motivarme a seguir en los momentos más adversos.

Agradezco también a todos mis docentes que han contribuido con sus conocimientos enriquecedores a lo largo de mi carrera profesional. En especial a mi asesor de tesis el Ing. Wilson García y al Ing. Atilio López por sus críticas constructivas, orientación y su disposición para superar cualquier desafío presentadas en este trabajo final.

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8 %
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	3 %
3	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1 %
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
6	Submitted to Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo Trabajo del estudiante	<1 %
7	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
8	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
9	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %

repositorio.upn.edu.pe

ÍNDICE

Resumen	15
Abstract	16
Introducción	17
Revisión de la literatura	21
Antecedentes	21
Bases teóricas	25
Mortero.....	25
Agregado fino.....	25
Cemento portland.....	25
Cemento portland Tipo I.....	26
Agua	26
Unidades de albañilería	26
Tipos de ladrillo.....	28
Requisitos para muros de albañilería	28
Cenizas de ladrillo artesanal	30
Proceso de fabricación del ladrillo artesanal.....	31
Proceso de Cocción de ladrillo artesanal.....	31
Funciones del mortero de mampostería	31
La puzolana y su composición química	32
Clasificación de las puzolanas	32
Dosificación del mortero.....	33
Asentado con mortero.....	33
Procedimientos para ensayos.....	34
Materiales y métodos	52
Tipo y diseño de investigación.....	52
Operacionalización de variables	53
Población y muestra	53
Estrategias para demostrar mi hipótesis	56
Obtención y selección de materiales	60
Resultados	63

Ensayos a la ceniza	63
Densidad de las cenizas de ladrillo artesanal	63
Ensayos al agregado fino	63
Contenido de humedad	63
Granulometría.....	64
Peso unitario suelto	65
Peso unitario compactado	66
Peso específico y grado de absorción	66
Diseño de mezcla para mortero patrón y mortero modificado.....	66
Dosificación en peso para mortero patrón 1:3	68
Dosificación en peso para mortero patrón 1:4.....	69
Dosificación en peso para mortero patrón 1:5	69
Ensayo de mortero en estado fresco	70
Ensayo de Fluides en mortero	70
Peso unitario del mortero.....	75
Tiempo de fraguado.....	79
Ensayo de mortero en estado endurecido	83
Resistencia a la compresión.....	83
Ensayos a las unidades de albañilería	89
Alabeo	89
Variación dimensional.....	90
Absorción	91
Resistencia a la compresión.....	91
Ensayos a los muros de albañilería.....	92
Resistencia a la compresión axial	93
Resistencia a la compresión diagonal	102
Resistencia a la adherencia por cizallamiento	109
Análisis económico	112

Discusión de resultados	115
Conclusiones	122
Recomendaciones	124
Referencias	126
Anexos	130

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Granulometría del agregado fino [14].....	25
Tabla 2: Rango de componentes químicos de óxidos presentes en el cemento [16]	26
Tabla 3: Características de las unidades de albañilería [14]	27
Tabla 4: Propuesta sobre las características de las unidades de albañilería [15]	27
Tabla 5: Valores de A y B para determinar $f'm$ y $V'm$ [14].....	29
Tabla 6: Valores de A y B para determinar $f'm$ y $V'm$ [15].....	29
Tabla 7: Factores para incrementar la resistencia en prismas [14]	29
Tabla 8: Requisitos químicos [25]	33
Tabla 9: Proporciones volumétricas del mortero [14].....	33
Tabla 10: Cuadro de operacionalización de variables.....	53
Tabla 11: Muestras de mortero en estado fresco.....	53
Tabla 12: Muestras de mortero en estado endurecido para ensayo de resistencia a la compresión	56
Tabla 13: Muestras totales de pilas y muretes a ensayar.....	56
Tabla 14: Cuadro de resumen de normas aplicables al tema de investigación	59
Tabla 15: Análisis fisicoquímicos	61
Tabla 16: Requisitos químicos [25]	62
Tabla 17: Análisis químico de sales solubles y sulfatos para la ceniza de ladrillo artesanal...	63
Tabla 18: Densidad de CLA.....	63
Tabla 19: Obtención del contenido de humedad para agregado fino	63
Tabla 20: Ensayo de granulometría para agregado fino.....	64
Tabla 21: Cálculo del peso unitario suelto	65
Tabla 22: Cálculo del peso unitario compactado	66
Tabla 23: Cálculo del peso específico y absorción del agregado fino	66
Tabla 24: Relación final- Dosificación C:A 1:3.....	69
Tabla 25: Relación final- Dosificación C:A 1:4.....	69
Tabla 26: Relación final- Dosificación C:A 1:5.....	69
Tabla 27: Dosificación para mortero patrón y mortero modificado C:A 1:3.....	69
Tabla 28: Dosificación en peso para mortero patrón y mortero modificado C:A 1:4.....	69
Tabla 29: Dosificación en peso para mortero patrón y mortero modificado C:A 1:5.....	70
Tabla 30: Porcentaje de fluidez para mortero patrón C:A 1:3	70
Tabla 31: Porcentaje de fluidez para mortero patrón C:A 1:4	71
Tabla 32: Porcentaje de fluidez para mortero patrón C:A 1:5	71
Tabla 33: Porcentaje de fluidez con adición de CLA para mortero C:A 1:3	72

Tabla 34: Porcentaje de fluidez con adición de CLA para mortero C:A 1:4	73
Tabla 35: Porcentaje de fluidez con adición de CLA para mortero C:A 1:5	74
Tabla 36: Peso unitario del MP y MM con sustitución de CLA	76
Tabla 37: Tiempo de fraguado – Lectura de penetración (mm) para dosificación 1:3	79
Tabla 38: Tiempo de fraguado – Lectura de penetración (mm) para dosificación 1:4	81
Tabla 39: Tiempo de fraguado – Lectura de penetración (mm) para dosificación 1:5	82
Tabla 40: Resistencia a la compresión para MP y MM con 5,10 y 15% de CLA para una proporción C: A 1:3.....	84
Tabla 41: Resistencia a la compresión para MP y MM con 5,10 y 15% de CLA para una proporción C: A 1:4.....	86
Tabla 42: Resistencia a la compresión para MP y MM con 5,10 y 15% de CLA para una proporción C: A 1:5.....	88
Tabla 43: Resultados de alabeo para ladrillo de arcilla.....	89
Tabla 44: Resultados de variación dimensional para ladrillo de arcilla.....	90
Tabla 45: Ensayo de absorción para las unidades de albañilería	91
Tabla 46: Ensayo de compresión a las unidades de albañilería	91
Tabla 47: Resistencia a la compresión en pilas para MP con C:A 1:3.....	93
Tabla 48: Resistencia a la compresión en pilas para MM con C:A 1:3 (5% CLA)	93
Tabla 49: Resistencia a la compresión en pilas para MM con C:A 1:3 (10% CLA)	94
Tabla 50: Resistencia a la compresión en pilas para MM con C:A 1:3 (15% CLA)	94
Tabla 51: Resistencia a la compresión diagonal en muretes para mortero patrón C:A 1:3 ...	103
Tabla 52: Resistencia a la compresión diagonal en muretes para mortero modificado C:A 1:3 (5% CLA).....	103
Tabla 53: Resistencia a la compresión diagonal en muretes para mortero modificado C:A 1:3 (10% CLA).....	104
Tabla 54: Resistencia a la compresión diagonal en muretes para mortero modificado C:A 1:3 (15% CLA).....	105
Tabla 55: Resistencia a la compresión diagonal en muretes a la edad de 28 días	106
Tabla 56: Resistencia a la adherencia al cizallamiento para MP y MM con proporción C:A 1:3	110
Tabla 57: Análisis de costo unitario para ceniza tamizada por la malla N°200.....	112
Tabla 58: Análisis de costo unitario para mortero convencional 1:3	112
Tabla 59: Análisis de costos unitarios para mortero modificado 1:3 con 5% CLA.....	113
Tabla 60: Análisis de costos unitarios para mortero modificado 1:3 con 10% CLA.....	113
Tabla 61: Densidades de los diferentes tipos de ceniza	115
Tabla 62: Cuadro comparativo de las propiedades del agregado fino de la cantera Pátapo-La Victoria.....	115
Tabla 63: Cuadro de resumen de resultados de ensayos al ladrillo.....	117

Tabla 64: Resumen del V'm a los 28días 119

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva granulométrica para el agregado fino.....	65
Gráfico 2: % fluidez – Dosificación C:A 1:3	73
Gráfico 3: % fluidez - Dosificación C:A 1:4.....	74
Gráfico 4: % fluidez – Dosificación C:A 1:5	75
Gráfico 5: Peso unitario- mortero C:A 1:3	77
Gráfico 6: Peso unitario - mortero C:A 1:4.....	77
Gráfico 7: Peso unitario - mortero C:A 1:5	78
Gráfico 8: PU del mortero 1:3, 1:4 y 1:5 con 5,10 y 15% CLA	79
Gráfico 9: Tiempo de fraguado para dosificación C:A 1:3	80
Gráfico 10: Tiempo de fraguado para dosificación C:A 1:4.....	82
Gráfico 11: Tiempo de fraguado para dosificación C:A 1:5	83
Gráfico 12: Comportamiento a compresión para MP y MM con 5,10 y 15% de CLA para una proporción C: A 1:3 evaluado a los 7,14 y 28 días de curado.....	85
Gráfico 13: Comportamiento a compresión para MP y MM con 5,10 y 15% de CLA para una proporción C:A 1:4 evaluado a los 7,14 y 28 días de curado.....	87
Gráfico 14: Comportamiento a compresión para MP y MM con 5,10 y 15% de CLA para una proporción C: A 1:5 evaluado a los 7,14 y 28 días de curado.....	89
Gráfico 15: Resistencia a la compresión en pilas a la edad de 28 días	95
Gráfico 16: Resistencia a la adherencia a la edad de 28 días	111
Gráfico 17: Resultados del ACU para mortero normal y modificado con CLA para proporción C:A 1:3	114

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1: Ladrillo King Kong 18 huecos [19]	28
Imagen 2: Proceso de fabricación del ladrillo artesanal [3]	31
Imagen 3: Ensayo de densidad de ceniza	34
Imagen 4: Peso del molde para ceniza	34
Imagen 5: Control de temperatura del kerosene a 20°C.....	35
Imagen 6: Inserción de la ceniza dentro del frasco de Chatelier.....	35
Imagen 8: Peso de muestra + tara.....	36
Imagen 9: Muestra en el horno eléctrico	36
Imagen 10: Peso de muestra seca + tara.....	36
Imagen 11: Cuarteo de la muestra.....	37
Imagen 12: Tamizado de la muestra	37
Imagen 13: Material obtenido en cada tamiz	37
Imagen 14: Peso del molde	38
Imagen 15: Vaciado del agregado fino al ras del molde	38
Imagen 16: Enrasado para eliminar el exceso de material en el molde	38
Imagen 17: Peso del molde + peso agregado suelto.....	38
Imagen 18: Vaciado del agregado fino	39
Imagen 19: Compactado mediante varillado.....	39
Imagen 20: Compactado mediante martillo de goma.....	39
Imagen 21: Peso del molde + peso agregado compactado.....	39
Imagen 22: Tamizado por la malla N°4	40
Imagen 23: Saturado de la muestra por 24h	40
Imagen 24: Eliminación del aire atrapado.....	40
Imagen 25: Peso de la muestra sup. seca + peso frasco+peso del agua	40
Imagen 26: Muestra superficialmente seca	40
Imagen 27: Peso de la muestra seca al horno	40
Imagen 28: Vaciado de mezcla en el cono truncado	42
Imagen 29: Medida de los diámetros posterior a los 25 golpes en la mesa de flujo	42
Imagen 30: Medida del diámetro del molde.....	43
Imagen 31: Medida de la altura del molde	43
Imagen 32: Peso del molde	43
Imagen 33: Peso del molde + muestra	43
Imagen 34: Penetración de la aguja de Vicat	44

Imagen 35: Lectura de la penetración en el equipo de Vicat	44
Imagen 36: Medida de los cubos de mortero	45
Imagen 37: Colocación del mortero en la máquina de compresión	45
Imagen 38: Aplicación de la carga al cubo de mortero	45
Imagen 39: Resultado de la carga a compresión	45
Imagen 40: Medida del alto del ladrillo	46
Imagen 41: Medida del largo del ladrillo	46
Imagen 42: Medida del ancho del ladrillo.....	46
Imagen 43: Medidas tomadas a partir de la convexidad o concavidad del ladrillo	47
Imagen 44: Peso de ladrillo seco.....	47
Imagen 45: Ladrillo inmersos en agua	47
Imagen 46: Peso del ladrillo húmedo.....	47
Imagen 47: Ubicación del ladrillo para ser sometido a compresión	48
Imagen 48: Muestra de ladrillo posterior a la aplicación de la carga.....	48
Imagen 49: Preparación de mortero para muestra de adherencia.....	49
Imagen 50: Nivelación de muestra para ensayo de adherencia.....	49
Imagen 51: Colocación de pila en la máquina de compresión.....	50
Imagen 52: Muestra de pila ensayada a compresión.....	50
Imagen 53: Esquemas de modos de falla en pilas [30]	50
Imagen 54: Murete para ensayo de compresión diagonal [31]	51
Imagen 55: Construcción de muretes	51
Imagen 56: Murete listo para ser sometido a compresión diagonal.....	51
Imagen 57: Diagrama de flujo para la elaboración y ensayo de mortero.....	57
Imagen 58:Diagrama de flujo para la elaboración y ensayo de pilas y muretes	58
Imagen 59: Ubicación de la ladrillera artesanal	60
Imagen 60: Mezcladora eléctrica de mortero	68
Imagen 61: Elaboración de la mezcla de mortero	68
Imagen 62: Falla en la parte frontal de la pila P1- MP 1:3	96
Imagen 63: Falla en la parte lateral de la pila 1- MP 1:3	96
Imagen 64: Falla en la parte frontal y lateral de la pila P2- MP 1:3	97
Imagen 65: Falla en la parte lateral de la pila P2- MP 1:3	97
Imagen 66: Falla en la parte frontal de la pila P3 - MP 1:3	97
Imagen 67:Falla en la parte lateral de la pila P3- MP 1:3	97
Imagen 68: Falla en la parte frontal de la pila P4- MM 1:3 (5%CLA)	98
Imagen 69:Falla en la parte lateral de la pila P4- MM 1:3 (5%CLA).....	98

Imagen 70:Falla en la parte frontal de la pila P5- MM 1:3 (5%CLA).....	98
Imagen 71:Falla en la parte lateral de la pila P5- MM 1:3 (5%CLA).....	98
Imagen 72: Falla en la parte frontal y lateral de la pila P6- MM 1:3 (5%CLA)	99
Imagen 73:Falla en la parte lateral de la pila P6- MM 1:3 (5%CLA).....	99
Imagen 74: Falla en la parte frontal de la pila P7- MM 1:3 (10%CLA)	99
Imagen 75: Falla en la parte lateral de la pila P7- MM 1:3 (10%CLA).....	99
Imagen 76: Falla en la parte frontal de la pila P8- MM 1:3 (10%CLA)	100
Imagen 77: Falla en la parte lateral de la pila P8- MM 1:3 (10%CLA).....	100
Imagen 78: Falla en la parte frontal de la pila P9- MM 1:3 (10%CLA)	100
Imagen 79:Falla en la parte lateral de la pila P9- MM 1:3 (10%CLA).....	100
Imagen 80:Falla en la parte frontal de la pila P10- MM 1:3 (15%CLA).....	101
Imagen 81: Falla en la parte lateral de la pila P10- MM 1:3 (15%CLA).....	101
Imagen 82: Falla en la parte frontal y lateral de la pila P11- MM 1:3 (15%CLA)	101
Imagen 83: Falla en la parte frontal la pila P12- MM 1:3 (15%CLA).....	102
Imagen 84: Falla en la parte lateral la pila P12- MM 1:3 (15%CLA)	102
Imagen 85: Falla en murete M1-Muestra patrón 1:3.....	107
Imagen 86:Falla en murete M2-Muestra patrón 1:3.....	107
Imagen 87:Falla en murete M3-Muestra patrón 1:3.....	107
Imagen 88: Falla en murete M4-MM 1:3 (5%CLA).....	107
Imagen 89: Falla en murete M5-MM 1:3 (5%CLA).....	107
Imagen 90: Falla en murete M6-MM 1:3 (5%CLA).....	107
Imagen 91: Falla en murete M7-MM 1:3 (10%CLA).....	108
Imagen 92: Falla en murete M8-MM 1:3 (10%CLA).....	108
Imagen 93: Falla en murete M9-MM 1:3 (10%CLA).....	108
Imagen 94:Falla en murete M10-MM 1:3 (15%CLA).....	109
Imagen 95: Falla en murete M11-MM 1:3 (15%CLA).....	109
Imagen 96: Falla en murete M12-MM 1:3 (15%CLA).....	109

Resumen

La demanda por producción de ladrillos se ha mantenido a lo largo de los años, fabricándose ladrillos mediante procesos industriales o artesanales, siendo este último el que genera mayor contaminación por el poco o nulo control en su fabricación. El objetivo de esta investigación es evaluar el comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a base de ladrillo King Kong 18 huecos y de mortero modificado con adiciones de cenizas de ladrillo artesanal en 5,10 y 15% en reemplazo del cemento. Esto con el fin de ver la posibilidad de poder usar un mortero modificado con dicha ceniza que sea capaz de resistir las diferentes cargas a las que está sometido un muro de albañilería. Para esta investigación se utilizó tres dosificaciones de cemento: arena de 1:3, 1:4 y 1:5 específicamente para el mortero y una dosificación de 1:3 para el mortero usado en pilas y muretes debido a que presento los mejores resultados. Se concluyó que el mortero modificado que mejor se comporta en términos de resistencia-economía fue con un 5% CLA el cual presento un ligero aumento en su precio, pero presentó un mejor comportamiento en cuanto a sus propiedades de compresión axial, diagonal y adherencia que el mortero tradicional.

Palabras clave: mortero, ceniza de ladrillo artesanal, compresión axial, compresión diagonal, pilas, muretes.

Abstract

The demand for brick production has been maintained over the years, with bricks being manufactured through industrial or artisanal processes, the latter being the one that generates the most pollution due to the little or no control in its manufacture. The objective of this research is to evaluate the behavior at axial and diagonal compression compression in masonry walls based on King Kong brick 18 voids and modified mortar with additions of artisanal brick ashes in 5, 10 and 15% in cement replacement. This is in order to see the possibility of being able to use a mortar modified with this ash that is capable of resisting the different loads to which a masonry wall is subjected. For this research, three cement dosages were used: 1:3, 1:4 and 1:5 sand specifically for mortar and a 1:3 dosage for mortar used in piles and walls because it presented the best results. It was concluded that the modified mortar that behaves best in terms of economic resistance was with 5% CLA, which presented a slight increase in its price, but presented a better performance in terms of its axial compression, diagonal and adhesion properties than the traditional mortar

Keywords: mortar, artisanal brick ash, axial compression, diagonal compression, piles, walls.

Introducción

Entre los sistemas constructivos uno de los más solicitados sigue siendo el sistema de albañilería estructural principalmente debido a su bajo costo. Sin embargo, a lo largo de los años aún se sigue evidenciando su precariedad, donde sus principales deficiencias se dan a partir de la construcción informal donde no se siguen los lineamientos o la calidad solicitada por parte de los materiales, mano de obra o proceso constructivo lo cual se ve reflejado en construcciones inestables o susceptibles ante cualquier fenómeno, en especial ante los eventos sísmicos que son la causa principal de que las paredes fallen [1].

La respuesta estructural de la mampostería no reforzada por su naturaleza hace que sea muy frágil, es por ello por lo que se deben cumplir con todos los parámetros especificados por norma para poder resistir las diferentes fuerzas a las que estará sometida, los muros deben ser capaces de soportar cargas de gravedad y cargas laterales que actúan de forma iterativa generando esfuerzos de flexión, corte y compresión. Se debe evitar en lo posible la formación de grietas, ya que son un indicativo de que las cargas han superado la resistencia de las paredes de mampostería [2].

Estudios nacionales e internacionales nos muestran que existen diferentes formas tanto para el mortero como para las unidades de albañilería de mejorar sus propiedades físicas y/o mecánicas y por ende mejorar su desempeño ante las cargas que se ejercen sobre los muros. Entre estas adiciones podemos mencionar a las fibras artificiales o naturales y sobre todo las cenizas producto de los diferentes procesos de producción, estas cenizas son usadas debido a sus propiedades puzolánicas que fácilmente pueden reemplazar parcialmente al cemento. Su uso ha sido impulsado no solo por presentar propiedades puzolánicas sino también por su impacto ambiental favorable para el medio ambiente, al ser reciclado, transportado y aprovechado evitando que las partículas suspendidas en el aire generen un riesgo para la salud de las personas.

La demanda por producción de ladrillos se ha mantenido a lo largo de los años, fabricándose ladrillos mediante procesos industriales o artesanales, siendo este último el que genera mayor contaminación por el poco o nulo control en su fabricación. En el Perú la producción de ladrillos artesanales no ha cesado, siendo esta una actividad de pequeña y microempresa pero que está en diferentes puntos a nivel nacional, el departamento de Lambayeque es uno de los principales

puntos donde se ha establecido dicha producción, el principal problema de esto es el proceso de cocción que se realizan en hornos a cielo abierto usando combustibles como la pajilla de arroz, carbón, entre otros, donde todas las cenizas producto de esa cocción son contaminantes para el aire y nocivos para la salud de los pobladores [3].

Al usar las cenizas como material alternativo y usarlo como sustituto parcial del cemento también favorece positivamente al medio, ya que como se sabe la industria del cemento que es una de las que genera mayor cantidad de gases nocivos, siendo el más preocupante las emisiones de CO₂ que contribuye al efecto invernadero, si sumamos a esto que el precio de este insumo es relativamente elevado, el uso de este residuo puede generar beneficios económicamente sustentables [4]. Por lo tanto, reducir la huella de carbono de los materiales sin encarecer la obra ni los costos de los insumos se presenta como un gran desafío. En consecuencia, se propone elaborar un mortero de cemento con adiciones de cenizas de ladrillo artesanal con el fin de buscar mejorar el comportamiento a compresión axial y compresión diagonal a partir de un mortero modificado con dicha ceniza, surgiendo como interrogante en el presente tema de investigación :

¿Cómo influye la modificación del mortero con cenizas de ladrillo artesanal en el comportamiento a compresión axial y compresión diagonal de muros de albañilería?

Asimismo, se planteó la siguiente hipótesis: La incorporación de cenizas de ladrillo artesanal en el mortero mejora el comportamiento mecánico de los muros de albañilería, incrementando su resistencia a compresión axial y compresión diagonal.

La justificación del proyecto se ve reflejado en el comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir del mortero con adiciones de cenizas de ladrillo artesanal y su influencia que es de suma importancia en el campo de la ingeniería civil, porque se pretende comprender cómo estas adiciones afectan en cuanto a su resistencia a la compresión cuando está sometido a cargas, siendo este uno de los factores cruciales para garantizar la estabilidad y seguridad de la estructura. Esta investigación también está orientada a tener una visión más clara para poder elegir un tipo de adición de cenizas de ladrillo artesanal que mejor desempeño presente a partir de los requerimientos solicitados por norma; de esta forma conociendo previamente las propiedades del mortero, sea posible diseñar el mejor

mortero modificado con las mejores propiedades posibles y analizar su comportamiento en muros de albañilería.

Además, se busca obtener información que sirva de ayuda y cuantifique las ventajas del uso de las cenizas de ladrillo artesanal. Desde el punto de vista ambiental, el aprovechamiento y reutilización de esta ceniza y la reducción en el uso del cemento en el mortero ayudará a mitigar la contaminación del aire, disminuyendo los gases y contaminantes producidos por la producción tanto del cemento debido a que contribuye en las emisiones de CO₂ [5] como del ladrillo artesanal, lo cual conlleva a un impacto ambiental positivo evitando diversas enfermedades que se pueden dar en el caso de que estas sustancias nocivas ingresen en el organismo por vía ocular, digestiva o respiratoria que causan enfermedades crónicas principalmente para los trabajadores y los pobladores aledaños [6]. Económicamente, las diferentes investigaciones respaldan el uso de las cenizas para formar parte del concreto y morteros, siendo un insumo económicamente sustentable al disminuir la cantidad de cemento [7].

El objetivo principal de la tesis es evaluar el comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a base de ladrillo King Kong 18 huecos y de mortero modificado con adiciones de cenizas de ladrillo artesanal en 5,10 y 15% en reemplazo del cemento.

Para la presente investigación se establecieron objetivos específicos como determinar la densidad de las cenizas de ladrillo artesanal, verificar la calidad y las propiedades del agregado fino mediante los ensayos especificados por las normas técnicas peruanas, realizar ensayos para analizar las propiedades mecánicas y físicas del mortero modificado con cenizas de ladrillo artesanal y compararlas con las del mortero patrón. Realizar ensayos en las muestras tomadas de unidades de albañilería King Kong 18 huecos, elaborar muestras de pilas de albañilería a base de ladrillo King Kong 18 huecos usando mortero patrón y mortero con adición de cenizas de ladrillo artesanal en 5,10, 15% en reemplazo del cemento y someterlas a ensayos de compresión axial, elaborar muestras de muretes de albañilería a base de ladrillo King Kong 18 huecos usando mortero patrón y mortero con adición de cenizas de ladrillo artesanal en 5,10, 15% en reemplazo del cemento y someterlas a ensayos de compresión diagonal, realizar ensayos de adherencia entre el mortero y las unidades de albañilería, determinar el impacto de diferentes concentraciones de cenizas de ladrillo artesanal en la resistencia a la compresión axial y compresión diagonal, analizar en cuanto disminuye la cantidad de cemento en el mortero

mediante el empleo de cenizas de ladrillo artesanal y su variabilidad de costos frente a esta reducción.

Revisión de la literatura

Antecedentes

La ceniza de bagazo de caña, un subproducto de la industria azucarera, y los residuos de vidrio, provenientes de diversas industrias, han sido estudiados individualmente en la preparación de hormigones modificados. Los estudios han revelado mejoras significativas en propiedades mecánicas, como la resistencia a la compresión y a la flexión, así como en la reducción de emisiones de dióxido de carbono. Por ejemplo, se ha observado que la incorporación de un 20% de ceniza de bagazo de caña en la preparación del hormigón redujo las emisiones de CO₂ en un 14,9% por cada metro cúbico de hormigón, en comparación con el hormigón tradicional. Además, se ha encontrado que los hormigones preparados con una combinación de ceniza de bagazo de caña y residuos de vidrio presentan una mayor resistencia relativa a la compresión, especialmente cuando la relación de mezcla es de 3 partes de ceniza de bagazo de caña por 1 parte de residuos de vidrio. En cuanto a la densidad de la ceniza de bagazo de caña también ha demostrado ser un factor importante. Esta densidad, influye en la demanda de agua de la mezcla de hormigón y, por lo tanto, en su densidad final y en la resistencia mecánica del hormigón. En conclusión, la investigación previa ha establecido una base sólida para el uso de la ceniza de bagazo de caña y los residuos de vidrio como sustitutos parciales del cemento en hormigones. Sin embargo, hay una brecha en el conocimiento sobre su combinación y su impacto conjunto en las propiedades del hormigón. Este estudio busca abordar esta brecha evaluando el efecto de la combinación de estos residuos en las propiedades físicas, mecánicas y las emisiones de CO₂ del hormigón, con el objetivo de proporcionar una estrategia sostenible y económicamente viable para la industria del hormigón [8].

En un estudio realizado en Trujillo el autor plantea evaluar la influencia de cenizas de ladrillos artesanales para ser usados en adoquines tipo II de concreto con el fin de determinar su resistencia a la compresión y su porcentaje de absorción para reducir la contaminación ambiental y brindar una propuesta económicamente viable, para ello se elaboraron probetas adicionando porcentajes del 5,10,15,20 y 25% del peso del cemento. Los resultados mostraron que el mejor comportamiento a compresión y donde presenta mayor absorción es con una adición del 10% de cenizas de ladrillo artesanal llegado a un valor de 385.29 kg/cm² a los 28 días para el caso de compresión y un aumento del 6.73% respecto de la muestra patrón, las adiciones que superaron este porcentaje tuvieron un comportamiento en resistencia y absorción

decreciente. Sin embargo, con el 15% aun superó la resistencia establecida por norma, por lo que su uso también es aceptable, a partir de ese porcentaje los indicadores bajan considerablemente [9].

En un estudio similar, también se pretende evaluar la influencia, pero en este caso con la adición de ceniza de carbón y fibras de acero para mejorar las propiedades mecánicas del mortero de albañilería, dichas cenizas pasaron por un proceso de incineración a temperaturas de 850,900,950 y 1000 °C para observar la cantidad de material puzolánico, de estas temperaturas la ceniza de carbón a 900 °C es una de las más ricas en sílice siendo la muestra que mejores propiedades químicas presenta. Además, se ensayaron 84 muestras de mortero en estado fresco y 276 en estado endurecido de las cuales se le adicionó el 4, 8, 12 y 16% y de 0.20,0.40,0.60 y 0.80% de cenizas de carbón y fibra de acero respectivamente. En la fluidez del mortero se observó que al adicionar porcentajes de ceniza su fluidez disminuye y de las muestras ensayadas a flexión, compresión axial y diagonal donde los resultados arrojaron que las propiedades mecánicas del mortero modificado en comparación del mortero patrón fueron favorables, agregando el 13% de ceniza de carbón y 0.70% aumenta entre 10 a 20% respecto al mortero patrón, lo cual es un indicativo que este material si es apto para su uso en morteros [10].

La incineración de cascarilla de arroz en el departamento de Lambayeque es una de las que más contamina, muchas veces al no ser reaprovechada y quemada a cielo abierto genera una gran contaminación a aire y daña la salud de las personas. Por ello en una de las investigaciones realizadas en la región se propone el uso de la ceniza de cascarilla de arroz en morteros de albañilería y revoques, para lo cual se destinaron 525 muestras de mortero patrón y mortero modificado con 5,10,15% de cenizas de cáscaras de arroz para sustituir al cemento y adicionar a la mezcla, 462 muestras con dosificaciones 1:3.5, 1:4,1:5 y 1:6 se usaron para analizar las propiedades físicas y mecánicas del mortero en estado fresco y endurecido respectivamente, evaluadas en un periodo de 7, 14 y 28 días y las otras 63 muestras restantes fueron sometidas a ensayos de compresión axial y diagonal a los 28 días usando un mortero 1:4 con una junta de 1.5cm. Los resultados indican que la composición de la ceniza de arroz es rica en sílice lo cual lo hace ideal para para la resistencia estructural del mortero, la fluidez del mortero óptima para las relaciones agua/cemento cuatro dosificaciones mencionadas fueron de 0.77, 0.83,1.05 y 1.25 respectivamente y para la resistencia mecánica se vieron resultados alentadores con una adición del 5-10% de CCA incrementando hasta en un 18% la resistencia,

siendo ambos porcentajes ideales para ser sustituidos por el cemento. Para los ensayos de pilas y muretes sucede algo similar, para adición el porcentaje ideal fue del 10% y para sustitución fue del 5% [4].

En otra investigación el autor propone utilizar un tipo de mortero modificado elaborado a partir de ceniza de concha de ostra, que comparte similitudes en términos de composición con el mortero antiguo utilizado en edificios históricos de China (cal y arcilla). Este nuevo mortero sería utilizado como un reemplazo parcial del mortero original con el objetivo de fortalecer el muro de mampostería construido con ladrillos y proteger el patrimonio. En este método de refuerzo, se realiza la excavación de los morteros originales en las juntas de la pared de mampostería hasta cierta profundidad y los espacios vacíos resultantes en las juntas de mortero se rellenan utilizando el mortero modificado, este proceso se lleva a cabo mediante el apuntalamiento o la formación de una lechada con el fin de mejorar la capacidad de carga del muro de mampostería. Para realizar las pruebas de resistencia al corte se tomaron en cuenta 18 especímenes que estaban compuestos de 9 ladrillos cada uno, divididos en 3 grupos (sin mortero modificado, reemplazo unilateral y reemplazo bilateral). Los resultados fueron que todos los especímenes presentaron falla frágil y en contraste con las muestras sin refuerzo, se observó un aumento del 71% en la resistencia al corte promedio para las muestras reforzadas con reemplazo unilateral a una profundidad de 40 mm, además, para las muestras reforzadas con reemplazo bilateral a la misma profundidad, se observó un incremento del 122% en dicho valor. Se demuestra que el mortero modificado presenta endurecimiento y fraguado rápido, deformación por contracción reducida y alta resistencia al endurecimiento, además a mayor área de reemplazo de mortero, el aumento de la resistencia al corte también aumentará [11].

El estudio para mejorar las propiedades mecánicas del mortero se ha difundido a lo largo de los años y en las diferentes partes del mundo. En Marruecos en una investigación realizada en la universidad Mohammed V en Rabat hace un planteamiento para mejorar dichas propiedades en los morteros a base de cemento ecológicos reforzados con fibras plásticas parcialmente sustituidos por puzolanas naturales y residuos de mármol, los autores nos mencionan la importancia y el uso de estos para ayudar a reducir la huella de carbono y que mejor sustituyendo uno de los principales contribuyentes de CO₂ en el mundo como es la producción de cemento. En tal sentido se evaluaron 21 mezclas de morteros modificados ensayados a los 7 y 28 días, con adición de puzolanas naturales ricas en sílice y residuos de mármol en proporciones de 5-5%,10-5%,5-10%,15-0%,0-15%,7.5-7.5-7.5% para reemplazar

parcialmente al cemento además de adicionar el 1 y 2% de fibras plásticas. Los resultados fueron satisfactorios tanto para la resistencia a compresión como para la resistencia a la flexión siendo la muestra que mejor comportamiento presento la que tuvo una adición de 5% puzolana natural, 5% de residuos de mármol y 2% de fibras plásticas con una resistencia a la compresión que alcanzó los 18.67 MPa [5].

En un estudio realizado en Ecuador, se investigó la viabilidad de reemplazar parte del cemento Portland con ceniza de fondo, un subproducto de la fabricación de ladrillos artesanales, para usarlo en la elaboración de mortero ecológico. Se analizó el comportamiento mecánico del mortero según la normativa NTE Inen 2818, sustituyendo gradualmente el cemento por ceniza de fondo de una ladrillera en Manabí, Ecuador. Se realizaron pruebas de resistencia a la compresión en muestras con reemplazos del 5%, 10% y 15%, observando mejoras al sustituir el 5% y una disminución al llegar al 10%. También se evaluó la capacidad puzolánica de la ceniza de fondo mediante espectroscopia infrarroja, encontrando características cementantes. Se concluyó que sustituir alrededor del 5% del cemento Portland es viable y podría permitir la reutilización del residuo en la construcción [12].

Las puzolanas, como la ceniza volante (CV) y el nano-metacaolín (MK), son desechos industriales que atraen la atención de los investigadores debido a su acción puzolánica. El presente estudio examina el efecto de la sustitución parcial de cemento con nano-metacaolín en presencia de ceniza volante en morteros de cemento, destacando su acción puzolánica que mejora la resistencia y durabilidad en entornos agresivos. Se investiga la dosificación óptima de MK en mezclas binarias y ternarias, variando la cantidad de CV (5-20%) y MK (2.5-10%), así como la correlación de resultados mediante análisis microestructural. Como resultado se tiene un aumento significativo en la resistencia y durabilidad del mortero con una dosificación de 10% CV + 7.5% MK, lo que sugiere una posible reducción en la demanda de cemento y emisiones de gases de efecto invernadero, promoviendo la sostenibilidad en la construcción [13].

Bases teóricas

Mortero

Es un conglomerado a base de aglomerante y agregado fino con la cantidad suficiente de agua que brinde a la mezcla las propiedades requeridas. Para obras de albañilería su elaboración está estipulada en las normas NTP 339.607 y NTP 339.610. Además, sus proporciones pueden considerarse de acuerdo con la tabla brindada por la Norma E.070 [14].

Agregado fino

El agregado fino deberá ser una arena gruesa natural, sin presencia de sales y materia orgánica, deberá cumplir con la siguiente tabla establecida tanto en la norma vigente E070 de albañilería.

Tabla 1: Granulometría del agregado fino [14]

TABLA 3	
GRANULOMETRÍA DE LA ARENA	
MALLA ASTM	% QUE PASA
Nº 4 (4,75 mm)	100
Nº 8 (2,36 mm)	95 a 100
Nº 16 (1,18 mm)	70 a 100
Nº 30 (0,60 mm)	40 a 75
Nº 50 (0,30 mm)	10 a 35
Nº 100 (0,15 mm)	2 a 15
Nº 200 (0,075 mm)	Menos de 2

El porcentaje retenido no debe superar el 50% de arena entre dos mallas seguidas y que el módulo de fineza debe ser mayor que 1.6 y menor que 2.5 [14]. Sin embargo, la NTP 400.037 nos menciona la gradación no en todos los casos puede cumplir con lo establecido, con la condición de que la dosificación cumpla con la resistencia requerida.

Cemento portland

En la presente tesis se hace uso de este tipo de cemento por lo que se toma como referencia al ser el más usado en la industria de la construcción para la preparación de concretos y morteros, este producto se obtiene a partir de la pulverización del Clinker adicionado con el sulfato de calcio (yeso en sus diferentes formas). El cemento al ser fusionado con agua reacciona proporcionando a la mezcla una consistencia plástica con propiedades de adherencia, pasando por un proceso de fragua inicial y final, donde termina por endurecer hasta alcanzar su resistencia característica [16].

La tabla siguiente muestra los rangos de los componentes químicos de un cemento típico el cual puede variar según el tipo.

Tabla 2: Rango de componentes químicos de óxidos presentes en el cemento [16]

% de Oxidos (peso)	Rango
CaO	60-67
SiO ₂	17-25
Al ₂ O ₃	3-8
Fe ₂ O ₃	0.5-6.0
Na ₂ O + K ₂ O	0.2-1.3
MgO	0.1-4.0
Cal libre	0-2
SO ₃	1-3

Cemento portland Tipo I

Proporcionará al mortero mayor trabajabilidad cuando este fresco y mayor resistencia una vez que haya endurecido, generalmente usado en concretos y morteros que no estén expuestos al ataque de sulfatos en suelo o agua y sus propiedades deben cumplir la norma peruana 334.009 [17].

Agua

Importante para la hidratación del cemento y trabajabilidad del mortero, por lo general debe usarse agua potable exento de cualquier contaminante que pueda alterar sus propiedades [18].

