



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“EFECTO DE LA CLARA DE HUEVO EN LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN Y CAPILARIDAD DEL MORTERO DE CEMENTO,
ARENA Y CAL – TRUJILLO 2017”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

AUTOR

PEREDA GUEVARA, BALVINA FLOR DE MARÍA

ASESOR

MG. ING. MARLON FARFÁN CÓRDOVA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL

TRUJILLO – PERÚ

2017

PÁGINA DEL JURADO



Ing. HILBE ROJAS SALAZAR
PRESIDENTE



Ing. ROBERTO SALAZAR ALCALDE
SECRETARIO



Mg. Ing. MARLÓN FARFÁN CÓRDOVA
VOCAL

DEDICATORIA

En memoria de mi padre: Genaro Pereda Vargas

Símbolo de valentía, superación, hermandad, humanidad. Gracias por enseñarme que la familia es la unidad absoluta, que la educación marca niveles, que en la vida no importa cuántas veces tropieces el fin es levantarse y continuar. Vivirás hasta que mi ser termine.

A mí adorada madre: Agustina Guevara Alayo

A ti ejemplo de madre, reflejo de fuerza, perseverancia. Gracias por darme la vida y guiarme por los senderos correctos de la vida. Gracias por ser el ser humano que es, por dar amor incondicional; si me faltase sé que en ese mismo instante mi ser perecería. Es lo más valioso que Dios me ha concedido. A usted con gran amor.

A mí respetado y querido hermano: César

Porque ser un ejemplo de humanidad, la vida te encargo una gran labor a temprana edad, quien con gran responsabilidad supiste afrontarlo. Quien fue y es el pilar de la familia Pereda Guevara, el motor que hace girar nuestras vidas, gracias a tu paciencia, amor y apoyo incondicional hiciste que hiciera realidad mi sueño y el de nuestro padre... Ser Ingeniera Civil

A ti inolvidable hermano mi profundo agradecimiento y admiración por tu lucha constante e indomable por desear verme profesional.

A mis queridos hermanos: Nury, Enrique, Franklin, Nery, Eddy

Gracias por su confianza, amor y sacrificio desplegado, cada uno de ustedes me da una lección de vida, con quienes aprendí a superar cualquier obstáculo y superarlos con madurez y responsabilidad.

Les dedico el presente trabajo como muestra de amor y cariño incentivándolos a la superación y culminación de sus metas.

A mis hijos: Brandon y Bruce

Gracias por dar sentido a mi vida y ser las joyas más valiosas que tengo en esta vida. Son mis maestros porque gracias a ustedes aprendo cada día a descubrir cosas que desconocía de mi misma a buscar nuevas estrategias para sobreponerme, levantarme y continuar.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

A mi asesor: Mg. Ing. Marlon Farfán Córdova, a quien expreso mi sincero agradecimiento, por brindarme su tiempo, sabios consejos, experiencia y acertada orientación de manera desinteresada en el transcurso de la elaboración y ejecución de este presente trabajo.

A mis tíos: Willy, Violeta, Carmen Luz. Gracias por su apoyo moral, confianza y por sus palabras de aliento; siempre tuvieron la certeza que este día llegaría y llego porque en nuestras venas corre sangre valiente llena de coraje y decisión.

A mis amigos: Jovany, Diana, Maribel, Lorenz, Sara; gracias porque me brindaron su tiempo para escucharme, por ayudarme a descubrir que la amistad duplica nuestras alegrías y divide nuestras tristezas; ahora sé que la amistad es un solo corazón que late en dos cuerpos.

A mis docentes de la UNIVERSIDAD, quienes a lo largo de mi carrera PROFESIONAL dieron lo mejor de ellos para ser la mejor, llevando siempre en alto el nombre de nuestra UNIVERSIDAD Y EN ESPECIAL DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

A la Constructora “Sthutgart Contratistas Generales S.R.L.” por su contribución en el presente trabajo de investigación.

A la CONTRATA “CUSAEL”, por su contribución incondicional en el presente trabajo de investigación.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Balvina Flor de María Pereda Guevara, estudiante de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificada con DNI N° 41341916; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamentos de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaro bajo juramento que la tesis es de mi autoría y que toda la documentación, datos e información que en ella se presenta es veraz y auténtica.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto del contenido de la presente tesis como de información adicional aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, diciembre del 2017


.....
Balvina Flor de María Pereda Guevara

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos, de la Universidad César Vallejo de Trujillo, presento ante ustedes la tesis titulada: “EFECTO DE LA CLARA DE HUEVO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y CAPILARIDAD DEL MORTERO DE CEMENTO, ARENA Y CAL – TRUJILLO 2017”, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniera Civil.

Agradezco por los aportes y sugerencias brindadas a lo largo del desarrollo del presente estudio y de esta manera realizar una investigación más eficiente. El trabajo mencionado determina la importancia y la influencia que tiene un proyecto de investigación en la industria de la construcción específicamente en muros de albañilería y el uso del mortero hecho con agregados de la cantera de chicama, Trujillo por la que constate que el uso de una buena mezcla de mortero y unida a ladrillo de arcilla, constituyen muros de albañilería más resistentes.

Índice

	Pg.
CARATURA.....	i
PAGINA DE JURADO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMINETO ESPECIAL.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENCICIDAD.....	v
PRESENTACION.....	iv
I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 Realidad problemática.....	12
1.2 Trabajos previos.....	13
1.3 Teoría relacionada con el tema.....	17
1.4 Formulación al problema.....	22
1.5 Justificación del estudio.....	23
1.6 Hipótesis.....	23
1.7 Objetivos.....	23
1.7.1 Objetivo general.....	23
1.7.2 Objetivo específico.....	24
II. MÉTODO.....	25
2.1 Diseño de investigación.....	25
2.2 Variables, operacionalización.....	25
2.3 Población y muestra.....	26
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
2.5 Métodos de análisis de datos.....	41
2.6 Aspectos éticos.....	41
III. RESULTADOS.....	42
3.1 Resultados del ensayo granulométrico de arena gruesa.....	42
3.2 Resultado de diseño de mezcla para el mortero de cemento, cal y arena	44
3.3 Resultado del diseño de resistencia a la compresión de mortero de cemento, cal y arena.....	45
3.4 Resultado del ensayo de compresión de la unidad de albañilería.....	57
3.5 Resultado del ensayo de compresión de pilas de albañilería.....	58
3.6 Resultados de ensayos de sortividad a especímenes cubico de 50 mm por lado de mortero.....	64

IV.	DISCUSIÓN.....	72
V.	CONCLUSIÓN.....	73
VI.	RECOMENDACIONES.....	74
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
	ANEXOS.....	78

Índice de Tablas

Tabla 1.	Resultado de ensayo de granulometría.....	42
Tabla 2.	Resultados de Prueba de Normalidad.....	45
Tabla 3.	Descriptivos.....	45
Tabla 4.	Resaltado de técnicas estadísticas – ANOVA.....	46
Tabla 5.	Resultados de Prueba de Normalidad.....	47
Tabla 6.	Descriptivos.....	48
Tabla 7.	Resaltado de técnicas estadísticas - ANOVA	48
Tabla 8.	Pruebas post hoc (posterior al ANOVA).....	49
Tabla 9.	Resistencia a la Compresión por cada unidad de albañilería.....	50
Tabla 10.	Resistencia a la Compresión a especímenes cúbicos de mortero.....	50
Tabla 11.	Resumen del ensayo de resistencia a la compresión de mortero – 14 días de edad.....	51
Tabla 12.	Resultados del ensayo de compresión del mortero patrón.....	52
Tabla 13.	Resultados del ensayo de compresión del mortero con 2% de CDH....	52
Tabla 14.	Resultados del ensayo de compresión del mortero con 3 % de CDH...52	
Tabla 15.	Resultados del ensayo de compresión del mortero con 5 % de CDH...53	
Tabla 16.	Resultados del ensayo de compresión del mortero con 7 % de CDH..53	
Tabla 17.	Resultados del ensayo de compresión del mortero con 9 % de CDH..53	
Tabla 18.	Resumen de resistencias características del mortero.....	54
Tabla 19.	Resumen del ensayo de resistencia a la compresión de mortero – 28 días de edad.....	54
Tabla 20.	Resultados del ensayo de compresión del mortero patrón.....	55

Tabla 21. Resultados del ensayo de compresión del mortero con 2% de CDH...	55
Tabla 22. Resultados del ensayo de compresión del mortero con 3 % de CDH...	55
Tabla 23. Resultados del ensayo de compresión del mortero con 5 % de CDH...	56
Tabla 24. Resultados del ensayo de compresión del mortero con 7 % de CDH...	56
Tabla 25. Resultados del ensayo de compresión del mortero con 9 % de CDH...	56
Tabla 26. Resumen de resistencias características del mortero de cemento, cal y arena.....	57
Tabla 27. Resultado del ensayo resistencia a la compresión de la unidad de albañilería.....	57
Tabla 28. Dimensionamiento de unidades de albañilería.....	58
Tabla 29. Calculo de la variación dimensiona.....	58
Tabla 30. Resultados de la succión de la unidad de albañilería.....	58
Tabla 31. Resultados del ensayo de resistencia a pilas de albañilería - 14 días de edad.....	59
Tabla 32. Resultados del ensayo de resistencia a pilas de albañilería - 28 días de edad.....	59
Tabla 33. Relación de resistencia y dispersión de resultados.....	60
Tabla 34. Relación de resistencia y dispersión de resultados.....	60
Tabla 35. Masa a diferentes intervalos de tiempo ensayadas a 28 días de edad.	64
Tabla 36. Masas netas en gr a diferentes intervalos de tiempo ensayadas a 28 días de edad.....	64
Tabla 37. Resultado del ensayo de sortividad a muestra patrón.....	65
Tabla 38. Resultado del ensayo de sortividad a muestra 2% CDH.....	68
Tabla 39. Resultado del ensayo de sortividad a muestra con 3 % de CDH.....	67
Tabla 40. Resultado del ensayo de sortividad a muestra con 5 % de CDH.....	68
Tabla 41. Resultado del ensayo de sortividad a muestra con 7 % de CDH.....	69
Tabla 42. Resultado del ensayo de sortividad a muestra con 9 % de CDH.....	70
Tabla 43. Resumen del ensayo de sortividad.....	71

RESUMEN

El propósito de la presente investigación es el estudio de la efectividad de la clara de huevo en la resistencia a la compresión y capilaridad de mortero de cemento, cal y arena. El mortero a utilizar se obtuvo combinando cemento portland, arena gruesa, cal hidráulica y agua potable, además de clara de huevo como aditivo natural en proporciones de 2, 3, 5, 7 y 9 %, la cual mejora las propiedades físicas del mortero y un grupo patrón. El estudio incluye la optimización de los parámetros experimentales que determinan el método de preparación y composición del mortero, teniendo en cuenta las Normas Técnicas Peruanas como la 334.003, 334.057, 334.097, 334.009, 334.147, 334.126, 334.077 y ACTM C 1585. También, se han establecido ensayos a la arena gruesa como: análisis granulométrico, contenido de humedad, peso unitario y gravedad específica. Ensayos de resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de mortero, ensayo de compresión en pilas de albañilería y el ensayo de sortividad. Finalmente, se describen varias intervenciones en la construcción de muros de albañilería. El ensayo de resistencia a la compresión de cubos de mortero se determinó por 6 grupos con tres 3 especímenes cada uno (1 grupo patrón y 5 grupos con diferente porcentaje de clara de huevo). Se determinó que el 2% de clara de huevo generó la mayor resistencia de 395.1kg/cm², ensayada a 28 días de edad. Así también se realizó el ensayo de sortividad, obteniendo menor capilaridad con el 9% de clara de huevo en la mezcla del mortero. Se consideró como porcentaje óptimo el 2% de clara de huevo como aditivo, generando mayor resistencia y baja capilaridad.