Unidades de albañilería

Unidades hechas a base de arcilla, pueden ser de diferentes tipos y fabricadas de manera industrial o en otros casos de forma artesanal, tenemos unidades sólidas o huecas y tubulares. Existen ensayos que se pueden hacer a estas unidades. Si se desea usar con fines estructurales deberá cumplir con las siguientes especificaciones [14].

Tabla 3: Características de las unidades de albañilería [14]

TABLA 1 CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más 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

Existen ciertas limitaciones estipuladas según la norma E.70, para el caso de las unidades sólidas industriales de acuerdo a las zonas dadas por la norma sismorresistente este tipo de ladrillo puede ser usado en cualquiera de las 3 zonas sísmicas [14]. El tipo de ladrillo será determinado mediante los ensayos correspondientes.

Existe una propuesta de la norma E070 Albañilería, la cual no considera los bloques tipo P y Bloque NP. Sin embargo, aún no ha sido aprobada, pero se especifica a continuación a modo de conocimiento.

Tabla 4: Propuesta sobre las características de las unidades de albañilería [15]

TABLA 1 CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más 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)

Tipos de ladrillo

En la actualidad existen muchas variedades de ladrillos como por ejemplo los ladrillos macizos, huecos, refractarios, cara vista, decorativos, entre otros, pero según su uso se puede clasificar de la siguiente manera [19].

- **Ladrillo para muros portantes:** Su función es soportar el peso, además de resistir las fuerzas provenientes de sismos, este tipo de ladrillo debe ser de muy buena calidad, su clasificación esta estipulada en la norma E.070 de albañilería estructural, el más usado y conocido es el llamado King Kong 18 huecos cuyas dimensiones son de 24 cm de largo, 13cm de ancho y 9cm de alto.



Imagen 1: Ladrillo King Kong 18 huecos [19]

- **Ladrillo para tabiques:** No soportan peso ni cargas de sismo, su principal función es de separar los ambientes, el más común es el ladrillo pandereta cuyas medidas son de 23 cm de largo, 12 cm de ancho y 10 cm de alto
- **Ladrillo para techos:** Usados comúnmente en techos aligerados y al igual que el ladrillo pandereta son caracterizados por ser livianos.

El tratamiento de la unidad de albañilería a base de arcilla, se deberán mojar por media hora entre 10 a 15 horas previo a su asentamiento, la succión ideal según norma debe estar en el intervalo de 10 a 20 gr/200 cm-min [15].

Requisitos para muros de albañilería

La norma E070 de albañilería en un apartado nos dice que para determinar la resistencia en muros de albañilería se realizará mediante ensayos de compresión axial o de pilas ($f'm$) y ensayo de compresión diagonal o muretes ($v'm$) [10]. La tabla mostrada nos da variables que se deben tomar en cuenta.

Tabla 5: Valores de A y B para determinar f'_m y V'_m [14]

TABLA 7 MÉTODOS PARA DETERMINAR f'_m y V'_m									
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
(f'_m)	A	A	A	B	B	A	B	B	B
(V'_m)	A	A	A	B	A	A	B	B	A

Donde A se obtiene a través de la calidad del mortero y ladrillo, el valor de B se determina por medio de ensayos de muretes y de pilas.

Existe una propuesta de la norma E070 Albañilería, la cual considera 4 zonas sísmicas. Sin embargo, aún no ha sido aprobada, pero se especifica a continuación a modo de conocimiento.

Tabla 6: Valores de A y B para determinar f'_m y V'_m [15]

TABLA 19 MÉTODOS PARA DETERMINAR f'_m y V'_m									
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	4	3 y 2	1	4	3 y 2	1	4 y 3	2	1
(f'_m)	A	A	A	B	B	A	B	B	B
(V'_m)	A	A	A	B	A	A	B	B	A

Los prismas para ensayos de pilas y muretes hechos previos a los ensayos deberán cumplir con ciertos requisitos para garantizar que los resultados sean confiables, igual unidad de albañilería con igual contenido de humedad, el mortero deberá tener una consistencia uniforme y las juntas tendrán un mismo espesor. Asimismo, las muestras serán ensayadas después de 28 días o mayor a los 14 días, siempre y cuando la resistencia sea incrementada por los siguientes factores [14].

Tabla 7: Factores para incrementar la resistencia en prismas [14]

TABLA 8 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

Cenizas de ladrillo artesanal

- Este tipo de ceniza de fondo se obtiene producto de la incineración o cocción de ladrillos artesanales, tiene propiedades puzolánicas, siendo rica en sílice, óxidos metálicos y otros compuestos químicos que lo hacen ideal para reemplazar parcialmente al cemento. Estas cenizas muchas veces se pueden observar como un polvo ya que es producto de una combustión [20].
- Las cenizas al ser aplicadas en el concreto o mortero funcionan como un aglutinante al entrar en contacto con el agua y el cemento [21].
- Las cenizas con propiedades puzolánicas pueden mejorar la resistencia del concreto mediante la reacción puzolánica con el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (hidróxido de calcio) durante la hidratación del cemento. Durante esta reacción, principalmente la sílice de la puzolana reacciona químicamente con el hidróxido de calcio liberado durante la hidratación del cemento, formando compuestos cementosos adicionales [5].

Proceso de fabricación del ladrillo artesanal

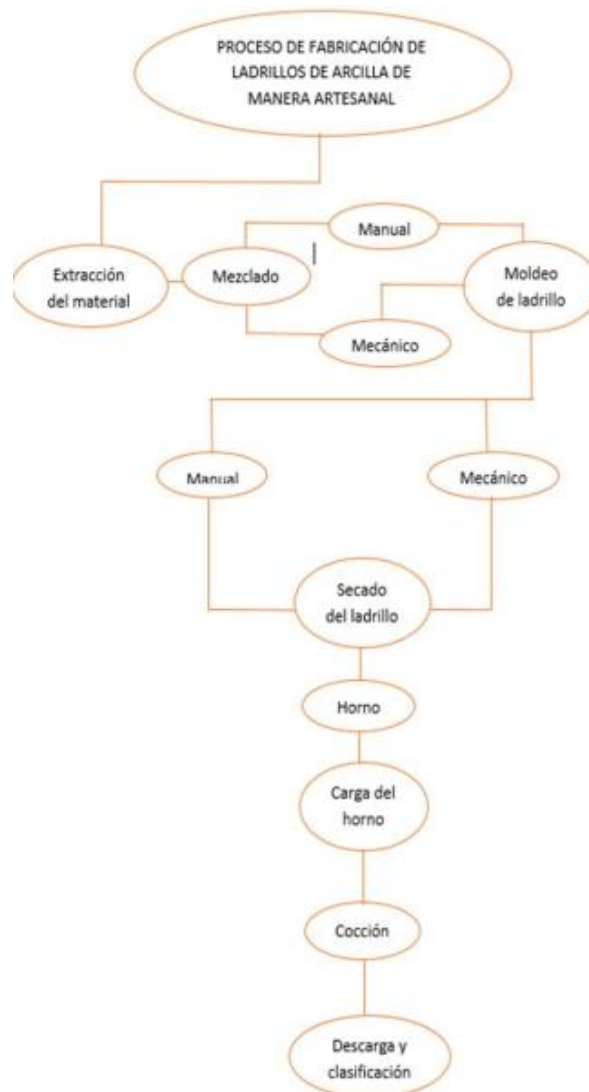


Imagen 2: Proceso de fabricación del ladrillo artesanal [3]

Proceso de Cocción de ladrillo artesanal

Se realiza de forma artesanal, el cocido se realiza desde la parte inferior hasta la parte superior, la duración puede ser variable dependiendo de la experiencia del fabricante, la cantidad y tipo de combustible [3].

Funciones del mortero de mampostería

Forma parte del muro y pueden representar hasta el 20% del volumen total del material, puede cumplir ya sea con una función estructural o estética y pueden ser clasificados como [22]:

- **Mortero de pega:** Sirve para la unión entre las unidades de albañilería y debe contar con una resistencia propia para poder resistir cargas de tensión y compresión.

- **Mortero de revestimiento:** Cumple principalmente con una función estética, deja el muro con una buena textura listo para la pintura o acabado final.
- **Mortero de relleno:** También debe contar con una adecuada resistencia y su uso está contemplado para el relleno de celdas de los muros.

La puzolana y su composición química

La NTP 334.090 define a la puzolana como un material sílico-aluminoso que con una granulometría adecuada y en presencia de agua reacciona químicamente con hidróxido de calcio [23]

Otro autor define a las puzolanas son materiales aluminio-silíceos que reaccionan con el Ca (OH)₂ o hidróxido de calcio mediante la incorporación de agua en un proceso llamado endurecimiento hidráulico donde obtiene sus propiedades cementantes, ya que por si solo tiene un bajo o nulo valor cementante. Las puzolanas además son capaces de reducir la expansión de los morteros y concretos, entre sus tres principales componentes tenemos los óxidos de silicio, aluminio y hierro [24].

Clasificación de las puzolanas

Las puzolanas pueden clasificarse como artificiales o naturales.

Dentro de la clasificación las puzolanas naturales se deben a que su origen es netamente mineral, en las de origen mineral podemos encontrar principalmente las cenizas las de origen volcánico. Las puzolanas artificiales son materiales que deben su condición a un tratamiento térmico, como las de naturaleza arcillosa que adquieren un carácter puzolánico por dicho tratamiento.

Haciendo referencia a la NTP 334.104 podemos observar la clasificación de la ceniza volante en tres clases:

Clase N: Puzolanas calcinada o crudas como las tierras diatomeas, calcedonias opalinas, cenizas volcánicas, entre otros [25].

Clase F: Ceniza volante con propiedades puzolánicas conforme a los requisitos especificados en la norma [25].

Clase C: Ceniza volante que además de tener propiedades puzolánicas cuenta con propiedades hidráulicas [25].

La composición química de las puzolanas naturales y cenizas volantes deberán adaptarse a la siguiente tabla.

Tabla 8: Requisitos químicos [25]

Composición Química	Clase		
	N	F	C
Dióxido de silicio (SiO ₂) + óxido de aluminio(Al ₂ O ₃) + óxido de fierro (Fe ₂ O ₃), % mín.	70,0	70,0	50,0
Trióxido de azufre (SO ₃), % máx.	4,0	5,0	5,0
Contenido de humedad, % máx.	3,0	3,0	3,0
Pérdida por calcinación, % máx.	10,0	6,0 ^A	6,0

Dosificación del mortero

Su dosificación puede realizarse ya sea en peso o volumen, un mortero con un contenido escaso de cemento puede ser estable a cambios volumétricos. Sin embargo, poseen baja adherencia, brindan poca rigidez y son muy poco durables debido a su bajo aporte en resistencia. En cuanto a morteros con alto contenido de arena son más estables a cambios volumétricos y son más económicos, pero deberán cumplir con la resistencia requerida

Tabla 9: Proporciones volumétricas del mortero [14]

TABLA 4 TIPOS DE MORTERO				
COMPONENTES				USOS
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 1/2	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

Asentado con mortero

Para muros no reforzados, el espesor de las juntas de mortero deberá estar comprendida entre 10 y 15 mm, la calidad del mortero y del ladrillo serán factores importantes en la resistencia a compresión y una buena unión de estos garantizará una buena resistencia frente a fuerzas cortantes [14].

Procedimientos para ensayos

Ensayo en ceniza

- **Ensayo de densidad**

Normatividad aplicable: NTP 334.005

Este ensayo nos da a conocer la densidad del cemento haciendo uso de la probeta de Le Chatelier el cual se llena con kerosene sin presencia de agua hasta la marca entre 0 y 1ml el cual servirá como referencia para saber el volumen desplazado por la ceniza a una temperatura controlada de 20°C, luego se procede adicionar entre 50 a 70gr de ceniza para calcular el volumen desplazado. La densidad finalmente estará dada por la relación de la masa del cemento adicionado y el volumen desplazado.

Equipos e insumos requeridos:

- ✓ Frasco de Le Chatelier
- ✓ Balanza
- ✓ Kerosene
- ✓ Cemento



Imagen 3: Ensayo de densidad de ceniza

Fuente: Propia



Imagen 4: Peso del molde para ceniza

Fuente: Propia

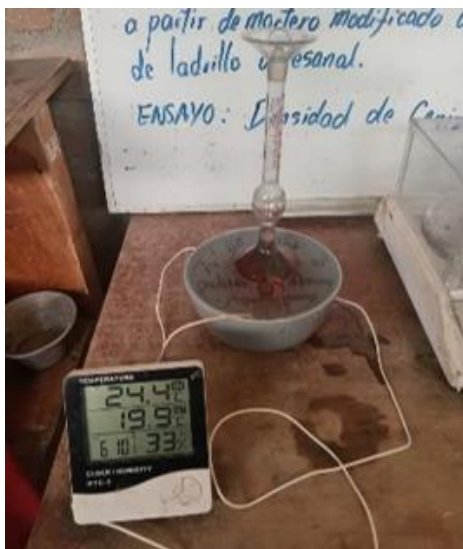


Imagen 5: Control de temperatura del kerosene a 20°C

Fuente: Propia



Imagen 6: Inserción de la ceniza dentro del frasco de Chatelier

Fuente: Propia

Ensayos en agregado fino

- **Contenido de humedad**

Normatividad aplicable: NTP 339.185

Para iniciar con el ensayo se debe realizar un cuarteo del agregado fino para tomar la muestra mas representativa de donde se extraerá 500 gr de material para posteriormente ser sometido al horno eléctrico por 24 hrs como máximo a una temperatura de 110 °C, una vez transcurrido el tiempo se tomará el peso seco de la muestra. Finalmente, el contenido de humedad estará dado por la diferencia entre el peso húmedo y el peso seco.

Para este ensayo se requerirá equipos como

- ✓ Horno eléctrico 110°C ± 5 °C
- ✓ Balanza con precisión ± 0.5gr
- ✓ Taras de acero
- ✓ Guantes



Imagen 7: Peso de muestra + tara

Fuente: Propia



Imagen 8: Muestra en el horno eléctrico

Fuente: Propia

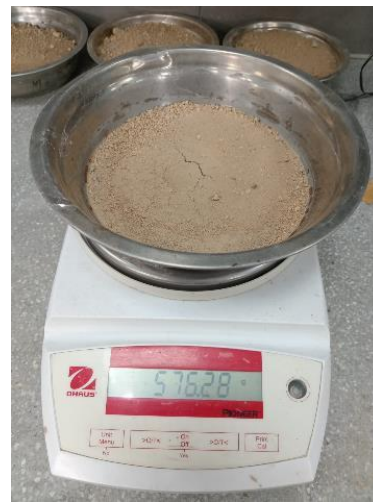


Imagen 9: Peso de muestra seca + tara

Fuente: Propia

- **Granulometría**

Normatividad aplicable: NTP 400.012

Para este ensayo se toma una muestra de 500gr a partir de la muestra más representativa producto del cuarteo previamente realizado, luego se procede a eliminar las impurezas mediante un lavado de la muestra tomada y se ingresa al horno por 24h para su secado, pasado ese tiempo se pesa y se determina el porcentaje que pasa por los tamices N°4, 8, 16, 30, 50, 100 (incluido el fondo) con el fin de graficar la curva granulométrica y comprobar si se cumple con los husos recomendados por la norma ACI 211 o la NTP 400.037. Para el módulo de fineza se deberá calcular con la siguiente formula.

$$MF = \frac{\sum \text{Tamiz N}^\circ 4, 8, 16, 30, 50, 100}{100}$$

Para este ensayo se requerirá equipos como

- ✓ Tamices normalizados
- ✓ Balanza
- ✓ Horno 110°C ± 5°C
- ✓ Brocha pequeña o escobilla
- ✓ Taras



Imagen 10: Cuarteo de la muestra

Fuente: Propia



Imagen 11: Tamizado de la muestra

Fuente: Propia



Imagen 12: Material obtenido en cada tamiz

Fuente: Propia

Nota: Existen ciertas diferencias entre los husos brindados por la NTP 400.037 y la Norma E.070 de albañilería, por lo que se recomienda usar la NTP 400.037 debido a la variedad en el tamaño de los granos [26].

- **Peso unitario suelto**

Normatividad aplicable: NTP 400.017

Lo primero que se debe hacer en este ensayo es pesar el molde vacío y calcular su volumen, para posteriormente llenar al ras del molde dejando caer el material cuidadosamente a una distancia que no supere los 5cm por encima de la parte superior del molde, como paso final nos ayudamos de una regla para eliminar el exceso de material y limpiamos los restos que pudieron haber caído en los bordes para evitar errores o mayores pesos en los cálculos obtenidos.



Imagen 13: Peso del molde

Fuente: Propia



Imagen 14: Vaciado del agregado fino al ras del molde

Fuente: Propia



Imagen 15: Enrasado para eliminar el exceso de material en el molde

Fuente: Propia



Imagen 16: Peso del molde + peso agregado suelto

Fuente: Propia

- **Peso unitario compactado**

Normatividad aplicable: NTP 400.017

Al igual que para el peso suelto se debemos obtener su peso y volumen del molde, luego llenar hasta su tercera parte y chusear de manera horaria con la varilla liza (25 golpes), adicional a ello se golpea el en todo su contorno 15 veces con ayuda de un martillo de goma, después llenamos hasta las dos terceras partes de su capacidad y volvemos a realizar el mismo procedimiento. Finalmente, se llena todo el molde para repetir el patrón y se enrasar con la varilla o regla.



Imagen 17: Vaciado del agregado fino

Fuente: Propia



Imagen 18: Compactado mediante varillado

Fuente: Propia



Imagen 19: Compactado mediante martillo de goma

Fuente: Propia



Imagen 20: Peso del molde + peso agregado compactado

Fuente: Propia

- **Peso específico y grado de absorción**

Normatividad aplicable: NTP 400.022

Este ensayo consiste en pesar la Fiola y luego pasa el agregado por el tamiz N°4 y se separa las dos muestras de 500 gr, después se satura y se deja por un lapso de 24h. Colamos el material dentro de la Fiola y se llena con agua destilada hasta el menisco, con ayuda de la palma de la mano para eliminar el aire atrapado, se deja reposar 24h, pasado este tiempo se llena con agua hasta a señal mostrada en la Fiola y se toma el nuevo peso.

la muestra que estaba dentro de las fiolas. Después a colocamos en los recipientes y dejamos que el material sedimente; luego se retira el exceso de agua sobrante con la ayuda de la pipeta. Como último paso se mete al horno eléctrico por un día a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, al retirar las muestras del horno se vuelve a pesar y se calcula el peso específico y absorción.



Imagen 21: Tamizado por la malla N°4

Fuente: Propia

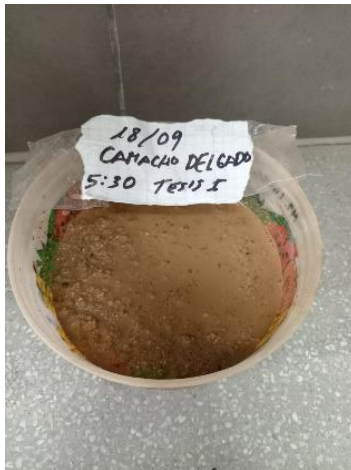


Imagen 22: Saturado de la muestra por 24h

Fuente: Propia



Imagen 23: Eliminación del aire atrapado

Fuente: Propia



Imagen 24: Peso de la muestra sup. seca + peso frasco + peso del agua

Fuente: Propia



Imagen 25: Muestra superficialmente seca

Fuente: Propia



Imagen 26: Peso de la muestra seca al horno

Fuente: Propia

Ensayos en mortero

- **Ensayo de fluidez**

Normatividad aplicable: NTP 334.057

Es un parámetro que indica la consistencia y fluidez del mortero. Se determina colocando una muestra de mortero recién mezclado dentro de un molde con forma de cono truncado. La muestra se llena en dos capas y se compacta por varillado, realizando 20 golpes en cada capa en la mesa de flujo. Luego, se levanta el molde y se procede a dejar caer la mesa de flujo 25 veces en un lapso de 15 segundos. Se mide el diámetro inicial (cm) y el diámetro promedio una vez que se haya tomado diferentes diámetros (cm) del mortero [1]. La NTP 399.610 – Especificación normalizada para morteros nos dice que el rango de fluidez del mortero debe encontrarse en un rango de $110 \% \pm 5 \%$ [27].

El asentamiento está estrechamente relacionado con la cantidad de agua presente en la mezcla fresca y tiene una relación inversa con la resistencia del concreto. A medida que aumenta el contenido de agua en la mezcla, generalmente se observa un mayor asentamiento, mientras que una mayor resistencia del concreto o mortero tiende a estar asociada con un menor asentamiento [28].

Para este ensayo se requerirá equipos como:

- ✓ Molde en forma de Cono truncado
- ✓ Compactador o pisón
- ✓ Mesa de flujo
- ✓ Espátula pequeña
- ✓ Vernier
- ✓ Badilejo



Imagen 27: Vaciado de mezcla en el cono truncado

Fuente: Propia



Imagen 28: Medida de los diámetros posterior a los 25 golpes en la mesa de flujo

Fuente: Propia

- **Ensayo de peso unitario**

Normatividad aplicable: NTP 339.046

Se realizará la mezcla de mortero correspondiente, luego se vierte en un molde el cual se deberá conocer previamente sus medidas. El peso unitario estará dado por la relación entre el peso del mortero y el volumen de molde.

Para este ensayo se requerirá equipos como:

- ✓ Pisón compactador
- ✓ Molde
- ✓ Balanza de precisión
- ✓ Espátula pequeña



Imagen 29: Medida del diámetro del molde

Fuente: Propia



Imagen 30: Medida de la altura del molde

Fuente: Propia



Imagen 31: Peso del molde

Fuente: Propia



Imagen 32: Peso del molde + muestra

Fuente: Propia

- **Ensayo de tiempo de fraguado**

Normatividad aplicable: NTP 334.057

Evalúa la consistencia que está dada por la movilidad relativa o capacidad de fluir que tiene la mezcla de mortero de cemento, mediante este proceso se determina el tiempo en el que el mortero empieza a fraguar.

Este ensayo es usado para regular la cantidad de agua en el mortero que servirá para los próximos ensayos, esta normado por la NTP 334.006 y la ASTM C 305. La consistencia normal de la pasta se considera cuando la sonda penetra 10 ± 1 mm posterior a los 30 seg de haber sido

soltado. El tiempo de fraguado inicial esta definido como el tiempo que pasa para llegar una penetración de 25 mm y el tiempo de fraguado final es el tiempo total para una penetración correspondiente a 0mm, es decir para que la aguja no deje marca visible en la pasta, la primera lectura puede realizarse pasado la media hora y luego cada 15min tomando nota de cada penetración [29].

Para este ensayo se requerirá equipos como:

- ✓ Equipo de Vicat
- ✓ Probetas graduadas
- ✓ Recipientes y mezclador
- ✓ Anillo cónico



Imagen 33: Penetración de la aguja de Vicat

Fuente: Propia



Imagen 34: Lectura de la penetración en el equipo de Vicat

Fuente: Propia

- **Ensayo de compresión en mortero**

Normatividad aplicable: NTP 334.051

Este ensayo se realiza mediante la elaboración de muestras cúbicas de 5cm de lado dispuestas en recipientes metálicos los cuales serán curados en su molde por un día y luego serán sumergidos en agua hasta que sean ensayados. Es recomendable que el mortero pueda resistir las cargas a compresión, las cuales deben ser similares a las de albañilería, para edificaciones entre 1 y 3 niveles puede usarse dosificaciones de 1:5, pero para los edificios que superan los 3 niveles se recomienda una proporción de 1:3 o 1:4. Las muestras de mortero deberán ser ensayadas a los 3, 7, 14 y 28 días a compresión con ayuda de una prensa hidráulica con carga controlada [26].

Para este ensayo se requerirá equipos como:

- ✓ Prensa hidráulica
- ✓ Balanza
- ✓ Moldes cúbicos de 5cm por lado
- ✓ Molde para curado



Imagen 35: Medida de los cubos de mortero

Fuente: Propia



Imagen 36: Colocación del mortero en la máquina de compresión

Fuente: Propia



Imagen 37: Aplicación de la carga al cubo de mortero

Fuente: Propia



Imagen 38: Resultado de la carga a compresión

Fuente: Propia

Ensayos en unidades de ladrillos

- **Variación dimensional**

Normatividad aplicable: NTP 339.604 y NTP 339.613

Para este ensayo se realizará las medidas de las dimensiones del ladrillo a una muestra total de 10 unidades, estas unidades no deben presentar defectos. La dimensión de cada arista de la unidad se toma como el promedio de 4 medidas en la parte de la media de cada cara para posteriormente se compara con las dimensiones dadas por el proveedor para poder obtener la variación dimensional [28].

La variación dimensional se obtiene en porcentaje mediante la siguiente formula:

$$V (\%) = \frac{ME - MP}{MP} * 100$$

Donde:

V% = Variación dimensional (%)

ME = Medida especificada por el fabricante (mm)

MP = Medida promedio (mm)



Imagen 39: Medida del alto del ladrillo

Fuente: Propia



Imagen 40: Medida del largo del ladrillo

Fuente: Propia



Imagen 41: Medida del ancho del ladrillo

Fuente: Propia

- **Alabeo**

Normatividad aplicable: NTP 339.613

Se toma 10 muestras de ladrillo, este ensayo se basa en colocar la unidad en una superficie plana y colocar una regla metálica conectando los extremos de una de sus diagonales, A mayor alabeo conlleva un mayor espesor de junta, esto puede afectar la adherencia con el mortero al presentar vacíos en zonas con mayor alabeo [28]. Se deberá indicar el promedio de las medidas tomadas por concavidad o convexidad según sea el caso [29].



Imagen 42: Medidas tomadas a partir de la convexidad o concavidad del ladrillo

Fuente: Propia

- **Absorción**

Normatividad aplicable: NTP 339.604 y NTP 339.613

Pueden emplearse las mismas unidades ensayadas en los ensayos de alabeo y/o variación dimensional, las unidades que se ensayen deben estar inmersas en agua durante 24h para luego ser retiradas y registrar su peso, previo a ello se debió haber registrado su peso seco original [28].



Imagen 43: Peso de ladrillo seco

Fuente: Propia



Imagen 44: Ladrillo inmersos en agua

Fuente: Propia



Imagen 45: Peso del ladrillo húmedo

Fuente: Propia

- **Resistencia a la compresión**

Normatividad aplicable: NTP 339.604 y NTP 339.613

Su resistencia a la compresión se puede clasificar restando el promedio de todos los ensayos realizados y su desviación estándar [28]. Pueden emplearse las mismas unidades ensayadas en los ensayos de alabeo y/o variación dimensional, las unidades será sometidas a compresión por medio de una prensa hidráulica.



Imagen 46: Ubicación del ladrillo para ser sometido a compresión

Fuente: Propia



Imagen 47: Muestra de ladrillo posterior a la aplicación de la carga

Fuente: Propia

Ensayos en muros de albañilería

- **Ensayo de adherencia**

Normativa aplicable: NCh 167: 2001

Este experimento se lleva a cabo al aplicar fuerzas de cizallamiento a muestras compuestas por tres ladrillos cerámicos unidos por un mortero que cumple con las especificaciones establecidas por la normativa correspondiente.

Para este ensayo se requerirá equipos como:

- ✓ Prensa hidráulica
- ✓ Nivel de mano
- ✓ Badilejo 5"
- ✓ Plancha de batir



Imagen 48: Preparación de mortero para muestra de adherencia

Fuente: Propia



Imagen 49: Nivelación de muestra para ensayo de adherencia

Fuente: Propia

- **Ensayo de pilas**

Normativa aplicable: Norma E.070 (Albañilería) y NTP 339.605 (Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión en prismas de albañilería).

Este ensayo se realiza con muestras de 3 ladrillos apilados verticalmente con una junta de 10 a 15mm, gracias a este ensayo se puede determinar el f'_m (resistencia a compresión axial) la cual va estar definida por la división entre la carga máxima a compresión que pueda soportar cada una de las pilas y el área de la sección transversal de dicha pila.

Para este ensayo se requerirá equipos como:

- ✓ Prensa hidráulica
- ✓ Nivel de mano
- ✓ Badilejo 5"
- ✓ Plancha de batir



Imagen 50: Colocación de pila en la máquina de compresión

Fuente: Propia



Imagen 51: Muestra de pila ensayada a compresión

Fuente: Propia

Tipos de falla en pilas

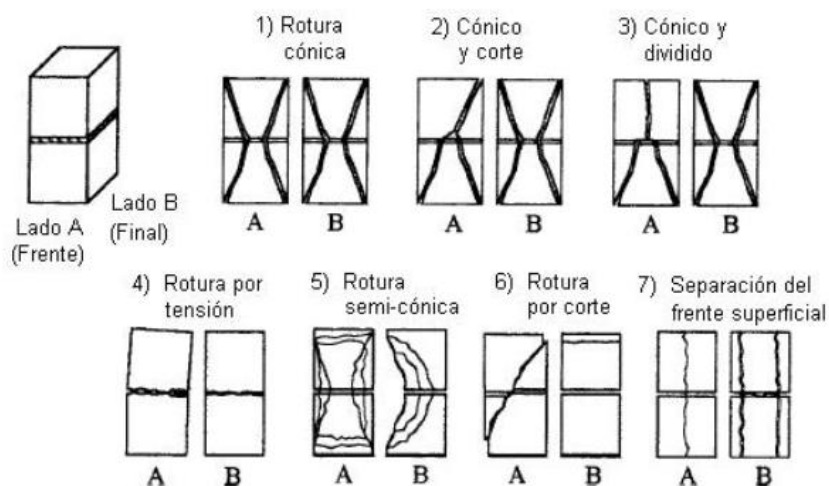


Imagen 52: Esquemas de modos de falla en pilas [30]

- **Ensayo de muretes**

Normativa aplicable: Norma E.070 (Albañilería) y NTP 339.621 (Norma para ensayos en muretes de albañilería).

Cada murete será elaborado con 2.5 ladrillos por hilada, con un total de 6 hiladas, las dimensiones serán de 60x60cm como mínimo y su valor de diseño no debe exceder a 0.319

$\sqrt{f'm}$ (Mpa) o $\sqrt{f'm}$ (kg), las muestras podrán ser ensayadas a partir de los 21 donde serán ensayadas aplicando una carga a lo largo de una de sus diagonales que conlleva a la falla del murete.

Para este ensayo se requerirá equipos como:

- ✓ Máquina de prueba
- ✓ Nivel de mano
- ✓ Badilejo 5"
- ✓ Plancha de batir
- ✓ Plomada
- ✓ Hilo de albañil

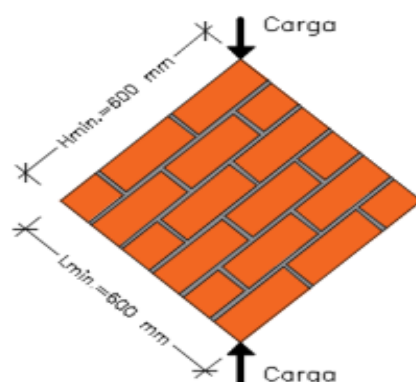


Imagen 53: Murete para ensayo de compresión diagonal [31]



Imagen 54: Construcción de muretes

Fuente: Propia



Imagen 55: Murete listo para ser sometido a compresión diagonal

Fuente: Propia

Tipos de falla en muretes

Se describen tres tipos de falla en muretes

- ✓ Una falla escalonada es aquella en la que se desarrollan grietas en forma de escalones a lo largo de la estructura, generalmente debido a cargas cíclicas o repetidas. Estas grietas

suelen ser horizontales y pueden indicar una falta de cohesión o adherencia entre las unidades de la estructura [32].

- ✓ Una falla mixta es aquella que involucra más de un mecanismo de falla simultáneamente o en diferentes partes de la estructura. Por ejemplo, una estructura podría experimentar fallas por flexión en algunas áreas y fallas por corte en otras, lo que resultaría en una falla mixta [32].
- ✓ Falla por tracción diagonal es un tipo específico de falla en la que se desarrollan grietas diagonales en la estructura debido a fuerzas de tracción. Este tipo de falla es común en muros de albañilería y se manifiesta como grietas diagonales que se extienden desde los puntos de aplicación de carga hacia abajo y hacia fuera. [32].

Materiales y métodos

Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es **aplicada** ya que se pretende modificar la realidad problemática, es decir con la presente investigación se busca evaluar y comprender como las adiciones de cenizas de ladrillo artesanal afectan a las propiedades del mortero y la resistencia a la compresión en muros de albañilería. El diseño de investigación es **experimental** por la manipulación de la variable mediante un estímulo, es decir mediante el uso o incorporación de diferentes porcentajes de cenizas de ladrillo artesanal en el mortero (Var. independiente) usado en muros de albañilería se va a pretender mejorar la resistencia a la compresión de dichos muros (Var. dependiente). Además, cuenta principalmente con un enfoque **cuantitativo**, es decir se hace una recopilación y análisis de datos numéricos a partir de mediciones específicas y pruebas para evaluar y comparar las propiedades de los parámetros en cuestión (agregado, mortero, ladrillo, muro de ladrillo).

Operacionalización de variables

Tabla 10: Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLE	DESCRIPCION	INDICADOR	UNID. DE MEDIDA	METODO MEDICION
Independiente	Adición de Cenizas de ladrillo artesanal	5, 10 y 15% de cenizas de ladrillo artesanal como reemplazo parcial del cemento	%	Fichas técnicas del proveedor, Ensayos aplicados al mortero
Dependiente	Propiedades físicas del mortero	Fluidez	%	Metodo de ensayo según NTP 334.057
		Tiempo de fraguado	%	Metodo de ensayo según NTP 334.048
		Peso unitario	Kg/m ³	Metodo de ensayo según NTP 339.046
	Propiedades mecánicas del mortero	Resistencia a la compresión en mortero	Kg/cm ² , Mpa	Metodo de ensayo según NTP 334.051
		Resistencia a la compresión axial en pilas	Kg/cm ² , Mpa	Metodo de ensayo según NTP 339.605
		Resistencia a la compresión diagonal en muretes	Kg/cm ² , Mpa	Metodo de ensayo según NTP 339.621
		Adherencia al cizallamiento	Kg/cm ² , Mpa	Metodo de ensayo según NCh 167

VARIABLE	DESCRIPCION
Interviente	Ladrillo KK18 huecos tipo IV
	Aparejo sogá
	Espesor de junta (15mm)

Fuente: Elaboración propia

Población y muestra

Población

Morteros usados en muros de albañilería con la adición de cenizas con propiedades puzolánicas en la región Lambayeque.

Muestra

- **Muestras para morteros en estado fresco y endurecido**

El diseño de muestras para evaluar el mortero en estado fresco y endurecido se basó en lineamientos normativos, criterios de variabilidad técnica esperada y la necesidad de caracterizar de manera completa el comportamiento del mortero modificado con ceniza de ladrillo artesanal (CLA).

En el caso del estado fresco, se realizaron ensayos de fluidez, tiempo de fraguado y peso unitario para tres proporciones volumétricas de mezcla (1:3, 1:4 y 1:5 cemento:arena), considerando cuatro niveles de sustitución de CLA (0%, 5%, 10% y 15%) en reemplazo del cemento. Para

cada combinación, se elaboró una muestra por tipo de ensayo, obteniéndose un total de 36 muestras. Este número se considera adecuado para obtener una caracterización preliminar representativa del comportamiento del mortero en estado fresco, de acuerdo con prácticas experimentales aceptadas. *Ver tabla 12*

En el caso del estado endurecido, se evaluó la resistencia a la compresión del mortero en los mismos niveles de dosificación y proporciones volumétricas, a tres edades de curado: 7, 14 y 28 días, siguiendo los lineamientos de la norma NTP 334.051:2012 (equivalente a ASTM C109), la cual nos indica que se debe tomar un tamaño de muestra de dos o tres especímenes como mínimo para cada edad de curado. Para cada combinación, se prepararon tres especímenes por edad de ensayo, lo cual dio un total de 108 muestras. Este diseño de muestra permite no solo evaluar el desarrollo de resistencia en el tiempo, sino también analizar la influencia del contenido de ceniza y de la relación cemento:arena sobre el desempeño mecánico del mortero. *Ver tabla 13*

- **Muestras para pilas y muretes sometidas a compresión axial y compresión diagonal respectivamente.**

Para el caso de las muestras tomadas para el diseño experimental en pilas y muretes se fundamentó en tres criterios principales: el cumplimiento de normativas técnicas aplicables, la variabilidad esperada en los resultados y la disponibilidad de recursos humanos, materiales y de laboratorio.

En primer lugar, la cantidad de especímenes fue definida considerando lo establecido en normas técnicas como la NTP 339.605 (equivalente a ASTM C1314) para pilas de albañilería sometidas a compresión axial, la NTP 339.619 para muretes a compresión diagonal y la NCh 167: 2001 (Equivalente a ASTM C67) para ensayo de adherencia mortero-unidad. Estas normativas recomiendan un número mínimo de tres especímenes por condición de prueba para obtener resultados representativos y comparable.

En segundo lugar, al tratarse de un estudio experimental con un material alternativo (ceniza de ladrillo artesanal) cuyo comportamiento presenta posible variabilidad en función de la dosificación, se decidió mantener tres réplicas por cada nivel de reemplazo del cemento (0%, 5%, 10% y 15%), tanto para las pilas como para los muretes y las unidades de adherencia. Esto

permite observar tendencias y reducir el efecto de resultados atípicos sin necesidad de aplicar un análisis estadístico complejo, dado el carácter exploratorio del estudio.

Finalmente, se consideró la viabilidad técnica y operativa del proyecto. La elaboración, curado y ensayo de 36 muestras en total se ajustó a la capacidad del laboratorio disponible, los tiempos asignados al trabajo experimental y los recursos materiales accesibles. El número de muestras fue, por tanto, suficiente para cumplir con los objetivos del estudio sin comprometer su ejecución práctica ni la calidad de los resultados obtenidos. *Ver tabla 14*

Por lo tanto, el diseño de muestra adoptado garantiza rigurosidad técnica, representatividad estadística básica y factibilidad operativa, cumpliendo con los estándares mínimos exigidos para este tipo de investigaciones experimentales.

Tabla 11: Muestras de mortero en estado fresco

PARA MUESTRAS DE MORTERO EN ESTADO FRESCO						
Tipo de mortero	Proporción en volumen de Cemento: Arena gruesa	Cantidad de cenizas de ladrillo artesanal (%)	Ensayo			Total de muestras
			Fluidez	Tiempo de fraguado	Peso unitario	
Mortero patrón	1:3	0	1	1	1	3
	1:4	0	1	1	1	3
	1:5	0	1	1	1	3
Mortero modificado con cenizas de ladrillo artesanal	1:3	5	1	1	1	3
		10	1	1	1	3
		15	1	1	1	3
	1:4	5	1	1	1	3
		10	1	1	1	3
		15	1	1	1	3
	1:5	5	1	1	1	3
		10	1	1	1	3
		15	1	1	1	3
Total de muestras						36

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Muestras de mortero en estado endurecido para ensayo de resistencia a la compresión

PARA MUESTRAS DE MORTERO EN ESTADO ENDURECIDO						
Tipo de mortero	Proporción en volumen de Cemento: Arena gruesa	Cantidad de cenizas de ladrillo artesanal (%)	Ensayo			Total de muestras
			Resistencia a la compresión			
Ensayado a:			7 días	14 días	28 días	
Mortero patrón	1:3	0	3	3	3	9
	1:4	0	3	3	3	9
	1:5	0	3	3	3	9
Ensayado a:			7 días	14 días	28 días	
Mortero modificado con cenizas de ladrillo artesanal	1:3	5	3	3	3	9
		10	3	3	3	9
		15	3	3	3	9
	1:4	5	3	3	3	9
		10	3	3	3	9
		15	3	3	3	9
	1:5	5	3	3	3	9
		10	3	3	3	9
		15	3	3	3	9
Total de muestras						108

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los porcentajes empleados se obtendrá la dosificación óptima de mortero modificado con cenizas de ladrillo artesanal que presente las mejores propiedades físicas y mecánicas, de acuerdo con eso se elaborarán muestras de pilas y muretes con un espesor de junta de 1.5 cm que serán ensayadas a los 28 días con un total de 36 muestras.

Tabla 13: Muestras totales de pilas y muretes a ensayar

PARA MUESTRAS DE MUROS ENSAYADAS A COMPRESIÓN AXIAL Y COMPRESIÓN DIAGONAL							
Tipo de ladrillo	Tipo de mortero	Proporción en volumen de Cemento: Arena gruesa	Porcentajes del tipo de adición (%)	Ensayo de flexión o adherencia (28 días)	Ensayo de muretes o compresión diagonal (28 días)	Ensayo de pilas o compresión axial (28 días)	Total
Ladrillo KK 18 huecos	Mortero patrón	Dosificación óptima (1:3, 1:4 o 1:5)	Dosificación	3	3	3	9
	Mortero modificado con cenizas de ladrillo artesanal		5	3	3	3	9
			10	3	3	3	9
			15	3	3	3	9
TOTAL DE MUESTRAS							36

Fuente: Elaboración propia

Estrategias para demostrar mi hipótesis

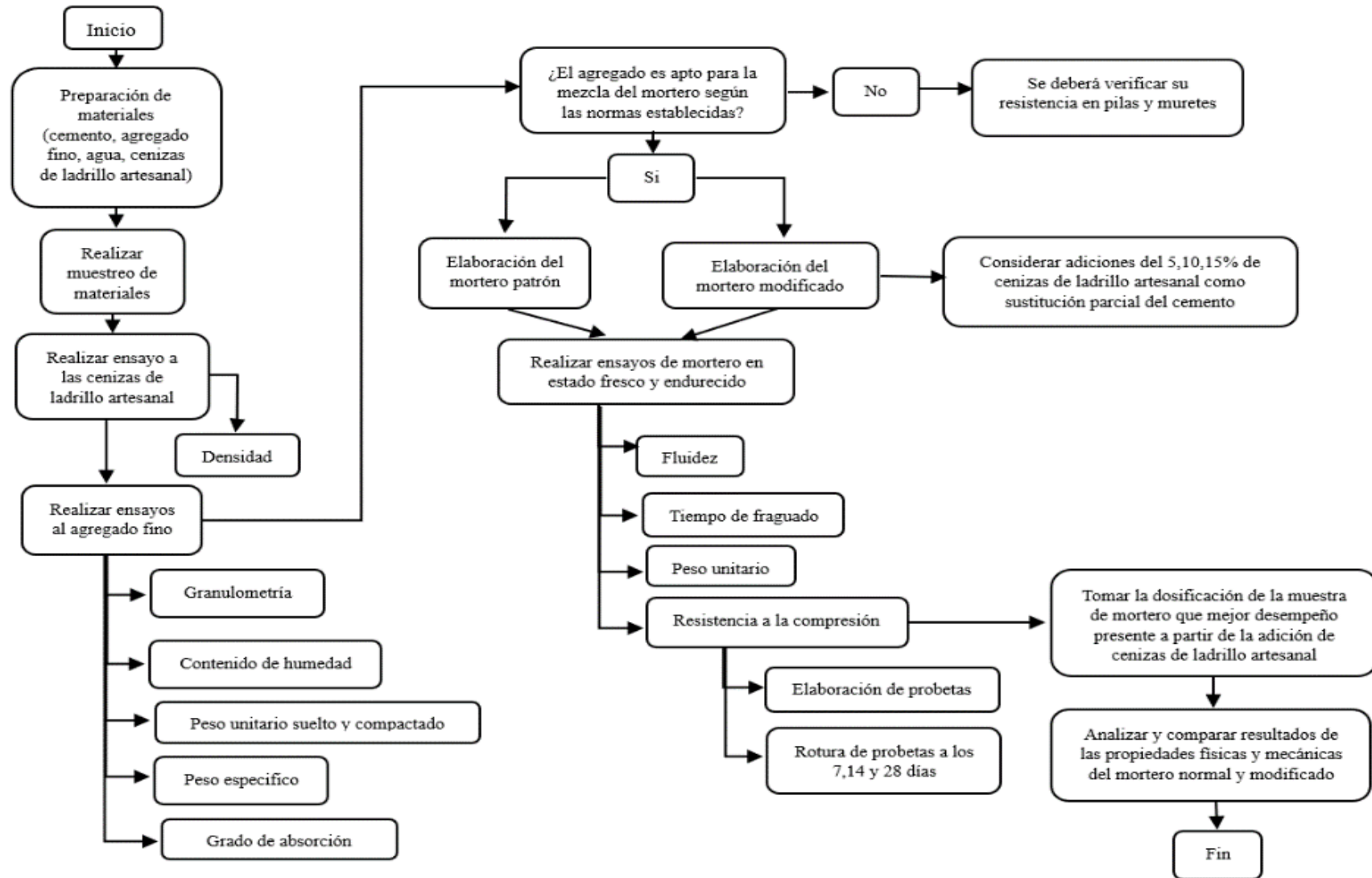


Imagen 56: Diagrama de flujo para la elaboración y ensayo de mortero

Fuente: Propia

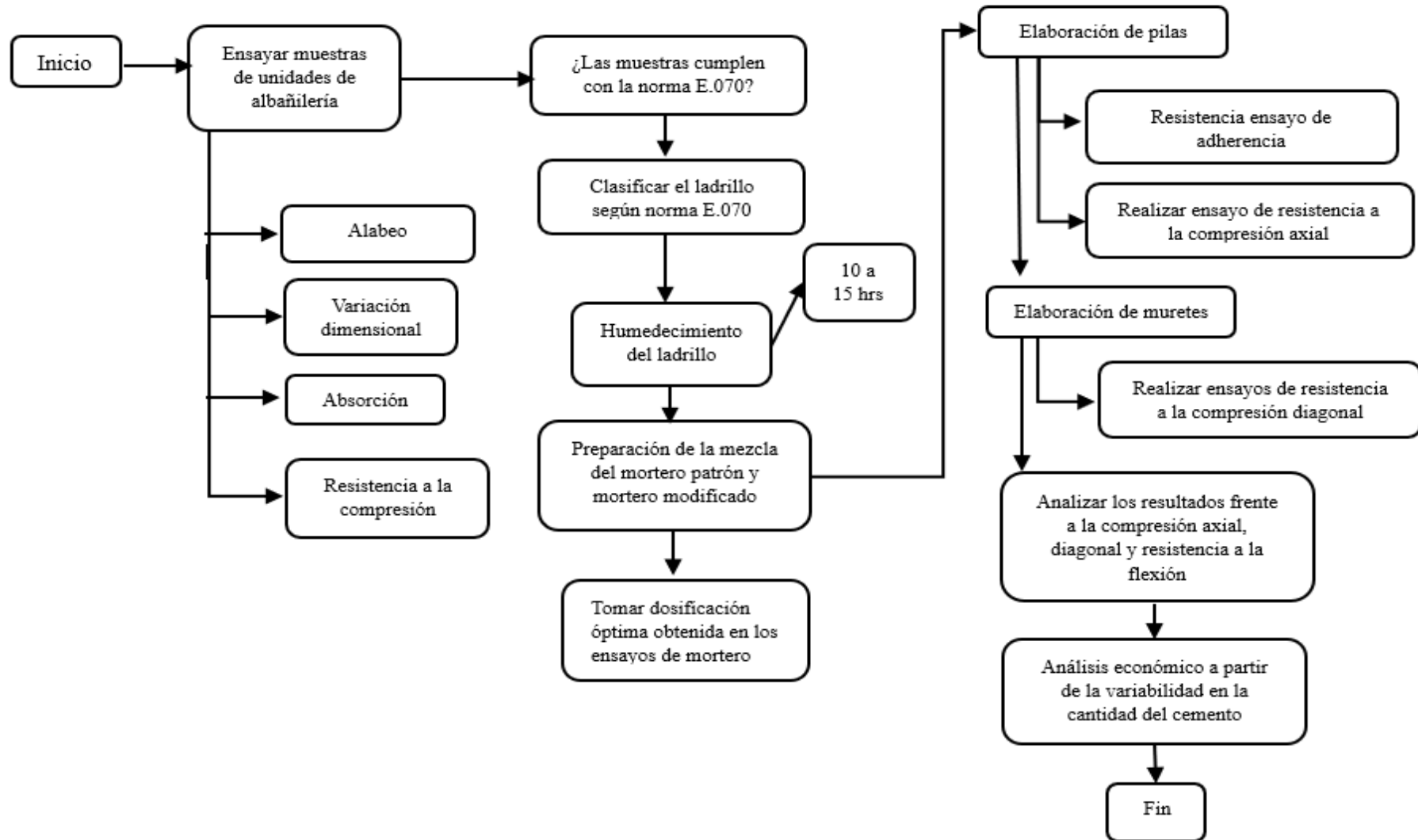


Imagen 57: Diagrama de flujo para la elaboración y ensayo de pilas y muretes

Fuente: Propia

- **Resumen de normas aplicables para procedimientos y requerimientos mínimos**

Tabla 14: Cuadro de resumen de normas aplicables al tema de investigación

	PROPIEDAD	NORMA APLICABLE (Requisitos mínimos y procedimientos)
CENIZAS DE LADRILLO ARTESANAL	Densidad	NTP 334.005
AGREGADO FINO	Granulometría	NTP 400.012
		Norma E.070 (Albañilería)
	Contenido de humedad	NTP 339.185
	Peso unitario suelto	NTP 400.017
	Peso unitario compactado	
	Peso específico	NTP 400.022 y Norma ASTM C127
Grado de absorción		
MORTERO	Fluidez	NTP 334.057
	Tiempo de fraguado	NTP 334.006
	Peso unitario	NTP 339.046
	Resistencia a la compresión	NTP 334.051
UNIDAD DE ALBAÑILERIA	Resistencia a la compresión	NTP 339.604 NTP 339.613 Norma E.070 (Albañilería)
	Alabeo	
	Variación dimensional	
	Absorción	
MUESTRA DE MURO DE ALBAÑILERIA	Resistencia al cizallamiento (adherencia)	NCh 167 : 2001
	Resistencia a la compresión axial	Norma E.070 (Albañilería) NTP 339.605 (Compresión en prismas) NTP 339.621 (compresión en muretes)
	Resistencia a la compresión diagonal	

Fuente: Elaboración Propia

Para este caso no será necesario el uso de cal, si bien es cierto brinda trabajabilidad y cierta retención de agua su influencia en la resistencia a compresión en muros de albañilería es poco representativo.

Obtención y selección de materiales

El agregado fino se obtuvo de la cantera Pátapo- La Victoria, Lambayeque

El cemento usado fue el cemento Portland tipo I de uso general, cemento apto para la elaboración del mortero según la norma E070 y las especificaciones normalizadas para morteros de la NTP 399.610.

Las unidades de albañilería se obtuvieron de la empresa de ladrillos Lark en Lambayeque, según la ficha técnica brindada por el proveedor es un ladrillo de arcilla tipo IV de alta resistencia y durabilidad con aplicación en construcciones de albañilería en condiciones de servicio riguroso, dicho tipo de ladrillo establecido en la ficha técnica será corroborada con los diferentes ensayos correspondientes realizadas a las unidades de albañilería.

Las cenizas producto de la cocción del ladrillo artesanal fueron obtenidas de la ladrillera artesanal “Culpón” ubicado en el distrito de José Leonardo Ortiz, distrito de Chiclayo, departamento de Lambayeque, las coordenadas $6^{\circ}44'20.4''S$ $79^{\circ}51'02.3''W$.



Imagen 58: Ubicación de la ladrillera artesanal

Fuente: Google Earth

La ceniza está clasificada como una ceniza fondo y es obtenida luego de un proceso de combustión producto de la quema del ladrillo artesanal. Dicha ceniza fue pasada por un colador para ir eliminando posibles impurezas o sustancias que no hayan sido calcinadas en su totalidad, el producto de esto fue sometida a un proceso de molienda para finalmente ser pasada por el tamiz N°200 (0.075mm). Asimismo, sus propiedades fisicoquímicas obtenidas en laboratorio fueron las siguientes:

Tabla 15: Análisis fisicoquímicos

DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS CZ.01
Humedad	&	2.14
Pérdida por calcinación	%	3.80
SiO ₂	%	47.66
Al ₂ O ₃	%	14.95
Fe ₂ O ₃	%	4.17
CaO	%	11.60
MgO	%	1.21
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	---	66.78

Fuente: Laboratorio Rivelab

La humedad obtenida a partir de los ensayos fisicoquímicos en laboratorio fue de 2.14% que es propia del ambiente.

La pérdida por calcinación que experimenta el material cuando es sometida al proceso de cocción fue de 3.80%, un porcentaje relativamente bajo que nos indica que la ceniza tiene pocas impurezas contribuyendo a la mezcla de mortero.

En cuanto a su composición química presenta una gran actividad puzolánica, donde destaca el porcentaje de dióxido de silicio (SO₂) con un 47.66% superando a los porcentajes del cemento que se encuentra entre 17-25% de SO₂, este porcentaje es suficiente para fijar químicamente el hidróxido de calcio que se libera en la hidratación del cemento. Además, al presentar un porcentaje importante va a ser el principal responsable en las propiedades mecánicas del mortero, pero dependerá de la cantidad de CLA que se emplee. También podemos destacar la presencia de otros óxidos como el de aluminio y fierro con 14.95% y 4.17% respectivamente. Si sumamos estos tres componentes obtenemos un total de 66.78%.

Si bien es cierto la ceniza de ladrillo artesanal no es una ceniza volante, se encuentra dentro de la clasificación de cenizas artificiales o inorgánicas obtenida por un proceso de combustión, si hacemos una comparativa de los resultados obtenidos con la tabla de requisitos químicos de las cenizas volantes establecida en la NTP 334.104 podemos decir:

Tabla 16: Requisitos químicos [25]

Composición Química	Clase		
	N	F	C
Dióxido de silicio (SiO ₂) + óxido de aluminio(Al ₂ O ₃) + óxido de hierro (Fe ₂ O ₃), % mín.	70,0	70,0	50,0
Trióxido de azufre (SO ₃), % máx.	4,0	5,0	5,0
Contenido de humedad, % máx.	3,0	3,0	3,0
Pérdida por calcinación, % máx.	10,0	6,0 ^A	6,0

^A Se puede emplear puzolana de Clase F con contenidos de hasta 12 % de pérdida por calcinación si cuenta con registros de performance o resultados de ensayos de laboratorio aceptables.

El contenido de humedad no supera el 3% pudiéndose clasificar como cualquier clase, para la pérdida por calcinación no llega a superar el 6%, pudiéndose clasificar como una clase F o C y de los componentes químicos de mayor presencia como son los óxidos con un total de 66.78% superando el 50% pero no el 70% por un ligero porcentaje. Por lo tanto, se clasifica como una clase C.

Es importante tomar en cuenta que la ceniza que va a formar parte del mortero tenga una mínima o nula presencia de sales solubles y sulfatos. Ya que de por sí las unidades de albañilería pueden presentar eflorescencia debido a la saturación a las que son sometidas antes de ser asentadas, la humedad del medio ambiente o por la absorción de agua en el ladrillo propia de la mezcla de mortero. Esta eflorescencia hace que las sales emerjan a la superficie del ladrillo para posteriormente cristalizarse y destruir su superficie, es por ello que hubo la necesidad de realizar ensayos químicos para evaluar la presencia de sales solubles y sulfatos en la ceniza con el fin de evitar en lo posible el fenómeno de la eflorescencia [26].

Tabla 17: Análisis químico de sales solubles y sulfatos para la ceniza de ladrillo artesanal

DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS CZ-01
Sales Solubles	%	0.85
Sulfatos	%	0.42

Fuente: Laboratorio Rivelab

Los resultados del ensayo químico hechos a la ceniza nos mostraron que presenta 0.85% de sales solubles y 0.42% de sulfatos, dichos porcentajes son mínimos por lo que dicha ceniza puede considerarse apta para la mezcla del mortero.

Resultados

Ensayos a la ceniza

Densidad de las cenizas de ladrillo artesanal

Tabla 18: Densidad de CLA

Masa de ceniza de ladrillo artesanal	41.00	gr
Vol. Inicial Kerosene	0.00	ml
Vol. Final desplazado kerosene	19.80	ml
Densidad CLA	2.071	g/ml

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se obtiene que para la densidad de la ceniza de ladrillo artesanal de la ladrillera Culpón fue de 2.071 g/ml.

Ensayos al agregado fino

Contenido de humedad

Tabla 19: Obtención del contenido de humedad para agregado fino

CONTENIDO DE HUMEDAD: NTP 339.185		
Arena	(A-B) / B*100	
1. Peso de tara	80.00	g
3.- Peso de la muestr. Húmeda (A)	500.00	g
2. Peso de la muestr. Húmeda+ tara	580.00	g
4.- Peso de la muestra seca + Tara	576.28	g
3.- Cont. Humedad (B)	496.28	g
4.- Promedio	0.75	%

Fuente: Elaboración propia

Como resultado producto del ensayo realizado en el laboratorio USAT para el agregado fino (arena gruesa) procedente de la cantera La Victoria - Pátapo se obtuvo que dicho agregado posee un contenido de humedad de 0.75%.

Granulometría

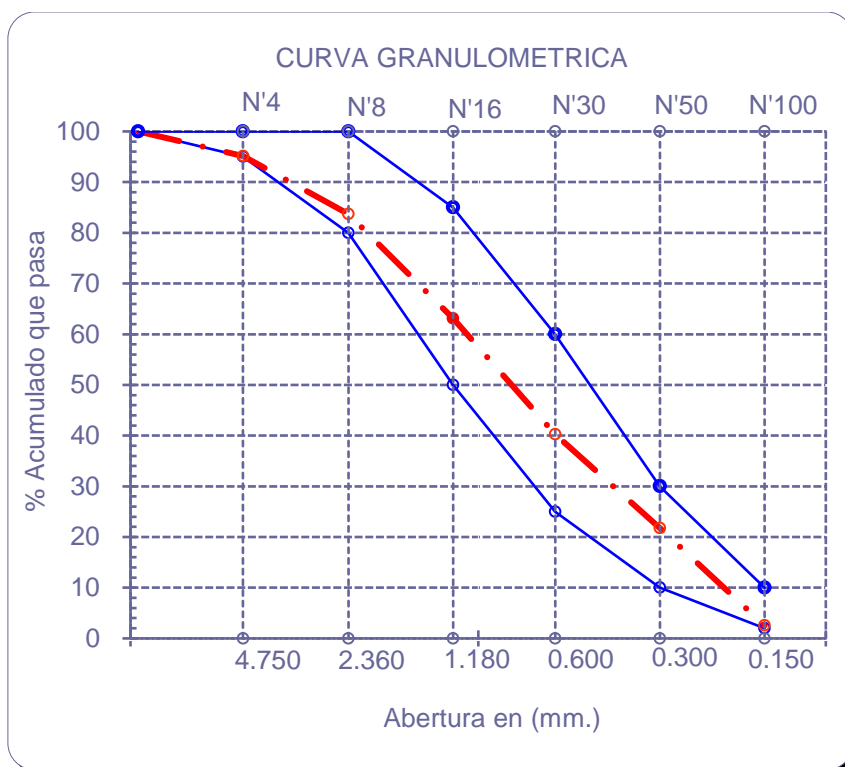
Tabla 20: Ensayo de granulometría para agregado fino

GRANULOMETRIA: N.T.P. 400.012							
Muestra		: Cantera La Victoria-Pátapo.					
Peso Hum. :		500		Peso Seco :	493.7		
Modulo de Fineza:		2.93		Cont, Hum. :	0.75		
Malla		Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acum.	% Que Pasa	Especificaciones:	
1/2"	12.700					100	100
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	23.87	4.8	4.8	95.2	95	100
Nº 08	2.360	56.53	11.5	16.3	83.7	80	100
Nº 16	1.180	101.77	20.6	36.9	63.1	50	85
Nº 30	0.600	112.75	22.8	59.7	40.3	25	60
Nº 50	0.300	91.36	18.5	78.2	21.8	10	30
Nº 100	0.150	94.81	19.2	97.4	2.6	2	10
Fondo		12.6	2.6	100.0	0.0		

Fuente: Elaboración propia

El módulo de fineza a partir del ensayo de granulometría fue de 2.93, el cual según la NTP 400.037 se encuentra dentro los valores establecidos que nos indica que debe ser mayor a 2.3 y menor que 3.1. Sin embargo, según la norma peruana E.070 de Albañilería no se encuentra dentro de los límites establecidos de 1.6 y 2.50, clasificándose como un material ligeramente grueso.

Gráfico 1: Curva granulométrica para el agregado fino



Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a la curva granulométrica si se encuentra dentro de los límites granulométricos establecidos por la Norma E070 Albañilería.

Peso unitario suelto

Tabla 21: Cálculo del peso unitario suelto

PESO UNITARIO SUELTO: N.T.P. 400.017				
MUESTRA		A	B	PROMEDIO
- Peso del molde + peso de la muestra	g	18660	18600	
- Peso del molde	g		10500	
- Peso de la muestra húmeda	g	8160	8100	
- Volumen del molde	m ³	0.0055	0.0055	
- Peso unitario suelto húmedo	kg/m ³	1474.39	1463.548	1469
- PESO UNIT. SUELTO SECO	kg/m ³	1463.42	1452.66	1458

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados se obtuvo que el peso unitario suelto seco del agregado fino de la cantera La Victoria – Pátapo fue de 1458 kg/m³.

Peso unitario compactado

Tabla 22: Cálculo del peso unitario compactado

PESO UNITARIO COMPACTADO: N.T.P. 400.017				
MUESTRA		A	B	PROMEDIO
- Peso del molde + peso de la muestra	g	19850	19820	
- Peso del molde	g		10500	
- Peso de la muestra húmeda	g	9350	9320	
- Volumen del molde	m ³	0.0055	0.0055	
- Peso unitario comp. húmedo	kg/m ³	1689	1684	1687
- PESO UNIT. COMPACTADO SECO	kg/m ³	1677	1671	1674

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados obtenidos a partir del ensayo de peso unitario compactado se obtuvo que el peso unitario suelto compactado seco fue de 1674 kg/m³.

Peso específico y grado de absorción

Tabla 23: Cálculo del peso específico y absorción del agregado fino

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN :				
A.- Datos de la arena				
1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.			g	500.00
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.			g	1008.55
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	(1+5)		g	701.43
4.- Peso del Agua.	(2-3)		g	307.12
5.- Peso del Frasco			g	201.43
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del frasco.	(5+7)		g	698.31
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.			g	496.88
8.- Volumen del frasco.			cm ³	500.00
B.- Resultados				
A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	$7/(8-4)$		g/cm ³	2.58
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	$7/(7-4)$		g/cm ³	2.59
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	$7/((8-4)-(8-7))$		g/cm ³	2.62
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	$((1-7)/7)*100$		%	0.63

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla anterior para el peso específico del agregado fino se obtuvo un valor de 2.58 g/cm³ y un porcentaje de absorción de 0.63 %.

Diseño de mezcla para mortero patrón y mortero modificado

La elección de los porcentajes de reemplazo del cemento por ceniza de ladrillo artesanal (5%, 10% y 15%) se basó en criterios tanto técnicos como referenciales. En primer lugar, estudios previos sobre el uso de materiales puzolánicos naturales y artificiales han mostrado que niveles de reemplazo entre el 5% y el 20% permiten evaluar adecuadamente su influencia sobre la resistencia mecánica sin comprometer la trabajabilidad del mortero. En ese contexto, se adoptaron porcentajes progresivos en intervalos del 5%, permitiendo una comparación clara del comportamiento estructural con cada nivel de adición.

Diversas investigaciones han considerado porcentajes del 5% al 20% como rangos viables para evaluar el comportamiento del mortero modificado ya sea para adición o sustitución. Por ejemplo, el trabajo de Ramos [4], en su investigación “Diseño de mortero empleando cenizas de cáscara de arroz” nos mostró en sus resultados una mejora en la resistencia a la compresión axial y compresión diagonal con una sustitución del 5 y 10% y una disminución de su resistencia con el 15%. En otra investigación realizada por Calderero y otros [12] titulada “Uso de la ceniza de fondo como reemplazo porcentual del cemento portland en la elaboración de mortero” nos muestra en sus resultados resistencia favorables a la compresión con el 5% de ceniza de fondo superando la resistencia del mortero patrón, contrario a lo que pasó con porcentajes del 10 y 15% donde sus resistencias fueron menores a las del mortero patrón mostrando una tendencia decreciente. En estas y otras investigación se puede observar que en porcentajes superiores al 15% las resistencias se ven afectadas. A partir de estas investigaciones consultadas y revisadas y al no existir una norma específica sobre la aplicación de ceniza de ladrillo artesanal como adición, se tomó como referencia el enfoque exploratorio y la experiencia en el uso de otras cenizas como la de cáscara de arroz, cenizas de bagazo de caña, ceniza de concha de ostra, cenizas de fondo entre otros; las cuales suelen emplearse en proporciones similares. Así, la selección de los porcentajes responde a una metodología de evaluación progresiva ampliamente aceptada en estudios experimentales relacionados con materiales alternativos al cemento.

Para la elaboración de la mezcla de mortero resultó una relación de A/C de 0.63, 0.73 y 0.91 para las relaciones de C:A de 1:3, 1:4 y 1:5 respectivamente, estas dosificaciones según la norma E070 están clasificados como morteros para muros portantes tipo P1 (C:A 1:3) y tipo P2 (C:A 1:4 y 1:5), para este diseño de mezcla se partió de las dosificaciones elegidas para luego realizar el ajuste de la relación a/c mediante ensayos en la mesa de fluidez, en caso de que la muestra salga muy seca se tendrá que añadir agua o caso contrario, si la mezcla sale muy fluida se le tendrá que disminuir el agua, de este modo se corregirá por fluidez obteniendo nuevos

diseños de mezcla verificando que cumpla con la norma que nos dice que para un mortero de pega de mampostería el rango óptimo de fluidez debe oscilar los $100 \pm 5\%$ para obtener una mezcla plástica. Una vez obtenida las proporciones de mezcla para cada dosificación se realizó las mezclas reemplazando la ceniza en los porcentajes correspondientes del total del peso del cemento.

Para que la mezcla sea uniforme se usó una mezcladora de mortero eléctrica tipo batidora, en cuanto a la puzolana utilizada fue la ceniza de ladrillo artesanal clasificada como una ceniza artificial la cual se pasó por el tamiz n°200 para unos mejores resultados.

Es importante que se determinen las propiedades físicas de los materiales para poder determinar las dosificaciones de cada componente del mortero.



Imagen 59: Mezcladora eléctrica de mortero



Imagen 60: Elaboración de la mezcla de mortero

Dosificación en peso para mortero patrón 1:3

Tabla 24: Relación final- Dosificación C:A 1:3

Material	Peso	
Cemento	425.00	gr
Arena	1247.90	gr
Agua efectiva	265.99	ml

Dosificación en peso para mortero patrón 1:4

Tabla 25: Relación final- Dosificación C:A 1:4

Material	Peso	
Cemento	425.00	gr
Arena	1663.86	gr
Agua efectiva	308.99	ml

Dosificación en peso para mortero patrón 1:5

Tabla 26: Relación final- Dosificación C:A 1:5

Material	Peso	
Cemento	425.00	gr
Arena	2079.83	gr
Agua efectiva	386.24	ml

Resumen de diseño de mezcla para mortero patrón y mortero modificado con CLA

Tabla 27: Dosificación para mortero patrón y mortero modificado C:A 1:3

Dosificación 1:3					
N° de Pruebas	Relación A/C	Cemento (g)	Arena (g)	Agua (ml)	Ceniza (g)
P-01	0.63	425.00	1247.90	265.99	0.00
P-01+ 5% de CLA	0.63	403.75	1247.90	252.69	21.25
P-01+ 10% de CLA	0.63	382.50	1247.90	239.39	42.50
P-01 +15% de CLA	0.63	361.25	1247.90	226.09	63.75

Tabla 28: Dosificación en peso para mortero patrón y mortero modificado C:A 1:4

Dosificación 1:4					
N° de Pruebas	Relación A/C	Cemento (g)	Arena (g)	Agua (ml)	Ceniza (g)
P-02	0.73	425.00	1663.86	308.99	0.00
P-02+ 5% de CLA	0.73	403.75	1663.86	293.54	21.25

P-02+ 10% de CLA	0.73	382.50	1663.86	278.09	42.50
P-02 +15% de CLA	0.73	361.25	1663.86	262.64	63.75

Tabla 29: Dosificación en peso para mortero patrón y mortero modificado C:A 1:5

Dosificación 1:5					
N° de Pruebas	Relación A/C	Cemento (g)	Arena (g)	Agua (ml)	Ceniza (g)
P-03	0.91	425.00	2079.83	386.24	0.00
P-03+ 5% de CLA	0.91	403.75	2079.83	366.93	21.25
P-03+ 10% de CLA	0.91	382.50	2079.83	347.61	42.50
P-03 +15% de CLA	0.91	361.25	2079.83	328.30	63.75

Ensayo de mortero en estado fresco

Ensayo de Fluidéz en mortero

a) Ensayo de fluidez para mortero patrón

Tabla 30: Porcentaje de fluidez para mortero patrón C:A 1:3

Prueba	Diametro de Inicio en mm	Diámetros	Promedio de los diámetros	% De Fluidéz
Mortero patrón 1:3 (A/C=0.70)	90	20.50	211	134.44
		21.50		
		21.60		
		20.80		
Mortero patrón 1:3 (A/C=0.63)	90	19.40	193	114.72
		19.10		
		19.60		
		19.20		

Para la dosificación 1:3 se trabajó inicialmente con una relación A/C= 0.70 donde la mezcla que se obtuvo en la mesa de fluidez fue de consistencia fluida (húmeda) con un porcentaje de fluidez de 134.44%, haciendo un reajuste por fluidez se le retiro 30 ml de agua obteniendo una nueva relación A/C=0.63, del cual se obtuvo una mezcla de consistencia media (plástica) con un porcentaje de fluidez de 114.72% el cual se encuentra dentro de los parámetros de $110\% \pm 5\%$ establecido por la NTP 339.610.

Tabla 31: Porcentaje de fluidez para mortero patrón C:A 1:4

Prueba	Diametro de Inicio en mm	Diámetros	Promedio de los diámetros	% De Fluidez
Mortero patrón 1:4 (A/C=0.80)	90	20.50	206	128.89
		20.30		
		21.60		
		20.00		
Mortero patrón 1:4 (A/C=0.73)	90	18.80	191	112.50
		19.50		
		19.00		
		19.20		

Fuente: Elaboración propia

Para la dosificación 1:4 se trabajó inicialmente con una relación A/C= 0.80 donde la mezcla que se obtuvo en la mesa de fluidez fue de consistencia fluida (húmeda) con un porcentaje de fluidez de 128.89%, haciendo un reajuste por fluidez se le retiro 29 ml de agua obteniendo una nueva relación A/C=0.91, del cual se obtuvo una mezcla de consistencia media (plástica) con un porcentaje de fluidez de 109.44% el cual se encuentra dentro de los parámetros de 110% \pm 5% la NTP 339.610.

Tabla 32: Porcentaje de fluidez para mortero patrón C:A 1:5

Prueba	Diametro de Inicio en mm	Diámetros	Promedio de los diámetros	% De Fluidez
Mortero patrón 1:5 (A/C=0.95)	90	20.30	199	121.11
		20.00		
		19.80		
		19.50		
Mortero patrón 1:5 (A/C=0.91)	90	19.20	189	109.44
		18.80		
		18.90		
		18.50		

Fuente: Elaboración propia

Para la dosificación 1:5 se trabajó inicialmente con una relación A/C= 0.95 donde la mezcla que se obtuvo en la mesa de fluidez fue de consistencia fluida (húmeda) con un porcentaje de fluidez de 121.11%, haciendo un reajuste por fluidez se le retiro 29 ml de agua obteniendo una nueva relación A/C=0.73, del cual se obtuvo una mezcla de consistencia media (plástica) con

un porcentaje de fluidez de 112.50% el cual se encuentra dentro de los parámetros de $110\% \pm 5\%$ la NTP 339.610.

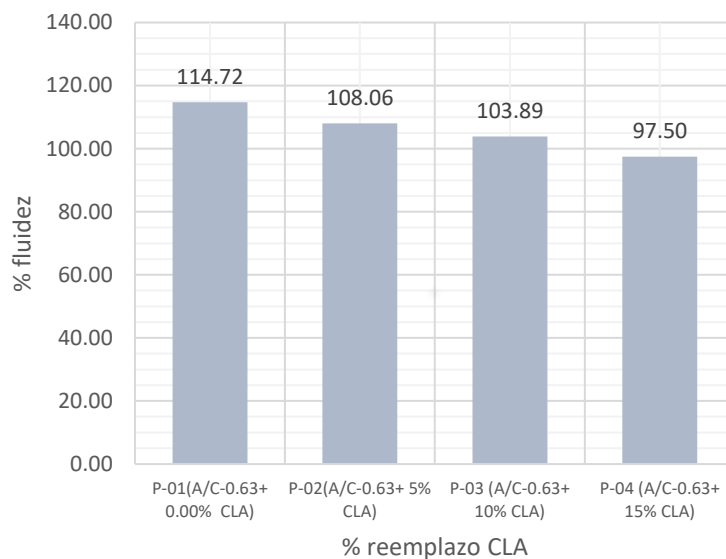
b) Ensayo de fluidez en mortero modificado con CLA

Tabla 33: Porcentaje de fluidez con adición de CLA para mortero C:A 1:3

Dosificación 1:3				
N° de pruebas	Diámetro de Inicio en mm	Diámetros	Promedio de los diámetros (cm)	% De Fluidez
P-01(A/C-0.63+ 0.00% CLA)	90	19.40	193	114.72
		19.10		
		19.60		
		19.20		
P-02(A/C-0.63+ 5% CLA)	90	18.50	187	108.06
		18.70		
		19.20		
		18.50		
P-03 (A/C-0.63+ 10% CLA)	90	18.20	184	103.89
		18.50		
		18.30		
		18.40		
P-04 (A/C-0.63+ 15% CLA)	90	17.50	178	97.50
		17.80		
		18.20		
		17.60		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2: % fluidez – Dosificación C:A 1:3



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico anterior podemos decir que a partir del mortero patrón 1:3 a mayor porcentaje de reemplazo de CLA por cemento, menor es el porcentaje de fluidez. Según lo especificado en la NTP 339.610 con un porcentaje óptimo de fluidez del $110\% \pm 5\%$ el único porcentaje que cumple es con el 5% de CLA en reemplazo del cemento. El porcentaje de reducción obtenida para una sustitución del 5,10 y 15% de CLA fue de 5.80, 9.44 y 15.01% respectivamente.

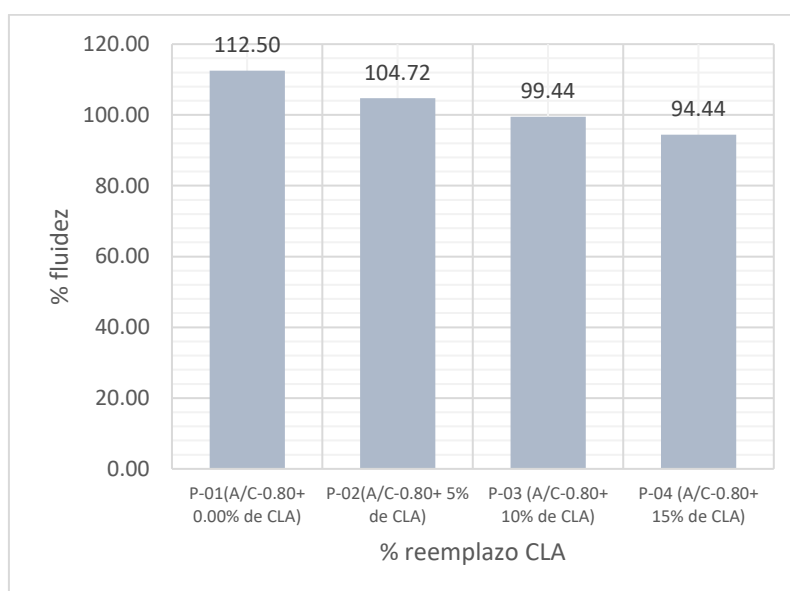
Tabla 34: Porcentaje de fluidez con adición de CLA para mortero C:A 1:4

Dosificación 1:4				
N° de pruebas	Diámetro de Inicio en mm	Diámetros	Promedio de los diámetros (cm)	% De Fluidez
P-01(A/C-0.80+ 0.00% de CLA)	90	18.80	191	112.50
		19.50		
		19.00		
		19.20		
P-02(A/C-0.80+ 5% de CLA)	90	18.20	184	104.72
		18.60		
		18.30		
		18.60		
P-03 (A/C-0.80+ 10% de CLA)	90	18.30	180	99.44
		18.50		
		17.80		
		17.20		

P-04 (A/C-0.80+ 15% de CLA)	90	17.30	175	94.44
		17.20		
		17.50		
		18.00		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3: % fluidez - Dosificación C:A 1:4



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico anterior podemos decir que a partir del mortero patrón 1:4 a mayor porcentaje de reemplazo de CLA por cemento, menor es el porcentaje de fluidez. Según el porcentaje óptimo de fluidez del 110% \pm 5% especificado en la NTP 339.610, ningún porcentaje de ceniza se encuentra dentro del rango de fluidez. El porcentaje de reducción obtenida para una sustitución del 5,10 y 15% de CLA fue de 6.92, 11.60 y 16.05% respectivamente.