Palabras clave: Muros de albañilería, Mortero, Obras Civiles, Clara de huevo.

ABSTRACT

The purpose of the present investigation is the study of the effectiveness of egg white in the resistance to compression and capillarity of cement mortar, lime and sand. The mortar to be used was obtained by combining portland cement, coarse sand, hydraulic lime and drinking water, as well as egg white as a natural additive in proportions of 2, 3, 5, 7 and 9%, which improves the physical properties of the mortar and a master group. The study includes the optimization of the experimental parameters that determine the method of preparation and composition of the mortar, taking into account the Peruvian Technical Standards such as 334.003, 334.057, 334.097, 334.009, 334.147, 334.126, 334.077 and ACTM C 1585. , tests to the coarse sand have been established as: granulometric analysis, moisture content, unit weight and specific gravity. Tests of resistance to the compression of cubic mortar specimens, compression test in masonry piles and the test of sortividad. Finally, several interventions are described in the construction of masonry walls. The test of resistance to compression of mortar cubes was determined by 6 groups with three 3 specimens each (1 standard group and 5 groups with different percentage of egg white). It was determined that 2% of egg white generated the highest resistance of 395.1kg / cm², tested at 28 days of age. In this way, the sorting test was carried out, obtaining lower capillarity with 9% egg white in the mortar mixture. It was considered as an optimal percentage 2% egg white as an additive, generating greater strength and low capillarity.

Keywords: Masonry walls, mortar, civil works, egg white.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

Los aditivos son una sustancia química más usada por el hombre en la industria de la construcción. Se debe a su gran versatilidad, proporcionando durabilidad, trabajabilidad, resistencia, entre otras propiedades. La utilización de aditivos se da en un variado campo de aplicación, entre ellos tenemos construcciones históricas como las pirámides de Egipto, Coliseo Romano, la muralla China, los puentes de calicanto internacional y nacional; actualmente se usa en obras de saneamiento, hidráulica, edificaciones, sector vial.

Actualmente los países desarrollados se han dedicado a la investigación de alternativas que permitan mejorar las características de los aditivos químicos y minorar sus efectos negativos; la clara de huevo por sus propiedades y unida a la cal, material volcánico, fue de mucha importancia en las construcciones históricas a nivel mundial, prueba de ello podemos gozar en la actualidad de sus construcciones. En nuestro país en la época colonial y republicana tuvo su mayor auge el uso de la clara de huevo en morteros de cal, arena, material volcánico; gracias a los materiales que se utilizó en la construcción de diversos puentes de piedra de canto rodado, que hasta la actualidad aún están cumpliendo el objetivo por el cual fueron construidos.

Los grandes volúmenes de aditivos que se producen a nivel mundial hacen que se realicen mejoras continuas y optimizaciones con el avance de la tecnología; en Europa apuestan por un mundo sostenible gracias a la utilización de las nuevas tecnologías: reducción de las emisiones de CO₂, disminución del consumo del agua y de energía eléctrica; por el contrario en nuestro país aún no se aplica. Existen diversas investigaciones relacionadas a la utilización de la clara de huevo en morteros, que generan resistencia, durabilidad, es un anticristalizante e impermeabiliza su estructura.

Al día de hoy su uso ha sido reemplazado por aditivos químicos, que si bien es ciertos sus resultados cumplen con las expectativas del fabricante pero aun no alcanzan superar a los aditivos naturales que usaron los romanos en sus construcciones, en la argamasa que se utilizó la clara de huevo; usado también en el país vecino de Chile en la construcción del puente de Calicanto. La clara de huevo se presenta como una alternativa diferente para nuevos diseños y poder usarlos en refaccionamiento, mampostería, albañilería y revestimiento mejorando la calidad del mortero hecho de cemento, arena, cal.

1.2. Trabajos Previos

Los romanos fueron los primeros en realizar construcciones en las que usaban diferentes tipos de morteros como la cal, ceniza volcánica y aditivos naturales como la clara de huevo, la sangre, que les proporcionaba mayor resistencia, durabilidad y disminuían su capilaridad. Los primeros puentes se caracterizaron por ser de piedra con bóveda de arco, las cuales inmortalizaron a sus proyectistas debido a la resistencia de sus materiales como su relación mínima de su tipología natural en su entorno físico.

El Instituto de Estudios del Huevo (IEH, 2010), sostiene que la clara de huevo tiene un 65% agua en su composición, el porcentaje elevado de este aditivo podría incrementar el total del agua a usar en la mezcla y modificaría la humedad estimada. Gracias a su capacidad de formar geles la clara de huevo tiene la propiedad de unir diferentes componentes de una mezcla cualesquiera. También sostiene que se utiliza en la repostería porque evita que el azúcar se cristalice, gracias a la propiedad anticristalizante que posee. Cabe la probabilidad que evite la cristalización de las sales que se encuentran en el suelo.

Morante (2008), en su tesis de investigación titulada “Mejora de la adherencia mortero – ladrillo de concreto”, para obtener el grado de Ingeniero civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú, tuvo como objetivo evaluar mejoras en la adherencia mortero-ladrillo de concreto, haciendo uso de técnicas diferente a las que proponen los fabricantes de ladrillos.

Usó tres técnicas; la primera se empleó como patrón que consistió en limpiar los ladrillos y asentarlos en seco con un mortero 1:4; la segunda similar a la primera con una varianza de curado de las juntas con brochas y la tercera técnica que se utilizó un mortero con una proporción volumétrica de 1:1/2:4(cemento, cal, arena). Para determinar la eficacia de las tres técnicas citadas, en la adherencia mortero-ladrillo de concreto, realizo la prueba de compresión diagonal en muretes de albañilería, pilas de albañilería sometidas a la de compresión axial. Ensayos de variabilidad dimensional, alabeo, succión, absorción, porcentaje de ranuras, compresión axial a la unidad de albañilería. Así también realizo el ensayo de compresión al mortero que se utilizó en las juntas y el ensayo de granulometría al agregado fino.

Los resultados que obtuvo este autor determinaron que ninguna de las tres técnicas proporciona valores claros con respecto al ensayo de resistencia a compresión axial. Con respecto al ensayo de compresión diagonal y evaluando los costos se concluyó que la técnica más adecuada fue la tercera seguida de la primera y finalmente la segunda técnica.



a. Capeado con yeso a pilas b) cubo de mortero ubicada en la máquina de ensayo. C) Pila colocada en la máquina de ensayo d) murete colocada en la máquina de ensayo.

Figura 2. Etapas del proyecto de investigación (Morante, 2008)

Antiguamente, la clara de huevo y la sangre fueron utilizadas como aditivo natural en morteros que su componente principal fue la cal. Uno de los componentes principales de la clara de huevo es la albúmina, que se le atribuye la propiedad de ser un consolidante y aglomerante con materiales diversos. La clara de huevo también se utilizó, como cohesivo en temperas (García, 2007).

Tenemos claros ejemplos de su uso en nuestro país, como las construcciones de la fortaleza del Real Felipe en el Callao, el puente de calicanto ubicado en la ciudad de Huánuco, puente de calicanto ubicado en el distrito de Corongo Región Ancash, entre otros. Siendo su uso como aditivo que su finalidad es mejorar las propiedades mecánicas del mortero.

Por otro lado, Jiménez (2005) manifiesta que “La humedad en las edificaciones se genera por las infiltraciones laterales, provenientes de suelos húmedos como sótanos, fenómenos de condensación, filtraciones de redes de agua y desagüe, fenómenos naturales como lluvias, inundaciones y por la ascensión capilar de las napas freáticas (aguas subterráneas). Las patologías que se evidencian en estas estructuras son principalmente las manchas, desprendimientos de pintura, aparición de eflorescencias en paredes, pisos, techos, etcétera”.

Espinosa (1985), manifiesta que al inicio de su existencia, no tenía nombre y que el ingenio santiaguino decidió llamarlo 'Puente Nuevo'. Posteriormente se cambió por la de “Cal y Canto”, por los materiales usados en el: cal de Polpaico, y cantos o piedras canteadas provenientes del Cerro Blanco; como también se emplearon en la argamasa de la construcción unos doscientos mil huevos.

En el Perú esta tipología de puentes de cal y canto, se desarrollaron desde la época colonial española y el desarrollo de estos puentes significó un gran desarrollo en el ámbito ingenieril de las estructuras por tanto es deber de nosotros conocer las propiedades de los materiales que se usaron en sus construcciones y poderlos plantear como nuevas alternativa de solución en las construcciones de hoy en día.

1.3. Teorías Relacionadas al Tema

Los aditivos son productos que se adicionan en pequeña proporción al concreto o mortero durante el mezclado en porcentajes entre 0.1% y 5% de la masa o peso del cemento, modificando las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco.

Según la Norma Técnica E. 070 Albañilería (2006), define que el mortero está constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se debe usar la cantidad de agua potable necesaria para obtener una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Está constituido por: cemento portland, cal hidratada (materiales aglomerantes), y agregado fino (libre de materia orgánica y sales).

San Bartolomé (1994), señala que el mortero normalmente es una mezcla de cemento portland tipo I, cal hidratada normalizada, arena gruesa y agua. El cemento y la cal tienen la funcionalidad de ser aglomerantes, por el contrario la arena es un agregado inerte. El cemento proporciona resistencia a la mezcla, la cal trabajabilidad y retentividad; mientras que la arena proporciona estabilidad volumétrica a la mezcla, lo que permite el asentado de varias hiladas de ladrillos en un promedio de 1.30 m de altura; cabe señalar que la arena atenúa la contracción por secado. Recomendando no usar arena de mar y lavar si hay presencia de mucho polvo. El agua proporciona trabajabilidad a la mezcla e hidrata al cemento. El mortero cumple tres funciones principales dentro de la albañilería: repartir uniformemente las cargas, contribuyendo a conducir las cargas horizontales hasta la cimentación; regulariza el asentado entre bloques y rellenar las juntas impidiendo el paso del agua.

Según San Bartolomé (1994), denomina mortero al elemento que se ubica entre los ladrillos o piedras, su función es la de proporcionar cierta adherencia y continuidad entre las unidades. El mortero de cal hidráulica (cal, arena volcánica del Vesubio y agua) fue inventado por Vitrubio; fueron los romanos quienes se especializaron en esa rama. Ya por el siglo XVIII aparece el mortero de cal hidráulica que desplazo al mortero de cal aérea, que luego con el descubrimiento del cemento portland su uso ha ido en descenso, limitándose a soluciones arriesgadas y detalles arquitectónicos elevados.

Se recomienda que el mortero tenga una resistencia a compresión semejante al de la unidad de albañilería, con la finalidad de evitar su falla por aplastamiento y tratar de dar homogeneidad a la albañilería. Por ello se recomienda el uso de mortero 1:3 o 1:4 para edificaciones de 4 a 5 pisos; para edificaciones de 1 a 3 pisos se puede usar morteros de 1:5 (San Bartolomé, 1994)

La Norma E-070 de Albañilería clasifica a los morteros para fines estructurales en: tipo P, empleado en la construcción de los muros portantes; y NP, utilizado en los muros no portantes. Los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas en estado suelto como lo indica el cuadro 1.

Cuadro 1. Tipos de morteros

TIPOS DE MORTEROS				
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	USOS
P1	1	0 a ¼	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 a ½	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

Fuente: NTE E-070 Albañilería

La Norma Técnica Peruana (NTP) 334.009 (2013), señala que el Cemento Portland es un material inorgánico finamente dividido que, amasado con agua, forma una pasta que fragua y endurece en virtud de reacciones y procesos de hidratación y que, una vez endurecido, conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua. Determina los siguientes tipos:

Tipo I: De uso general.

Tipo II: De uso general, específico.

Tipo III: Alta resistencia inicial.

Tipo IV: Bajo calor de hidratación.

Tipo V: Alta resistencia a los sulfatos.

La NTP 400.011 (2013), considera al agregado fino: la fracción que pase la malla de 4.75 mm (N° 4). Debe provenir de arenas naturales o de la trituración de rocas o gravas. El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más del treinta por ciento (30%) del agregado fino. No podrá presentar pérdidas superiores a diez por ciento (10%) o quince por ciento (15%), al ser sometido a la prueba de solidez en sulfatos de sodio o magnesio.

Se puede usar granulometrías que se demuestren mediante los ensayos de muretes y pilas proporcionando resistencia según lo indica la Norma: No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas. El módulo de fineza se encontrará entre los rangos de 1,6 y 2,5. El porcentaje máximo de partículas quebradizas será de 1% en peso. No deberá emplearse arena de mar. (NT - E 070 - Albañilería)

La NTP 334.140 (2014), señala que la caliza es una roca sedimentaria porosa formada por carbonatos, predominando el carbonato de calcio. Cuando existe en la composición proporciones altas de carbonatos de magnesio se le conoce como dolomita. La roca caliza tiene una gran resistencia a la meteorización. Su dureza es 3, puede ser estimada mediante la comprobación de su resistencia al ser rayada. La cal hidratada puede ser de cálcica, dolomítica o magnesiana, estas mejoran la adherencia del asfalto con los agregados, lo cual reduce el peligro de los daños por humedad, reduce el tiempo de endurecimiento por estabilización química de los compuestos polares que se encuentran en los asfaltos y aumenta la rigidez inicial de las mezclas de asfalto.

La NTP 339.088 (2014), establece valores máximos y mínimos para el agua potable en su contenido de minerales, cloruros, nitratos, niritos, calcio; es apta para concreto, mortero, amasado y curado si sus propiedades y contenido en sustancias disueltas están comprendidos entre los límites siguientes:

- Deberá tener como máximo de materia orgánica 3 Mg. /l (3 ppm).
- Un 5 g/l (5 000 ppm), se acepta como máximo de residuo sólido.
- Su PH estará entre los rangos de 6,5 y 8.
- El cantidad de sulfatos, expresado en ion será menor de 600 ppm
- El contenido de cloruros, expresado en ion Cl, será < de 1 g/l (1,000 ppm).
- Como dato opcional, si tuviese contenido de fierro, expresado en ion férrico, será de una parte por millón (1 ppm).

La propiedad representativa de la unidad de albañilería es la resistencia a la compresión. Para la construcción de muros portantes y no portantes la unidad de albañilería debe ser de buena calidad, según lo indica la NTE E.070 Albañilería; por el contrario si sus resultados son menores a los que estipula la norma, se tendrá como resultados muros de albañilería con poca resistencia y durabilidad. La realización de dicha propiedad trae consigo sus propias limitaciones dentro de ellas encontramos sus formas y dimensiones de la unidad, en especial la altura que impide relacionar los resultados de compresión con la verdadera masa que compone la unidad. Si la altura es cada vez menor para la misma masa y forma su resistencia será mayor.

Por consiguiente, los valores que se obtienen son indicativos generales del comportamiento estructural de diversas unidades, cuando estas constituyen muros de albañilería asentadas con mortero o llenas con concreto líquido. De diversos estudios realizados, demuestran que existe una relación directa, entre densidad y resistencia a la compresión. Por ello a mayor densidad mayor será la resistencia de la unidad de albañilería (Gallegos y Casabonne, 2005)

La resistencia a la compresión, es el esfuerzo máximo que puede soportar un material sometido bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un material que falla debido a la rotura de una fractura se puede definir como una propiedad independiente. Por el contrario si el material se opone a la rotura a la compresión se define como la cantidad de esfuerzo necesario para deformar el material una cantidad arbitraria. La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima aplicada por el área transversal original de una muestra expuesta a un ensayo de compresión (NTP 334.051: 2013).

La capilaridad es una propiedad que poseen los cuerpos que al estar expuesta su superficie se pone en contacto con el agua un sólido, existe la tendencia de que sube o baje en las proximidades de este, según que el líquido lo moje o no; sus efectos son especialmente aparentes en el interior de los tubos capilares o entre dos láminas muy próximas (Duque y Escobar, 2016).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2013), un huevo mediano pesa aproximadamente 53 - 63 gramos; básicamente está compuesto por tres partes cáscara, clara y yema. La cáscara constituye entre el 9 y 12 % del peso del huevo, compuesto por carbonato de calcio y pequeñas cantidades de carbonato de magnesio y fosfato de calcio. La clara está formada por agua y proteínas de alto valor biológico que los 8 aminoácidos esenciales. La yema está compuesta por lípidos y proteínas.

El IEH (2010), afirma que la albúmina es una solución viscosa de la clara de huevo, se ubica rodeando la yema y entre las membranas del cascarón. Constituida principalmente por un 88% agua, 11% proteínas, 1% carbohidratos y 0.5% minerales. Estamos hablando de una solución de proteínas globulares encontrando en su composición fibras de ovomucina.

La ovoalbúmina, se desnaturaliza fácilmente por el calor. La Conalbúmina, proteína que constituye el 14% del total, se coagula por el calor, contiene restos de manosa y glucosamina, tiene gran poder quelante de metales, en especial el hierro, y en este caso se vuelven más termorresistentes. La capacidad secuestrante del hierro le confiere propiedades antioxidantes y antimicrobian. El *ovomucoide* representa el 12% del total, no se coagula con el calor. Es una glucoproteína rica en glucosamina representa el 14% y aminoácidos azufrados un 12%.(IEH, 2010)

Rupa y Mine (2005), señala que encontramos un 7% de globulinas en la clara de huevo, entre ellas la lisozima, proteína que disuelve las paredes celulares de bacterias, especialmente los mucopolisacáridos de los microbios gram positivos. También constituye un 2% de ovomucina, glucoproteína que contribuye al espesor de la clara gruesa y más rica en ácido neuramínico y siálico que el ovomucoide; siendo un inhibidor de la hemoaglutinación vírica. Proteína muy electronegativa y estable a la desnaturalización por calor. La avidina se desnaturaliza fácilmente cuando se cuecen los huevos.

Se le atribuye a la clara de huevo diversas propiedades como ser un gelificante, emulgente, espumante y fijadora de agua, que su uso se ve reflejado en la elaboración de numerosos productos alimenticios. Su multifuncionalidad deriva de las complejas interacciones entre sus componentes que la constituyen, proteínas como la ovoalbúmina, conalbúmina, lisozima, ovomucina entre otras (Doi y Kitabatake, 1997).

1.4. Formulación al Problema

¿Cuál es el efecto de la clara de huevo en la resistencia a la compresión y capilaridad del mortero de cemento, arena y cal, Trujillo 2017?

1.5. Justificación del estudio

El presente trabajo de investigación, ha permitido conocer el porcentaje más óptimo de clara de huevo que genera la mayor resistencia a la compresión y el porcentaje que proporciona la menor capilaridad en el mortero de cemento, arena y cal.

Por ser de origen natural la versatilidad de las propiedades de la clara de huevo, se busca poner de vuelta el uso de este aditivo en la industria de la construcción y refaccionamiento de construcciones históricas; contribuyendo al cuidado del medio ambiente; siendo un aporte importante para disminuir la huella de carbono en nuestro país. Gracias a sus propiedades ya descritas es el aditivo natural esperado, su uso sustituirá a varios de los aditivos químicos que tenemos hoy en el mercado; motivo por el cual se justifica el uso de la clara de huevo como aditivo en morteros para la albañilería.

Cabe mencionar además que el presente trabajo de investigación, servirá de base para posteriores investigaciones, que se proyecten a objetivos similares. Este trabajo de investigación, será puesto al servicio de los alumnos y docentes de la Facultad de Ingeniería, para uso académico y como incentivo para la elaboración e investigación de trabajos similares.

1.6. Hipótesis

La clara de huevo proporciona resistencia a la compresión y disminuye la capilaridad en el mortero de cemento, arena y cal.

1.7. Objetivo

1.7.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la clara de huevo en la resistencia a la compresión y capilaridad del mortero de cemento, arena y cal.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Determinar la resistencia a la compresión del mortero de cemento, arena y cal a 2, 3, 5,7 y 9 % de clara de huevo.
- Determinar el porcentaje de clara de huevo que genere la mayor resistencia a compresión.
- Determinar la resistencia a compresión de la unidad de albañilería, ladrillo King Kong Estándar.
- Determinar la resistencia a compresión de dos pilas (patrón y usando en el mortero el % de clara de huevo que genere la mayor resistencia a la compresión).
- Determinar la capilaridad del mortero de cemento, arena y cal a 2, 3, 5,7 y 9 % de clara de huevo.
- Determinar el porcentaje de clara de huevo que genere la menor capilaridad posible.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de Investigación

Se utilizó el diseño experimental con estímulo creciente con post prueba únicamente y varios grupos, según el esquema siguiente.