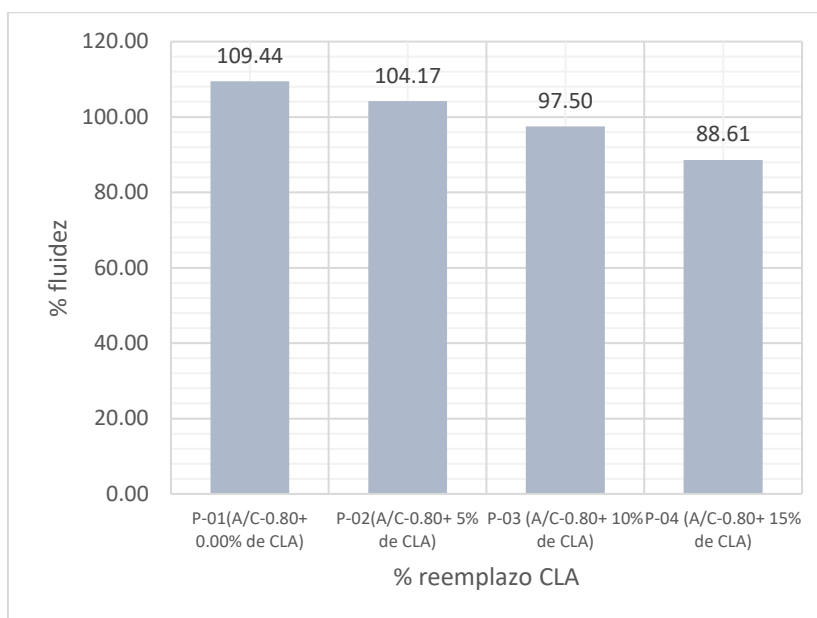
Tabla 35: Porcentaje de fluidez con adición de CLA para mortero C:A 1:5

Dosificación 1:5				
N° de pruebas	Diámetro de Inicio en mm	Diámetros	Promedio de los diámetros (cm)	% De Fluidez
P-01(A/C-0.80+ 0.00% de CLA)	90	19.20	189	109.44
		18.80		
		18.90		
		18.50		
	90	18.60	184	104.17

P-02(A/C-0.80+ 5% de CLA)		18.20		
		18.50		
		18.20		
P-03 (A/C-0.80+ 10% de CLA)	90	17.50	178	97.50
		18.20		
		17.80		
		17.60		
P-04 (A/C-0.80+ 15% de CLA)	90	17.20	170	88.61
		16.80		
		16.60		
		17.30		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4: % fluidez – Dosificación C:A 1:5



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico anterior podemos decir que a partir del mortero patrón 1:3 a mayor porcentaje de reemplazo de CLA por cemento, menor es el porcentaje de fluidez. Según el porcentaje óptimo de fluidez del $110\% \pm 5\%$ especificado en la NTP 339.610, ningún porcentaje de ceniza se encuentra dentro del rango de fluidez. El porcentaje de reducción obtenida para una sustitución del 5, 10 y 15% de CLA fue de 4.81, 10.91 y 19.03% respectivamente.

Peso unitario del mortero

Peso del molde = 28.30 g

Diámetro del molde = 69.50 mm

Altura del molde = 44.50 mm

Volumen del molde = 167.82 cm³

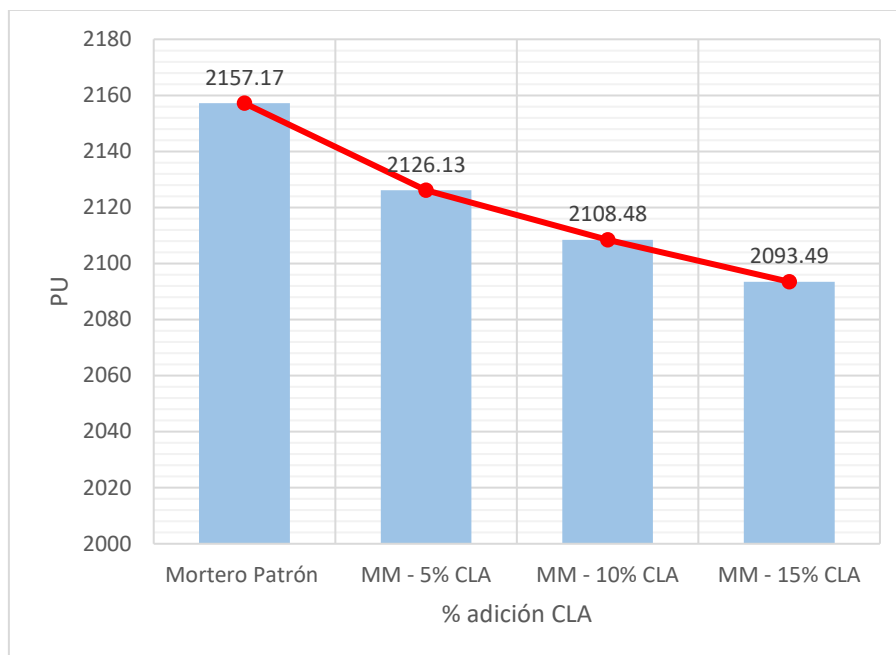
Tabla 36: Peso unitario del MP y MM con sustitución de CLA

Mezcla	Peso mortero + molde (g)	Peso Unitario Mortero (kg/m³)
Dosificación 1:3		
Mortero Patrón	392.47	2157.17
MM - 5% CLA	387.23	2126.13
MM - 10% CLA	384.25	2108.48
MM - 15% CLA	381.72	2093.49
Dosificación 1:4		
Mortero Patrón	389.83	2141.53
MM - 5% CLA	388.17	2131.70
MM - 10% CLA	381.12	2089.94
MM - 15% CLA	378.06	2071.81
Dosificación 1:5		
Mortero Patrón	380.82	2088.16
MM - 5% CLA	382.96	2100.84
MM - 10% CLA	375.82	2058.54
MM - 15% CLA	378.32	2073.35

Fuente: Elaboración propia

Para el mortero patrón 1:3 se obtuvo un peso unitario de 2157.17 kg/m³ y para el mortero modificado con 5%, 10% y 15% de CLA en reemplazo del cemento se obtuvo un peso unitario de 2126.13 kg/m³, 2108.48 kg/m³ y 2093.49 kg/m³ respectivamente. Para el mortero patrón 1:4 se obtuvo un peso unitario de 2141.53 kg/m³ y para el mortero modificado con 5%, 10% y 15% de CLA en reemplazo del cemento se obtuvo un peso unitario de 2131.70 kg/m³, 2089.94 kg/m³ y 2071.08 kg/m³ respectivamente. Finalmente, para el mortero patrón 1:5 se obtuvo un peso unitario de 2088.16 kg/m³ y para el mortero modificado con 5%, 10% y 15% de CLA en reemplazo del cemento se obtuvo un peso unitario de 2100.84 kg/m³, 2058.54 kg/m³ y 2073.35 kg/m³ respectivamente.

Gráfico 5: Peso unitario- mortero C:A 1:3

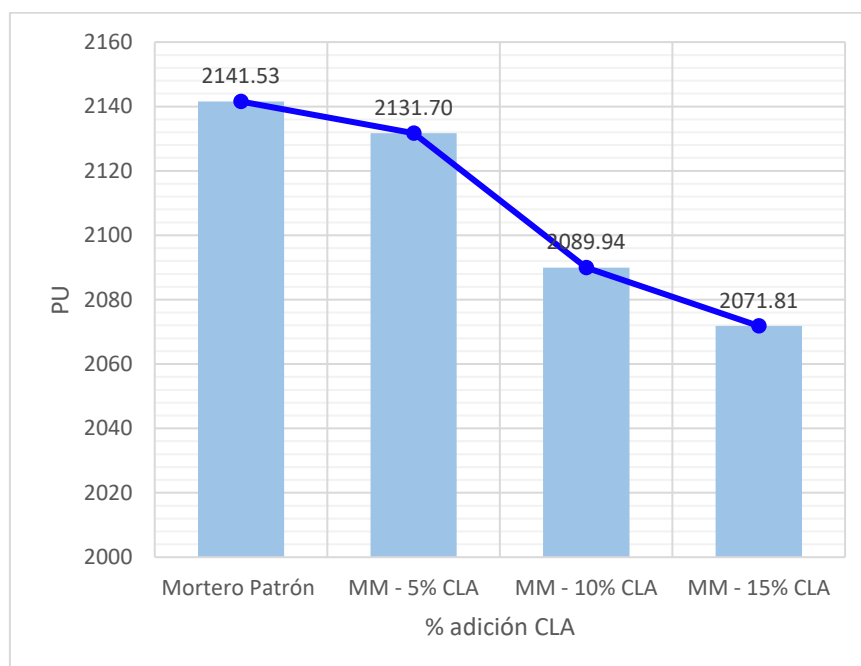


Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

Del gráfico anterior tenemos que para el mortero 1:3 a mayor es el porcentaje de reemplazo del cemento por CLA menor es peso unitario del mortero. Respecto de la muestra patrón el porcentaje que se reduce en cuanto al peso unitario para una sustitución del 5,10 y 15% de CLA fue de 1.44, 2.26 y 2.95% respectivamente.

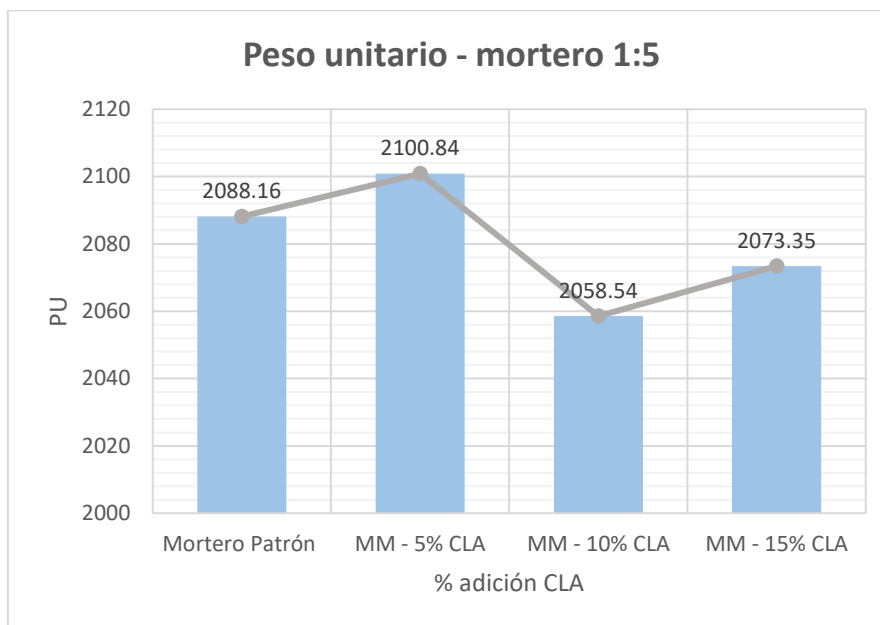
Gráfico 6: Peso unitario - mortero C:A 1:4



Fuente: Elaboración propia

Del grafico anterior tenemos que para el mortero 1:4 a mayor es el porcentaje de reemplazo del cemento por CLA menor es peso unitario del mortero. Respecto de la muestra patrón el porcentaje que se reduce en cuanto al peso unitario para una sustitución del 5,10 y 15% de CLA fue de 0.46, 2.41 y 3.26% respectivamente.

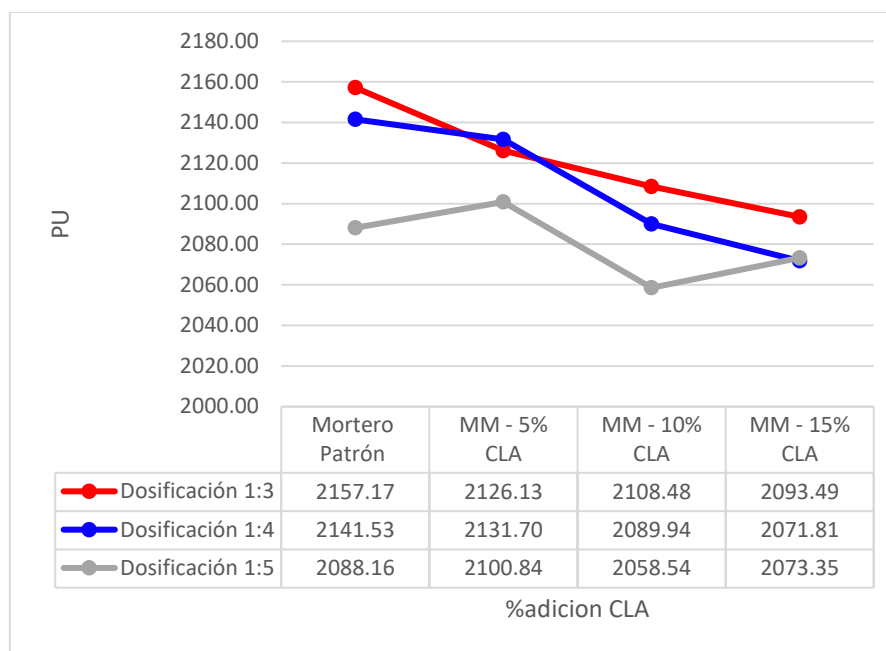
Gráfico 7: Peso unitario - mortero C:A 1:5



Fuente: Elaboración Propia

Del grafico anterior tenemos que a partir del mortero patrón 1:5, reemplazando el cemento con el 5% CLA el peso unitario aumentó ligeramente, para luego con el 10% tener un descenso y finalmente con el 15% aumentar ligeramente, manteniéndose en un rango de 2040 y 2110 kg/cm³.

Gráfico 8: PU del mortero 1:3, 1:4 y 1:5 con 5,10 y 15% CLA



Fuente: Elaboración Propia

De dosificación a dosificación el peso unitario disminuye a excepción de los puntos en la gráfica para MM con 5% CLA que aumenta ligeramente de 2126.13 a 2131.70 kg/cm³ y para MM 15% CLA que aumenta de 2071.81 a 2073.35 kg/cm³.

Tiempo de fraguado

Tabla 37: Tiempo de fraguado – Lectura de penetración (mm) para dosificación 1:3

DOSIFICACION 1:3					
Lectura	tiempo (min)	MP	MM 1:3 (5% CLA)	MM 1:3 (10% CLA)	MM 1:3 (15% CLA)
			Penetración (mm)		
1	30	44	42	38	36
2	45	42	37	33	33
3	60	38	34	30	29
4	75	36	33	28	27
5	90	35	31	25	22
6	105	32	30	18	18
7	120	30	24	13	12
8	135	27	21	11	9
9	150	25	17	7	6
10	165	22	16	5	3
11	180	18	10	3	2
12	195	13	5	2	0

13	210	9	3	1	
14	225	5	1	0	
15	240	3	1		
16	255	1	0		
17	270	0			

Frag. Inicial (min) =	150.00	117.50	90.00	81.00
Frag. final (min) =	270	255	225	195

Fuente: Elaboración Propia

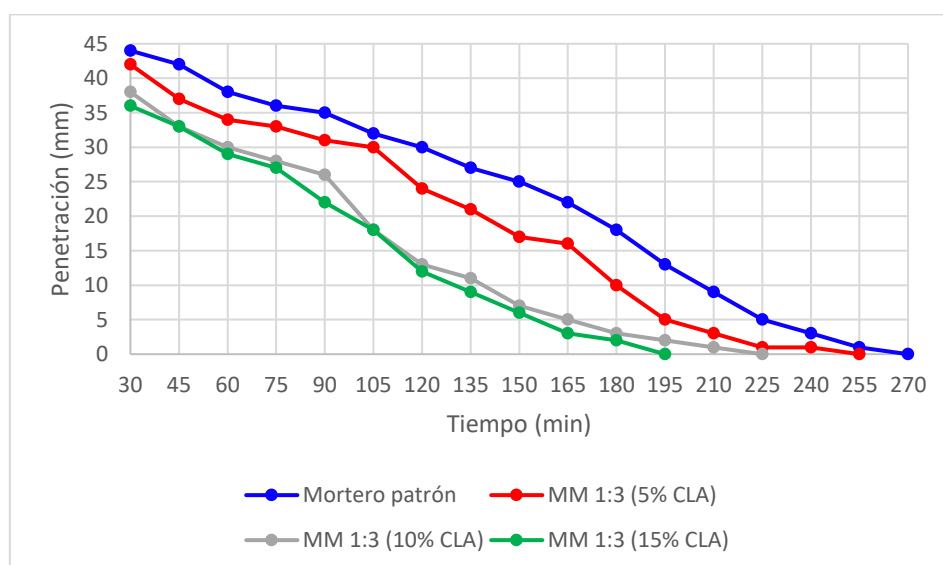
El tiempo de fraguado inicial para mortero patrón y modificado 1:3 correspondiente a la penetración de 25mm fueron los siguientes:

- Para el mortero patrón se dio en el minuto 150 (2.5 hrs), para el mortero modificado con 5% CLA se dio en el minuto 117.50 (1.96 hrs), para el mortero modificado con 10% CLA se dio en el minuto 90 (1.50 hrs) y para el mortero modificado con 15% CLA se dio en el minuto 81 (1.35 hrs)

El tiempo final para mortero patrón y modificado 1:3 correspondiente a la penetración de 0mm fueron los siguientes:

- Para el mortero patrón se dio a los 270 min (4.50 hrs), para el mortero modificado con 5% CLA dio a los 255 min (4.25 hrs), para el mortero modificado con 10% se dio a los 225 min (3.75 hrs) y para el mortero modificado con 15% CLA se dio a los 195 min (3.25 hrs).

Gráfico 9: Tiempo de fraguado para dosificación C:A 1:3



Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos y cómo podemos apreciar en el gráfico anterior para el mortero modificado 1:3 a mayor porcentaje de CLA menor es el tiempo de fraguado inicial y final.

Tabla 38: Tiempo de fraguado – Lectura de penetración (mm) para dosificación 1:4

DOSIFICACION 1:4					
Lectura	tiempo (min)	MP	MM 1:4 (5% CLA)	MM 1:4 (10% CLA)	MM 1:4 (15% CLA)
1	30	42	39	39	36
2	45	40	37	36	32
3	60	38	35	33	29
4	75	35	31	27	25
5	90	31	29	24	23
6	105	27	26	20	18
7	120	24	23	17	13
8	135	22	19	12	9
9	150	18	15	10	5
10	165	14	13	6	1
11	180	12	9	4	0
12	195	10	5	2	
13	210	7	3	0	
14	225	4	0		
15	240	0			

Frag. inicial (min) =	115.00	110.00	85.00	75.00
Frag. final (min) =	240	225	210	180

Fuente: Elaboración Propia

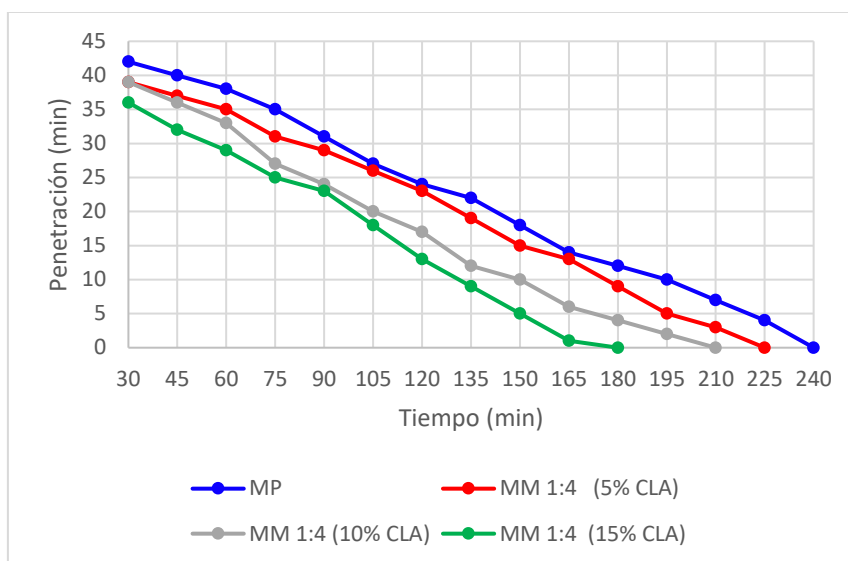
El tiempo de fraguado inicial para mortero patrón y modificado 1:4 correspondiente a la penetración de 25mm fueron los siguientes:

- Para el mortero patrón se dio en el minuto 115 (1.92 hrs), para el mortero modificado con 5% CLA se dio en el minuto 110 (1.83 hrs), para el mortero modificado con 10% CLA se dio en el minuto 85 (1.42 hrs) y para el mortero modificado con 15% CLA se dio en el minuto 75 (1.25 hrs)

El tiempo final para mortero patrón y modificado 1:4 correspondiente a la penetración de 0mm fueron los siguientes:

- Para el mortero patrón se dio a los 240 min (4 hrs), para el mortero modificado con 5% CLA dio a los 225 min (3.75 hrs), para el mortero modificado con 10% se dio a los 210 min (3.5 hrs) y para el mortero modificado con 15% CLA se dio a los 180 min (3 hrs).

Gráfico 10: Tiempo de fraguado para dosificación C:A 1:4



Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos y cómo podemos apreciar en el gráfico anterior para el mortero modificado 1:3 a mayor porcentaje de CLA menor es el tiempo de fraguado inicial y final.

Tabla 39: Tiempo de fraguado – Lectura de penetración (mm) para dosificación 1:5

DOSIFICACION 1:5					
Lectura	tiempo (min)	MP	MM 1:5 (5% CLA)	MM 1:5 (10% CLA)	MM 1:5 (15% CLA)
Penetración (mm)					
1	30	39	36	32	31
2	45	37	34	30	26
3	60	34	32	27	21
4	75	32	28	22	18
5	90	28	26	18	12
6	105	25	23	15	7
7	120	21	18	12	4
8	135	18	16	10	1
9	150	14	10	7	0
10	165	11	7	2	
11	180	5	2	0	
12	195	3	0		
13	210	0			

Frag. inicial (min) =	105.00	95.00	66.00	48.00
Frag. final (min) =	210	195	180	150

Fuente: Elaboración Propia

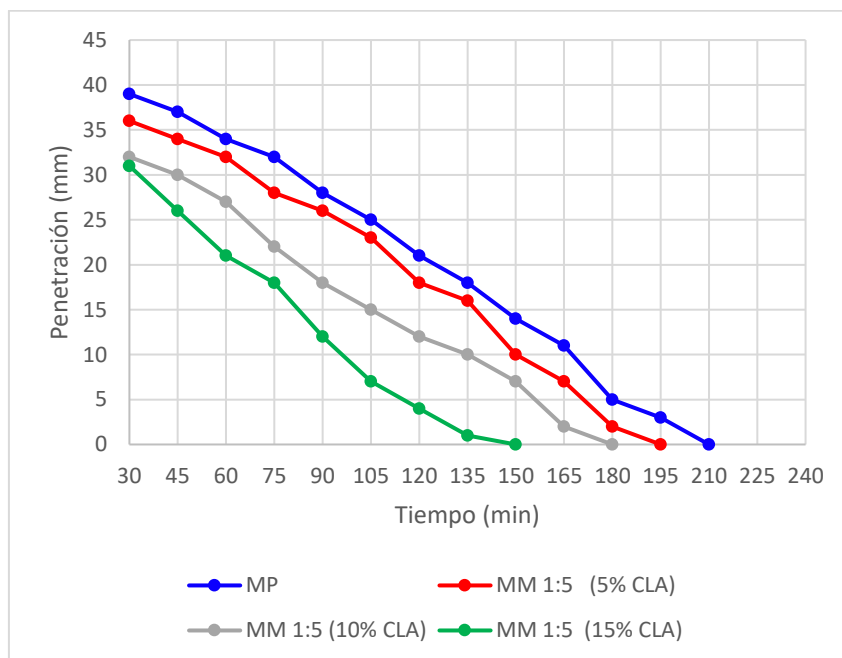
El tiempo de fraguado inicial para mortero patrón y modificado 1:4 correspondiente a la penetración de 25mm fueron los siguientes:

- Para el mortero patrón se dio en el minuto 105 (1.75 hrs), para el mortero modificado con 5% CLA se dio en el minuto 95 (1.58 hrs), para el mortero modificado con 10% CLA se dio en el minuto 66 (1.10 hrs) y para el mortero modificado con 15% CLA se dio a los 48 min.

El tiempo final para mortero patrón y modificado 1:4 correspondiente a la penetración de 0mm fueron los siguientes:

- Para el mortero patrón se dio a los 210 min (3.5 hrs), para el mortero modificado con 5% CLA dio a los 195 min (3.25 hrs), para el mortero modificado con 10% se dio a los 180 min (3 hrs) y para el mortero modificado con 15% CLA se dio a los 150 min (2.5 hrs).

Gráfico 11: Tiempo de fraguado para dosificación C:A 1:5



Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos y cómo podemos apreciar en el gráfico anterior para el mortero modificado 1:5 a mayor porcentaje de CLA menor es el tiempo de fraguado inicial y final. Además, el tiempo de fraguado inicial y final se da en un corto tiempo haciendo que la pasta seque muy rápido y sea poco trabajable.

Ensayo de mortero en estado endurecido

Resistencia a la compresión

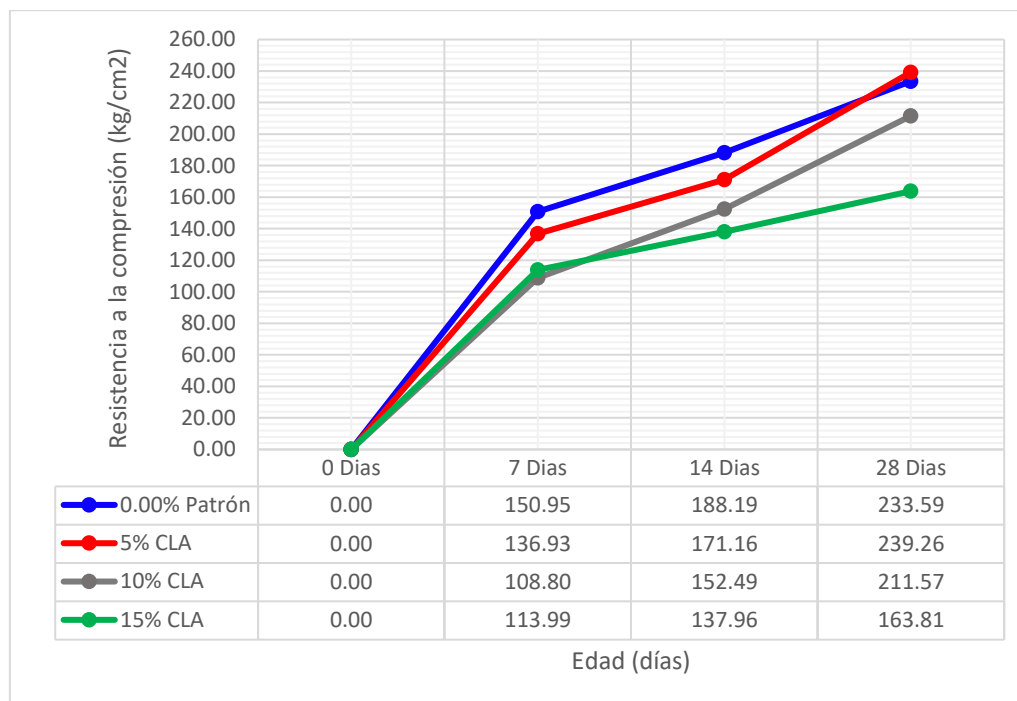
Tabla 40: Resistencia a la compresión para MP y MM con 5,10 y 15% de CLA para una proporción C: A 1:3

Dosificación	Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Edad del Muestreo (Días de curado)	N° de Pruebas	P= Carga máxima de rotura (Kg)	Largo cm	Ancho cm	A= Área de la sección transversal (cm ²)	f _c = Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	TOTAL PROM (Kg/cm ²)	
MP 1:3	16/10/2023	23/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.63+ 0% de CLA)	3547.00	5.10	5.00	25.50	139.10	150.95	
	16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 0% de CLA)	3768.30	5.00	5.10	25.50	147.78		
	16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 0% de CLA)	4232.60	5.00	5.10	25.50	165.98		
	MP 1:3	16/10/2023	23/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.63+ 0% de CLA)	4884.50	5.00	5.10	25.50	191.55	188.19
		16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 0% de CLA)	4665.70	5.20	5.00	26.00	179.45	
		16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 0% de CLA)	4742.60	5.00	4.90	24.50	193.58	
	MP 1:3	16/10/2023	23/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.63+ 0% de CLA)	6080.80	5.00	5.00	25.00	243.23	233.59
		16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 0% de CLA)	5808.20	5.10	5.00	25.50	227.77	
		16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 0% de CLA)	5629.50	5.00	4.90	24.50	229.78	
MM 1:3 (5% CLA)	16/10/2023	23/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.63+ 5% de CLA)	3640.20	5.00	5.10	25.50	142.75	136.93	
	16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 5% de CLA)	3110.40	4.90	5.00	24.50	126.96		
	16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 5% de CLA)	3597.70	5.00	5.10	25.50	141.09		
	MM 1:3 (5% CLA)	16/10/2023	23/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.63+ 5% de CLA)	4180.80	5.00	5.10	25.50	163.95	171.16
		16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 5% de CLA)	4342.90	4.90	5.00	24.50	177.26	
		16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 5% de CLA)	4393.00	5.10	5.00	25.50	172.27	
	MM 1:3 (5% CLA)	16/10/2023	23/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.63+ 5% de CLA)	6048.20	4.90	5.00	24.50	246.87	239.26
		16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 5% de CLA)	5553.10	5.10	5.00	25.50	217.77	
		16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 5% de CLA)	6202.20	5.00	4.90	24.50	253.15	
MM 1:3 (10% CLA)	16/10/2023	23/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.63+ 10% de CLA)	2838.20	4.90	5.00	24.50	115.84	108.80	
	16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 10% de CLA)	2341.90	5.00	5.00	25.00	93.68		
	16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 10% de CLA)	2980.60	5.10	5.00	25.50	116.89		
	MM 1:3 (10% CLA)	16/10/2023	23/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.63+ 10% de CLA)	4108.40	5.10	5.00	25.50	161.11	152.49
		16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 10% de CLA)	3646.00	5.00	5.10	25.50	142.98	
		16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 10% de CLA)	3757.90	5.00	4.90	24.50	153.38	
	MM 1:3 (10% CLA)	16/10/2023	23/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.63+ 10% de CLA)	5245.00	4.90	5.00	24.50	214.08	211.57
		16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 10% de CLA)	5029.90	5.00	4.90	24.50	205.30	
		16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 10% de CLA)	5382.90	5.00	5.00	25.00	215.32	
MM 1:3 (15% CLA)	16/10/2023	23/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.63+ 15% de CLA)	3073.30	5.00	5.10	25.50	120.52	113.99	
	16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 15% de CLA)	2837.90	4.90	5.00	24.50	115.83		
	16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 15% de CLA)	2640.20	5.00	5.00	25.00	105.61		
	MM 1:3 (15% CLA)	16/10/2023	23/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.63+ 15% de CLA)	3532.20	5.00	5.10	25.50	138.52	137.96
		16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 15% de CLA)	3566.50	4.80	5.00	24.00	148.60	
		16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 15% de CLA)	3232.60	5.10	5.00	25.50	126.77	
	MM 1:3 (15% CLA)	16/10/2023	23/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.63+ 15% de CLA)	4215.90	5.00	5.10	25.50	165.33	163.81
		16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 15% de CLA)	3681.00	5.10	5.00	25.50	144.35	
		16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 15% de CLA)	4544.00	5.00	5.00	25.00	181.76	

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 12: Comportamiento a compresión para MP y MM con 5,10 y 15% de CLA para una proporción C: A 1:3 evaluado a los 7,14 y 28 días de curado



Fuente: Elaboración propia

Para el ensayo de rotura de muestras cúbicas de 5x5cm de mortero patrón y mortero modificado 1:3 con CLA se observa un aumento progresivo de la resistencia a la compresión con respecto a sus edades. A la edad de 28 días el único mortero modificado que llega a superar el mortero patrón fue del 5% con un valor promedio de 239.26 kg/cm² que representa un aumento 2.43% y para el mortero modificado con 10 y 15% CLA su resistencia se reduce en 9.43 y 29.88% respectivamente.

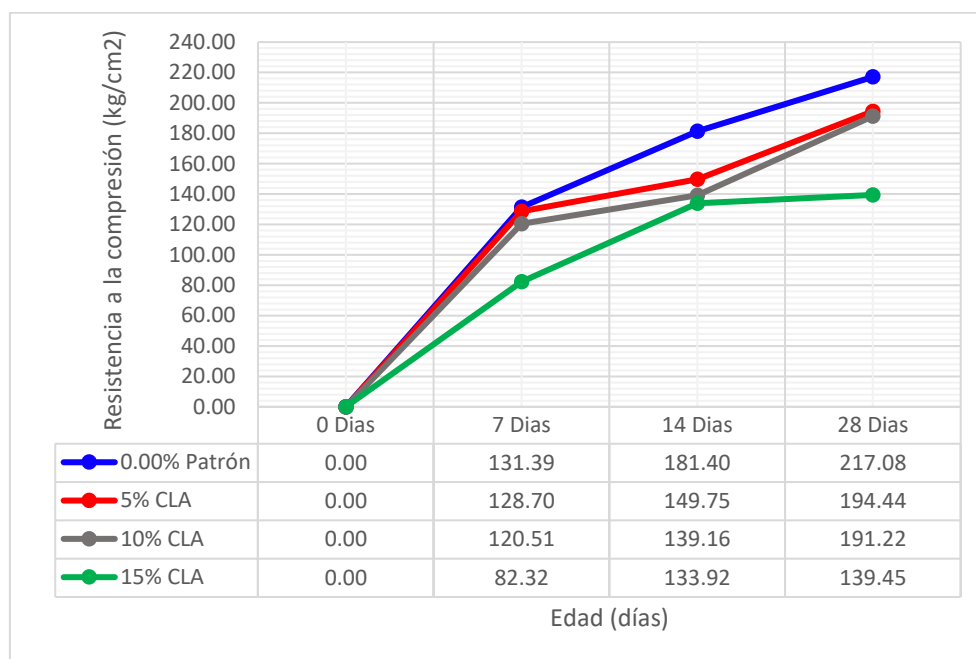
Haciendo referencia a la tabla 2- Especificación por propiedades. Requisitos para mortero preparado en laboratorio establecido en la NTP 399.610 las resistencias obtenidas a los 28 días para mortero modificado 1:3 con 5 y 10% supera los 175.39 kg/cm² clasificando como un mortero tipo M; es decir de alta resistencia y con una sustitución del 15% CLA supera los 126.4 kg/cm² clasificándose como un mortero tipo S; es decir de resistencia moderada.

Tabla 41: Resistencia a la compresión para MP y MM con 5,10 y 15% de CLA para una proporción C: A 1:4

Dosificación	Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Edad del Muestreo (Días de curado)	N° de Pruebas	P= Carga máxima de rotura (Kg)	Largo cm	Ancho cm	A= Área de la sección transversal (cm ²)	f _c = Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	TOTAL PROM (Kg/cm ²)	
MP 1:4	16/10/2023	23/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.73+ 0% de CLA)	3329.90	5.10	5.00	25.50	130.58	131.39	
	16/10/2023	23/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 0% de CLA)	3512.60	5.10	5.00	25.50	137.75		
	16/10/2023	23/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 0% de CLA)	3144.60	4.90	5.10	24.99	125.83		
	MP 1:4	16/10/2023	23/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.73+ 0% de CLA)	4350.00	5.00	5.10	25.50	170.59	181.40
		16/10/2023	23/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 0% de CLA)	4788.40	5.10	5.00	25.50	187.78	
		16/10/2023	23/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.73+ 0% de CLA)	4646.00	5.00	5.00	25.00	185.84	217.08
		16/10/2023	23/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 0% de CLA)	5436.40	5.10	5.00	25.50	213.19	
MP 1:4 (5% CLA)	16/10/2023	23/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.73+ 5% de CLA)	3466.20	5.10	5.00	25.50	135.93	128.70	
	16/10/2023	23/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 5% de CLA)	3409.30	5.10	5.10	26.01	131.08		
	16/10/2023	23/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 5% de CLA)	2977.00	5.00	5.00	25.00	119.08		
	MP 1:4 (5% CLA)	16/10/2023	23/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.73+ 5% de CLA)	3894.90	5.10	5.00	25.50	152.74	149.75
		16/10/2023	23/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 5% de CLA)	3541.00	5.10	5.10	26.01	136.14	
		16/10/2023	23/10/2023	P-01(A/C-0.73+ 5% de CLA)	3929.40	5.00	4.90	24.50	160.38		
	MP 1:4 (5% CLA)	16/10/2023	23/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.73+ 5% de CLA)	4594.10	4.90	5.00	24.50	187.51	194.44
16/10/2023		23/10/2023	P-01(A/C-0.73+ 5% de CLA)		5009.20	5.10	5.00	25.50	196.44		
16/10/2023		23/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.73+ 5% de CLA)	4884.70	4.90	5.00	24.50	199.38	194.44	
16/10/2023		23/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 5% de CLA)	4884.70	4.90	5.00	24.50	199.38		
MP 1:4 (10% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.73+ 10% de CLA)	3114.90	5.00	4.90	24.50	127.14	120.51	
	17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 10% de CLA)	2665.70	5.00	4.90	24.50	108.80		
	17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 10% de CLA)	3140.00	5.00	5.00	25.00	125.60		
	MP 1:4 (10% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.73+ 10% de CLA)	3433.50	5.00	5.10	25.50	134.65	139.16
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 10% de CLA)	3852.80	5.10	5.00	25.50	151.09	
		17/10/2023	24/10/2023	P-01(A/C-0.73+ 10% de CLA)	3359.70	5.10	5.00	25.50	131.75		
	MP 1:4 (10% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.73+ 10% de CLA)	4742.60	4.90	5.00	24.50	193.58	191.22
17/10/2023		24/10/2023	P-01(A/C-0.73+ 10% de CLA)		5011.00	5.10	5.00	25.50	196.51		
17/10/2023		24/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.73+ 10% de CLA)	4681.10	5.00	5.10	25.50	183.57	191.22	
17/10/2023		24/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 10% de CLA)	4681.10	5.00	5.10	25.50	183.57		
MP 1:4 (15% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.73+ 15% de CLA)	2146.70	5.00	5.10	25.50	84.18	82.32	
	17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 15% de CLA)	2261.30	5.00	5.00	25.00	90.45		
	17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 15% de CLA)	1772.20	5.00	4.90	24.50	72.33		
	MP 1:4 (15% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.73+ 15% de CLA)	3631.20	5.00	4.90	24.50	148.21	133.92
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 15% de CLA)	3329.90	5.00	5.10	25.50	130.58	
		17/10/2023	24/10/2023	P-01(A/C-0.73+ 15% de CLA)	3012.40	4.90	5.00	24.50	122.96		
	MP 1:4 (15% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.73+ 15% de CLA)	3641.10	5.10	5.00	25.50	142.79	139.45
17/10/2023		24/10/2023	P-01(A/C-0.73+ 15% de CLA)		3356.80	5.00	5.10	25.50	131.64		
17/10/2023		24/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.73+ 15% de CLA)	3597.70	5.00	5.00	25.00	143.91	139.45	
17/10/2023		24/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 15% de CLA)	3597.70	5.00	5.00	25.00	143.91		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 13: Comportamiento a compresión para MP y MM con 5,10 y 15% de CLA para una proporción C:A 1:4 evaluado a los 7,14 y 28 días de curado



Fuente: Elaboración Propia

Para el mortero patrón y mortero modificado 1:4 con CLA se observa un aumento progresivo de la resistencia a la compresión con respecto a sus edades. Sin embargo, a la edad de 28 días ningún mortero modificado llega a superar al mortero patrón, reduciendo su resistencia con respecto al mismo en 10.43, 11.91 y 35.76% respectivamente.

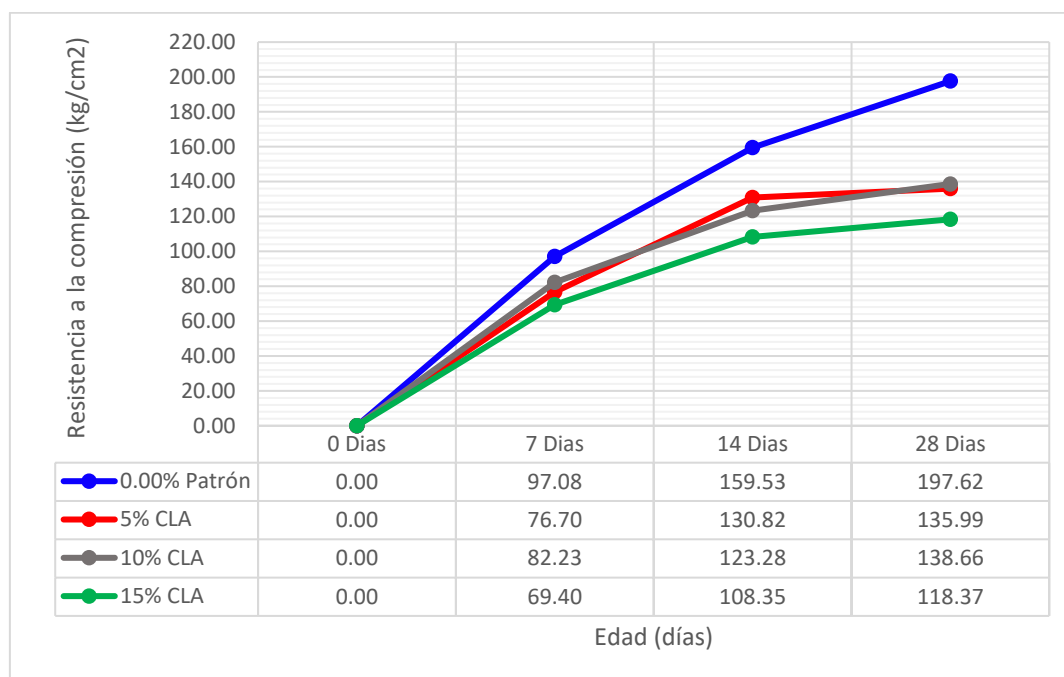
Haciendo referencia a la tabla 2- Especificación por propiedades. Requisitos para mortero preparado en laboratorio establecido en la NTP 399.610 las resistencias obtenidas a los 28 días para mortero modificado 1:4 con 5 y 10% supera los 175.39 kg/cm² clasificando como un mortero tipo M; es decir de alta resistencia y con una sustitución del 15% CLA supera los 126.4 kg/cm² clasificándose como un mortero tipo S; es decir de resistencia moderada.

Tabla 42: Resistencia a la compresión para MP y MM con 5,10 y 15% de CLA para una proporción C: A 1:5

Dosificación	Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Edad del Muestreo (Días de curado)	N° de Pruebas	P= Carga máxima de rotura (Kg)	Largo cm	Ancho cm	A= Área de la sección transversal (cm ²)	f _c = Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	TOTAL PROM (Kg/cm ²)	
MP 1:5	17/10/2023	24/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.91+ 0% de CLA)	2251.90	5.00	5.00	25.00	90.08	97.08	
	17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 0% de CLA)	2849.20	5.00	5.00	25.00	113.97		
	17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 0% de CLA)	2223.20	5.10	5.00	25.50	87.18		
	MP 1:5	17/10/2023	24/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.91+ 0% de CLA)	4230.70	5.00	5.10	25.50	165.91	159.53
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 0% de CLA)	3911.10	5.10	5.00	25.50	153.38	
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 0% de CLA)	4143.80	5.10	5.10	26.01	159.32	
	MP 1:5	17/10/2023	24/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.91+ 0% de CLA)	5039.30	5.00	5.10	25.50	197.62	197.62
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 0% de CLA)	5525.70	5.10	5.00	25.50	216.69	
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 0% de CLA)	4553.10	5.10	5.00	25.50	178.55	
MP 1:5 (5% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.91+ 5% de CLA)	2146.70	4.90	5.00	24.50	87.62	76.70	
	17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 5% de CLA)	1597.70	5.00	5.00	25.00	63.91		
	17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 5% de CLA)	1924.80	4.90	5.00	24.50	78.56		
	MP 1:5 (5% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.91+ 5% de CLA)	2995.10	5.00	5.10	25.50	117.45	130.82
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 5% de CLA)	3281.20	5.00	4.90	24.50	133.93	
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 5% de CLA)	3597.70	5.10	5.00	25.50	141.09	
	MP 1:5 (5% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.91+ 5% de CLA)	3837.90	5.20	5.00	26.00	147.61	135.99
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 5% de CLA)	3525.70	4.90	5.20	25.48	138.37	
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 5% de CLA)	3110.30	5.10	5.00	25.50	121.97	
MP 1:5 (10% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.91+ 10% de CLA)	1710.40	4.90	5.00	24.50	69.81	82.23	
	17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 10% de CLA)	1906.10	5.00	4.90	24.50	77.80		
	17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 10% de CLA)	2378.10	4.80	5.00	24.00	99.09		
	MP 1:5 (10% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.91+ 10% de CLA)	2894.20	5.00	5.10	25.50	113.50	123.28
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 10% de CLA)	3168.10	5.00	5.10	25.50	124.24	
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 10% de CLA)	3368.70	5.00	5.10	25.50	132.11	
	MP 1:5 (10% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.91+ 10% de CLA)	3314.10	5.10	5.00	25.50	129.96	138.66
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 10% de CLA)	3924.80	5.10	5.00	25.50	153.91	
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 10% de CLA)	3434.90	5.00	5.20	26.00	132.11	
MP 1:5 (15% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.91+ 15% de CLA)	1734.90	5.00	5.10	25.50	68.04	69.40	
	17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 15% de CLA)	1924.80	5.10	5.00	25.50	75.48		
	17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 15% de CLA)	1649.20	5.10	5.00	25.50	64.67		
	MP 1:5 (15% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.91+ 15% de CLA)	2714.80	5.10	5.00	25.50	106.46	108.35
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 15% de CLA)	2995.90	5.00	5.10	25.50	117.49	
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 15% de CLA)	2578.30	5.10	5.00	25.50	101.11	
	MP 1:5 (15% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.91+ 15% de CLA)	2410.40	4.90	5.00	24.50	98.38	118.37
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 15% de CLA)	3652.10	5.00	4.90	24.50	149.07	
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 15% de CLA)	2745.60	5.00	5.10	25.50	107.67	

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 14: Comportamiento a compresión para MP y MM con 5,10 y 15% de CLA para una proporción C: A 1:5 evaluado a los 7,14 y 28 días de curado



Fuente: Elaboración propia

Para el mortero patrón y mortero modificado 1:5 con CLA también observa un aumento progresivo de la resistencia a la compresión con respecto a sus edades. Sin embargo, a la edad de 28 días ningún mortero modificado llega a superar al mortero patrón, reduciendo su resistencia con respecto al mismo en 31.19, 29.84 y 40.10% respectivamente.

Haciendo referencia a la tabla 2- Especificación por propiedades. Requisitos para mortero preparado en laboratorio establecido en la NTP 399.610 las resistencias obtenidas a los 28 días para mortero modificado 1:5 con 5 y 10% supera los 126.4 kg/cm² clasificando como un mortero tipo S; es decir de resistencia moderada y con una sustitución del 15% CLA supera los 53.03 kg/cm² clasificándose como un mortero tipo N; es decir de resistencia normal.

Ensayos a las unidades de albañilería

Alabeo

Tabla 43: Resultados de alabeo para ladrillo de arcilla

ALABEO EN LADRILLOS				
TIPO:	LADRILLO KING KONG TIPO IV			
MUESTRA	CARA ARRIBA		CARA ABAJO	
	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO

# / CÓDIGO	mm		mm	
	L-1	0.50	0.00	0.00
L-2	1.10	0.00	0.00	1.00
L-3	0.90	0.00	0.00	0.50
L-4	0.00	0.60	0.40	0.00
L-5	0.90	0.00	0.00	1.20
L-6	1.00	0.00	0.00	1.10
L-7	1.10	0.00	0.00	0.80
L-8	0.50	0.00	0.00	0.70
L-9	0.70	0.00	0.00	0.80
L-10	0.00	1.00	0.40	0.00
PROMEDIO	0.67	0.16	0.08	0.65
D.EST. (%)	0.41	0.35	0.17	0.42

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados de la tabla anterior tenemos que el máximo valor promedio de alabeo que presenta la unidad de albañilería de la marca “Lark” es de 0.67mm por concavidad, el cual es menor a los 4mm establecido por la norma E070 de Albañilería para ladrillo tipo IV. Por lo tanto, según la ficha técnica brindada por el fabricante, para alabeo según norma si corresponde a un ladrillo tipo IV.

Variación dimensional

Tabla 44: Resultados de variación dimensional para ladrillo de arcilla

N° MUESTRA	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
L-1	Ladrillo King Kong 30% vacíos fabricado de arcilla moldeada, extruida y cocida en un horno tipo túnel de proceso continuo	241.00	130.20	90.10
L-2		245.00	130.10	90.20
L-3		242.20	131.20	90.00
L-4		245.00	129.80	89.60
L-5		240.50	130.30	90.40
L-6		239.30	130.50	88.20
L-7		242.20	128.40	87.80
L-8		239.60	128.20	90.70
L-9		238.80	130.60	88.30
L-10		240.50	132.00	90.40
Medida promedio (MP)		241.41	130.13	89.57
Medida esp. por el fabricante (ME)		240.00	130.00	90.00
Variación dimensional (V%)		0.59%	0.10%	-0.48%

Desviación estándar	2.20	1.15	1.06
C.V.	0.91%	0.88%	1.19%
VD según norma E.070 (Tipo IV)	±2	±3	±4

Fuente: Elaboración propia

Para la variación dimensional, según las medidas especificadas por el fabricante, la variación dimensional para el largo (240 mm) se encuentra dentro de $100\text{mm} \pm 2\%$, para el ancho (130mm) se encuentra dentro de $100\text{mm} \pm 3\%$ y para el alto se encuentra dentro del rango de $100\text{mm} \pm 4\%$, lo cual quiere decir que cumple con los requisitos de la norma E.070 correspondiente a un ladrillo tipo IV.

Absorción

Tabla 45: Ensayo de absorción para las unidades de albañilería

N.º Muestra	Peso Saturado (g)	Peso seco (g)	Absorción (%)
L-1	4240.00	3836.00	10.53
L-2	4210.00	3832.00	9.86
L-3	4200.00	3800.00	10.53
L-4	4220.00	3830.00	10.18
L-5	4270.00	3856.00	10.74
Promedio			10.37

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de absorción obtenido fue de 10.37%, el cual cumple con la norma E.070 que nos dice que el porcentaje de absorción no debe exceder el 22%.

Resistencia a la compresión

Tabla 46: Ensayo de compresión a las unidades de albañilería

Muestra Nº	Ancho (cm) (e)	Largo (cm) (l)	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F'b (kg/cm ²)
L-1	12.21	24.40	297.92	53829.00	180.68
L-2	12.30	24.10	296.43	56450.00	190.43
L-3	12.70	23.80	302.26	47553.10	157.33
L-4	12.40	24.10	298.84	53829.00	180.13
L-5	12.50	24.10	301.25	54900.00	182.24
Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm ²)				fb =	178.16

Desviación estándar	$\sigma =$	12.37
Coefficiente de variación	C.V=	0.07
Resistencia característica de las unidades de albañilería (kg/cm ²)	f'b =	165.80
f'b mínima según norma E0.70 (Kg/cm ²)	f'b =	130.00

Fuente: Elaboración Propia

La resistencia característica de las unidades de albañilería ensayadas nos muestra un valor de 165.80 kg/cm², cumpliendo con la norma E.070 de albañilería que nos dice que el f'b para ladrillo tipo IV debe ser mayor a 130 kg/cm².

Ensayos a los muros de albañilería

Para los ensayos de pilas, muretes y adherencia se tomó la dosificación 1:3 por presentar un mejor comportamiento en sus propiedades físicas y mecánicas trabajando con los porcentajes de 5,10 y 15% en reemplazo del cemento.

Resistencia a la compresión axial

Tabla 47: Resistencia a la compresión en pilas para MP con C:A 1:3

Mortero patrón 1:3									
Muestra N°	Promedio Altura (cm) (hp)	Promedio Espesor (cm) (e)	Promedio Largo (cm) (l)	hp/tp	Factor de corrección (cc)	Área bruta Ab (cm ²)	Carga N (kg)	F'm N / Ab (kg/cm ²)	F'm corregido (kg/cm ²)
P1	30.10	12.85	23.88	2.34	1.027	306.79	35516.00	115.77	118.94
P2	30.05	12.88	23.85	2.33	1.027	307.07	42069.50	137.00	140.66
P3	30.08	12.90	23.85	2.33	1.027	307.67	36653.70	119.14	122.29
Promedio F'm (kg/cm²)									127.30

Fuente: Elaboración propia

El promedio de la resistencia a la compresión axial con mortero patrón 1:3 de las tres pilas ensayadas fue de 127.30 kg/cm²

Tabla 48: Resistencia a la compresión en pilas para MM con C:A 1:3 (5% CLA)

Mortero modificado (5% CLA)									
Muestra N.º	Promedio Altura (cm) (hp)	Promedio Espesor (cm) (e)	Promedio Largo (cm) (l)	hp/tp	Factor de corrección (cc)	Área bruta Ab (cm ²)	Carga N (kg)	F'm N / Ab (kg/cm ²)	F'm corregido (kg/cm ²)
P4	30.08	12.88	23.88	2.34	1.027	307.39	35116.00	114.24	117.31
P5	30.03	12.83	23.88	2.34	1.027	306.20	44541.00	145.47	149.44
P6	29.95	12.95	23.95	2.31	1.025	310.15	38725.90	124.86	127.98
Promedio F'm (kg/cm²)									131.58

Fuente: Propia

El promedio de la resistencia a la compresión axial con mortero modificado 1:3 con 5% CLA de las tres pilas ensayadas fue de 131.58 kg/cm²

Tabla 49: Resistencia a la compresión en pilas para MM con C:A 1:3 (10% CLA)

Mortero modificado (10% CLA)									
Muestra	Promedio	Promedio	Promedio	hp/tp	Factor de	Área	Carga	F'm	F'm
N.º	Altura (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)		corrección	bruta	N	N / A _b	corregido
	(hp)	(e)	(l)		(cc)	Ab (cm ²)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
P7	30.10	12.90	23.88	2.33	1.03	307.99	43967.60	142.76	146.56
P8	30.00	12.83	23.88	2.34	1.03	306.20	46195.30	150.87	154.96
P9	29.93	12.98	23.95	2.31	1.02	310.75	46162.40	148.55	152.19
Promedio F'm (kg/cm²)									151.24

Fuente: Propia

El promedio de la resistencia a la compresión axial con mortero modificado 1:3 con 10% CLA de las tres pilas ensayadas fue de 151.24 kg/cm²

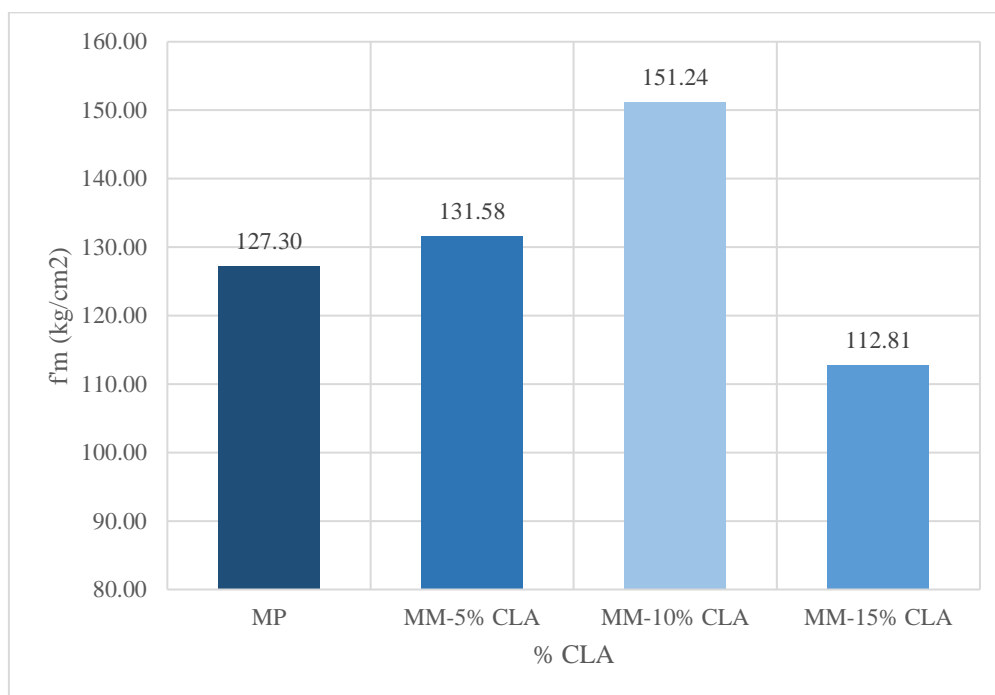
Tabla 50: Resistencia a la compresión en pilas para MM con C:A 1:3 (15% CLA)

Mortero modificado (15% CLA)									
Muestra	Promedio	Promedio	Promedio	hp/tp	Factor de	Área	Carga	F'm	F'm
N.º	Altura (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)		corrección	bruta	N	N / A _b	corregido
	(hp)	(e)	(l)		(cc)	Ab (cm ²)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
P10	30.08	12.90	23.88	2.33	1.03	307.99	31801.00	103.25	105.99
P11	30.23	12.90	23.88	2.34	1.03	307.99	39358.90	127.79	131.30
P12	29.98	12.98	23.95	2.31	1.02	310.75	30664.00	98.68	101.13
Promedio F'm (kg/cm²)									112.81

Fuente: Propia

El promedio de la resistencia a la compresión axial con mortero modificado 1:3 con 15% CLA de las tres pilas ensayadas fue de 112.81 kg/cm²

Gráfico 15: Resistencia a la compresión en pilas a la edad de 28 días



Fuente: Propia

Del gráfico anterior podemos apreciar que las mayores resistencias a la compresión axial se dan empleando un mortero modificado con 5 y 10% CLA de la cual se obtuvo un $f'm$ de 151.24 kg/cm² y 131.58 kg/cm² superando la resistencia del mortero patrón en un 3.36% y en un 18.80% respectivamente, lo contrario sucede con un porcentaje de 15% CLA donde presenta una resistencia de tan solo 112.81 kg/cm² disminuyendo su resistencia en un 11.38% con respecto del mortero patrón.

Según la norma E.070 de Albañilería nos indica que la resistencia mínima para el ensayo de pilas para ladrillo de arcilla tipo 4 industrial es de 65 kg/m², como se observa en el gráfico los resultados tanto con 5,10 y 15% CLA superan a dicho valor, cumpliendo con la normativa.

Tipos de fallas en prismas

A continuación, se presenta la descripción detallada de los tipos de falla según la NTP 339.605 de las 12 pilas ensayadas a compresión axial.



Imagen 61: Falla en la parte frontal de la pila P1- MP 1:3

Fuente: Propia



Imagen 62: Falla en la parte lateral de la pila 1- MP 1:3

Fuente: Propia

P1: El tipo de falla presentada en la parte frontal fue por separación del frente superficial con grietas verticales que se extienden a lo largo de la pila, en la parte lateral se dio una falla por rotura semicónica localizada y en la parte superior del ladrillo, una falla por aplastamiento local.



Imagen 63: Falla en la parte frontal y lateral de la pila P2- MP 1:3

Fuente: Propia



Imagen 64: Falla en la parte lateral de la pila P2- MP 1:3

Fuente: Propia

P2: En la parte frontal no muestra falla alguna, en la parte lateral se dio una falla cónico y dividido con grietas verticales que se extienden a lo largo de toda la pila



Imagen 65: Falla en la parte frontal de la pila P3 - MP 1:3

Fuente: Propia



Imagen 66: Falla en la parte lateral de la pila P3- MP 1:3

Fuente: Propia

P3: El tipo de falla presentada en la parte frontal fue por una rotura por corte con grietas verticales que se extienden a lo largo de la pila con presencias de falla por descascaramiento en la parte inferior del ladrillo, en la parte lateral se dio una falla de rotura por corte con aplastamiento localizado en parte superior de la pila



Imagen 67: Falla en la parte frontal de la pila P4- MM 1:3 (5%CLA)

Fuente: Propia



Imagen 68: Falla en la parte lateral de la pila P4- MM 1:3 (5%CLA)

Fuente: Propia

P4: El tipo de falla en la parte frontal fueron grietas verticales localizadas en la parte inferior del ladrillo y en la parte lateral presentó una falla por aplastamiento.



Imagen 69: Falla en la parte frontal de la pila P5- MM 1:3 (5%CLA)

Fuente: Propia



Imagen 70: Falla en la parte lateral de la pila P5- MM 1:3 (5%CLA)

Fuente: Propia

P5: El tipo de falla tanto en la parte frontal como lateral fue frágil, presentando una rotura semicónica producida por un descascaramiento inicial para finalizar de manera repentina en aplastamiento de gran parte de la pila.



Imagen 71: Falla en la parte frontal y lateral de la pila P6- MM 1:3 (5%CLA)

Fuente: Propia



Imagen 72: Falla en la parte lateral de la pila P6- MM 1:3 (5%CLA)

Fuente: Propia

P6: El tipo de falla frontal fue una grieta vertical localizada en la parte central, en la parte lateral se dio una rotura cónica con grietas verticales a lo largo de toda la pila orientadas a los vértices.



Imagen 73: Falla en la parte frontal de la pila P7- MM 1:3 (10%CLA)

Fuente: Propia



Imagen 74: Falla en la parte lateral de la pila P7- MM 1:3 (10%CLA)

Fuente: Propia

P7: El tipo de falla en la parte frontal cónica con una grieta localizada en la parte central y en la parte lateral se dio una grieta con tendencia cónico y dividido.



Imagen 75: Falla en la parte frontal de la pila P8- MM 1:3 (10%CLA)

Fuente: Propia



Imagen 76: Falla en la parte lateral de la pila P8- MM 1:3 (10%CLA)

Fuente: Propia

P8: El tipo de falla en la parte frontal fue una separación del frente superficial con desprendimiento localizado en la parte superior y en la parte lateral se dio una falla localizada por aplastamiento en la parte superior de la pila.



Imagen 77: Falla en la parte frontal de la pila P9- MM 1:3 (10%CLA)

Fuente: Propia



Imagen 78: Falla en la parte lateral de la pila P9- MM 1:3 (10%CLA)

Fuente: Propia

P9: El tipo de falla en la parte frontal fue por aplastamiento localizado en la parte superior de la unidad. Sin embargo, en la parte lateral presento una separación superficial con grietas verticales bien pronunciadas a lo largo de toda la pila.



Imagen 79: Falla en la parte frontal de la pila P10- MM 1:3 (15%CLA)



Imagen 80: Falla en la parte lateral de la pila P10- MM 1:3 (15%CLA)

P10: La parte frontal presentó una falla por aplastamiento localizada en la parte inferior de la pila y en la parte lateral una falla cónico y dividido.



Imagen 81: Falla en la parte frontal y lateral de la pila P11- MM 1:3 (15%CLA)

Fuente: Propia

P11: La parte frontal presentó una falla por agrietamiento y en la parte lateral una falla de rotura por corte con una grieta que se extiende a lo largo de sus vértices opuestos con un ligero desprendimiento en todo el vértice superior.



Imagen 82: Falla en la parte frontal la pila P12- MM 1:3 (15%CLA)

Fuente: Propia



Imagen 83: Falla en la parte lateral la pila P12- MM 1:3 (15%CLA)

Fuente: Propia

P11: La parte frontal presentó grietas verticales localizadas y en la parte lateral una falla de rotura por aplastamiento localizado en la parte del vértice superior y grietas verticales localizadas.

Las fallas presentadas fueron de dos tipos, la falla frágil y la falla dúctil. La primera de ella se manifestó principalmente por un aplastamiento localizado que se produjo de manera repentina debido a una concentración de carga. En cuanto a la falla dúctil, se manifestó mediante grietas verticales donde las pilas mostraron deformaciones significativas antes de llegar al límite de su capacidad.

Resistencia a la compresión diagonal

Tabla 51: Resistencia a la compresión diagonal en muretes para mortero patrón C:A 1:3

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm²)
M1	Murete - Patrón	2/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	83797	0.74	7.50
M2	Murete - Patrón	2/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	108410	0.95	9.70
M3	Murete - Patrón	2/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	83346	0.73	7.45

Fuente: elaboración propia

El promedio de la resistencia a la compresión diagonal con mortero patrón C:A 1:3 con 5% CLA de los tres muretes ensayados fue de 8.22 kg/cm²

Tabla 52: Resistencia a la compresión diagonal en muretes para mortero modificado C:A 1:3 (5% CLA)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm²)
M4	Murete - 5% CLA	2/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	102534	0.90	9.17
M5	Murete - 5% CLA	2/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	122272	1.07	10.94
M6	Murete - 5% CLA	2/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	88771	0.78	7.94

El promedio de la resistencia a la compresión diagonal con mortero modificado 1:3 con 5% CLA de los tres muretes ensayados fue de 9.35 kg/cm²

Fuente: Propia

Tabla 53: Resistencia a la compresión diagonal en muretes para mortero modificado C:A 1:3 (10% CLA)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm ²)
M7	Murete - 10% CLA	2/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	129335	1.13	11.57
M8	Murete - 10% CLA	2/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	128148	1.12	11.46
M9	Murete - 10% CLA	2/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	126588	1.11	11.32

Fuente: elaboración propia

El promedio de la resistencia a la compresión diagonal con mortero modificado 1:3 con 10% CLA de los tres muretes ensayados fue de 11.45 kg/cm²

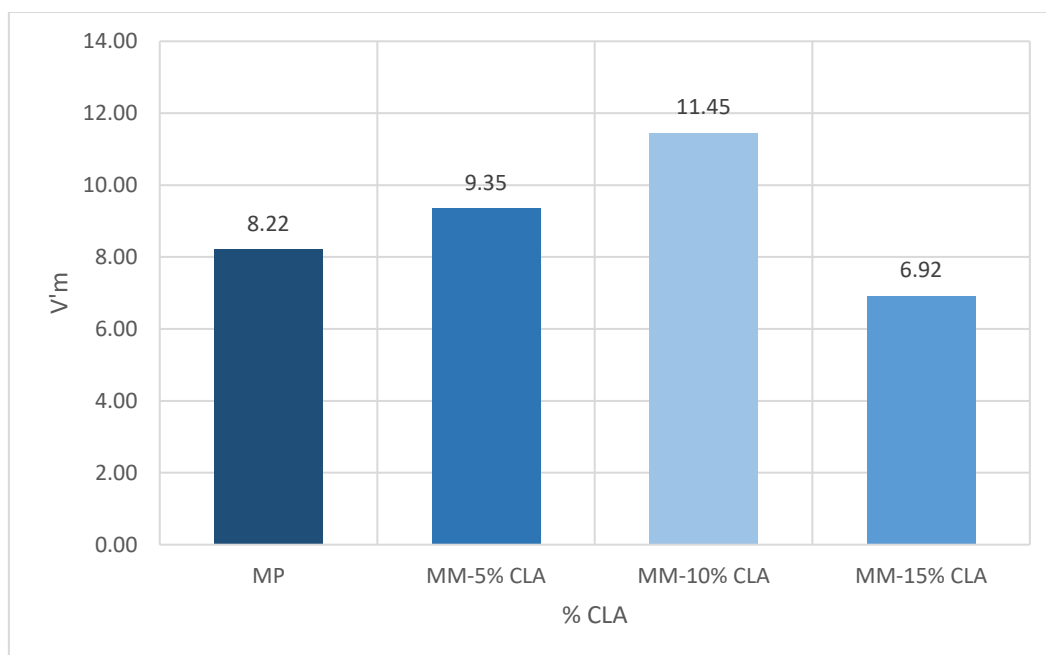
Tabla 54: Resistencia a la compresión diagonal en muretes para mortero modificado C:A 1:3 (15% CLA)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm²)
M9	Murete - 15% CLA	2/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	66836	0.59	5.98
M10	Murete - 15% CLA	2/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	82875	0.73	7.41
M11	Murete - 15% CLA	2/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	82414	0.72	7.37

Fuente: elaboración propia

El promedio de la resistencia a la compresión diagonal con mortero modificado 1:3 con 15% CLA de los tres muretes ensayados fue de 6.92 kg/cm²

Tabla 55: Resistencia a la compresión diagonal en muretes a la edad de 28 días



Fuente: elaboración propia

Del gráfico anterior podemos apreciar que las mayores resistencias a compresión diagonal se dan usando un mortero modificado con 5 y 10% CLA de la cual se obtuvo un $V'm$ de 9.35 kg/cm² y 11.45 kg/cm² superando al mortero patrón en un 13% y 39.29%, lo contrario sucede con un porcentaje de 15% CLA donde presenta una resistencia de 6.92 kg/cm² disminuyendo su resistencia en 15.82% con respecto al mortero patrón.

Según la norma E.070 de Albañilería nos indica que la resistencia mínima para el ensayo de muretes para ladrillo de arcilla tipo 4 industrial es de 8.1 kg/m², como se observa en el gráfico los resultados con el 5 y 10% superan dicho valor excepto con el porcentaje del 15% CLA.

Tipos de falla en muretes

A continuación, se presenta la descripción detallada de los tipos de falla de los 12 muretes ensayados a compresión diagonal.



*Imagen 84: Falla en murete
M1-Muestra patrón 1:3*

Fuente: Propia



*Imagen 85: Falla en murete
M2-Muestra patrón 1:3*

Fuente: Propia



*Imagen 86: Falla en murete
M3-Muestra patrón 1:3*

Fuente: Propia

M1: Presenta una falla escalonada producida por cortante en la junta lo cual indica una debilidad en la unión mortero-mampostería .

M2: Presenta una falla mixta, la grieta atraviesa tanto al ladrillo como al mortero.

M3: Presenta una falla mixta, donde se observa un desprendimiento de la junta horizontal en la parte superior y una grieta que atraviesa tanto al ladrillo como al mortero en la parte inferior.



*Imagen 87: Falla en murete
M4-MM 1:3 (5%CLA)*

Fuente: Propia



*Imagen 88: Falla en murete
M5-MM 1:3 (5%CLA)*

Fuente: Propia



*Imagen 89: Falla en murete
M6-MM 1:3 (5%CLA)*

Fuente: Propia

M4: Falla mixta, la grieta atraviesa tanto al ladrillo como al mortero a lo largo de sus dos vertices opuestos.

M5: Falla diagonal, en este caso la adherencia del mortero superó a la resistencia a la tracción de las unidades de albañilería debido a la tensión diagonal.

M6: Falla escalonada debido a la fricción por corte que se da lo largo de sus dos vertices opuestos lo cual indica una debilidad en la unión mortero-mampostería.



*Imagen 90: Falla en murete
M7-MM 1:3 (10%CLA)*

Fuente: Propia



*Imagen 91: Falla en murete
M8-MM 1:3 (10%CLA)*

Fuente: Propia



*Imagen 92: Falla en murete
M9-MM 1:3 (10%CLA)*

Fuente: Propia

M7: Falla mixta, la grieta atraviesa tanto al ladrillo como al mortero a lo largo de sus dos vertices opuestos.

M8 y M9: Falla mixta, las grietas atraviesan tanto al ladrillo como al mortero. Sin embargo, se observa falla localizadas por deslizamiento en junta por lo cual falla no llegando a superar su máxima capacidad de resistencia a la compresión.



*Imagen 93: Falla en murete
M10-MM 1:3 (15%CLA)*

Fuente: Propia



*Imagen 94: Falla en murete
M11-MM 1:3 (15%CLA)*

Fuente: Propia



*Imagen 95: Falla en murete
M12-MM 1:3 (15%CLA)*

Fuente: Propia

M10: Falla mixta, se produjo inicialmente una grieta vertical que atravesó el ladrillo y mortero a la vez para luego fallar por un deslizamiento en junta que es un indicativo de una mala adherencia en esa zona.

M11 y M12: Falla mixta, la grieta atraviesa tanto al ladrillo como al mortero a lo largo de sus dos vértices opuestos debido a la tensión diagonal.

Las fallas que más se observaron fueron del tipo de falla mixta, por lo cual la adherencia entre el mortero-mampostería se podría clasificar como intermedia.

Resistencia a la adherencia por cizallamiento

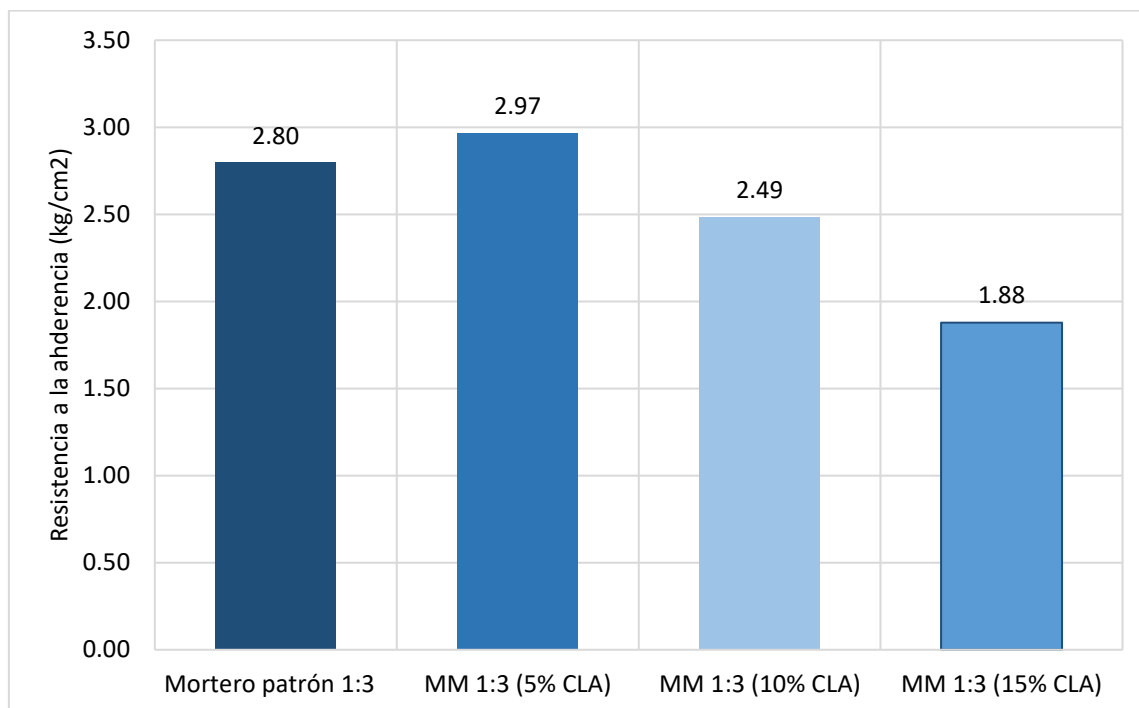
Tabla 56: Resistencia a la adherencia al cizallamiento para MP y MM con proporción C:A 1:3

Muestra N°	Identificación	Fecha de asentado (días)	Fecha de ensayo (días)	Edad (días)	L (cm)	A (cm)	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo de compresión a la adherencia (kg/cm ²)	TOTAL, PROMEDIO (kg/cm ²)
01	Mortero patrón 1:3	7/11/2023	5/12/2023	28	16.00	13.00	416	1292.40	3.11	2.80
02		7/11/2023	5/12/2023	28	16.00	13.00	416	1130.30	2.72	
03		7/11/2023	5/12/2023	28	16.00	13.00	416	1067.40	2.57	
04	MM 1:3 (5% CLA)	7/11/2023	5/12/2023	28	16.00	13.00	416	1194.20	2.87	2.97
05		7/11/2023	5/12/2023	28	16.00	13.00	416	1319.10	3.17	
06		7/11/2023	5/12/2023	28	16.00	13.00	416	1189.30	2.86	
07	MM 1:3 (10% CLA)	8/11/2023	6/12/2023	28	16.00	13.00	416	1006.40	2.42	2.49
08		8/11/2023	6/12/2023	28	16.00	13.00	416	1097.90	2.64	
09		8/11/2023	6/12/2023	28	16.00	13.00	416	997.70	2.40	
10	MM 1:3 (15% CLA)	8/11/2023	6/12/2023	28	16.00	13.00	416	797.70	1.92	1.88
11		8/11/2023	6/12/2023	28	16.00	13.00	416	668.30	1.61	
12		8/11/2023	6/12/2023	28	16.00	13.00	416	878.10	2.11	

Fuente: elaboración propia

El promedio para mortero patrón 1:3 fue de 2.80 kg/cm², para mortero modificado 1:3 (5% CLA) fue de 2.97 kg/cm², para mortero modificado 1:3 (10% CLA) fue de 2.49 kg/cm² y para mortero modificado 1:3 (15% CLA) fue de 1.88 kg/cm².