RG1	- - -	O1	GRUPO TESTIGO
RG2	X2	O2	POST PRUEBA
RG3	X3	O3	POST PRUEBA
RG4	X4	O4	POST PRUEBA
RG4	X5	O5	POST PRUEBA
RG4	X6	O6	POST PRUEBA

Leyenda:

RG = Grupo o muestra aleatorio

X = Tratamiento

O = Medición de la palabra dependiente

- - - = Ausencia de estímulo (Indica que se trata de un grupo de control)

2.2. Variables, Operacionalización

Operacionalización de Variables				
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Clara de huevo	Es el líquido semitransparente que contienen los huevos. Se caracteriza por su alto contenido de proteínas conocido como albumen (IEH, 2010)	Los porcentajes de clara de huevo de 2, 3, 5, 7 y 9 % se determinan con relación al peso cemento usado en la mezcla.	-Tiene efecto -No tiene efecto	Nominal
Resistencia a la compresión	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. (NTP 334.051, 2013)	Se realizará en laboratorio los ensayos de resistencia a la compresión.	Medido en kg/cm ²	Razón
Capilaridad	Es el ascenso del agua que está en contacto con sus caras, a través de los poros capilares. (Arqhis, 2012)	Se realizará en laboratorio el ensayo de sortividad según la Norma - ASTM C1585 - 11.	Medido en gr*min/cm ²	Razón

2.3. Población y Muestra

La población: mortero elaborado de cemento portland tipo I, arena gruesa gradada, cal hidráulica y clara de huevo.

Muestra: Estuvo constituida por 54 especímenes cúbicos de mortero de 50 mm x 50 mm, tal como lo indica la Norma Técnica Peruana 334.051.

2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.4.1. Procedimientos para la recolección de datos

Ensayo de análisis granulométrico: NTP 400 - 012

Para realizar el ensayo se tomó muestras de arena gruesa de la cantera de Chicama ubicada a 25.7 Km de la ciudad de Trujillo, aproximadamente 40 min. Dicho ensayo se desarrolló como lo indica la Norma Técnica Peruana NTP 400.012; en el Centro de Innovación Tecnológica – Facultad de Ingeniería.

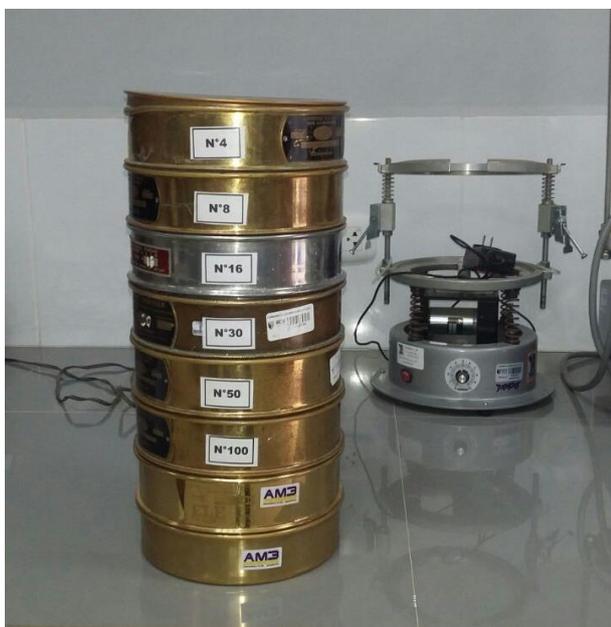


Figura 3. Tamices del número 8 hasta la 200

Cuadro 2. Granulometría del agregado fino

GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA	
MALLA ASTM	% QUE PASA
N° 4 (4,75 mm)	100
N° 8 (2.36 mm)	95 a 100
N° 16(1,18 mm)	70 a 100
N° 30(0,60 mm)	40 a 75
N° 50 (0,30 mm)	10 a 35
N° 100(0,15 mm)	2 a 15
N° 200(0,075 mm)	Menos de 2

Fuente. NTE E 0.70 Albañilería

- * No debe quedar retenido más del 50% de la arena entre dos mallas consecutivas, ni más del 25% entre las mallas N° 50 y N° 100.
- * Adicionalmente, en las Normas ASTM C 144 y E-070 se especifica que el módulo de fineza debe estar comprendido entre 1.6 y 2.5.
- * No deberá emplearse arena de mar para morteros.

Diseño de Mezcla para Mortero de cemento, arena y cal

La Norma ASTM - 270 clasifica a los morteros en dos tipos M y S, para muros portantes.

Cuadro 3. Tipos de morteros

TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA
M	1	1/4	2.8 a 3.8
S	1	1/4 a 1/2	2.8 a 4.5

Fuente. ASTM – 270

La Norma E-070 Albañilería (2006), los clasifica a los morteros con las siglas “P” para muros portantes y “NP” para muros no portantes; para ambos casos se puede hacer uso de la cal en el mortero. Ver cuadro 1.

Teniendo en cuenta las Normas Técnicas y la investigación realizada por el Ingeniero Rodrigo Salamanca en el Laboratorio de Ensayos e Investigaciones de la Universidad Nacional de Bogotá; para morteros plásticos. Se realizó el diseño de mezcla para mortero de albañilería, para muros portantes; constituido de cemento portland tipo I – Pacasmayo, cal hidráulica y arena gruesa de la cantera de Chicama.

Se pretendió dosificar un mortero para una resistencia a la compresión a los 28 días de 160 kg/cm². El mortero es plástico con una fluidez entre 102 a 113 %. El módulo de fineza de la arena gruesa según el ensayo de laboratorio es 2.6.

- * Paso N° 01: Cuantía del cemento. En el grafico N°03, con la resistencia a la compresión de 160 kg/cm² y con el módulo de fineza de 2.6, se obtiene: 455 kg/m³.
- * Paso N° 02: Cantidad de agua. En el grafico N° 04, con la resistencia a la compresión a los 28 días se determina la relación agua – cemento: A/C = 0.69. Luego calculamos la cantidad de agua:

$$A/C = 0.69$$

$$A = 0.69 * 455 \text{ kg/cm}^3$$

$$A = 313.95 \text{ kg por m}^3 \text{ de mortero}$$

- * Paso N°03: Contenido de arena.
 - Por ficha técnica la densidad del cemento es = 3.08 gr/m³ = 3080 kg/ m³
 - Por ensayo de laboratorio el peso específico de la arena gruesa = 2.6 gr/ cm³
 - Peso unitario suelto de la arena = 1.7 gr/cm³
 - Volumen del cemento: V_c

$$V_c = \frac{455}{3080} = 0.148 \quad \text{m}^3 \text{ por m}^3 \text{ de mortero}$$

- Volumen de agua = 313.95 litros = 0.3139 m³
- Volumen de aire incluido 0.01

- Volumen de la arena, $V_{ar} = 1 - V_c - V_{agua} - V_{aire}$

$$V_{arena} = 1 - (0.148 + 0.3139 + 0.01)$$

$$V_{arena} = 0.5014 \text{ m}^3 \text{ por m}^3 \text{ de mortero}$$

- Masa de la arena = $V_{arena} * \text{Densidad de la arena}$

$$\text{Masa de la arena} = 0.5281 * 2600 = 1373.06 \text{ kg/m}^3 \text{ de mortero}$$

Para una masa unitaria suelta de la arena de 1.7 kg/cm^3 se tiene = $1373.06 / 1700 = 0.808 \text{ m}^3$ por m^3 de mortero

Proporciones en peso:

Cemento	Agregado fino	Agua
$\frac{455.00 \text{ kg}}{455.00 \text{ kg}}$	$\frac{1373.06 \text{ kg}}{455.00}$	+ 313.95 Lt.
1	: 3	+ 313.95 Lt

Proporciones en Volumen:

$$\text{Cemento} = \frac{455.00 \text{ kg}}{1500 \text{ kg/m}^3} = 0.303 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado} = \frac{1373.06}{1410 \text{ kg/m}^3} = 0.97 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} \frac{\text{Lt}}{\text{Bls}} = \frac{313.95 \text{ Lt}}{\frac{455.00}{42.5 \text{ kg}}} = 29.325 \text{ Lt/Bls}$$

$$\frac{0.303}{0.303} \quad \frac{0.97}{0.303}$$

$$1 \quad : \quad 3 \quad : \quad 29.325 \text{ Lt/ Bls}$$

Basándose en los cálculos obtenidos se determinó usar la proporción de 1: $\frac{1}{2}$: 3 : 29.325 Lt/ Bls; 1 de cemento, $\frac{1}{2}$ de cal hidráulica, 3 de arena gruesa y 29.325 Lt/ Bls. La clara de huevo se calculó en dos 2, 3, 5, 7 y 9 % con respecto al peso del cemento.

Ensayos de resistencia a la compresión

- a) Resistencia a la compresión de mortero.- Para la composición del mortero seguimos el procedimiento de la norma de referencia, Norma Técnica Peruana 334. 051 (Indecopi, 2013). Las cantidades de los materiales a ser mezclados en un solo tiempo en una unidad de mortero para elaborar 3 especímenes de ensayos serán como se detalla en el cuadro siguiente:

Cuadro 4. Cantidad de materiales a ser usado en el mortero

Materiales	N° de especímenes 03
Cemento portland tipo I, gr	188
Arena gruesa gradada, gr	566
Cal hidráulica , gr	90
Agua potable	

Fuente. Investigación propia

Se utilizó 36 unidades de especímenes cúbicos de 50 mm de lado, 06 de ellos fueron especímenes patrón de 1:1/2:3: de cemento portland tipo I, cal hidráulica, arena gruesa gradada ($f'c = 160 \text{ kg/cm}^2$, a los 28 días) y 30 especímenes entre 2, 3, 5, 7, 9 % de clara de huevo, que se evaluó para las edades de 14 y 28 días, serán probados dentro de las tolerancias indicadas como sigue:

Cuadro 5. Tolerancias permisibles

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
14 d	± 6 horas
28 d	± 12 horas

Fuente. NTP 334.051: 2013

El procedimiento que se tuvo fue:

- Se determinó las dimensiones de los especímenes para conocer el área de la superficie de carga.
- Se verificó si las caras que van hacer comprimidas son paralelas entre sí, por lo que la máquina de ensayo no registra un dato exacto si sus caras expuestas al ensayo no están paralelas.
- Se colocó con mucho cuidado el espécimen, centrándolo debajo del bloque superior de la máquina de ensayo. No se debe utilizar materiales amortiguadores entre en cubo y los bloques.
- Se aplicó la velocidad de carga de 0.090 KN/Seg entre los platos superiores e inferiores correspondientes a una cara.
- Se utilizó un equipo de compresión ELE Serie T automático, error de +/- 0.5%.
- Se anotó la carga máxima total indicada por la máquina de ensayo y se calculó la resistencia a la compresión como sigue:

$$f_m = P/A \dots\dots\dots\text{Ecuación N}^\circ 1$$

Donde:

f_m : resistencia a la compresión en Mpa

P : carga máxima total en N

A : área de la superficie de carga en mm^2



Figura 4. Especimen cubico centrada y ubicada en la máquina de compresión.

- b) Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería – ladrillo King Kong Estándar 18 huecos - NTP 399.613 y 399.604

La unidad de albañilería más conocida como ladrillo es aquella cuyas dimensiones permita ser manipulado con una sola mano, pueden ser solidos, huecos, tubulares y alveolares; siendo el componente básico para la construcción. Su elaboración se realiza de diversos materiales como cemento portland, mezcla de sílice y cal como elementos principales. Su modo constructivo también varía, entre ellos se tiene los métodos de mezclas como el de extrusión y compactación, así también por fabricación industrial y artesanal. Por los aspectos mencionados tanto sus dimensiones, forma, peso; se determina su calidad de la unidad. Estructuralmente su clasificación y propiedades de la unidad de albañilería lo detalla la Norma Técnica E- 070 – Albañilería.

Cuadro 6. Clases de la unidad de albañilería para fines estructurales

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

Fuente. NTE E. 070 Albañilería

(a). La unidad de albañilería obtenida por el ensayo de resistencia a la compresión permitió clasificarlo como ladrillo clase I.

Limitaciones en su aplicación.-Las limitaciones del uso de la unidad de albañilería están condicionado según lo indica el cuadro N° 09 y las zonas sísmicas lo indica la NTE. 030. Diseño Sísmico Estructural.

Cuadro 7. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales

LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES			
TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo el edificio
Sólido artesanal	No	Si, hasta dos pisos	Si
Sólido industrial	Si	Si	Si
Alveolar	Si Celdas totalmente rellenas con grout	Si Celdas parcialmente rellenas con grout	Si Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Si
Tubular	No	No	Si, hasta 2 pisos

Fuente: NTE E. 070 Albañilería

Muestreo: El muestreo se realizó en un lote de 50 millares de unidades, de la cual se eligió a seis unidades al azar, sobre las que se realizara las pruebas de variación dimensional y compresión axial. Según la NTE- E .070 Albañilería.

Determinación de la variación dimensional.-Se determinó la variación dimensional de las unidades de albañilería, según el procedimiento que indica la Normas NTP 399.613 y 399.604. Se realizó con el objetivo de determinar la variación porcentual de la muestra y realizar el análisis físico y estadístico de los resultados obtenidos.

Equipos: Balanza, capacidad 4 000 gr.

Herramientas: ficha de reporte, vernier, wincha y cámara fotográfica.

Procedimiento: Las muestras fueron medidas con el Vernier, posteriormente se determinó el promedio de cada dimensión (largo, ancho, alto) en mm. Para la variación dimensional se determinó para cada arista de las 3 unidades de albañilería.

Expresión:

$$\%V = \frac{(DE- DP)}{DE} \times 100 \dots\dots\dots\text{Ecuación N}^\circ 2$$

DE = Dimensión específica

DP = Dimensión promedio



Figura 5. Determinado las dimensiones de la unidad de albañilería.

Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuó de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.613 y 339.604. En el desarrollo del ensayo se utilizó la máquina de compresión ELE Serie T automático, error de +/- 0.5%, la cual estuvo provista para la aplicación de la carga de un rodillo de metal endurecido de asiento esférico. El centro de la superficie del casquete esférico debe coincidir con el centro de la superficie del bloque que se pone en contacto con el espécimen, dicho bloque se mantiene inmóvil en su asiento esférico pero puede girar libremente en cualquier dirección. El diámetro de la superficie del bloque de apoyo debe ser como mínima de 12.5 cm; con una velocidad de carga de 14,8 KN/Seg.

La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería ($f'b$) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra. La resistencia característica a la compresión $f'b$ se halla con las siguientes fórmulas:

$$C = \frac{P (kg)}{A(cm^2)} \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 3$$

$$f'b = C * - \sigma \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 4$$

Donde:

C = Resistencia a compresión del espécimen (Kg/cm²).

P = Carga de rotura (Kg).

A = Promedio de las áreas brutas superior e inferior (cm²).

$f'b$ = Resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería (Kg/cm²).

C * = Promedio de la resistencia a la compresión de la muestra (Kg/cm²)

σ = Desviación estándar de la muestra (Kg/cm²).



Figura 15. Ubicación en la máquina de ensayo a la unidad de albañilería

- c) Ensayo de compresión de pilas de albañilería NTP 399.613 y NTP 339.604 - ASTM C 1314.- El ensayo se realizó con la finalidad de analizar el comportamiento de la resistencia a compresión de la albañilería realizada con ladrillo de arcilla king Kong Estandar 18 huecos, se construyó una pila patrón con 3 ladrillos y una pila usando en el mortero el 2% de clara de huevo como aditivo (porcentaje que generó la mayor resistencia a la compresión en especímenes cúbicos de mortero), fue unida con mortero de 1.5 cm de espesor (junta); la pila representa los muros de una edificación común.

Determinación de la succión de la unidad de albañilería.- Se desarrolló como lo indica la NTP 399.604 y 399.613. La succión se determinó en gramos de agua por cada cm² de la superficie que estuvo en contacto con el agua por un minuto. No debe ser superior a 0.45 g/cm² por minuto. Si la succión es mayor a 0.15 gr/cm² x min, se debe sumergir en agua a la unidad de albañilería antes de su colocación para evitar la deshidratación del mortero. Para las unidades de arcilla y las condiciones climatológicas lo requieran, se debe regar por media hora, de 10 a 15 horas antes de asentarlas. La succión adecuada para empezar al asentado es entre 10 a 20 gr/200cm²xmin.

Equipos: Balanza, de capacidad 4 000 gr, horno de T°100 ± 5°C.

Herramientas: ficha de reporte, cronometro, cámara fotográfica.

Materiales: 03 unidades de albañilería.

Procedimiento: Se pesó cada unidad, luego se colocó al horno hasta obtener un peso constante. Se midió el área de la cara que estuvo expuesta en el agua, estuvo el agua y la unidad a 3mm de contacto por espacio de un min. Se secó cada unidad, luego se pesó, obteniendo su peso en gr. La succión (Si), se calculó con la siguiente fórmula:

$$s_i = \frac{(Q_i - P_i)}{A} \times 200 \dots \dots \dots \text{Ecuación N}^\circ 5$$

Donde:

Q_i = Peso en gramos del ladrillo después de la inmersión

P_i = Peso en gramos del ladrillo antes de la inmersión

A_i = Área en cm^2 del ladrillo descontando las perforaciones.



Figura 6. Proceso de succión de la unidad de albañilería

Con los datos obtenidos tanto de variación dimensional y succión de la unidad de albañilería, se construyeron 2 pilas de albañilería en total, una pila patrón (P0), donde no se hizo uso de la clara de huevo y la segunda pila (P1) se utilizó el 2% de clara de huevo; estos fueron construidos en una sola jornada de trabajo y tuvieron un tiempo de fraguado de 14 y 28 días. Teniéndose en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las pilas se construyeron en los ambientes del laboratorio de Materiales Cerámicos de la Universidad Nacional de Trujillo.
- La unidad de albañilería utilizada fue de arcilla - ladrillo King Kong 18 huecos.
- Tuvieron como dimensiones: 0.12 m de ancho, 0.235 m largo y 0.296 de alto.
- Se seleccionaron las unidades de albañilería, descartando las que estuvieron en mal estado.

- Las unidades de albañilería se regaron 15 horas antes de ser asentados por un espacio de media hora.
- El mortero utilizado fue con dosificación de 1:1/2:3(cemento, cal y arena); mas el agua necesaria para obtener una mezcla trabajable.
- Para la construcción de pilas se asentó presionando verticalmente las unidades.
- Se utilizó la plomada y el escantillón, uno para controlar su verticalidad y el otro su altura en el asentado de las unidades.

Para determinar la altura de las pilas de albañilería, se consideró lo siguiente: La facilidad constructiva se consiguió empleando 3 unidades de albañilería, el almacenaje se realizó en el ambiente donde se construyó la pila, la facilidad en el transporte desde el ambiente de construcción de la pila hasta el laboratorio, el fácil manejo en el laboratorio a fin de instalarlas en la máquina de ensayos. El rango de esbelteces y la esbeltez nominal especificada en la NTE.

Ensayo de compresión de pilas de albañilería (ASTM C 1314)

Luego que las 02 pilas cumplieron 14 y 28 días de edad, fueron ensayadas a compresión axial a una velocidad de carga de 14,5 ton/min. Se utilizó la máquina de compresión axial, siendo anotado los valores que arrojaron cada pila representativa de albañilería, realizados en el laboratorio de Materiales Cerámicos de la Universidad Nacional de Trujillo.

Para obtener la resistencia a la compresión de las pilas de albañilería ($f'm$), se utilizó la siguiente formula:

$$f'm = \frac{(P_{max})}{Area\ bruta} \dots\dots\dots Ecuación\ N^{\circ}\ 6$$

El valor resultante se corrigió con el coeficiente de esbeltez que lo encontramos en la Norma Técnica E.070.



Figura 7. Pila de albañilería ubicada en la máquina de ensayo.

Ensayo de Sortividad: ASTM C 1585 – Método para medir la tasa de absorción de agua

En el desarrollo del ensayo utilizamos una balanza con sensibilidad de 0.1 gr, horno con temperatura de $100 \pm 10^{\circ} \text{C}$ y 15 especímenes cúbicos de 50 mm por lodo, de mortero de cemento portland tipo I, arena gruesa gradada, cal hidratada; 2,3, 5, 7, 9 % de clara de huevo y 03 especímenes patrón con una dosificación de 1:1/2:3: de cemento portland tipo I, cal hidráulica, arena gruesa gradada.

El ensayo se desarrolló como lo indica la Norma Técnica ASTM C 1585; método para medir la tasa de absorción de agua. Este método se usó para determinar la tasa de absorción capilar del mortero, por medio de la medición del incremento de masa de la muestra cuando una cara de esta se expuso al agua.

La absorción de agua se calcula mediante la siguiente formula:

$$I = \frac{mt}{Ad} \dots \dots \dots \text{Ecuación N}^\circ 7$$

- I = absorción (mm)
- mt = cambio de masa del espécimen en gr, para un tiempo t
- A = área de la sección del espécimen (mm)
- d = densidad del agua (g/ mm³)

La tasa de absorción o sortividad es la pendiente que mejor se ajusta a la absorción I (mm) versus \sqrt{t} . La sortividad inicial se determinó a partir del primer minuto hasta las 6 horas. Para desarrollar el ensayo se selló con parafina las caras laterales y la cara opuesta que estuvo en contacto con el agua de cada espécimen. Se colocó un dispositivo de soporte dentro de la bandeja, se llenó la misma con agua a un nivel de 3mm arriba del tope del dispositivo de soporte. Se registró la masa a intervalos de: el primero a 1 min \pm 25 s; el segundo a 5 min \pm 10 s; el tercero a 10 min \pm 2 min; 20, 30 y 60 min. Luego se continuó a cada hora \pm 5 min hasta las 6 horas.