Gráfico 16: Resistencia a la adherencia a la edad de 28 días



Fuente: elaboración propia

De los resultados obtenidos en cuanto a la resistencia a la adherencia por cizallamiento se obtuvo que con el 5% CLA en reemplazo del cemento dicha resistencia aumenta en un 6.07% respecto del mortero patrón. Sin embargo, con el 10% CLA y 15% CLA la resistencia disminuye en un 11.07% y 32.85% respectivamente.

Analisis económico

Se realizó un análisis de costos unitarios para comparar los costos entre un mortero convencional y el propuesto en esta investigación. El objetivo es determinar si sería económicamente viable utilizar el mortero con un 5% y 10% de CLA en reemplazo del cemento. Se seleccionó estos porcentajes en específico debido a que arrojaron los mejores resultados realizados en los ensayos de laboratorio para mortero con dosificación 1:3. En dicho análisis unitario se consideró un desperdicio del 5% para el ladrillo y del 13% de desperdicio para el cemento, arena y agua.

Tabla 57: Análisis de costo unitario para ceniza tamizada por la malla N°200

Partida:							Ceniza de ladrillo artesanal pasada por tamiz N°200		
Rendimiento:							30.00	kg/día	Fecha: 23/04/2024
							Total S/.	5.60	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Unitario	Precio Parcial	Total			
MANO DE OBRA								5.26	
Peón	hh	1	0.2667	19.71	5.26				
MATERIALES								0.18	
Ceniza de ladrillo artesanal	kg		2.5000	0.073	0.18				
EQUIPO Y HERRAMIENTAS								0.16	
Herramienta manual	%MO		3.00%	5.26	0.16				

Fuente: elaboración propia

Del ACU realizado para la ceniza se obtuvo que se necesitan S/5.60 para obtener 1kg de CLA tamizada por la malla N°200. En el precio está incluido el flete.

Tabla 58: Análisis de costo unitario para mortero convencional 1:3

MORTERO NORMAL								
Partida:								
Muro de ladrillo KK tipo IV- Soga 9X13X24cm,C:A 1:3,J=1.5cm								
Rendimiento:								
10.2 m2/día								
Fecha: 23/04/2024								
Total S/.								
86.72								
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Unitario	Precio Parcial	Total		
MANO DE OBRA								29.46
Operario	hh	1	0.7843	27.71	21.73			
Peón	hh	0.5	0.3922	19.71	7.73			
MATERIALES								52.57
Ladrillo KK 18H 9X13X24	und		40	1.10	44.00			
Cemento Portland Tipo I	bls		0.290	25.17	7.309			
Arena gruesa	m3		0.025	49.15	1.212			
Agua	m3		0.008	6.13	0.048			
EQUIPO Y HERRAMIENTAS								4.69
Andamio metálico		1	0.7843	4.85	3.80			
Herramienta manual	%MO		3.00%	29.46	0.88			

Fuente: elaboración propia

Del ACU realizado al mortero convencional se obtuvo que se necesitan S/.86.72 para elaborar 1m² de muro con un mortero tradicional.

Tabla 59: Análisis de costos unitarios para mortero modificado 1:3 con 5% CLA

MORTERO MODIFICADO CON 5% CLA						
Partida:	Muro de ladrillo KK tipo IV- Soga 9X13X24cm,C:A 1:3,J=1.5cm					
Rendimiento:	10.2	m ² /día				Fecha: 23/04/2024
						Total S/. 89.37
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Unitario	Precio Parcial	Total
MANO DE OBRA						29.46
Operario	hh	1	0.7843	27.71	21.73	
Peón	hh	0.5	0.3922	19.71	7.73	
MATERIALES						55.22
Ladrillo KK 18H 9X13X24	und		40	1.10	44.00	
Cemento Portland Tipo I	bls		0.275	25.17	6.918	
Ceniza de ladrillo artesanal	kg		0.544	5.60	3.045	
Arena gruesa	m ³		0.025	49.15	1.208	
Agua	m ³		0.007	6.13	0.045	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						4.69
Andamio metálico		1	0.7843	4.85	3.80	
Herramienta manual	%MO		3.00%	29.46	0.88	

Fuente: elaboración propia

Del ACU realizado se obtuvo que se necesitan S/.89.33 para elaborar 1m² de muro con mortero modificado con 5% de CLA.

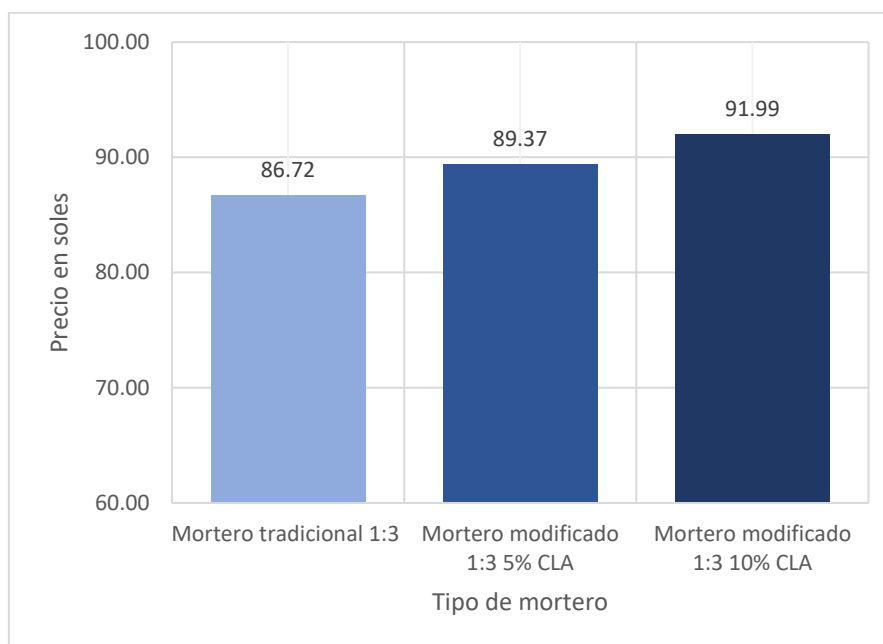
Tabla 60: Análisis de costos unitarios para mortero modificado 1:3 con 10% CLA

MORTERO MODIFICADO CON 10% CLA						
Partida:	Muro de ladrillo KK tipo IV- Soga 9X13X24cm,C:A 1:3,J=1.5cm					
Rendimiento:	10.2	m ² /día				Fecha: 23/04/2024
						Total S/. 91.99
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Unitario	Precio Parcial	Total
MANO DE OBRA						29.46
Operario	hh	1	0.7843	27.71	21.73	
Peón	hh	0.5	0.3922	19.71	7.73	
MATERIALES						57.84
Ladrillo KK 18H 9X13X24	und		40	1.10	44.00	
Cemento Portland Tipo I	bls		0.259	25.17	6.530	
Ceniza de ladrillo artesanal	kg		1.084	5.60	6.068	
Arena gruesa	m ³		0.024	49.15	1.203	
Agua	m ³		0.007	6.13	0.043	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						4.69
Andamio metálico		1	0.7843	4.85	3.80	
Herramienta manual	%MO		3.00%	29.46	0.88	

Fuente: elaboración propia

Del ACU realizado se obtuvo que se necesitan S/.91.99 para elaborar 1m² de muro con mortero modificado con 10% de CLA.

Gráfico 17: Resultados del ACU para mortero normal y modificado con CLA para proporción C:A 1:3



Fuente: elaboración propia

De todos los análisis de costos unitarios realizados se obtuvo que para el mortero modificado con 5% CLA su precio aumenta S/.2.65 por m² muro y para mortero modificado con 10% CLA su precio aumenta en S/.5.27 por m² de muro respecto del mortero tradicional. Considerando dichos precios el mortero modificado con 10%CLA encarecería mucho la obra. Sin embargo, con el 5% de CLA es técnicamente viable su uso en el mortero ya que su precio no aumenta considerablemente, eso sumado a que en todos los ensayos de laboratorio los resultados fueron satisfactorios.

Discusión de resultados

- **Ensayo de densidad a la ceniza de ladrillo artesanal**

Tabla 61: Densidades de los diferentes tipos de ceniza

Autor	Densidad (g/ml)
Propio	2.071
Arbeláez y otros [8]	2.33
Cumpa [1]	2.13
Ramos [4]	2.418

Fuente: Elaboración propia

Según el objetivo específico N°1, determinar la densidad de la ceniza de ladrillo artesanal, se obtuvo una densidad de 2.071 g/ml proporcionando una mayor cantidad de pasta para un mismo peso de cemento. Según aliaga [33], la densidad de la ceniza contribuye a tener morteros ligeramente más livianos favoreciendo a tener una menor carga muerta en los muros de albañilería.

De forma similar, Arbeláez y otros [8] en sus ensayos realizados a la ceniza de bagazo de caña obtuvo una densidad de 2.33 g/ml. Del mismo modo Cumpa [1] mostró que la densidad obtenida del mismo tipo de ceniza fue de 2.13 g/ml. En otra investigación Ramos [4] obtuvo un valor de 2.418 g/ml para la ceniza de la cascarilla de arroz. Estos resultados reflejan que la densidad de las cenizas en general cuenta con una menor densidad que el cemento cuyo valor es de 3.13 g/ml. Estos valores son propios de la ceniza debido su porosidad, procesos de combustión y trituración.

- **Ensayos al agregado fino**

Tabla 62: Cuadro comparativo de las propiedades del agregado fino de la cantera Pátapo-La Victoria

PROPIEDAD		Autor		
		Propio	Ramos [4]	Martínez [33]
Contenido de humedad	%	0.75	0.74	0.52
Granulometría (módulo de fineza)		2.93	2.35	2.89
Peso unitario suelto seco	kg/m ³	1458	1551	1481
Peso unitario compactado seco	kg/m ³	1674	1735	1622
Peso específico de la arena	g/cm ³	2.58	2.58	2.67
Porcentaje de absorción	%	0.63	0.83	0.81

Fuente: Elaboración propia

Del objetivo específico N°2, verificar la calidad y las propiedades del agregado fino mediante los ensayos especificados por norma, los resultados arrojados por los ensayos de laboratorio se muestran en la primera columna de la tabla 56, valores que han sido necesarios para verificar la calidad de dicho agregado. Según Campos y Villalobos [34], nos dice que la calidad de los agregados de la cantera Pátapo-La Victoria ha posicionado a esta como de las favoritas en la región para su uso en el rubro de la construcción.

Según los resultados encontrados por diferentes autores como muestra la tabla 56, se concluyó que el agregado fino proveniente de la cantera Pátapo- La Victoria cumplió con las normas especificadas. Estos resultados son similares a los obtenidos en la presente investigación, por lo que el agregado se considera como apto para su uso en la mezcla del mortero ya que también cumple con los parámetros dados por la norma E070 y las normas técnicas peruanas correspondientes. Si bien es cierto existe algunas variaciones en cuanto a los resultados entre una y otra investigación, esta variación puede darse debido a ciertos factores como el método de muestreo, condiciones ambientales, el traslado y el almacenamiento del material.

- **Ensayos en el mortero fresco y endurecido**

Según el objetivo específico N°3, realizar ensayos para analizar las propiedades mecánicas y físicas del mortero modificado con cenizas de ladrillo artesanal y compararlas con las del mortero patrón, los resultados mostraron que para las tres dosificaciones trabajadas, a mayor porcentaje de ceniza de ladrillo artesanal se emplea, menor es la fluidez y el peso unitario del mortero, caso similar pasa con su tiempo de fraguado donde se observa que a mayor porcentaje de ceniza su tiempo de fraguado inicial y final disminuye y en cuanto a su resistencia a la compresión para una dosificación 1:3 con una sustitución del 5% de cemento por CLA presentó el mejor comportamiento llegando a superar en un 2.43% al mortero patrón. Según Angulo [35] la resistencia a la compresión del mortero viene a ser el máximo esfuerzo que puede soportar un material al ser sometido a una carga de aplastamiento para evitar la aparición de grietas o fisuras. Asimismo, nos dice que la Absorción es el aumento de peso del mortero provocado por la entrada de agua en los poros de las partículas, en un lapso específico.

Castillo [10], en su investigación obtuvo que con un 5% de ceniza de carbón se obtuvieron los mejores resultados en propiedades físicas y mecánicas del mortero. En otra investigación, Ramos [4] nos muestra en sus resultados que la fluidez y el peso unitario del mortero

modificado disminuye y para la resistencia a la compresión los mejores resultados se obtienen con un 5 y 10% de ceniza de cascarilla de arroz, siendo este último porcentaje el que mejor comportamiento tuvo, aumentando su resistencia a la compresión hasta en un 18% con respecto del mortero patrón y con el 15% sus resistencias fueron disminuyendo. Con base a lo expuesto anteriormente podemos decir que la ceniza de ladrillo artesanal si contribuye con la resistencia a la compresión del mortero, pero su reemplazo debe ser en pequeños porcentajes ya que si se aumenta en más del 10% no solo disminuye considerablemente su resistencia a la compresión sino también su fluidez y su tiempo de fraguado haciendo que la mezcla sea poco trabajable debido a su poca fluidez y rápido secado. Esto se debe en gran parte a la capacidad de absorción de la ceniza que es mayor a la del cemento.

- **Ensayos a las unidades de albañilería**

Tabla 63: Cuadro de resumen de resultados de ensayos al ladrillo

PROPIEDAD		Autores		
		Propio	Román [36]	Norma E070 (valor máx.)
Alabeo valor máx. (mm)		0.67	0.50	4
Variación dimensional (%)	largo	0.59	0.74	± 2
	ancho	0.10	0.48	± 3
	alto	-0.48	0.66	±4
Absorción (%)		10.37	10.30	22
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)		165.80	132.40	130

Fuente: Elaboración Propia

Según el objetivo específico N°4, realizar ensayos en las muestras tomadas de unidades de albañilería King Kong 18 huecos, los resultados obtenidos en la primera columna nos muestran que el ladrillo King Kong tipo IV (según ficha técnica del fabricante) de la marca Lark si satisface los parámetros establecidos por la norma E070 para ladrillo tipo IV, haciendo referencia a lo encontrado por Román [36] se concluyó que el ladrillo usado fue apto para uso en muros portantes favoreciendo al comportamiento de la unión mortero-manpostería y cumpliendo con todas los parámetros especificados en la norma E070, de la cual podemos inferir la importancia de no solo de emplear un buen mortero sino también un buen ladrillo que sea capaz de soportar la diferentes cargas solicitadas especialmente las de sismo. Las variaciones presentadas en cuanto a su resistencia a la compresión pueden variar debido su proceso de fabricación, condiciones ambientales, control de calidad y a su manipulación y transporte. Sin embargo, ambas resistencias superan los 130 kg/cm² establecido en la norma. Cabe recalcar que estos valores pueden ser variables de acuerdo al material, tipo y uso del ladrillo.

- **Ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas**

Del objetivo específico N°5, elaborar muestras de pilas de albañilería a base de ladrillo King Kong 18 huecos usando mortero patrón y mortero con adición de cenizas de ladrillo artesanal en 5,10, 15% en reemplazo del cemento y someterlas a ensayos de compresión axial, los resultados obtenidos nos muestra que la resistencia a compresión axial a la edad de los 28 días se ve mejorada con un 5 y 10% de CLA respecto del mortero patrón, superando la resistencia mínima especificada por norma, siendo este último porcentaje el que mejor se comporta. Según Angulo y Aguilar [35], el dióxido de silicio es uno de los principales responsables de la resistencia a la compresión axial en morteros gracias a su forma cristalina en estado sólido posterior al fraguado de la mezcla.

Según Ramos [4] en su investigación concluye que con una sustitución del 10% o una adición del 5% de ceniza presentó el mejor comportamiento a compresión axial. Caso similiar pasa en el estudio realizado por Cumpa [1] quien encontró que al sustituir el 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar en función del cemento aumenta su resistencia a la compresión. Con estos resultados podemos afirmar que cuando se trata de sustitución del cemento por ceniza no se debe exceder del 10% ya que su resistencia disminuye, como se observa en los resultados de esta investigación que con un 15% su resistencia disminuye 11.38% respecto de la muestra patrón. Es por eso que las proporciones que se incorporen a la mezcla deben ser controladas para obtener buenos resultados y poder aprovechar las virtudes puzolánicas que nos brinda la ceniza como se mostró en los resultados fisicoquímicos hechos en laboratorio donde se destaca el dióxido de silicio, principal responsable de la resistencia a la compresión. Además, en los resultados obtenidos superan ampliamente la resistencia mínima dado por norma, esto se debe a que en la norma se utilizó un mortero con proporción de C: A 1:4 que te brinda resistencias menores a la proporción 1:3 usada en la investigación. Además, el ladrillo tipo IV utilizado según los ensayos realizados llegó a una resistencia a la compresión de 165 kg/cm², muy cercano a la resistencia del ladrillo tipo V que según norma supera resistencia de 180kg/cm².

- **Ensayo de resistencia a la compresión diagonal en muretes**

Tabla 64: Resumen del V'm a los 28 días

V'm a los 28 días (kg/cm ²)	
MP	8.22
MM-5%CLA	9.35
MM-10%CLA	11.45
MM-15%CLA	6.92

Fuente: Elaboración propia

Según el objetivo específico N°6, elaborar muestras de pilas de albañilería a base de ladrillo King Kong 18 huecos usando mortero patrón y mortero con adición de cenizas de ladrillo artesanal en 5,10, 15% en reemplazo del cemento y someterlas a ensayos de compresión diagonal, se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 57.

Según la norma E.070 de Albañilería nos indica que la resistencia mínima para el ensayo de muretes para ladrillo de arcilla tipo 4 industrial es de 8.1 kg/m², como se observa en la tabla 61 los resultados con el 5 y 10% superan ampliamente a dicho valor excepto con el porcentaje del 15% CLA, esto se debe a que en la norma se utilizó un mortero con proporción de C: A 1:4 que te brinda resistencias menores a la proporción 1:3 usada en la investigación. Además, el ladrillo tipo IV utilizado según los ensayos realizados llegó a una resistencia a la compresión de 165 kg/cm², muy cercano a la resistencia del ladrillo tipo V que según norma supera resistencia de 180kg/cm². Pérez [37] concluyó en su investigación que con un ladrillo artesanal con el 5,10 y 20% de adición de cenizas de hornos en muros de albañilería su resistencia aumenta en 4.79, 5.91 y 22%. En otra investigación hecha por Cumpa [1], obtuvo que con un 5% CBCA aumento su resistencia en un 7.11% pero no llegó a superar los 8.1 kg/cm² especificado en la norma debido a que se usó un ladrillo tipo III. Contrastando los resultados de esta investigación con la investigación hecha por Pérez, podemos destacar la importancia del uso de la ceniza no solo en el mortero sino también mediante su incorporación en las unidades de albañilería teniendo una mayor contribución con el medio ambiente mediante su reutilización. De lo expuesto por Cumpa, podemos decir que si bien es cierto no llegó a superar lo establecido por norma como si pasó en esta investigación, fue por el tipo de ladrillo usado. Sin embargo, se destaca que con una sustitución del 5% de ceniza su resistencia se ve mejorada.

- **Ensayo de adherencia entre la unión mortero-mampostería**

Según el objetivo específico N°7, realizar ensayos de adherencia entre el mortero y las unidades de albañilería, los resultados obtenidos nos muestran que con un 5% es el porcentaje ideal para que el muro tenga una buena adherencia, pasado este porcentaje su adherencia empieza a

disminuir significativamente. Bohorquez [38] con su estudio logró optimizar la adherencia ladrillo-mortero adicionando Diatomita y liparita, dos componentes que presentaron un alto contenido de SO₂ entre otros compuestos químicos propios del cemento, de esta forma se logró aumentar su resistencia al corte y su resistencia a la compresión axial tanto para un 10% de solo diatomita y 10% de diatomita + liparita.

Podemos inferir de lo expuesto por Bohorquez que la resistencia de la adherencia puede mejorar siempre y cuando el compuesto que se emplee tengan propiedades puzolánicas para lograr tener una mejor adherencia como es el caso de la ceniza de ladrillo artesanal que como se muestra en la tabla 13, contiene materiales silíceos o aluminosos que reaccionan con el hidróxido de calcio presente en el cemento durante el proceso de hidratación, reacción química que ayuda a mejorar la adherencia entre el mortero y el ladrillo formando un interfaz fuerte y estable. Complementando lo dicho anteriormente se analizaron los tipos de fallas en muretes observando en su mayoría un tipo de falla mixta por lo que se tuvo una adherencia intermedia.

- **Del impacto de las concentraciones en la resistencia a la compresión axial y diagonal**

Según el objetivo específico N°8, determinar el impacto de diferentes concentraciones de cenizas de ladrillo artesanal en la resistencia a la compresión axial y compresión diagonal, los resultados mostraron que, si es posible hacer uso de la ceniza de ladrillo artesanal en morteros usados para muros portantes. Fernández [39], nos dice que para obtener una buena resistencia a la compresión diagonal depende en gran parte de tener una buena adherencia entre el bloque de ladrillo. Por lo tanto, gracias a las propiedades de la ceniza se puede llegar a mejorar la resistencia a la compresión axial gracias a que contribuye a una mejor distribución de cargas y proporciona una matriz más compacta y resistente. Además, ayuda a mejorar la cohesión y la adherencia del mortero, lo que resultaría en una mayor resistencia a la compresión diagonal como lo menciona Fernández. Sin embargo, concentraciones muy altas de cenizas podrían debilitar el mortero y reducir su capacidad de soportar cargas de compresión.

- **Del análisis económico**

Según el objetivo específico N°9, analizar en cuanto disminuye la cantidad de cemento en el mortero mediante el empleo de cenizas de ladrillo artesanal y su variabilidad de costos frente a esta reducción, se obtuvo que para una sustitución del 5 y 10% de CLA se reduce 0.66 kg y

1.32 kg de cemento por m² muro respectivamente. Asimismo, del análisis económico se obtuvo que para el 5% y 10% CLA el precio respecto al mortero patrón aumenta S/. 2,62 y S/. 5,21 respectivamente. En la investigación hecha por Cumpa [1], obtuvo que con el 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar en reemplazo del cemento y reemplazando en su totalidad el agregado fino por residuo triturado de piedra su costo excedió en S/. 4.86 pero aportó una mayor resistencia al muro. A partir de lo obtenido por Fernández y lo que obtenido en la presente investigación el mortero modificado que mejor se comporta en términos de resistencia-economía fue con un 5% CLA.

Conclusiones

- La densidad de la ceniza obtenida fue de 2.071 g/ml, densidad menor a la del cemento debido a su mayor porosidad, por lo que dicha ceniza proporciona una mayor cantidad de pasta para un mismo peso de cemento lo cual a su vez hace que los muros de albañilería presenten cargas muertas ligeramente menores.
- El agregado fino usado proveniente de la cantera La Victoria-Pátapo, cumple con los requisitos para ser usado en la mezcla de mortero cumpliendo con lo especificado en la norma E070 de albañilería y lo establecido por las diferentes normas técnicas peruanas.
- Del ensayo de fluidez del mortero se obtuvo que a mayor incorporación de CLA a la mezcla menor es su fluidez, para la dosificación 1:3 la mezcla aún se mantuvo trabajable a diferencia de las otras dosificaciones. Del ensayo de peso unitario para todas las dosificaciones y porcentajes a mayor fue cantidad de ceniza empleada menor fue el peso unitario, lo cual es lógico debido a la porosidad de la ceniza que presenta una menor densidad que el cemento. De forma similar pasó con el tiempo de fraguado donde se obtuvo que a mayor porcentaje de ceniza menor el tiempo de fraguado inicial y final, en este caso para las dosificaciones 1:4 y 1:5 el tiempo de fraguado inicial y final se da corto tiempo haciendo que la pasta seque muy rápido y sea poco trabajable lo cual no favorece en la fabricación del mortero. Del ensayo de resistencia a la compresión del mortero el mejor comportamiento se obtuvo para la dosificación 1:3, donde con 5%CLA la resistencia aumenta ligeramente a 239.26 kg/cm², lo cual representa un aumento del 2.43% respecto del mortero patrón clasificándose como un mortero de alta resistencia (tipo M) según la NTP 339.610 y con el 10 y 15% CLA sus resistencias disminuyen, clasificándose como un mortero de alta resistencia (tipo M) y moderada resistencia (tipo S) respectivamente. En cambio, para la dosificación 1:4 y 1:5 para todos los porcentajes la resistencia respecto del mortero patrón fueron menores, clasificándose como un mortero de resistencia normal (tipo N).
- De los ensayos para las unidades de albañilería, se concluye que el ladrillo usado de la marca Lark cuya ficha técnica brindada por la ladrillera se especifica como ladrillo tipo IV, si cumple con todas las especificaciones según la norma E070 de albañilería para dicho tipo de ladrillo.
- Del ensayo de compresión axial en pilas se concluye que el comportamiento óptimo se da con el 5 y 10% CLA aumentando su resistencia en un 3.36% y 18.80% respecto del mortero patrón, en ambos casos supera lo establecido por norma y para el 15%CLA

disminuye en 11.38% respecto del mortero patrón, pero aun así llega a superar lo establecido la norma E070. De las fallas presentadas fueron de dos tipos, la falla frágil y la falla dúctil, siendo la falla dúctil el comportamiento ideal debido que se produjo una mejor distribución de cargas y reducción del riesgo del colapso repentino.

- Se concluye del ensayo de compresión diagonal en muretes, que el comportamiento óptimo se da con el 5 y 10% CLA aumentando su resistencia en un 13% y 39.29% respecto del mortero patrón, llegando en ambos casos a superar lo establecido por norma, caso contrario a lo que pasa con el 15%CLA donde disminuye en 15.82% respecto del mortero patrón, además de no superar lo establecido por norma. De las fallas presentadas, en su mayoría fueron fallas mixtas por lo que la adherencia entre el mortero y el ladrillo se clasificó como intermedia.
- Del ensayo de adherencia el comportamiento óptimo fue con el 5% CLA aumentando su resistencia en un 6.07%. Caso contrario a lo que sucedió con el 10% donde la resistencia disminuye en un 11.07% respecto del mortero patrón. Finalmente, para el 15% CLA su adherencia fue deficiente llegando a disminuir en un 32.85%, lo cual fue evidenciado en los tipos de falla en los muretes que en su mayoría fueron fallas escalonadas y fallas por deslizamiento producto de una mala adherencia.
- Del impacto de las concentraciones en la resistencia a compresión axial y diagonal se concluye que el porcentaje óptimo fue con el 5% CLA, esto si se quiere tener un buen comportamiento a compresión, la cual también depende de tener una buena adherencia entre el mortero y el ladrillo.
- La cantidad de cemento que se reduce para una sustitución del 5 y 10% de CLA fue de 0.66 kg y 1.32 kg por m² muro respectivamente. Asimismo, el mortero modificado que mejor se comporta en términos de resistencia-economía fue con un 5% CLA ya que su precio solo aumenta S/. 2,62 pero presenta un mejor comportamiento que el mortero tradicional.

Recomendaciones

- Se recomienda para futuros trabajos de investigación, plantear un diseño de experimentos que nos permita hallar el diseño de muestra, es decir la manera óptima del porcentaje de reemplazo de cemento por ceniza de ladrillo artesanal, considerando tanto propiedades mecánicas como aspectos de durabilidad, costo y sostenibilidad. Esto permitiría obtener un punto óptimo de sustitución y fortalecería el rigor metodológico en la elección de las proporciones.
- Se recomienda profundizar en investigaciones que evalúen el uso de la ceniza de ladrillo artesanal y otro tipo de cenizas con propiedades puzolánicas como adición o reemplazo parcial del cemento en procesos más industrializados de producción de materiales de construcción, como el prefabricado de bloques, ladrillos prensados, paneles de mortero o concreto premezclado. Estos sistemas, al contar con mayor control de calidad, permiten un mejor aprovechamiento de subproductos como la CLA, optimizando su comportamiento técnico y reduciendo la huella ambiental del cemento. Asimismo, se sugiere fomentar estudios que estandaricen el procesamiento, caracterización química y activación de esta ceniza, de manera que se pueda integrar a cadenas de producción sostenibles con proyección industrial.
- Al emplear ceniza de ladrillo artesanal, se recomienda ajustar la cantidad de agua en la mezcla de mortero, ya que debido a su porosidad mayor a la del cemento tiende a tener una mayor capacidad de absorción de agua, reduciendo la trabajabilidad del mortero. Asimismo, es importante realizar pruebas y análisis adicionales para asegurar que el uso de la ceniza no comprometa la resistencia y durabilidad de los muros.
- Se recomienda que el agregado fino tenga un bajo porcentaje de absorción para no alterar la cantidad de agua en la mezcla que pueda afectar a las propiedades del mortero. Además, se deberá realizar todos los ensayos necesarios cumpliendo con las normas técnicas peruanas para hacer un correcto diseño de mezcla.
- Es importante mantener la fluidez y el tiempo de fraguado del mortero. Para ello, se recomienda no superar el uso del 5% de CLA. De esta forma las propiedades mecánicas del mortero no se verán comprometidas.
- De igual importancia, se debe hacer los ensayos a las unidades de albañilería y verificar si realmente la ficha técnica brindada por la empresa ladrillera cumple con lo especificado por la norma E070 para el tipo de ladrillo especificado, de manera que

tengamos un mortero y un ladrillo en óptimas condiciones que puedan resistir conjuntamente las cargas a las que este sometida.

- Se recomienda siempre analizar el tipo de fallas para las pilas y muretes para identificar los modos de falla y tener una mejor comprensión del comportamiento estructural para poder diseñar estructuras más seguras evitando fallos repentinos o catastróficos.
- Además de la adherencia al cizallamiento, es importante considerar la adherencia a la flexión, ya que también juega un papel importante para garantizar la seguridad estructural durante un sismo.
- Se recomienda usar dosificaciones porcentajes de ceniza del 5% o inferiores para obtener mejores resultados en cuanto a sus las propiedades mecánicas del muro de albañilería
- Evaluar la posibilidad de usar CLA con una dosificación 1:4, ya que favorecería económicamente. Sin embargo, se deberá realizar los ensayos correspondientes y ver si es un mortero estructuralmente apto para su uso en la albañilería portante.
- Adicionalmente, se debe considerar optimizar el proceso de triturado mediante el uso de la máquina de los ángeles y el tamizado mediante el uso de una tamizadora o criba vibratoria, esto podría ayudar a tener partículas más finas y a tener un mayor porcentaje que pase por el tamiz N° 200 facilitando el trabajo de tamizado y optimizando tiempos de trabajo.

Referencias

- [1] F. A. Cumpa Fernandez, «Elaboración de mortero de albañilería utilizando la ceniza de azúcar y las partículas residuales de chancado de piedra,» Chiclayo, 2023.
- [2] L. Facconi, S. S. Lucchini, F. Minelli y G. A. Pizzari, «Analytical model for the in the in-plane resistance of masonry walls retrofitted with steel fiber reinforced mortar coating,» *Enginnering Structures*, vol. 275, 2023.
- [3] J. M. Chicchón Saldaña y L. F. Rivasplata Samamé, «Características físicas y mecánicas del ladrillo artesanal de arcilla king kong del distrito de Monsefú, provincia de Chiclayo, región de Lambayeque,» Lima, 2020.
- [4] C. S. Ramos Fernández, «Diseño de mortero empleando cenizas de cáscaras de arroz,» Chiclayo, 2019.
- [5] K. Doughmi, J. Baba y A. Nounah, «Propiedades mecánicas de morteros compuestos a base de cemento ecológicos reforzados con fibras plásticas parcialmente sustituidos por puzolanas naturales y residuos de mármol,» *Material today: Proceedings*, 2023.
- [6] R. A. Kana Livandro y G. R. Malaga Mayta, «Análisis de riesgo a la salud por exposición de cenizas de carbón de piedra en las ladrilleras artesanales en Yarabamba-Arequipa 2018,» Arequipa, 2019.
- [7] S. Huasquisto Cáceres y G. Belizario Quispe, «Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento,» *Revista de Investigaciones Altoandinas*, vol. 20, n° 2, pp. 225-234, Junio 2018.
- [8] O. F. Arbeláez Pérez, K. A. Delgado Varela y J. D. Castañeda Mena, «Efecto de la incorporación de ceniza de bagazo de caña en las propiedades mecánicas y las emisiones de dióxido de carbono del hormigón preparado con residuos de vidrio,» *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, vol. 62, pp. 443-451, 2023.
- [9] H. Garcia Cruz, «Influencia de cenizas de ladrillos artesanales en la resistencia a la compresión de adoquines de concreto, Trujillo 2019,» Trujillo, 2019.
- [10] H. G. Castillo Guevara, «Influencia de la Ceniza de Carbón y Fibras de Acero en las Propiedades Mecánicas del mortero de Albañilería,» Pimentel , 2023.

- [11] Y. T. C. M. J. S. Y. X. H. H. Zhouyi Chen, «Experimental study on the shear performance of brick masonry strengthened with modified oyster shell ash mortar,» *Case Studies in Construction Materials*, vol. 13, 2020.
- [12] M. J. Calderero Panchana y R. A. Panchana Cedeño , «Uso de la ceniza de fondo como reemplazo porcentual del cemento portland en la elaboración del mortero,» *Polo del Conocimiento*, vol. 7, pp. 780-794, 2022.
- [13] R. Garg, R. Garg, N. Okon Eddy, M. Amir Khan, A. Husain Khan, T. Alomayri y P. Berwal , «Mechanical strength and durability analysis of mortars prepared with fly ash and nano-metakaolin,» *Case Studies in Construction Materials*, vol. 18, 2023.
- [14] Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, *Norma E070 Albañilería*, Lima, 2006.
- [15] Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, *Propuesta de Norma E070 Albañilería*, Lima, 2019.
- [16] ASTM C150/C150M, «Standard Specification for Portland Cement, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017,» 2017.
- [17] Universidad Nacional de Ingeniería, «Curso Básico de Tecnología del concreto,» Lima, 2004.
- [18] H. Gallegos y C. Casabonne, *Albañilería estructural*, Lima: Fondo editorial, 2005.
- [19] Corporación Aceros Arequipa S.A., «Construye seguro: Manual del maestro constructor,» Junio 2022. [En línea]. Available: <https://acerosarequipa.com/pe/es/>.
- [20] S. Huaquisto, *Efecto de la ceniza volante en la resistencia del concreto en condiciones en clima natural*, 2019.
- [21] G. Arbeláez, «Importancia de las cenizas volantes en la producción de concreto,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/concreto/>.
- [22] R. Salamanca, «TEcnología de los morteros,» Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, 2001.
- [23] NTP 334.090, «Cementos hidráulicos adicionados,» Lima, 2020.
- [24] A. E. Suárez Avila y M. P. Urgiles Cabrera, «Caracterización de la ceniza volcánica del Tungurahua para la fabricación de un aglomerante Cal-puzolana,» Ecuador, 2010.
- [25] NTP 334.104, «CEMENTOS: Ceniza volante y puzolana natural cruda o calcinada para uso en concreto,» Lima, 2011.

- [26] A. San Bartolome, Construcciones de albañilería, Lima: Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 1994.
- [27] Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI, «NTP 399.610 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA: Especificación normalizada para morteros,» Lima, 2003.
- [28] M. Lopez Chiroque y K. Salcedo Perez, «Comportamiento mecánico de concreto con adición de ceniza de cascarilla de arroz,» Lima, 2021.
- [29] Ministerio de transportes y Comunicaciones, «Manual de ensayo de materiales,» Lima, 2016.
- [30] NTP 339.605, «UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo para determinar la resistencia en compresión de prismas de albañilería,» Lima, 2013.
- [31] R. M. Perez Sanchez, *Comportamiento mecánico de muros de albañilería con ladrillos artesanales con adición de cenizas de hornos, Pacaycasa, Ayacucho 2021*, Huancayo, 2022.
- [32] A. A. Morante Portocarrero, *Mejora de la adherencia mortero-ladrillo de concreto*, Lima, 2008.
- [33] A. J. Aliaga Angulo, *Evaluación de ceniza de cascarillas de arroz y tipos de agregados finos sobre la compresión, sortividad y densidad de morteros de cemento portland tipo I, trujillo 2017*, Trujillo, 2018.
- [34] B. E. Campos Astonitas y A. d. I. Á. Villalobos Flores, *Diseño de la Estructura de Costos para la Optimización de la Producción de Agregados en la Cantera Pátapo La Victoria S.A.*, Chiclayo, 2021.
- [35] V. L. Angulo Zavaleta y O. Aguilar Aliaga, *Influencia de la adición del 2%, 3% y 5% de cenizas volantes en las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento*, Cajamarca, 2021.
- [36] I. D. Roman Roman, *Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong 18 huecos industrial y artesanal, Carabayllo – 2021*”, Lima, 2021.
- [37] R. M. Perez Sanchez, *Comportamiento mecánico de muros de albañilería con ladrillos artesanales con adición de cenizas de hornos, Pacaycasa, Ayacucho 2021*, Huancayo, 2022.

- [38] H. A. Bohorquez Aliaga, *Mejoramiento de la adherencia ladrillo-mortero en muros de albañilería en el distrito de polobaya-Arequipa adicionando diatomita y liparita*, Arequipa, 2019.
- [39] L. Feranadez Baqueiro, F. Marim Gómez, J. Varela Rivera y G. Vargas Marín, *Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto*, Mexico, 2009.
- [40] A. D. Ortega Sánchez, «Estudio del comportamiento mecánico de morteros modificados con fibras de aserrín bajo esfuerzos de compresión,» *Ingeniería y desarrollo*, vol. 37, n° 1, 2019.
- [41] A. J. Horna Flores, *Evaluación de las propiedades del concreto empleando arena marina como agrega*, Pimentel, Chiclayo, 2020.
- [42] E. J. Martínez Lara, *Desempeño de las propiedades físicas-mecánicas del concret, utilizando agregado de concreto reciclado*, Lambayeque 2020, Chiclayo, 2020.