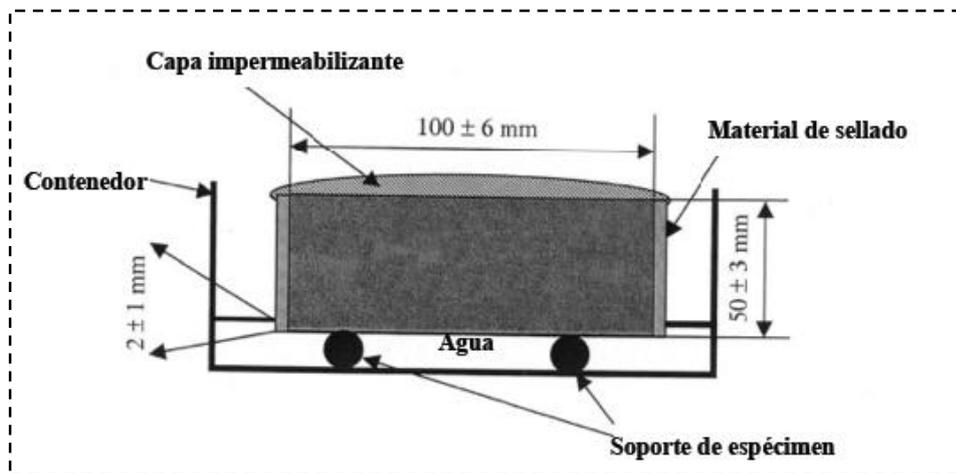


Figura 8. Esquema de mediada de la Sortividad.

Fuente. Norma – ASTM C 1585-11

El ensayo de sortividad realizadas a los especímenes cúbicos de mortero, se realizó en el laboratorio Centro de Innovación Tecnológica – Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo.

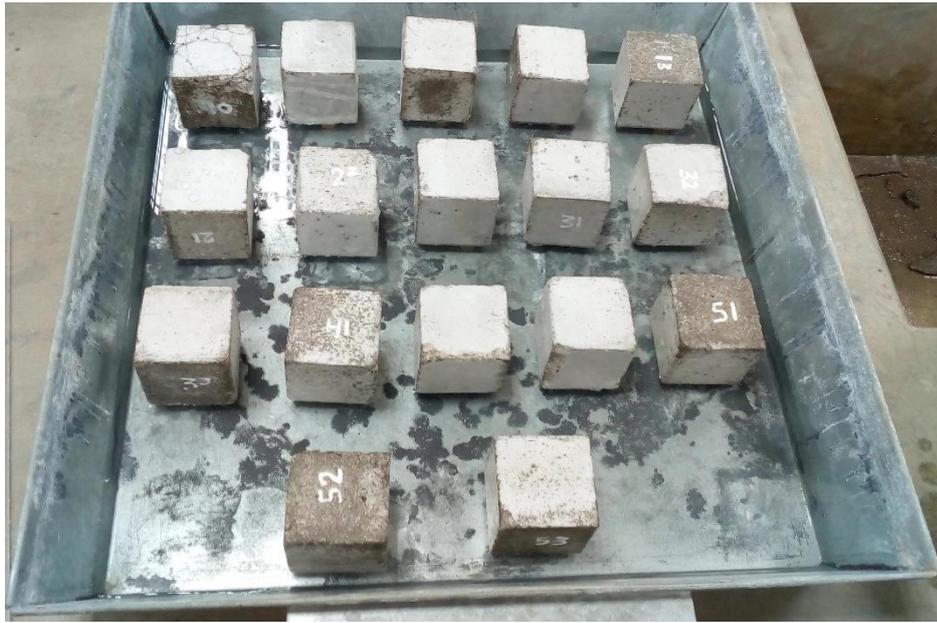


Figura 9. Especímenes cúbicos en ensayo de sortividad.

2.5. Métodos de Análisis de Datos

Para el procesamiento y análisis de resultados se utilizó el software estadístico SPSS para generar las tablas simples y de doble estrada, así como las técnicas estadísticas de Análisis de Varianza (ANOVA) y la prueba Post Hoc (Tukey).

2.6. Aspectos Éticos

La presente investigación se desarrolla dando cumplimiento a las normas que rigen en nuestro país como: la Norma Técnica Peruana, Reglamento Nacional de Edificaciones, ISO 9001, entre otras, para obtener resultados satisfactorios, las cuales no serán manipulados y reflejaran estrictamente los ensayos realizadas.

III. RESULTADOS

Los ensayos realizados en la presente tesis se realizaron en el laboratorio del Centro de Innovación Tecnológica – Facultad de Ingeniería de la Universidad Cesar Vallejo, Laboratorio de Materiales Cerámicos y LASACI, de Universidad Nacional de Trujillo. Siguiendo los procedimientos internos de cada Institución y de las Normas Técnicas Peruanas. Se utilizó cemento portland tipo I – Pacasmayo, agregado fino de la cantera de Chicama, cal hidráulica Puzzolánico y clara de huevo como aditivo natural (genera resistencia y disminuye la capilaridad).

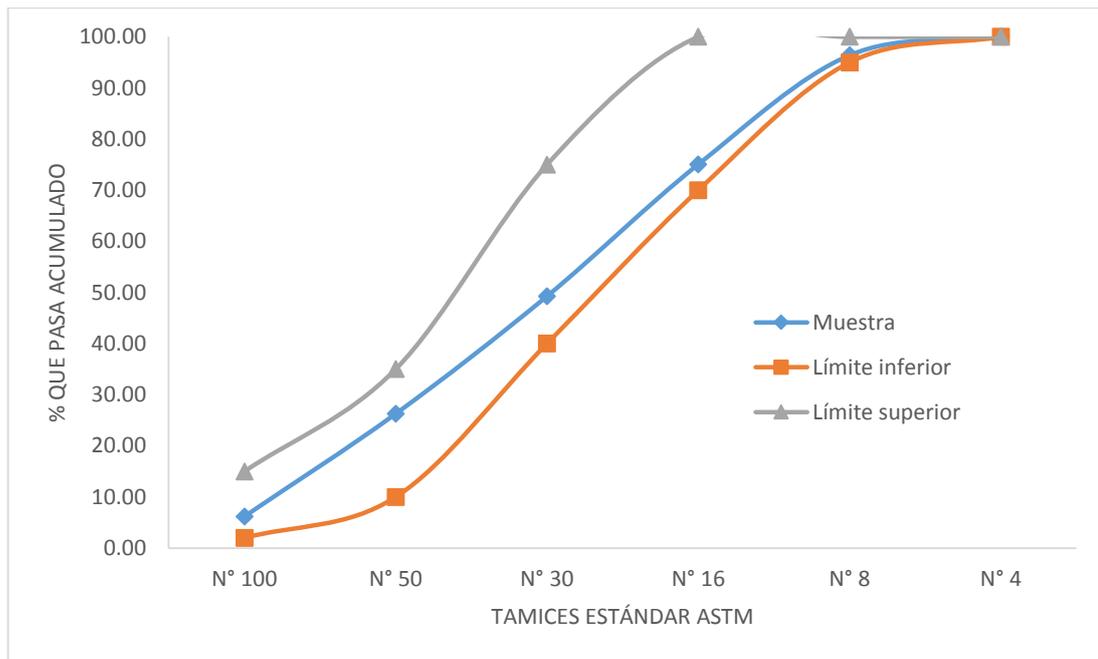
Nota: en el anexo 1 se exponen los formatos de los ensayos realizados en los laboratorios antes mencionados.

3.1. Resultado del ensayo granulométrico de arena gruesa.

Tabla 1

Resultado de ensayo de granulometría

Malla N°	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido		% Acumulado que pasa
			Parcial	Acumulado	
4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
8	2.36	78.23	3.29	3.29	96.71
16	1.18	562.48	23.65	26.94	73.06
30	0.6	669.16	28.14	55.08	44.92
50	0.3	498.45	20.96	76.04	23.96
100	0.15	435.22	18.30	94.34	5.66
200	0.08	105.14	4.42	98.77	1.23
Plato		29.36	1.24	100.00	0.00
Suma		2378.04	100.00		



Análisis de resultados

- El mortero tiene como constituyente en su composición agregado fino (arena gruesa) con la gradación indicada en la Norma E -070 de Albañilería. Los porcentajes acumulados que pasan, si cumplen los parámetro que establece la normativa.
- El módulo de finesa obtenido (2.5), está comprendido entre los valores 1.6 y 2.5 establecidos en la Norma E-070 de Albañilería.
- Porcentaje que pasa el tamiz Nº 200: obteniéndose un 1.23 % como resultado, encontrándose dentro de los límites (5% máximo) especificados para la arena natural según la norma ASTM C33 / NTP 300.037.

3.2. Resultado de diseño de mezcla para el mortero de cemento, cal y arena

Cuadro 8. Diseño de morteros

DISEÑO DE MORTERO		
f'c	kg/cm ²	160
CEMENTO		
TIPO DE CEMENTO	NTP 334.009/ASTM C-150	
Peso específico cemento	g/cm ³	3.08
AGREGADO FINO		
Peso específico de masa	kg/m ³	2 700
Peso unitario suelto	kg/m ³	1717.86
Peso unitario compactado	kg/m ³	1889.82
Contenido de humedad	%	0.55
Módulo de fineza		2.55
Porcentaje que pasa por la malla #200	%	0.06
CAL		
Peso volumétrico	kg/m ³	640
Peso específico	kg/m ³	2300
slump	plg	5

MORTERO	cemento	cal	arena	agua
Dosificación	1	0.5	3	1.05
Aire atrapado	1%			
Material por m ³	455 kg/m ³	227.00 kg	1373.0 kg	314 lts

Fuente. Investigación propia

3.3. Resultado del ensayo de resistencia a la compresión de mortero de cemento, cal y arena.

Resultados estadísticos a 14 días de edad del mortero

Tabla 2

Resultados de Prueba de Normalidad

PRUEBA DE NORMALIDAD						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk (n ≤ 50)		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PATRON14	0,190	3	.	0,997	3	0,903
DOS14	0,304	3	.	0,907	3	0,407
TRES14	0,209	3	.	0,992	3	0,825
CINCO14	0,248	3	.	0,968	3	0,659
SIETE14	0,362	3	.	0,805	3	0,125
NUEVE14	0,339	3	.	0,851	3	0,243

a. Corrección de significación de Lilliefors

Interpretación:

Como Sig. > 0.05, entonces los datos presentan una distribución normal y en consecuencia se puede aplicar la prueba ANOVA para analizar diferencias significativas entre los grupos de datos (resistencias).

Tabla 3

Descriptivos

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
PATRON	3	276,67	28,537	16,476	205,78	347,56	249	306
DOS % HUEVO	3	333,33	4,726	2,728	321,59	345,07	328	337
TRES % HUEVO	3	267,67	97,910	56,528	24,45	510,89	165	360
CINCO % HUEVO	3	222,00	48,775	28,160	100,84	343,16	169	265
SIETE % HUEVO	3	196,00	68,564	39,585	25,68	366,32	117	240
NUEVE % HUEVO	3	141,33	43,363	25,036	33,61	249,05	111	191
Total	18	239,50	79,413	18,718	200,01	278,99	111	360

En esta tabla se muestran las medidas estadísticas básicas de los grupos de datos.

Tabla 4

Resaltado de técnicas estadísticas - ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	68443,833	5	13688,767	4,237	0,019
Dentro de grupos	38766,667	12	3230,556		
Total	107210,500	17			

Interpretación:

Como Sig. < 0.05, entonces los grupos de datos presentan diferencias significativas en por lo menos dos de ellos. Por lo tanto se realiza el análisis Post hoc (posterior al ANOVA) para ver qué grupos presentan esta diferencia.

Tabla 13

Pruebas post hoc (posterior al ANOVA)

COMPARACIÓN ENTRE GRUPOS		Sig.	95% de intervalo de confianza	
			Límite inferior	Límite superior
PATRON14	DOS%HUEVO	0,819	-212,55	99,21
	TRES%HUEVO	1,000	-146,88	164,88
	CINCO%HUEVO	0,839	-101,21	210,55
	SIETE%HUEVO	0,535	-75,21	236,55
	NUEVE%HUEVO	0,104	-20,55	291,21
DOS%HUEVO	PATRON14	0,819	-99,21	212,55
	TRES%HUEVO	0,718	-90,21	221,55
	CINCO%HUEVO	0,230	-44,55	267,21
	SIETE%HUEVO	0,097	-18,55	293,21
	NUEVE%HUEVO	0,013	36,12	347,88
TRES%HUEVO	PATRON14	1,000	-164,88	146,88
	DOS%HUEVO	0,718	-221,55	90,21
	CINCO%HUEVO	0,915	-110,21	201,55
	SIETE%HUEVO	0,645	-84,21	227,55
	NUEVE%HUEVO	0,141	-29,55	282,21
CINCO%HUEVO	PATRON14	0,839	-210,55	101,21
	DOS%HUEVO	0,230	-267,21	44,55
	TRES%HUEVO	0,915	-201,55	110,21
	SIETE%HUEVO	0,992	-129,88	181,88
	NUEVE%HUEVO	0,535	-75,21	236,55
SIETE%HUEVO	PATRON14	0,535	-236,55	75,21
	DOS%HUEVO	0,097	-293,21	18,55
	TRES%HUEVO	0,645	-227,55	84,21
	CINCO%HUEVO	0,992	-181,88	129,88

	NUEVE%HUEVO	0,839	-101,21	210,55
NUEVE%HUEVO	PATRON14	0,104	-291,21	20,55
	DOS%HUEVO	0,013	-347,88	-36,12
	TRES%HUEVO	0,141	-282,21	29,55
	CINCO%HUEVO	0,535	-236,55	75,21
	SIETE%HUEVO	0,839	-210,55	101,21

Interpretación:

Se observa que ningún grupo muestra diferencia significativa (sig. < 0.05) con el grupo patrón (ver primera fila). En donde sí se observa esta diferencia (sig. = 0.013 < 0.05) es en los grupos experimentales que se utilizó clara de huevo al 2%v y 9%.

Resultados Estadísticos a 28 Días de Edad del mortero

Tabla 5

Resultados de Prueba de Normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk (n ≤ 50)		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PATRON28	0,194	3	.	0,997	3	0,888
DOS28	0,321	3	.	0,881	3	0,328
TRES28	0,206	3	.	0,993	3	0,835
CINCO28	0,250	3	.	0,967	3	0,649
SIETE28	0,364	3	.	0,800	3	0,116
NUEVE28	0,340	3	.	0,849	3	0,239

a. Corrección de significación de Lilliefors

Interpretación:

Como Sig. > 0.05, entonces los datos presentan una distribución normal y en consecuencia se puede aplicar la prueba ANOVA para analizar diferencias significativas entre los grupos de datos (resistencias).

Tabla 6

Descriptivos

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
PATRON28	3	332,33	34,559	19,953	246,48	418,18	299	368
DOS%HUEVO	3	400,67	5,859	3,383	386,11	415,22	394	405
TRES%HUEVO	3	321,33	116,937	67,514	30,84	611,82	199	432
CINCO%HUEVO	3	266,67	58,484	33,766	121,39	411,95	203	318
SIETE%HUEVO	3	235,33	82,712	47,754	29,86	440,80	140	288
NUEVE%HUEVO	3	169,33	52,080	30,068	39,96	298,71	133	229
Total	18	287,61	95,485	22,506	240,13	335,09	133	432

En esta tabla se muestran las medidas estadísticas básicas de los grupos de datos.

Tabla 7

Resaltado de técnicas estadísticas - ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	99240,278	5	19848,056	4,272	0,018
Dentro de grupos	55754,000	12	4646,167		
Total	154994,278	17			

Interpretación:

Como Sig. = 0.018 < 0.05, entonces los grupos de datos presentan diferencias significativas en por lo menos dos de ellos. Por lo tanto se realiza el análisis Post hoc (posterior al ANOVA) para ver qué grupos presentan esta diferencia.

Tabla 8

Pruebas post hoc (posterior al ANOVA)

		Sig.	95% de intervalo de confianza	
			Límite inferior	Límite superior
PATRON28	DOS%HUEVO	0,816	-255,27	118,61
	TRES%HUEVO	1,000	-175,94	197,94
	CINCO%HUEVO	0,838	-121,27	252,61
	SIETE%HUEVO	0,532	-89,94	283,94
	NUEVE%HUEVO	0,102	-23,94	349,94
DOS%HUEVO	PATRON28	0,816	-118,61	255,27
	TRES%HUEVO	0,713	-107,61	266,27
	CINCO%HUEVO	0,227	-52,94	320,94
	SIETE%HUEVO	0,095	-21,61	352,27
	NUEVE%HUEVO	0,013	44,39	418,27
TRES%HUEVO	PATRON28	1,000	-197,94	175,94
	DOS%HUEVO	0,713	-266,27	107,61
	CINCO%HUEVO	0,915	-132,27	241,61
	SIETE%HUEVO	0,645	-100,94	272,94
	NUEVE%HUEVO	0,139	-34,94	338,94
CINCO%HUEVO	PATRON28	0,838	-252,61	121,27
	DOS%HUEVO	0,227	-320,94	52,94
	TRES%HUEVO	0,915	-241,61	132,27
	SIETE%HUEVO	0,992	-155,61	218,27
	NUEVE%HUEVO	0,529	-89,61	284,27
SIETE%HUEVO	PATRON28	0,532	-283,94	89,94
	DOS%HUEVO	0,095	-352,27	21,61
	TRES%HUEVO	0,645	-272,94	100,94
	CINCO%HUEVO	0,992	-218,27	155,61
	NUEVE%HUEVO	0,835	-120,94	252,94
NUEVE%HUEVO	PATRON28	0,102	-349,94	23,94
	DOS%HUEVO	0,013	-418,27	-44,39
	TRES%HUEVO	0,139	-338,94	34,94
	CINCO%HUEVO	0,529	-284,27	89,61
	SIETE%HUEVO	0,835	-252,94	120,94

Interpretación:

Se observa que ningún grupo muestra diferencia significativa (sig. < 0.05) con el grupo patrón (ver primera fila). En donde sí se observa esta diferencia (sig. = 0.013 < 0.05) es en los grupos experimentales que se utilizó clara de huevo al 2% y 9%.

Tabla 9

Resistencia a la Compresión por cada unidad de albañilería

	Fuerza (KN)	Rc (Kg/ cm2)	MEDIA	DESV EST
M1	165.00	60	70.33	17.04
M2	252.60	90		
M3	173.30	61		

Tabla 10

Resistencia a la Compresión a especímenes cúbicos de mortero

		Resistencia (Kg/cm2) a mortero para albañilería					
Nº	Tiempo de curado	Patrón	2%	3%	5%	7%	9%
1	14	306	337	165	232	240	122
2	14	275	328	360	169	231	191
3	14	249	335	278	265	117	111
1	28	368	405	199	279	288	146
2	28	330	394	432	203	278	229
3	28	299	403	333	318	140	133

3.3.1. Resultado de ensayo de resistencia a la compresión de mortero

Se realizó lo ensayos de resistencia a la compresión a los 14 y 28 días de edad. Se ensayaron tres cubos de mortero patrón, tres cubos de mortero con 2 % de clara de huevo, tres cubos de mortero con 3% de clara de huevo, tres cubos mortero con 5% de clara de huevo, tres cubos de mortero con 7% de clara de huevo y tres cubos de mortero con 9% de clara de huevo.

Tabla 11

Resumen del ensayo de resistencia a la compresión de mortero – 14 días de edad

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CÚBICOS DE MORTERO							
% CDH	N° ESPECIME N	TORRE N°	LADO A (mm)	LADO B (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (KN)	f _u (Kg/cm ²)
0	N° 1	E0A	50	50	2500	75	306
	N° 2	E0B	50	50	2500	67	275
	N° 3	E0C	50	50	2500	61	249
2	N° 4	E1A	50	50	2500	83	337
	N° 5	E1B	50	50	2500	81	328
	N° 6	E1C	50	50	2500	82	335
3	N° 7	E2A	50	50	2500	41	165
	N° 8	E2B	50	50	2500	88	360
	N° 9	E2C	50	50	2500	68	278
5	N° 10	E3A	50	50	2500	57	232
	N° 11	E3B	50	50	2500	41	169
	N° 12	E3C	50	50	2500	65	265
7	N° 13	E4A	50	50	2500	59	240
	N° 14	E4B	50	50	2500	57	231
	N° 15	E4C	50	50	2500	29	117
9	N° 16	E5A	50	50	2500	30	122
	N° 17	E5B	50	50	2500	47	191
	N° 18	E5C	50	50	2500	27	111

El análisis del ensayo demuestra que el 2% de clara de huevo usado como aditivo genero la mayor resistencia a la compresión de 328.26 kg/cm², ensayada a los 14 días de edad, con un coeficiente de variación entre especímenes de 1.42 %, que representa valores aceptables.