Anexos

Anexo 1: Matriz de consistencia

Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con cenizas de ladrillo artesanal							
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	INDICADORES	NORMATIVIDAD APLICABLE		
¿Cómo influye la modificación del mortero con cenizas de ladrillo artesanal en el comportamiento a compresión axial y compresión diagonal de muros de albañilería?	La incorporación de cenizas de ladrillo artesanal en el mortero mejora el comportamiento mecánico de los muros de albañilería, incrementando su resistencia a compresión axial y compresión diagonal.	Evaluar el comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a base de ladrillo King Kong 18 huecos y de mortero modificado con adiciones de cenizas de ladrillo artesanal en 5,10 y 15% en reemplazo del cemento	INDEPENDIENTE: * Adición de cenizas de ladrillo artesanal	Adición del 5, 10 y 15% de cenizas de ladrillo artesanal como reemplazo parcial del cemento.	Ensayos aplicados al mortero, NTP 334.088		
		* Determinar la densidad de las cenizas de ladrillo artesanal.		Fluidez	NTP 334.057		
		* Verificar la calidad y las propiedades del agregado fino mediante los ensayos especificados por las normas técnicas peruanas		Tiempo de fraguado	NTP 334.048		
				Peso unitario	NTP 339.046		
		* Realizar ensayos para analizar las propiedades mecánicas y físicas del mortero modificado con cenizas de ladrillo artesanal y compararlas con las del mortero patrón			DEPENDIENTES: * Propiedades físicas del mortero * Propiedades mecánicas del mortero	Resistencia a la compresión en mortero	NTP 334.051
		* Realizar ensayos en las muestras tomadas de unidades de albañilería King Kong 18 huecos, elaborar muestras de pilas de albañilería a base de ladrillo King Kong 18 huecos usando mortero patrón y mortero con adición de cenizas de ladrillo artesanal en 5,10, 15% en reemplazo del cemento y someterlas a ensayos de compresión axial.				Resistencia a la compresión axial en pilas	NTP 339.605
						Resistencia a la compresión diagonal en muretes	NTP 339.621
						Adherencia al cizallamiento	NCh 167:2001
		* Elaborar muestras de muretes de albañilería a base de ladrillo King Kong 18 huecos usando mortero patrón y mortero con adición de cenizas de ladrillo artesanal en 5,10, 15% en reemplazo del cemento y someterlas a ensayos de compresión diagonal			INTERVINIENTE: * Tipo de ladrillo * Aparejo del muro * Espesor de junta del mortero para asentado del ladrillo.		
		* Realizar ensayos de adherencia entre el mortero y las unidades de albañilería.					
* Determinar el impacto de diferentes concentraciones de cenizas de ladrillo artesanal en							

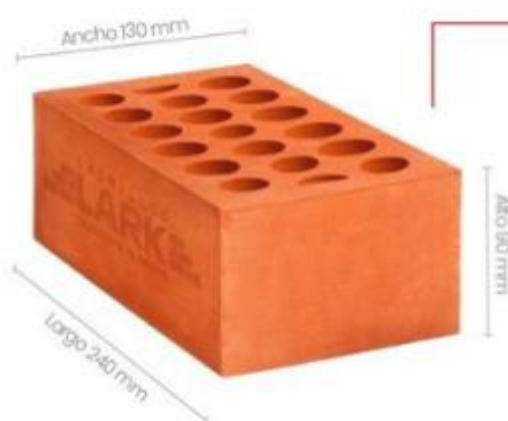
Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Ficha técnica del ladrillo KK 18 huecos tipo IV marca Lark



FICHA TÉCNICA

LADRILLO KONG 30% VACIO KING



Anexos adjuntos:

Es el ladrillo fabricado de arcilla moldeada, extruida y cocida en un horno tipo túnel de proceso continuo.

Producto secado artificialmente.

CARACTERÍSTICAS DE GENERALES

Denominación del Bien	: King Kong 30%
Denominación técnica	: Ladrillo King Kong 30%
Grupo/clase/familia	: Construcciones de muro portante
Dimensiones (mm)	: Alto 240 / Ancho 130 / L.Corte 90
Peso	: 3.80 kg.
Unidades m ²	: 36

Características Técnicas:

DE LOS TIPOS DE LADRILLOS
Según la Norma NTP 399.613 este ladrillo corresponde:

TIPO IV: Resistencia y durabilidad altas.
Apto para construcciones de albañilería En condiciones de servicio rigurosas.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Variación de la dimensión (mm)	: ± 2.00
Alabeo (mm)	: ≤ 2
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	: ≥ 180.00 Kg/cm ²
Absorción (%)	: ≤ 22
Eflorescencia	: NO EFLORESCENTE

Otras especificaciones:

- Proceso de fabricación altamente controlado.
- Control de Calidad riguroso en todos los procesos.
- Peso exacto
- Secado Artificial Automatizado.

Anexo 3: Ficha técnica del cemento Portland tipo I

Cemento Tipo I

Cemento Portland de uso general Tipo I

Requisitos normalizados - NTP 334.009 / ASTM C150

REQUISITOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	1.7
SO ₃	Máximo	3.00	%	NTP 334.086	2.82
Alcalis equivalente	-	-	%	NTP 334.086	0.8
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	2.8
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	0.6

REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Finura					
Superficie específica	Mínimo	2,600	cm ² /g	NTP 334.002	4100
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.08
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	7
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	12.0 (1740)	MPa (psi)	NTP 334.051	27.6 (4000)
7 días	Mínimo	19.0 (2760)	MPa (psi)	NTP 334.051	33.3 (4830)
28 días**	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	40.5 (5870)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	148
Fraguado final	Máximo	375	Minutos	NTP 334.006	274
Expansión en barra de mortero curada en agua a 14 días	Máximo	0.020	%	NTP 334.093	0.008

*Valores promedios referenciales de lotes despachados / **Requisito opcional.

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos físicos y químicos de la NTP 334.009 / ASTM C150

Anexo 4: Documento para validación de ensayos



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS

INFORME N° LEM USAT 010-2024-I

FECHA: 17 de Mayor 2024

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: Camacho Delgado Breisner

TITULO DE LA TESIS: Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con ceniza de ladrillo artesanal.

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

Ensayos realizados en el laboratorio USAT

- Contenido de humedad del agregado fino
- Granulometría del agregado fino
- Peso unitario suelto y compactado del agregado fino
- Peso específico y grado de absorción del agregado fino
- Ensayo de fluidez del mortero
- Peso unitario del mortero
- Resistencia a la compresión del mortero
- Alabeo, variación dimensional, absorción y resistencia a la compresión en unidades de albañilería.
- Resistencia a la compresión axial en pilas
- Resistencia a la adherencia

Ensayos realizados en laboratorio externo

- Densidad de ceniza
- Resistencia a la compresión diagonal en muretes

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto



TECNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental



CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA EL RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Chiclayo, 30 de noviembre del 2023

Quien suscribe:

Sr. Wilson Arturo Olaya Aguilar

**Representante Legal – LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS
W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.**

AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado “Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con cenizas de ladrillo artesanal”.

Por el presente, el que suscribe, Wilson Arturo Olaya Aguilar representante legal de la empresa LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. **AUTORIZO** al estudiante Breisner Mariano Camacho Delgado identificado con DNI N° 72152705 estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Ambiental de la UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO y autor del trabajo de investigación denominado “Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con cenizas de ladrillo artesanal” para el uso de laboratorio técnico y formatos de procesamiento de datos y cálculo para obtención de resultados de control de calidad en efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Ensayos realizados:

- MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DEL CEMENTO PORTLAND. N.T.P. 334.005-2011 (1)
- UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería. N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015) (12)



LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
GERENTE GENERAL



Henry Rivadeneyra Obitas
Tec. Laboratorio USAT
Universidad Católica del Perú

Anexo 6: Informe de ensayo físicoquímico a la ceniza de ladrillo artesanal



INFORME DE ENSAYO N°1027-2023-RIVELAB/FQ

Trujillo 16 de noviembre de 2023

ORDEN DE SERVICIO	131123CZ
SOLICITANTE	Breisner Mariano Camacho Delgado
DNI	72152705
TITULO DE TESIS DE REFERENCIA	"Comportamiento a compresión diagonal en muros albañilería a partir de mortero modificado con cenizas de ladrillo artesanal"
ENSAYO SOLICITADO	Físico Químico
MUESTRA RECEPCIONADA	Cenizas de ladrillo
TAMAÑO DE MUESTRA	250 g
CODIFICACION DE LA MUESTRA	CZ-01
PROCEDENCIA DE MUESTRA	Muestra proporcionada por el solicitante – Ladrillera artesanal Culpón
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	13/11/2023
FECHA DE TERMINO DE ENSAYOS	16/11/2023

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICOS (FQ)

DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS CZ.01
Humedad	&	2.14
Pérdida por calcinación	%	3.80
SiO ₂	%	47.66
Al ₂ O ₃	%	14.95
Fe ₂ O ₃	%	4.17
CaO	%	11.60
MgO	%	1.21
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	---	66.78

NORMAS DE REFERENCIA

ENSAYO	NORMA O REFERENCIA
HUMEDAD	NTP 339.127:1998 (revisada el 2019)
SiO ₂	Gravimetría
Al ₂ O ₃	Gravimetría
Fe ₂ O ₃	Cálculo a partir de óxidos combinados
CaO y MgO	Volumetría



Dr. JOSÉ RIVERO CORCUERA
Ingeniero Químico
R. CIP. 130519



Anexo 7: Informe de ensayo fisicoquímico de sales solubles y sulfatos a la ceniza de ladrillo artesanal



INFORME DE ENSAYO N°246-2025-RIVELAB/FQ

Emitido en Trujillo, el 14 de abril de 2025

Orden De Servicio	031-090425CZ
Solicitantes	Breisner Mariano Camacho Delgado
DNI	72152705
Título de Tesis / Universidad	"Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con cenizas de ladrillo artesanal"
Ensayo solicitado	Físico Químico
Muestra recepcionada	Ceniza de ladrillo artesanal
Tamaño de muestra	100 g
Codificación de la muestra	CZ-01
Procedencia de Muestra	Ladrillera artesanal Culpón – José L. Ortíz – Chiclayo - Lambayeque
Fecha de inicio de ensayos	09/04/2025
Fecha de término de ensayos	14/04/2025


RESULTADOS

ANÁLISIS QUÍMICOS (AQ)

DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS CZ-01
Sales Solubles	%	0.85
Sulfatos	%	0.42

MÉTODOS O NORMAS DE REFERENCIA

ENSAYO	NORMA O REFERENCIA
Sales solubles	ASTM C114
Sulfatos	ASTM D516


 Dr. JOSÉ RIVERO CORCUERA
 Ingeniero Químico
 R. CIP. 130519



Anexo 8: Informe de densidad de ceniza



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Pimentel – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswceirl.com

INFORME

Solicitud de Ensayo : **1210A-23/ LEMS W&C**
Solicitante : Breisner Mariano Camacho Delgado

Proyecto / Obra : COMPORTAMIENTO A COMPRESION AXIAL Y COMPRESIÓN DIAGONAL EN MUROS DE ALBAÑILERÍA A PARTIR DE MORTERO MODIFICADO CON CENIZAS DE LADRILLO ARTESANAL

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque
Fecha de Apertura : Jueves, 12 de octubre del 2023
Inicio de ensayo : Jueves, 12 de octubre del 2023
Fin de ensayo : Jueves, 12 de octubre del 2023

NORMA : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DEL CEMENTO PORTLAND

REFERENCIA : N.T.P. 334.005-2011

INSTRUMENTOS : Botella de Le Chatelier
Termómetro digital
Balanza digital

MATERIAL : Ceniza de producto de la cocción de ladrillo artesanal

1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.071
-----------------------------	-----------------------	-------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- El líquido utilizado es Kerosene.
- Se realizó ciclos de baño maría con agua regulada a temperatura de 20°C .
- La lectura inicial se tomó luego de estabilizar el volumen del líquido .

LEMS W&C EIRL.

WILSON ARTURO OLAVA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.

MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
C/P: 245984



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
Universidad Católica del Perú

Anexo 9: Informe de contenido de humedad al agregado fino



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Solicitante : Camacho Delgado Breisner Mariano
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con adición de cenizas de ladrillo artesanal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2023
Referencia : N.T.P 339.185
Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

CONTENIDO DE HUMEDAD : NTP 339.185			
Arena	(A-B)/B*100		
1. Peso de tara	80.00		g
3.- Peso de la mue. Húmeda (A)	500.00		g
2. Peso de la mue. Húmeda+ tara	580.00		g
4.- Peso de la muestra seca + Tara	576.28		g
3.- Cont. Humedad (B)	496.28		g
4.- Promedio	0.75		%



TÉCNICO DE LABORATORIO


Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



Anexo 10: Informe de granulometría al agregado fino

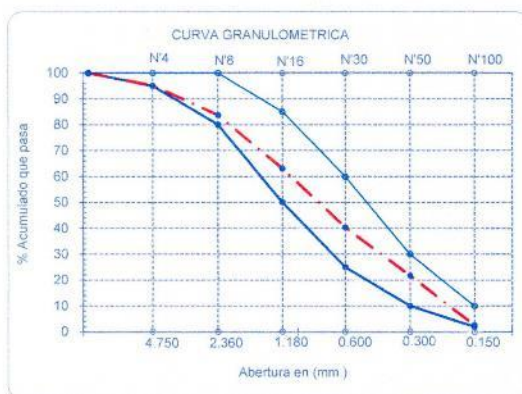


UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Solicitante : Camacho Delgado Breisner Mariano
 Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto : Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con adición de cenizas de ladrillo artesanal
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 2023
 Referencia : N.T.P 400.012
 Ensayo : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global

GRANULOMETRIA: N.T.P. 400.012							
Muestra		: Cantera La Victoria-Pátapo.					
Peso Hum. :		500	Peso Seco :		493.7		
Modulo de Fineza:		2.93		Cont. Hum. :		0.75	
Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acum.	% Que Pasa	Especificaciones:		
1/2"	12.700				100	100	
3/8"	9.500	0.00	0.0	100.0	100	100	
Nº 04	4.750	23.87	4.8	95.2	95	100	
Nº 08	2.360	56.53	11.5	83.7	80	100	
Nº 16	1.180	101.77	20.6	63.1	50	85	
Nº 30	0.600	112.75	22.8	40.3	25	60	
Nº 50	0.300	91.36	18.5	21.8	10	30	
Nº 100	0.150	94.81	19.2	2.6	2	10	
Fondo		12.6	2.6	100.0	0.0		



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

Anexo 11: Informe de peso unitario suelto al agregado fino



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Solicitante : Camacho Delgado Breisner Mariano
 Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto : Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con adición de cenizas de ladrillo artesanal
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 2023

Referencia : N.T.P 400.017
 Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso unitario") y los vacíos en los agregados.

PESO UNITARIO SUELTO : N.T.P. 400.017				
MUESTRA		A	B	PROMEDIO
- Peso del molde + peso de la muestra	g	18660	18600	
- Peso del molde	g		10500	
- Peso de la muestra húmeda	g	8160	8100	
- Volumen del molde	m ³	0.0055	0.0055	
- Peso unitario suelto húmedo	kg/m ³	1474.39	1463.5485	1469
- PESO UNIT. SUELTO SECO	kg/m ³	1463.42	1452.6597	1458



Henry Rivadeneira Oblitas

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

Anexo 12: Informe de peso unitario compactado al agregado fino



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Solicitante : Camacho Delgado Breisner Mariano
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con adición de cenizas de ladrillo artesanal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2023
Referencia : N.T.P 400.017
Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso unitario") y los vacíos en los agregados.

PESO UNITARIO COMPACTADO: N.T.P. 400.017				
MUESTRA		A	B	PROMEDIO
- Peso del molde + peso de la muestra	g	19850	19820	
- Peso del molde	g		10500	
- Peso de la muestra húmeda	g	9350	9320	
- Volumen del molde	m ³	0.0055	0.0055	
- Peso unitario comp. húmedo	kg/m ³	1689	1684	1687
- PESO UNIT. COMPACTADO SECO	kg/m ³	1677	1671	1674



Henry Rivadeneira Oblitas
Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



Anexo 13: Informe de peso específico y grado de absorción al agregado fino



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Solicitante : Camacho Delgado Breisner Mariano
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con adición de cenizas de ladrillo artesanal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2023
Referencia : N.T.P 400.021
Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN :			
A.- Datos de la arena			
1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.		g	500.0
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.		g	1008.6
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	(1+5)	g	701.4
4.- Peso del Agua.	(2-3)	g	307.1
5.- Peso del Frasco		g	201.4
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del frasco.	(5+7)	g	698.3
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.		g	496.9
8.- Volumen del frasco.		cm ³	500.0
B.- Resultados			
A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	7/(8-4)	g/cm ³	2.576
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	7/(7-4)	g/cm ³	2.592
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	7/((8-4)-(8-7))	g/cm ³	2.618
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	((1-7)/7)*100	%	0.63




 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

Anexo 14: Informe de alabeo del ladrillo



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Solicitante : Camacho Delgado Breisner Mariano
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con adición de cenizas de ladrillo artesanal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2023

Ensayo : UNIDADES: Método de ensayo para el Alabeo
Referencia : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Fabricante: LADRILLOS LARK

ALABEO EN LADRILLOS				
LADRILLO KING KONG TIPO IV				
TIPO:	CARA ARRIBA		CARA ABAJO	
	CONCAVO	CONVEX	CONCAVO	CONVEXO
MUESTRA	mm		mm	
# / CÓDIGO	mm		mm	
L - 1	0.50	0.00	0.00	0.40
L - 2	1.10	0.00	0.00	1.00
L - 3	0.90	0.00	0.00	0.50
L - 4	0.00	0.60	0.40	0.00
L - 5	0.90	0.00	0.00	1.20
L - 6	1.00	0.00	0.00	1.10
L - 7	1.10	0.00	0.00	0.80
L - 8	0.50	0.00	0.00	0.70
L - 9	0.70	0.00	0.00	0.80
L - 10	0.00	1.00	0.40	0.00
PROMEDIO	0.67	0.16	0.08	0.65
D. EST. (%)	0.41	0.35	0.17	0.42

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT




Anexo 15: Informe de variación dimensional del ladrillo



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Solicitante : Camacho Delgado Breisner Mariano
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2023

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería
Referencia NTP 339.613

Fabricante: LADRILLOS LARK

Muestra N°	Descripción de la unidad	LARGO	ANCHO	ALTO
		(mm) (e)	(mm) (l)	(mm) (h)
L-1	Ladrillo King Kong 30% vacíos fabricado de arcilla moldeada, extruida y cocida en un horno tipo túnel de proceso continuo	241.00	130.20	90.10
L-2		245.00	130.10	90.20
L-3		242.20	131.20	90.00
L-4		245.00	129.80	89.60
L-5		240.50	130.30	90.40
L-6		239.30	130.50	88.20
L-7		242.20	128.40	87.80
L-8		239.60	128.20	90.70
L-9		238.80	130.60	88.30
L-10		240.50	132.00	90.40
PROMEDIO		241.41	130.13	89.57
C.V.		0.91%	0.88%	1.19%

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Los resultados obtenidos de cada medida corresponden al promedio de 05 unidades por muestra.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

Anexo 16: Informe de absorción del ladrillo



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Solicitante : Camacho Delgado Breisner Mariano
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con adición de cenizas de ladrillo artesanal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2023

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, Porcentaje de Absorción
Referencia : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Fabricante : Ladrillos Lark

Nº Muestra	Denominación de la unidad	Peso Saturado (g)	Peso seco (g)	Absorción (%)
L-1	Ladrillo King Kong 30% vacíos fabricado de arcilla moldeada, extruida y cocida en un horno tipo túnel de proceso continuo	4240	3836	10.53
L-2		4210	3832	9.86
L-3		4200	3800	10.53
L-4		4220	3830	10.18
L-5		4270	3856	10.74
Promedio			10.37	

DONDE:

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 24 HORAS DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry Rivadeneira Oblitas
Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



Anexo 172: Informe de resistencia a la compresión del ladrillo



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Solicitante : Camacho Delgado Breisner Mariano
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con adición de cenizas de ladrillo artesanal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2023

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión
Referencia : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Fabricante: LADRILLO LARK

Muestra Nº	Descripción de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F _b (kg/cm ²)
L-1	Ladrillo King Kong 30% vacíos fabricado de arcilla moldeada, extruida y cocida en un horno tipo túnel de proceso continuo	297.92	53829.00	166.23
L-2		297.66	44900.00	138.78
L-3		302.26	47553.00	144.74
L-4		298.84	53829.00	165.72
L-5		298.84	44900.00	138.23
			f_b (kg/cm²)	165.80

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT




Anexo 3: Informe del ensayo de fluidez al mortero patrón



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



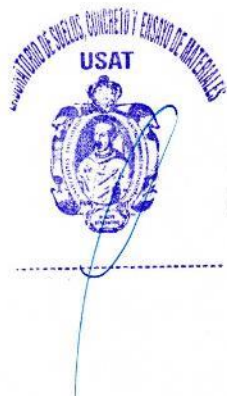
Solicitante : Camacho Delgado Breisner Mariano
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con adición de cenizas de ladrillo artesanal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2023

Referencia : N.T.P 334.057
Ensayo : CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la fluidez de morteros de cementos Portland

Prueba	Diametro de Inicio en mm	Diámetros	Promedio de los diámetros	% De Fluidez
Mortero patrón 1:3 (A/C=0.70)	90	20.50	211	134.44
		21.50		
		21.60		
		20.80		
Mortero patrón 1:3 (A/C=0.63)	90	19.40	193	114.72
		19.10		
		19.60		
		19.20		

Prueba	Diametro de Inicio en mm	Diámetros	Promedio de los diámetros	% De Fluidez
Mortero patrón 1:4 (A/C=0.80)	90	20.50	206	128.89
		20.30		
		21.60		
		20.00		
Mortero patrón 1:4 (A/C=0.73)	90	18.80	191	112.50
		19.50		
		19.00		
		19.20		

Prueba	Diametro de Inicio en mm	Diámetros	Promedio de los diámetros	% De Fluidez
Mortero patrón 1:5 (A/C=0.95)	90	20.30	199	121.11
		20.00		
		19.80		
		19.50		
Mortero patrón 1:5 (A/C=0.91)	90	19.20	189	109.44
		18.80		
		18.90		
		18.50		



Henry Rivadeneira Oblitas

Henry Rivadeneira Oblitas
Téc. Laboratorio USAT

Anexo19: Informe del ensayo de fluidez al mortero patrón



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Solicitante : Camacho Delgado Breisner Mariano
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con adición de cenizas de ladrillo artesanal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2023
Referencia : N.T.P 334.057
Ensayo : CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la fluidez de morteros de cementos Pórtland

Dosificación 1:3				
N° de pruebas	Diametro de Inicio en mm	Diametros	Promedio de los diametros (cm)	% De Fluidez
P-01(A/C-0.63+ 0.00% CLA)	90	19.40	193	114.72
		19.10		
		19.60		
		19.20		
		18.50		
P-02(A/C-0.63+ 5% CLA)	90	18.70	187	108.06
		19.20		
		18.50		
		18.20		
		18.50		
P-03 (A/C-0.63+ 10% CLA)	90	18.50	184	103.89
		18.30		
		18.40		
		17.50		
		17.80		
P-04 (A/C-0.63+ 15% CLA)	90	18.20	178	97.50
		17.60		

Dosificación 1:4				
N° de pruebas	Diametro de Inicio en mm	Diametros	Promedio de los diametros (cm)	% De Fluidez
P-01(A/C-0.80+ 0.00% de CLA)	90	18.80	191	112.50
		19.50		
		19.00		
		19.20		
		18.20		
P-02(A/C-0.80+ 5% de CLA)	90	18.60	184	104.72
		18.30		
		18.60		
		18.30		
		18.50		
P-03 (A/C-0.80+ 10% de CLA)	90	17.80	180	99.44
		17.20		
		17.30		
		17.20		
		17.50		
P-04 (A/C-0.80+ 15% de CLA)	90	17.20	175	94.44
		17.50		
		18.00		

Dosificación 1:5				
N° de pruebas	Diametro de Inicio en mm	Diametros	Promedio de los diametros (cm)	% De Fluidez
P-01(A/C-0.80+ 0.00% de CLA)	90	19.20	189	109.44
		18.80		
		18.90		
		18.50		
		18.60		
P-02(A/C-0.80+ 5% de CLA)	90	18.20	184	104.17
		18.50		
		18.20		
		17.50		
		18.20		
P-03 (A/C-0.80+ 10% de CLA)	90	17.20	178	97.50
		17.80		
		17.60		
		17.20		
		16.80		
P-04 (A/C-0.80+ 15% de CLA)	90	16.60	170	88.61
		16.60		
		17.30		



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



Anexo 20: Informe de peso unitario al mortero fresco



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Solicitante : Camacho Delgado Breisner Mariano
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con adición de cenizas de ladrillo artesanal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2023

Referencia : N.T.P 400.017
Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso unitario") y los vacíos en los agregados.

Peso del molde = 28.30 g
Diámetro molde = 69.50 mm
Altura molde = 44.50 mm
Volumen molde = 168.82 cm³

Dosificación 1:3		
Mortero Patrón	392.47	2157.17
MM - 5% CLA	387.23	2126.13
MM - 10% CLA	384.25	2108.48
MM - 15% CLA	381.72	2093.49
Dosificación 1:4		
Mortero Patrón	389.83	2141.53
MM - 5% CLA	388.17	2131.70
MM - 10% CLA	381.12	2089.94
MM - 15% CLA	378.06	2071.81
Dosificación 1:5		
Mortero Patrón	380.82	2088.16
MM - 5% CLA	382.96	2100.84
MM - 10% CLA	375.82	2058.54
MM - 15% CLA	378.32	2073.35



Henry Rivadeneira Oblitas
Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

Anexo 41: Informe de tiempo de fraguado para mortero C:A 1:3



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Solicitante : Camacho Delgado Breisner Mariano
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con adición de cenizas de ladrillo artesanal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2023
Referencia : N.T.P 334.006
Ensayo : CEMENTOS. Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat

DOSIFICACION 1:3					
Lectura	tiempo (min)	MP	MM 1:3 (5%	MM 1:3 (10%	MM 1:3
			CLA)	CLA)	(15% CLA)
Penetración (mm)					
1	30	44	42	38	36
2	45	42	37	33	33
3	60	38	34	30	29
4	75	36	33	28	27
5	90	35	31	25	22
6	105	32	30	18	18
7	120	30	24	13	12
8	135	27	21	11	9
9	150	25	17	7	6
10	165	22	16	5	3
11	180	18	10	3	2
12	195	13	5	2	0
13	210	9	3	1	
14	225	5	1	0	
15	240	3	1		
16	255	1	0		
17	270	0			
Fraguado inicial (min) =		150.00	117.50	90.00	81.00
Fraguado final (min) =		270	255	225	195



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

Anexo 22: Informe de tiempo de fraguado para mortero C:A 1:4



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Solicitante : Camacho Delgado Breisner Mariano
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con adición de cenizas de ladrillo artesanal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2023
Referencia : N.T.P 334.006
Ensayo : CEMENTOS. Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat

DOSIFICACION 1:4					
Lectura	tiempo (min)	MP	Penetración (mm)		
			MM 1:4 (5% CLA)	MM 1:4 (10% CLA)	MM 1:4 (15% CLA)
1	30	42	39	39	36
2	45	40	37	36	32
3	60	38	35	33	29
4	75	35	31	27	25
5	90	31	29	24	23
6	105	27	26	20	18
7	120	24	23	17	13
8	135	22	19	12	9
9	150	18	15	10	5
10	165	14	13	6	1
11	180	12	9	4	0
12	195	10	5	2	
13	210	7	3	0	
14	225	4	0		
15	240	0			
16	255				
17	270				
Fraguado inicial (min) =		115.00	110.00	85.00	75.00
Fraguado final (min) =		240	225	210	180



Henry Rivadeneira Oblitas
Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

Anexo 23: Informe de tiempo de fraguado para mortero C:A 1:5



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Solicitante : Camacho Delgado Breisner Mariano
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con adición de cenizas de ladrillo artesanal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2023
Referencia : N.T.P 334.006
Ensayo : CEMENTOS. Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat

Lectura	tiempo (min)	DOSIFICACION 1:5			
		MP	MM 1:5 (5% CLA)	MM 1:5 (10% CLA)	MM 1:5 (15% CLA)
		Penetración (mm)			
1	30	44	36	32	31
2	45	37	34	30	26
3	60	34	32	27	21
4	75	32	28	22	18
5	90	28	26	18	12
6	105	25	23	15	7
7	120	21	18	12	4
8	135	18	16	10	1
9	150	14	10	7	0
10	165	11	7	2	
11	180	5	2	0	
12	195	3	0		
13	210	0			
14	225				
15	240				
16	255				
17	270				
Fraguado inicial (min) =		105.00	95.00	66.00	48.00
Fraguado final (min) =		210	195	180	150



Henry Rivas Obilias
Henry Rivas Obilias
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santa Teresita de Mogrovejo

Anexo 24: Informe de resistencia a la compresión en mortero para dosificación C:A 1:3



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Solicitante : Camacho Delgado Breisner Mariano
 Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto : Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con adición de cenizas de ladrillo artesanal
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 2023
 Referencia : N.T.P 334.051
 Ensayo : CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de Cemento Portland cubos de 50mm de lado

Dosificación	Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Edad del Muestreo (Días de curado)	N° de Pruebas	P= Carga máxima de rotura (Kg)	Largo cm	Ancho cm	A= Área de la sección transversal	f _c = Resistencia a la Compresión	TOTAL PROM (Kg/cm2)	
MP 1:3	16/10/2023	23/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.63+ 0% de CLA)	3547.00	5.10	5.00	25.50	139.10	150.95	
	16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 0% de CLA)	3768.30	5.00	5.10	25.50	147.78		
	16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 0% de CLA)	4232.60	5.00	5.10	25.50	165.98		
	16/10/2023	23/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.63+ 0% de CLA)	4884.50	5.00	5.10	25.50	191.55		188.19
	16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 0% de CLA)	4865.70	5.20	5.00	26.00	179.45		
	16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 0% de CLA)	4742.60	5.00	4.90	24.50	193.58		
	16/10/2023	23/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.63+ 0% de CLA)	6080.80	5.00	5.00	25.00	243.23		233.59
	16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 0% de CLA)	5808.20	5.10	5.00	25.50	227.77		
	16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 0% de CLA)	5629.50	5.00	4.90	24.50	229.78		
MM 1:3 (5% CLA)	16/10/2023	23/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.63+ 5% de CLA)	3640.20	5.00	5.10	25.50	142.75	136.93	
	16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 5% de CLA)	3110.40	4.90	5.00	24.50	126.96		
	16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 5% de CLA)	3597.70	5.00	5.10	25.50	141.09		
	16/10/2023	23/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.63+ 5% de CLA)	4180.80	5.00	5.10	25.50	163.95		171.16
	16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 5% de CLA)	4342.90	4.90	5.00	24.50	177.26		
	16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 5% de CLA)	4393.00	5.10	5.00	25.50	172.27		
	16/10/2023	23/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.63+ 5% de CLA)	6048.20	4.90	5.00	24.50	246.87		239.26
	16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 5% de CLA)	5553.10	5.10	5.00	25.50	217.77		
	16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 5% de CLA)	6202.20	5.00	4.90	24.50	253.15		
MM 1:3 (10% CLA)	16/10/2023	23/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.63+ 10% de CLA)	2838.20	4.90	5.00	24.50	115.84	108.80	
	16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 10% de CLA)	2341.90	5.00	5.00	25.00	93.68		
	16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 10% de CLA)	2980.60	5.10	5.00	25.50	116.89		
	16/10/2023	23/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.63+ 10% de CLA)	4108.40	5.10	5.00	25.50	161.11		152.49
	16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 10% de CLA)	3646.00	5.00	5.10	25.50	142.98		
	16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 10% de CLA)	3757.90	5.00	4.90	24.50	153.38		
	16/10/2023	23/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.63+ 10% de CLA)	5245.00	4.90	5.00	24.50	214.08		211.57
	16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 10% de CLA)	5029.90	5.00	4.90	24.50	205.30		
	16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 10% de CLA)	5382.90	5.00	5.00	25.00	215.32		
MM 1:3 (15% CLA)	16/10/2023	23/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.63+ 15% de CLA)	3073.30	5.00	5.10	25.50	120.52	113.99	
	16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 15% de CLA)	2837.90	4.90	5.00	24.50	115.83		
	16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 15% de CLA)	2640.20	5.00	5.00	25.00	105.61		
	16/10/2023	23/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.63+ 15% de CLA)	3532.20	5.00	5.10	25.50	138.52		137.96
	16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 15% de CLA)	3566.50	4.80	5.00	24.00	148.60		
	16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 15% de CLA)	3232.60	5.10	5.00	25.50	126.77		
	16/10/2023	23/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.63+ 15% de CLA)	4215.90	5.00	5.10	25.50	165.33		163.81
	16/10/2023	23/10/2023		P-02(A/C-0.63+ 15% de CLA)	3681.00	5.10	5.00	25.50	144.35		
	16/10/2023	23/10/2023		P-03(A/C-0.63+ 15% de CLA)	4544.00	5.00	5.00	25.00	181.76		



Henry Rivañeyra Oblitas
 Henry Rivañeyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

Anexo 25: Informe de resistencia a la compresión en mortero para dosificación C:A 1:4



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL, AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Solicitante : Camacho Delgado Breisner Mariano
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con adición de cenizas de ladrillo artesanal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2023
Referencia : N.T.P 334.051
Ensayo : CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de Cemento Portland cubos de 50mm de lado

Dosificación	Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Edad del Muestreo (Días de curado)	N° de Pruebas	P _m Carga máxima de rotura (Kg)	Largo cm	Ancho cm	A= Área de la sección transversal (cm ²)	f _c = Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	TOTAL PROM (Kg/cm ²)		
MP 1:4	16/10/2023	23/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.73+ 0% de CLA)	3329.90	5.10	5.00	25.50	130.58	131.39		
	16/10/2023	23/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 0% de CLA)	3512.60	5.10	5.00	25.50	137.75			
	16/10/2023	23/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 0% de CLA)	3144.60	4.90	5.10	24.99	125.93			
	MP 1:4	16/10/2023	23/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.73+ 0% de CLA)	4350.00	5.00	5.10	25.50	170.59	181.40	
		16/10/2023	23/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 0% de CLA)	4788.40	5.10	5.00	25.50	185.84		
		16/10/2023	23/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 0% de CLA)	4646.00	5.00	5.00	25.00	185.94		
		MP 1:4	16/10/2023	23/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.73+ 0% de CLA)	5594.10	5.00	5.00	25.00	223.76	217.08
			16/10/2023	23/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 0% de CLA)	5464.60	5.10	5.00	25.50	214.30	
			16/10/2023	23/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 0% de CLA)	5464.60	5.10	5.00	25.50	214.30	
	MP 1:4 (5% CLA)		16/10/2023	23/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.73+ 5% de CLA)	3409.30	5.10	5.10	26.01	131.08	128.70
			16/10/2023	23/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 5% de CLA)	2977.00	5.00	5.00	25.00	119.08	
			16/10/2023	23/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 5% de CLA)	3894.90	5.10	5.00	25.50	152.74	
MP 1:4 (5% CLA)		16/10/2023	23/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.73+ 5% de CLA)	3541.00	5.10	5.10	26.01	136.14	149.75	
		16/10/2023	23/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 5% de CLA)	3929.40	5.00	4.90	24.50	160.38		
		16/10/2023	23/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 5% de CLA)	4594.10	4.90	5.00	24.50	187.51		
		MP 1:4 (5% CLA)	16/10/2023	23/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.73+ 5% de CLA)	5069.20	5.10	5.00	25.50	196.44	194.44
			16/10/2023	23/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 5% de CLA)	4894.70	4.90	5.00	24.50	199.38	
			16/10/2023	23/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 5% de CLA)	3114.90	5.00	4.90	24.50	127.14	
MP 1:4 (10% CLA)			17/10/2023	24/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.73+ 10% de CLA)	2665.70	5.00	4.90	24.50	106.80	120.51
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 10% de CLA)	3140.00	5.00	5.00	25.00	125.60	
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 10% de CLA)	3433.50	5.00	5.10	25.50	134.65	
	MP 1:4 (10% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.73+ 10% de CLA)	3852.80	5.10	5.00	25.50	151.09	139.16	
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 10% de CLA)	3359.70	5.10	5.00	25.50	131.75		
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 10% de CLA)	4742.60	4.90	5.00	24.50	193.58		
MP 1:4 (10% CLA)		17/10/2023	24/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.73+ 10% de CLA)	5011.00	5.10	5.00	25.50	196.51	181.22	
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 10% de CLA)	4681.10	5.00	5.10	25.50	183.57		
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 10% de CLA)	4681.10	5.00	5.10	25.50	183.57		
	MP 1:4 (15% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.73+ 15% de CLA)	2146.70	5.00	5.00	25.00	90.45	82.32	
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 15% de CLA)	2251.90	5.00	5.00	25.00	90.45		
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 15% de CLA)	1772.20	5.00	4.90	24.50	72.33		
MP 1:4 (15% CLA)		17/10/2023	24/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.73+ 15% de CLA)	2631.20	5.00	4.90	24.50	148.21	133.92	
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 15% de CLA)	3329.90	5.00	5.10	25.50	130.58		
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 15% de CLA)	3012.40	4.90	5.00	24.50	122.96		
		MP 1:4 (15% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.73+ 15% de CLA)	3641.10	5.10	5.00	25.50	142.79	139.45
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 15% de CLA)	3356.80	5.00	5.10	25.50	131.64	
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.73+ 15% de CLA)	3597.70	5.00	5.00	25.00	143.91	



Henry Rivadeneira Oblitas
USAT
Laboratorio de Suelos, Concreto y Ensayo de Materiales

Anexo 26: Informe de resistencia a la compresión en mortero para dosificación C:A 1:5



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Solicitante : Camacho Delgado Breisner Mariano
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con adición de cenizas de ladrillo artesanal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2023
Referencia : N.T.P 334.051
Ensayo : CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de Cemento Portland cubos de 50mm de lado

Dosificación	Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Edad del Muestreo (Días de curado)	N° de Pruebas	P= Carga máxima de rotura (Kg)	Largo cm	Ancho cm	A= Área de la sección transversal (cm ²)	F _c = Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	TOTAL PROM (Kg/cm ²)		
MP 1:5	17/10/2023	24/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.91+ 0% de CLA)	2251.90	5.00	5.00	25.00	90.08	97.08		
	17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 0% de CLA)	2849.20	5.00	5.00	25.00	113.97			
	17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 0% de CLA)	2223.20	5.10	5.00	25.50	87.18			
	MP 1:5 (5% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.91+ 0% de CLA)	4230.70	5.00	5.10	25.50	165.91	159.53	
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 0% de CLA)	3911.10	5.10	5.00	25.50	153.38		
		17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 0% de CLA)	4143.80	5.10	5.10	26.01	159.32		
		MP 1:5 (10% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.91+ 0% de CLA)	5039.30	5.00	5.10	25.50	197.62	197.62
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 0% de CLA)	5525.70	5.10	5.00	25.50	216.69	
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 0% de CLA)	4553.10	5.10	5.00	25.50	178.55	
MP 1:5 (15% CLA)	17/10/2023		24/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.91+ 5% de CLA)	2146.70	4.90	5.00	24.50	87.62	76.70	
	17/10/2023		24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 5% de CLA)	1597.70	5.00	5.00	25.00	63.91		
	17/10/2023		24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 5% de CLA)	1924.80	4.90	5.00	24.50	78.56		
	MP 1:5 (20% CLA)		17/10/2023	24/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.91+ 5% de CLA)	2995.10	5.00	5.10	25.50	117.45	130.82
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 5% de CLA)	3281.20	5.00	4.90	24.50	133.93	
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 5% de CLA)	3597.70	5.10	5.00	25.50	141.09	
		MP 1:5 (25% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.91+ 5% de CLA)	3837.90	5.20	5.00	26.00	147.61	135.99
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 5% de CLA)	3525.70	4.90	5.20	25.48	138.37	
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 5% de CLA)	3110.30	5.10	5.00	25.50	121.97	
MP 1:5 (30% CLA)			17/10/2023	24/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.91+ 10% de CLA)	1710.40	4.90	5.00	24.50	69.81	82.23
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 10% de CLA)	1906.10	5.00	4.90	24.50	77.80	
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 10% de CLA)	2378.10	4.80	5.00	24.00	99.09	
	MP 1:5 (35% CLA)		17/10/2023	24/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.91+ 10% de CLA)	2894.20	5.00	5.10	25.50	113.50	123.28
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 10% de CLA)	3168.10	5.00	5.10	25.50	124.24	
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 10% de CLA)	3368.70	5.00	5.10	25.50	132.11	
		MP 1:5 (40% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.91+ 10% de CLA)	3314.10	5.10	5.00	25.50	129.96	138.86
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 10% de CLA)	3924.80	5.10	5.00	25.50	153.91	
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 10% de CLA)	3434.90	5.00	5.20	26.00	132.11	
MP 1:5 (45% CLA)			17/10/2023	24/10/2023	7 Dias	P-01(A/C-0.91+ 15% de CLA)	1734.90	5.00	5.10	25.50	68.04	69.40
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 15% de CLA)	1924.80	5.10	5.00	25.50	75.48	
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 15% de CLA)	1649.20	5.10	5.00	25.50	64.67	
	MP 1:5 (50% CLA)		17/10/2023	24/10/2023	14 Dias	P-01(A/C-0.91+ 15% de CLA)	2714.80	5.10	5.00	25.50	106.46	108.35
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 15% de CLA)	2995.90	5.00	5.10	25.50	117.49	
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 15% de CLA)	2573.30	5.10	5.00	25.50	101.11	
		MP 1:5 (55% CLA)	17/10/2023	24/10/2023	28 Dias	P-01(A/C-0.91+ 15% de CLA)	2410.40	4.90	5.00	24.50	98.38	118.37
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 15% de CLA)	3652.10	5.00	4.90	24.50	149.07	
			17/10/2023	24/10/2023		P-01(A/C-0.91+ 15% de CLA)	2745.60	5.00	5.10	25.50	107.67	



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Anexo 27: Informe de resistencia a la compresión axial para dosificación C:A 1:3



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Solicitante : Camacho Delgado Breisner Mariano
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con adición de cenizas de ladrillo artesanal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2023

Referencia : N.T.P. 339.605 : 2003
Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de prisma de albañilería

Muestra N°	Identificación	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	h (cm)	e (cm)	Relación (h/e)	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	Coef. De corrección	F'm corr. (kg/cm ²)
01	Mortero patron 1:3	31/10/2023	28/11/2023	28.00	30.10	12.85	2.34	306.79	35516.00	1.03	118.94
02		31/10/2023	28/11/2023	28.00	30.05	12.88	2.33	307.07	42069.50	1.03	140.66
03		1/11/2023	29/11/2023	28.00	30.08	12.90	2.33	307.67	36653.70	1.03	122.29
Promedio F'm (kg/cm²)											127.30

Muestra N°	Identificación	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	h (cm)	e (cm)	Relación (h/e)	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	Coef. De corrección	F'm corr. (kg/cm ²)
01	Mortero modificado 1:3 con 5% de ceniza de la ladrillo artesanal	1/11/2023	29/11/2023	28.00	30.08	12.88	2.34	307.39	35116.00	1.03	117.31
02		1/11/2023	29/11/2023	28.00	30.03	12.83	2.34	306.20	44541.00	0.42	149.44
03		1/11/2023	29/11/2023	28.00	29.95	12.95	2.31	310.15	38725.90	0.00	127.98
Promedio F'm (kg/cm²)											131.58

Muestra N°	Identificación	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	h (cm)	e (cm)	Relación (h/e)	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	Coef. De corrección	F'm corr. (kg/cm ²)
01	Mortero modificado 1:3 con 10% de ceniza de la ladrillo artesanal	1/11/2023	29/11/2023	28.00	30.10	12.90	2.33	307.99	43967.60	1.03	146.56
02		1/11/2023	29/11/2023	28.00	30.00	12.83	2.34	306.20	46195.30	1.03	154.96
03		1/11/2023	29/11/2023	28.00	29.93	12.98	2.31	310.75	46162.40	1.02	152.19
Promedio F'm (kg/cm²)											151.24

Muestra N°	Identificación	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	h (cm)	e (cm)	Relación (h/e)	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	Coef. De corrección	F'm corr. (kg/cm ²)
01	Mortero modificado 1:3 con 15% de ceniza de la ladrillo artesanal	1/10/2023	29/10/2023	28.00	30.08	12.90	2.33	307.99	31801.00	1.03	105.99
02		1/10/2023	29/10/2023	28.00	30.23	12.90	2.34	307.99	39358.90	1.03	131.30
03		1/10/2023	29/10/2023	28.00	29.98	12.98	2.31	310.75	30664.00	1.02	101.13
Promedio F'm (kg/cm²)											112.81

DONDE:
h : altura del prisma.
e : espesor del prisma.



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

Anexo 28: Informe de resistencia a la compresión diagonal para mortero patrón con dosificación C:A 1:3



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chidayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitud de Ensayo : 1210A-23/ LEMS W&C
Solicitante : Breisner Mariano Camacho Delgado
Proyecto / Obra : COMPORTAMIENTO A COMPRESION AXIAL Y COMPRESIÓN DIAGONAL EN MUROS DE ALBAÑILERÍA A PARTIR DE MORTERO MODIFICADO CON CENIZAS DE LADRILLO ARTESANAL
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de Apertura : Jueves, 12 de octubre del 2023
Inicio de ensayo : Jueves, 02 de noviembre del 2023
Fin de ensayo : Jueves, 30 de noviembre del 2023
Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.
Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm ²)
01	Murete - Patrón	02/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	83797	0.74	7.50
02	Murete - Patrón	02/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	108410	0.95	9.70
03	Murete - Patrón	02/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	83346	0.73	7.45

OBSERVACIONES:

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga última.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ÁNGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246994


USAT
LABORATORIO DE SOPORTE, CONTROL Y ENSAYO DE MATERIALES
TÉCNICO DE LABORATORIO


Henry Riquadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT
Universidad Católica
Lima - Perú

Anexo 29: Informe de resistencia a la compresión diagonal para mortero modificado (5%CLA) con dosificación C:A 1:3



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitud de Ensayo : 1210A-23/ LEMS W&C
Solicitante : Breisner Mariano Camacho Delgado
Proyecto / Obra : COMPORTAMIENTO A COMPRESION AXIAL Y COMPRESIÓN DIAGONAL EN MUROS DE ALBAÑILERÍA A PARTIR DE MORTERO MODIFICADO CON CENIZAS DE LADRILLO ARTESANAL
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de Apertura : Jueves, 12 de octubre del 2023
Inicio de ensayo : Jueves, 02 de noviembre del 2023
Fin de ensayo : Jueves, 30 de noviembre del 2023
Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.
Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm ²)
01	Murete - 5% CLA	02/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	102534	0.90	9.17
02	Murete - 5% CLA	02/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	122272	1.07	10.94
03	Murete - 5% CLA	02/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	88771	0.78	7.94

OBSERVACIONES:

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga ultima.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246904

LABORATORIO DE ENSAYOS DE RESISTENCIA Y DEFORMACION DE MATERIALES
USAT
TECNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT
Universidad Católica del Perú

Anexo 30: Informe de resistencia a la compresión diagonal para mortero modificado (10%CLA) con dosificación C:A 1:3




Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitud de Ensayo : **1210A-23/ LEMS W&C**
Solicitante : Breisner Mariano Camacho Delgado
Proyecto / Obra : **COMPORTAMIENTO A COMPRESION AXIAL Y COMPRESIÓN DIAGONAL EN MUROS DE ALBAÑILERÍA A PARTIR DE MORTERO MODIFICADO CON CENIZAS DE LADRILLO ARTESANAL**
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de Apertura : Jueves, 12 de octubre del 2023
Inicio de ensayo : Jueves, 02 de noviembre del 2023
Fin de ensayo : Jueves, 30 de noviembre del 2023
Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.
Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm ²)
01	Murete - 10% CLA	02/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	129335	1.13	11.57
02	Murete - 10% CLA	02/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	128148	1.12	11.46
03	Murete - 10% CLA	02/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	126588	1.11	11.32

OBSERVACIONES:

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga ultima.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

 **LEMS W&C EIRL.**
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

 **LEMS W&C EIRL.**
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246844




Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT


Anexo 31: Informe de resistencia a la compresión diagonal para mortero modificado (15%CLA) con dosificación C:A 1:3



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitud de Ensayo : **1210A-23/ LEMS W&C**
Solicitante : Breisner Mariano Camacho Delgado
Proyecto / Obra : **COMPORTAMIENTO A COMPRESION AXIAL Y COMPRESIÓN DIAGONAL EN MUROS DE ALBAÑILERÍA A PARTIR DE MORTERO MODIFICADO CON CENIZAS DE LADRILLO ARTESANAL**
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo , Reg. Lambayeque.
Fecha de Apertura : Jueves, 12 de octubre del 2023
Inicio de ensayo : Jueves, 02 de noviembre del 2023
Fin de ensayo : Jueves, 30 de noviembre del 2023
Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA, Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.
Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm2)
01	Murete - 15% CLA	02/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	66836	0.59	5.98
02	Murete - 15% CLA	02/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	82875	0.73	7.41
03	Murete - 15% CLA	02/11/2023	30/11/2023	28	620	620	130	80600	82414	0.72	7.37

OBSERVACIONES:

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga última.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 240944



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica del Perú

Anexo 32: Informe de resistencia a la adherencia al cizallamiento para dosificación C:A 1:3



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Solicitante : Camacho Delgado Breisner Mariano
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : Comportamiento a compresión axial y compresión diagonal en muros de albañilería a partir de mortero modificado con adición de cenizas de ladrillo artesanal
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 2023

Referencia : NCh167 : 2001

Ensayo :

UNIDADES DE ALBAÑERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la adherencia a cizalle en prisma de albañilería

Muestra N°	Identificación	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	L (cm)	A (cm)	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo de compresión a la adherencia (kg/cm ²)	TOTAL PROMEDIO (kg/cm ²)
01	Mortero patrón	7/11/2023	5/12/2023	28	16.00	13.00	416	1292.40	3.11	2.90
02		7/11/2023	5/12/2023	28	16.00	13.00	416	1130.30	2.72	
03		7/11/2023	5/12/2023	28	16.00	13.00	416	1067.40	2.57	
01	MM (5% CLA)	7/11/2023	5/12/2023	28	16.00	13.00	416	1194.20	2.87	2.97
02		7/11/2023	5/12/2023	28	16.00	13.00	416	1319.10	3.17	
03		7/11/2023	5/12/2023	28	16.00	13.00	416	1189.30	2.86	
01	MM (10% CLA)	8/11/2023	6/12/2023	28	16.00	13.00	416	1006.40	2.42	2.49
02		8/11/2023	6/12/2023	28	16.00	13.00	416	1097.90	2.64	
03		8/11/2023	6/12/2023	28	16.00	13.00	416	997.70	2.40	
01	MM (15% CLA)	8/11/2023	6/12/2023	28	16.00	13.00	416	797.70	1.92	1.88
02		8/11/2023	6/12/2023	28	16.00	13.00	416	668.30	1.61	
03		8/11/2023	6/12/2023	28	16.00	13.00	416	878.10	2.11	

DONDE :

h : altura del prisma.
e : espesor del prisma.



Henry Ribadenebra Oblitas
Henry Ribadenebra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Anexo 33: Certificado de calibración para prensa de muretes (parte 1)



PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LF - 057 - 2023

Página 1 de 3

1. Expediente	1912-2023	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W&C E.I.R.L.	
3. Dirección	CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE	
4. Equipo	PRENSA DE MURETES	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Capacidad	20000 kgf	
Marca	NO INDICA	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	NO INDICA	PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Procedencia	PERÚ	
Identificación	LF-057	
Indicación	DIGITAL	
Marca	HIGH WEIGHT	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Modelo	315A	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	10 kgf	
Ubicación	NO INDICA	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
5. Fecha de Calibración	2023-03-01	

Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2023-03-02 	 JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA	

📞 913 028 621 / 913 028 622

📞 913 028 623 / 913 028 624

🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima

✉ ventas@perutest.com.pe

🏢 PERUTEST SAC

Anexo 34: Certificado de calibración para prensa de muretes (parte 2)



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 057 - 2023

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de la fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.
CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26.1 °C	26.1 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: LF-005 Capacidad: 150,000 kg.f	INF-LE 093-23 (B)
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: LF-001 Capacidad: 10,000 kg.f	INF-LE 093-23 A/C

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
 - Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 2.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



☎ 913 028 621 / 913 028 622
☎ 913 028 623 / 913 028 624
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima
✉ ventas@perutest.com.pe
🏢 PERUTEST SAC

Anexo 35: Certificado de calibración para prensa de muretes (parte 3)



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 057 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso)				$F_{Promedio}$ (kgf)
%	F_i (kgf)	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)	Patrón de Referencia	
10	2000	1990	2000	2000	1996	
20	4000	4001	4021	4001	4008	
30	6000	6042	6042	6042	6042	
40	8000	8044	8044	8044	8044	
50	10000	10046	10046	10046	10046	
60	12000	12048	12048	12048	12048	
70	14000	14050	14050	14050	14050	
80	16000	16052	16052	16052	16052	
90	18000	18054	18054	18054	18054	
100	20000	20057	20057	20057	20057	
Retorno a Cero		100.0	100.0	120.0		

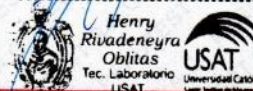
Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
2000	0.39	0.50	1.00	0.50	0.66
4000	0.36	0.50	2.56	0.25	1.20
6000	-0.35	0.00	1.41	0.17	0.79
8000	-0.27	0.00	1.10	0.13	0.65
10000	-0.23	0.00	0.91	0.10	0.57
12000	-0.20	0.00	0.79	0.08	0.52
14000	-0.18	0.00	0.71	0.07	0.49
16000	-0.16	0.00	0.65	0.06	0.47
18000	-0.15	0.00	0.60	0.06	0.46
20000	-0.14	0.00	0.57	0.05	0.44

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0) 0.60 %

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



☎ 913 028 621 / 913 028 622
☎ 913 028 623 / 913 028 624
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima
✉ ventas@perutest.com.pe
🏢 PERUTEST SAC

Anexo 36: Certificado de calibración para ensayos fisicoquímicos (parte 1)



Laboratorio Itinerante 1

Informe de Calibración

LM - LI1 - 001 - 2022

Página 1 de 5

Expediente	1045739	<p>Este informe de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	LABORATORIO RIVERO S.A.C. - RIVELAB S.A.C.	
Dirección	Av. Isabel de Bobadilla N° 524 Urb. Monserrate IV Etapa - Trujillo	
Instrumento de Medición	BALANZA	
Marca	FAITHFUL	
Modelo	FA2104N	
Número de Serie	1012011035	
Intervalo de Indicaciones	0 g a 210 g	
División de escala real (d)	0,0001 g	
División de verificación de escala (e)	1 mg	
Procedencia	NO INDICA	
Tipo	ELECTRONICA	
Clasificación	NO AUTOMATICA	
Fecha de Calibración	2022-03-23	

Este informe de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Informes sin firma digital y sello carecen de validez.

Responsable del área

Responsable del laboratorio



Dirección de Metrología



Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
 Dirección de Metrología
 Calle Las Camellas N° 817, San Isidro, Lima - Perú
 Telf.: (01) 640-8620 Anexo 1501
 Email: metrologia@inacal.gob.pe
 Web: www.inacal.gob.pe



Anexo 37: Certificado de calibración para ensayos fisicoquímicos (parte 2)



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Informe de Calibración LM - LI1 - 001 - 2022

Laboratorio Itinerante 1

Página 2 de 5

Método de Calibración

Norma Metroológica Peruana NMP 003:2009 " Instrumento de pesar de funcionamiento no automático"

Lugar de Calibración

Laboratorio Rivero S.A.C (área de ensayos)
Av. Isabel de Bobadilla N° 524, Urb. Monserrate - Trujillo

Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura	23,6 °C	23,4 °C
Humedad Relativa	70 %	72 %
Presión Atmosférica	1 006 mbar	1 006 mbar

Patrones de referencia

Trazabilidad metroológica	Patrón de medición	Documento de calibración
Patrones de referencia de la Dirección de Metrología (INACAL - PERÚ)	Pesas LM-04-001 Clase de exactitud: E2	INACAL DM/ LM-C-062-2021 Del: 2021-03-03 al 2021-03-04



Anexo 38: Certificado de calibración para ensayos fisicoquímicos (parte 3)



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Informe de Calibración LM - LI1 - 001 - 2022

Laboratorio Itinerante 1

Página 3 de 5

Resultados de Medición

FECHA DE CALIBRACION	2022-03-23
IDENTIFICACION DE LA BALANZA	BA01
UBICACION DE LA BALANZA	Laboratorio Rivero S.A.C (área de ensayos) Av. Isabel de Bobadilla N° 524, Urb. Monserrate - Trujillo

INSPECCION VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACION LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACION	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

CARGA = 100,0000 g		CARGA = 200,0002 g	
I (g)	E (mg)	I (g)	E (mg)
99,9996	-0,4	199,9993	-0,9
99,9997	-0,3	199,9996	-0,6
99,9996	-0,4	199,9997	-0,5
99,9996	-0,4	199,9995	-0,7
99,9996	-0,4	199,9995	-0,7
99,9997	-0,3	200,0000	-0,2
99,9996	-0,4	199,9996	-0,6
99,9996	-0,4	199,9994	-0,8
99,9996	-0,4	199,9999	-0,3
99,9995	-0,5	199,9993	-0,9

CARGA (g)	E _{max} - E _{min} (mg)	e.m.p. (mg)
100,0000	0,2	2,0
200,0002	0,7	3,0



ENSAYO DE PESAJE

CARGA (g)	CARGA CRECIENTE (↓)			CARGA DECRECIENTE (↑)			e.m.p. ± (mg)
	I (g)	E (mg)	E _c (mg)	I (g)	E (mg)	E _c (mg)	
0,0010	0,0009	-0,1 (*)					
0,0100	0,0101	0,1	0,2	0,0084	-1,6	-1,5	1,0
20,0000	20,0000	0,0	0,1	19,9986	-1,4	-1,3	1,0
40,0000	40,0004	0,4	0,5	39,9988	-1,2	-1,1	1,0
50,0000	50,0003	0,3	0,4	49,9990	-1,0	-0,9	1,0
80,0000	80,0004	0,4	0,5	79,9989	-1,1	-1,0	2,0
100,0000	100,0003	0,3	0,4	99,9995	-0,5	-0,4	2,0
150,0000	150,0010	1,0	1,1	149,9998	-0,2	-0,1	2,0
180,0000	180,0008	0,8	0,9	180,0003	0,3	0,4	2,0
200,0002	200,0002	0,0	0,1	200,0001	-0,1	0,0	3,0
210,0002	210,0001	-0,1	0,0	210,0001	-0,1	0,0	3,0

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB: www.inacal.gob.pe

Anexo 39: Certificado de calibración para ensayos fisicoquímicos (parte 4)



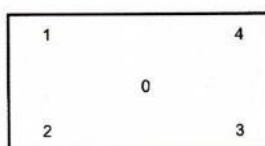
INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Informe de Calibración LM - LI1 - 001 - 2022

Laboratorio Itinerante 1

Página 4 de 5

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



VISTA FRONTAL

POSICION	DETERMINACION DE Eo			DETERMINACION DEL ERROR CORREGIDO Ec				e.m.p. ± (mg)
	CARGA (g)	I (g)	Eo (mg)	CARGA (g)	I (g)	E (mg)	Ec (mg)	
0	0,0010	0,0009	-0,1	70,0000	69,9996	-0,4	-0,3	2,0
1	0,0010	0,0010	0,0	70,0000	69,9995	-0,5	-0,5	2,0
2	0,0010	0,0010	0,0	70,0000	69,9994	-0,6	-0,6	2,0
3	0,0010	0,0009	-0,1	70,0000	69,9999	-0,1	0,0	2,0
4	0,0010	0,0010	0,0	70,0000	70,0002	0,2	0,2	2,0

e.m.p. Error máximo permitido considerado para balanzas en uso de Funcionamiento

No Automático de clase de exactitud I

- I Lectura de la balanza (g)
- E Error encontrado
- Eo Error en cero (*)
- Ec Error corregido (E - Eo)
- ΔL Carga incrementada

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

Lectura corregida	=	$R - 4,156 \times 10^{-6} \times R$
Incertidumbre expandida	=	$2 \sqrt{2,960 \times 10^{-7} \text{ g}^2 + 4,766 \times 10^{-12} \times R^2}$

R Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración (g)



Anexo 40: Certificado de calibración para ensayos fisicoquímicos (parte 5)



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Informe de Calibración LM - LI1 - 001 - 2022

Laboratorio Itinerante 1

Página 5 de 5

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad que cumple con las siguientes Normas internacionales vigentes ISO/IEC 17025; ISO 17034; ISO 27001 e ISO 37001; con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio brindando trazabilidad metrológicamente válida al Sistema Internacional de Unidades SI y al Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB: www.inacal.gob.pe



[Handwritten Signature]
Henry Rivasdeneyra
Obitias
Tec. Laboratorio
USAT

Anexo 41: Ensayos de ceniza

Anexo 42.1. Eliminación de impurezas a la ceniza



Anexo 42.2. Control de temperatura del kerosene en frasco de Chattelier



Anexo 42.3. Removiendo las partículas de ceniza dentro del frasco de Chatelier



Anexo 42.4. Asentamiento de la ceniza para el cálculo de la densidad



Anexo 42: Ensayos de contenido de humedad al agregado fino

Anexo 42.1. Peso de la muestra



Anexo 42.2. Muestra dentro del horno de secado



Anexo 43: Ensayo de granulometría al agregado fino

Anexo 43.1 Cuarteo de la muestra de agregado fino



Anexo 43.2. Tamizado del agregado fino



Anexo 44: Ensayo de peso unitario suelto y compactado

Anexo 44.1. Peso de la probeta



Anexo 44.2. Peso de la probeta + muestra



Anexo 44.3. Varillado de la muestra



Anexo 44.4. Golpes con comba de goma para compactado de la muestra



Anexo 45: Ensayo de tiempo de fraguado



Anexo 46: Ensayo de fluidez al mortero

Anexo 46.1. Muestra de mortero en cono para ser sometido en la mesa de fluidez



Anexo 46.2. Medida del diametro posterior a los golpes en la mesa de fluidez



Anexo 47: Ensayo de peso unitario del mortero

Anexo 47.1. Medida del diametro del recipiente



Anexo 47.2. Peso de la muestra de mortero



Anexo 5: Ensayos de compresión en mortero

Anexo 48.1. Medida de las longitudes de la muestra de mortero endurecido



Anexo 48.2. Sometimiento de la muestra de mortero a la maquina de compresión



Anexo 6: Ensayos al ladrillo

Anexo 49.1. Peso del ladrillo seco para medir su grado de absorción



Anexo 49.2. Peso del ladrillo humedo para medir su grado de absorción



Anexo 49.3. Toma de medidas por concavidad o convexidad para medir su alabeo



Anexo 49.4. Toma de medidas por concavidad o convexidad para medir su alabeo



Anexo 49.5. Sometimiento del ladrillo a la maquina de compresión para medir su f_m



Anexo 49.6. Toma de las longitudes del ladrillo para medir su variación dimensional



Anexo 7: Ensayo de compresión axial en pilas

Anexo 49.7. Muestra de ensayo para pilas



Anexo 49.8. Muestra de pila ensayada a compresión, modo de falla



Anexo 8: Ensayo de compresión diagonal en muretes

Anexo 51.1. Construcción del murete



Anexo 51.2. Murete ensayado a compresión diagonal, modo de falla



Anexo 9: Ensayo de adherencia

Anexo 52.1. Construcción de pilas para ensayo de adherencia



Anexo 52.2. Pilas ensayada para el calculo de adherencia al cizallamiento



Anexo 10: Uso de la mezcladora de mortero para una mezcla uniforme



Anexo 12: Horno artesanal en funcionamiento



Anexo 11: Muestra cubicas de mortero listas para el secado



Anexo 13: Apilamiento de ladrillos artesanales en horno artesanal



Anexo 14: Secado de ladrillos artesanales



Anexo 15: Ceniza acumulada producto del proceso de cocción del ladrillo artesanal



Anexo 16: Calculo para el diseño de mezcla con dosificación C: A 1:3 (Parte 1)

1. Calculo cantidad de material inicial

Para una dosificación de mortero 1:3

- Cemento: 1 pie³ = 42.5 kg
- Arena: 3 pie³

Usamos la fórmula para hallar la cantidad de arena

Peso unitario suelto de la arena (PUS) = 1458.14 kg/m³

$$\text{Arena} = 3 \text{ pie}^3 * \frac{1 \text{ m}^3}{35.215 \text{ pie}^3} * \text{PUS} = 123.87 \text{ kg}$$

Para hallar la cantidad de agua, en función de la relación agua cemento de 0.80

$$\frac{A}{C} = 0.70 \rightarrow A = 0.70 * 42.5 = 29.75 \text{ kg}$$

2. Cálculo del volumen de material

Cálculo del volumen del cemento

$$\text{cemento} = \frac{\text{Peso de bolsa de cemento}}{\text{Peso especifico del cemento}} = \frac{42.5 \text{ kg}}{3130 \text{ kg/cm}^3} = 0.01358 \text{ kg}$$

Cálculo del volumen de arena:

$$\text{Arena fina} = \frac{\text{Peso de arena fina}}{\text{Peso especifico de la arena fina}} = \frac{123.87 \text{ kg}}{2576.11 \text{ kg/cm}^3} = 0.0481 \text{ kg}$$

Cálculo del volumen de agua

$$\text{Agua} = \frac{\text{Peso bolsa de cemento} * \text{Rel A/C}}{\text{Peso especifico del agua}} = \frac{42.5 \text{ kg} * 0.7}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.0298 \text{ m}^3$$

Sumamos los volúmenes obtenidos, para hallar el volumen de aire atrapado

Subtotal: $\sum \text{Vol} = 0.0914 \text{ m}^3$

Considerando un aire atrapado 5% \rightarrow Aire atrapado = 5%*0.0914 = 0.0046 m³

Calculamos el rendimiento, que será la suma total de los volúmenes obtenidos

$$\text{Total (rendimiento)} = 0.01358 + 0.0481 + 0.0298 + 0.0046 = 0.096 \text{ m}^3$$

3. Cálculo de material según rendimiento❖ **Cemento**

$$\text{cemento (bls)} = \frac{1}{\text{Rendimiento}} = \frac{1}{0.096} = 10.42 \text{ bls}$$

$$\text{cemento (kg)} = 10.42 \text{ bls} * \frac{42.5 \text{ kg}}{1 \text{ bls}} = 442.79 \text{ kg}$$

❖ **Arena fina**

$$\text{Arena fina} = \text{cemento (bls)} * \text{Peso arena fina}$$

$$\text{Arena fina} = 10.42 * 123.87 = 1290.54 \text{ kg}$$

Anexo 17: Calculo para el diseño de mezcla con dosificación C: A 1:3 (Parte 2)

❖ **Agua**

$$\text{Agua} = \text{cemento (kg)} \times \text{Relacion A/C}$$

$$\text{Agua (litros)} = 442.79 \text{ kg} \times 0.7 = 309.95 \text{ litros}$$

4. Cálculo de la cantidad de agua y arena

Hallamos la cantidad de arena y agua para la cantidad de cemento hallada

$$\text{Arena fina húmeda} = \text{Arena seca} \times \left(1 + \frac{w\%}{100}\right)$$

$$\text{Arena fina húmeda} = 1290.54 \left(1 + \frac{0.75}{100}\right) = 1300.2 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua} - \left(\frac{w\% - \text{abs}\%}{100}\right) \times \text{Arena fina}$$

$$\text{Agua efectiva} = 309.95 - \left(\frac{0.75 - 0.628}{100}\right) \times 1290.54 = 308.38 \text{ litros}$$

Material	Peso
Cemento	425.00 g
Arena fina	1247.90 g
Agua efectiva	295.99 ml

5. Corrección por fluidez

Agua restante por fluidez = 30 ml

Con la nueva relación A/C = 0.63 se obtiene:

Relación final - Dosificación 1:3		
Material	Peso	
Cemento	425.00	gr
Arena fina	1247.90	gr
Agua efectiva	265.99	ml

Anexo 18: Calculo para el diseño de mezcla con dosificación C: A 1:4 (Parte 1)

1. Calculo cantidad de material inicial

Para una dosificación de mortero 1:4

- Cemento: 1 pie³ = 42.5 kg
- Arena: 4 pie³

Usamos la fórmula para hallar la cantidad de arena

Peso unitario suelto de la arena (PUS) = 1458.14 kg/m³

$$\text{Arena} = \text{pie}^3 * \frac{1 \text{ m}^3}{35.315 \text{ pie}^3} * \text{PUS} = 165.16 \text{ kg}$$

Para hallar la cantidad de agua, en función de la relación agua cemento de 0.80

$$\frac{A}{C} = 0.80 \rightarrow A = 0.80 * 42.5 = 34.00 \text{ kg}$$

2. Cálculo del volumen de material

Cálculo del volumen del cemento

$$\text{cemento} = \frac{\text{Peso de bolsa de cemento}}{\text{Peso especifico del cemento}} = \frac{42.5 \text{ kg}}{3130 \text{ kg/cm}^3} = 0.0136 \text{ kg}$$

Cálculo del volumen de arena:

$$\text{Arena fina} = \frac{\text{Peso de arena fina}}{\text{Peso especifico de la arena fina}} = \frac{165.16 \text{ kg}}{2576.11 \text{ kg/cm}^3} = 0.0641 \text{ kg}$$

Cálculo del volumen de agua

$$\text{Agua} = \frac{\text{Peso bolsa de cemento} * \text{Rel A/C}}{\text{Peso especifico del agua}} = \frac{42.5 \text{ kg} * 0.8}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.034 \text{ m}^3$$

Sumamos los volúmenes obtenidos, para hallar el volumen de aire atrapado

Subtotal: $\sum \text{Vol} = 0.1117 \text{ m}^3$

Considerando un aire atrapado 5% \rightarrow Aire atrapado = 5%*0.1117 = 0.0056 m³

Calculamos el rendimiento, que será la suma total de los volúmenes obtenidos

$$\text{Total (rendimiento)} = 0.0136 + 0.0641 + 0.0340 + 0.0056 = 0.1173 \text{ m}^3$$

3. Cálculo de material según rendimiento❖ **Cemento**

$$\text{cemento(bls)} = \frac{1}{\text{Rendimiento}} = \frac{1}{0.1173} = 8.53 \text{ bls}$$

$$\text{cemento(kg)} = 8.53 \text{ bls} * \frac{42.5 \text{ kg}}{1 \text{ bls}} = 362.40 \text{ kg}$$

❖ **Arena fina**

$$\begin{aligned} \text{Arena fina} &= \text{cemento (bls)} * \text{Peso arena fina} \\ \text{Arena fina} &= 8.53 * 165.16 = 1408.31 \text{ kg} \end{aligned}$$

Anexo 19: Calculo para el diseño de mezcla con dosificación C: A 1:4 (Parte 2)

❖ **Agua**

$$\text{Agua} = \text{cemento (kg)} \times \text{Relacion A/C}$$

$$\text{Agua (litros)} = 362.40 \text{ kg} * 0.8 = 289.92 \text{ litros}$$

4. Cálculo de la cantidad de agua y arena

Hallamos la cantidad de arena y agua para la cantidad de cemento hallada

$$\text{Arena fina húmeda} = \text{Arena seca} * \left(1 + \frac{w\%}{100}\right)$$

$$\text{Arena fina húmeda} = 1408.31 \left(1 + \frac{0.75}{100}\right) = 1418.86 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua} - \left(\frac{w\% - abs\%}{100}\right) \times \text{Arena fina}$$

$$\text{Agua efectiva} = 289.92 - \left(\frac{0.75 - 0.628}{100}\right) * 1408.31 = 288.20 \text{ lt}$$

Material	Peso	
Cemento	425.00	gr
Arena fina	1663.97	gr
Agua efectiva	337.991	ml

5. Corrección por fluidez

Agua restante por fluidez = 29 ml

Con la nueva relación A/C = 0.73 se obtiene:

Relación final - Dosificación 1:4		
Material	Peso	
Cemento	425.00	gr
Arena fina	1663.86	gr
Agua efectiva	308.99	ml

Anexo 20: Calculo para el diseño de mezcla con dosificación C: A 1:5 (Parte 1)

1. Cálculo cantidad de material inicial

Para una dosificación de mortero 1:5

- Cemento: 1 pie³ = 42.5 kg
- Arena: 5 pie³

Usamos la fórmula para hallar la cantidad de arena

Peso unitario suelto de la arena (PUS) = 1458.14 kg/m³

$$\text{Arena} = \text{pie}^3 * \frac{1 \text{ m}^3}{35.315 \text{ pie}^3} * \text{PUS} = 206.45 \text{ kg}$$

Para hallar la cantidad de agua, en función de la relación agua cemento de 0.80

$$\frac{A}{C} = 0.95 \rightarrow A = 0.95 * 42.5 = 40.38 \text{ kg}$$

2. Cálculo del volumen de material

Cálculo del volumen del cemento

$$\text{cemento} = \frac{\text{Peso de bolsa de cemento}}{\text{Peso específico del cemento}} = \frac{42.5 \text{ kg}}{3130 \text{ kg/cm}^3} = 0.0136 \text{ kg}$$

Cálculo del volumen de arena:

$$\text{Arena fina} = \frac{\text{Peso de arena fina}}{\text{Peso específico de la arena fina}} = \frac{206.45 \text{ kg}}{2576.11 \text{ kg/cm}^3} = 0.0801 \text{ kg}$$

Cálculo del volumen de agua

$$\text{Agua} = \frac{\text{Peso bolsa de cemento} * \text{Rel A/C}}{\text{Peso específico del agua}} = \frac{42.5 \text{ kg} * 0.95}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.0404 \text{ m}^3$$

Sumamos los volúmenes obtenidos, para hallar el volumen de aire atrapado

Subtotal: $\sum \text{Vol} = 0.1341 \text{ m}^3$

Considerando un aire atrapado 5% \rightarrow Aire atrapado = 5%*0.1341 = 0.0067 m³

Calculamos el rendimiento, que será la suma total de los volúmenes obtenidos

$$\text{Total (rendimiento)} = 0.0136 + 0.0801 + 0.0404 + 0.0067 = 0.1408 \text{ m}^3$$

3. Cálculo de material según rendimiento

❖ Cemento

$$\text{cemento(bls)} = \frac{1}{\text{Rendimiento}} = \frac{1}{0.1408} = 7.10 \text{ bls}$$

$$\text{cemento(kg)} = 7.10 \text{ bls} * \frac{42.5 \text{ kg}}{1 \text{ bls}} = 301.85 \text{ kg}$$

❖ Arena fina

$$\begin{aligned} \text{Arena fina} &= \text{cemento (bls)} * \text{Peso arena fina} \\ \text{Arena fina} &= 7.10 * 206.45 = 1466.28 \text{ kg} \end{aligned}$$

Anexo 21: Calculo para el diseño de mezcla con dosificación C: A 1:5 (Parte 2)

❖ **Agua**

$$\text{Agua} = \text{cemento (kg)} \times \text{Relacion A/C}$$

$$\text{Agua (litros)} = 301.85 \text{ kg} * 0.95 = 286.76 \text{ lt}$$

4. Cálculo de la cantidad de agua y arena

Hallamos la cantidad de arena y agua para la cantidad de cemento hallada

$$\text{Arena fina húmeda} = \text{Arena seca} * \left(1 + \frac{w\%}{100}\right)$$

$$\text{Arena fina húmeda} = 1466.28 \left(1 + \frac{0.75}{100}\right) = 1477.28 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua} - \left(\frac{w\% - abs\%}{100}\right) * \text{Arena fina}$$

$$\text{Agua efectiva} = 286.76 - \left(\frac{0.75 - 0.628}{100}\right) * 1466.28 = 284.98 \text{ lt}$$

Material	Por 1 bls de cemento	Peso
Cemento	42.50 kg	425.00 g
Arena fina	124.79 kg	1247.90 g
Agua efectiva	29.60 lt	295.99 ml

5. Corrección por fluidez

Agua adicional por fluidez = 15 ml

Con la nueva relación A/C = 0.91 se obtiene:

Relación final - Dosificación 1:5		
Material	Peso	
Cemento	425.00	gr
Arena fina	2079.83	gr
Agua efectiva	386.24	ml