Tabla 12

Resultados del ensayo de compresión del mortero patrón

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CÚBICOS DE MORTERO							
% CDH	N° ESPECIMEN	TORRE N°	LADO A (mm)	LADO B (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (KN)	f _u (Kg/cm ²)
0	N° 1	EOA	50	50	2500	75	306
	N° 2	EOB	50	50	2500	67	275
	N° 3	EOC	50	50	2500	61	249

f_u PROMEDIO = 277 kg/cm²
 DESVIACIÓN ESTANDAR = 28.54 kg/cm²
 COEFICIENTE DE VARIACIÓN = 10.30 %
 f_u CARACTERÍSTICA = 248.46 kg/cm²

Tabla 13

Resultados del ensayo de compresión del mortero con 2% de CDH

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CÚBICOS DE MORTERO							
% CDH	N° ESPECIMEN	TORRE N°	LADO A (mm)	LADO B (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (KN)	f _u (Kg/cm ²)
2	N° 4	E1A	50	50	2500	83	337
	N° 5	E1B	50	50	2500	81	328
	N° 6	E1C	50	50	2500	82	335

f_u PROMEDIO = 333 kg/cm²
 DESVIACIÓN ESTANDAR = 4.74 kg/cm²
 COEFICIENTE DE VARIACIÓN = 1.42 %
 f_u CARACTERÍSTICA = 328.26 kg/cm²

Tabla 14

Resultados del ensayo de compresión del mortero con 3 % de CDH

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CÚBICOS DE MORTERO							
% CDH	N° ESPECIMEN	TORRE N°	LADO A (mm)	LADO B (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (KN)	f _u (Kg/cm ²)
3	N° 7	E2A	50	50	2500	41	165
	N° 8	E2B	50	50	2500	88	360
	N° 9	E2C	50	50	2500	68	278

f_u PROMEDIO = 268 kg/cm²
 DESVIACIÓN ESTANDAR = 97.91 kg/cm²
 COEFICIENTE DE VARIACIÓN = 36.53 %
 f_u CARACTERÍSTICA = 170.53 kg/cm²

Tabla 15

Resultados del ensayo de compresión del mortero con 5 % de CDH

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CÚBICOS DE MORTERO							
% CDH	N° ESPECIMEN	TORRE N°	LADO A (mm)	LADO B (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (KN)	f _u (Kg/cm ²)
5	N° 10	E3A	50	50	2500	57	232
	N° 11	E3B	50	50	2500	41	169
	N° 12	E3C	50	50	2500	65	265

f_u PROMEDIO = 222 kg/cm²
 DESVIACIÓN ESTANDAR = 48.77 kg/cm²
 COEFICIENTE DE VARIACIÓN = 21.97 %
 f_u CARACTERÍSTICA = 173.23 kg/cm²

Tabla 16

Resultados del ensayo de compresión del mortero con 7 % de CDH

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CÚBICOS DE MORTERO							
% CDH	N° ESPECIMEN	TORRE N°	LADO A (mm)	LADO B (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (KN)	f _u (Kg/cm ²)
7	N° 13	E4A	50	50	2500	59	240
	N° 14	E4B	50	50	2500	57	231
	N° 15	E4C	50	50	2500	29	117

f_u PROMEDIO = 196 kg/cm²
 DESVIACIÓN ESTANDAR = 68.56 kg/cm²
 COEFICIENTE DE VARIACIÓN = 35 %
 f_u CARACTERÍSTICA = 127.44 kg/cm²

Tabla 17

Resultados del ensayo de compresión del mortero con 9 % de CDH

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CÚBICOS DE MORTERO							
% CDH	N° ESPECIMEN	TORRE N°	LADO A (mm)	LADO B (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (KN)	f _u (Kg/cm ²)
9	N° 16	E5A	50	50	2500	30	122
	N° 17	E5B	50	50	2500	47	191
	N° 18	E5C	50	50	2500	27	111

f_u PROMEDIO = 141.00 kg/cm²
 DESVIACIÓN ESTANDAR = 43.36 kg/cm²
 COEFICIENTE DE VARIACIÓN = 30.8 %
 f_u CARACTERÍSTICA = 97.64 kg/cm²

Tabla 18

Resumen de resistencias características del mortero de cemento, cal y arena.

Resistencia Característica (Kg/cm ²) de mortero para albañilería						
DÍAS DE EDAD	Patrón	2%	3%	5%	7%	9%
14	248.46	328.26	170.53	173.23	127.44	97.64

Tabla 19

Resumen del ensayo de resistencia a la compresión de mortero – 28 días de edad

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CÚBICOS DE MORTERO							
% CDH	N° ESPECIM EN	TORRE N°	LADO A (mm)	LADO B (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (KN)	f _u (Kg/cm ²)
0	N° 1	E0A	50	50	2500	90	368
	N° 2	E0B	50	50	2500	81	330
	N° 3	E0C	50	50	2500	73	299
2	N° 4	E1A	50	50	2500	99	405
	N° 5	E1B	50	50	2500	97	394
	N° 6	E1C	50	50	2500	99	403
3	N° 7	E2A	50	50	2500	49	199
	N° 8	E2B	50	50	2500	106	432
	N° 9	E2C	50	50	2500	82	333
5	N° 10	E3A	50	50	2500	68	279
	N° 11	E3B	50	50	2500	50	203
	N° 12	E3C	50	50	2500	78	318
7	N° 13	E4A	50	50	2500	71	288
	N° 14	E4B	50	50	2500	68	278
	N° 15	E4C	50	50	2500	34	140
9	N° 16	E5A	50	50	2500	36	146
	N° 17	E5B	50	50	2500	56	229
	N° 18	E5C	50	50	2500	33	133

El análisis del ensayo demuestra que el 2% de clara de huevo usado como aditivo genero la mayor resistencia a la compresión de 395.1 kg/cm², ensayada a los 28 días de edad, con un coeficiente de variación entre especímenes de 1.5 %, que representa valores aceptables.

Tabla 20

Resultados del ensayo de compresión del mortero patrón

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CÚBICOS DE MORTERO							
% CDH	N° ESPECIMEN	TORRE N°	LADO A (mm)	LADO B (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (KN)	f _u (Kg/cm ²)
0	N° 1	EOA	50	50	2500	90	368
	N° 2	EOB	50	50	2500	81	330
	N° 3	EOC	50	50	2500	73	299

f_u PROMEDIO = 332 kg/cm²
 DESVIACIÓN ESTANDAR = 34.56 kg/cm²
 COEFICIENTE DE VARIACIÓN = 10.4 %
 f_u CARACTERÍSTICA = 297.44 kg/cm²

Tabla 21

Resultados del ensayo de compresión del mortero con 2% de CDH

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CÚBICOS DE MORTERO							
% CDH	N° ESPECIMEN	TORRE N°	LADO A (mm)	LADO B (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (KN)	f _u (Kg/cm ²)
2	N° 4	E1A	50	50	2500	99	405
	N° 5	E1B	50	50	2500	97	394
	N° 6	E1C	50	50	2500	99	403

f_u PROMEDIO = 401 kg/cm²
 DESVIACIÓN ESTANDAR = 5.9 kg/cm²
 COEFICIENTE DE VARIACIÓN = 1.5 %
 f_u CARACTERÍSTICA = 395.1 kg/cm²

Tabla 22

Resultados del ensayo de compresión del mortero con 3 % de CDH

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CÚBICOS DE MORTERO							
% CDH	N° ESPECIMEN	TORRE N°	LADO A (mm)	LADO B (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (KN)	f _u (Kg/cm ²)
3	N° 7	E2A	50	50	2500	49	199
	N° 8	E2B	50	50	2500	106	432
	N° 9	E2C	50	50	2500	82	333

f_u PROMEDIO = 321.00 kg/cm²
 DESVIACIÓN ESTANDAR = 116.94 kg/cm²
 COEFICIENTE DE VARIACIÓN = 36.4 %
 f_u CARACTERÍSTICA = 204.06 kg/cm²

Tabla 23

Resultados del ensayo de compresión del mortero con 5 % de CDH

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CÚBICOS DE MORTERO							
% CDH	N° ESPECIMEN	TORRE N°	LADO A (mm)	LADO B (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (KN)	f _u (Kg/cm ²)
5	N° 10	E3A	50	50	2500	68	279
	N° 11	E3B	50	50	2500	50	203
	N° 12	E3C	50	50	2500	78	318

f_u PROMEDIO = 267.00 kg/cm²
 DESVIACIÓN ESTANDAR = 58.48 kg/cm²
 COEFICIENTE DE VARIACIÓN = 21.9 %
 f_u CARACTERÍSTICA = 202.52 kg/cm²

Tabla 24

Resultados del ensayo de compresión del mortero con 7 % de CDH

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CÚBICOS DE MORTERO							
% CDH	N° ESPECIMEN	TORRE N°	LADO A (mm)	LADO B (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (KN)	f _u (Kg/cm ²)
7	N° 13	E4A	50	50	2500	71	288
	N° 14	E4B	50	50	2500	68	278
	N° 15	E4C	50	50	2500	34	140

f_u PROMEDIO = 235.00 kg/cm²
 DESVIACIÓN ESTANDAR = 82.71 kg/cm²
 COEFICIENTE DE VARIACIÓN = 35.19 %
 f_u CARACTERÍSTICA = 152.29 kg/cm²

Tabla 25

Resultados del ensayo de compresión del mortero con 9 % de CDH

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CÚBICOS DE MORTERO							
% CDH	N° ESPECIMEN	TORRE N°	LADO A (mm)	LADO B (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (KN)	f _u (Kg/cm ²)
9	N° 16	E5A	50	50	2500	36	146
	N° 17	E5B	50	50	2500	56	229
	N° 18	E5C	50	50	2500	33	133

f_u PROMEDIO = 169.00 kg/cm²
 DESVIACIÓN ESTANDAR = 52.08 kg/cm²
 COEFICIENTE DE VARIACIÓN = 30.81 %
 f_u CARACTERÍSTICA = 116.92 kg/cm²

Tabla 26

Resumen de resistencias características del mortero de cemento, cal y arena

Resistencia Característica (Kg/cm ²) de mortero para albañilería						
DÍAS DE EDAD	Patrón	2%	3%	5%	7%	9%
28	297.44	395.1	204.06	202.52	152.29	116.92

3.4. Resultado del ensayo de compresión de la unidad de albañilería

Se creyó conveniente realizar dicho ensayo por ser uno de los constituyentes del muro de albañilería y poder determinar si es apto o no su uso; para desarrollar el ensayo se utilizó 3 ladrillos secos enteros que fueron evaluados como lo indica la NTP 399.604 y 399.1613. La resistencia característica a compresión axial ($f'b$) se calculó restando la desviación estándar al valor promedio de la muestra, tal como lo establece la Norma Técnica de Edificaciones E 070 Albañilería. Los resultados obtenidos en el laboratorio de Materiales Cerámicos de la Universidad Nacional de Trujillo, se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 27

Resultado del ensayo resistencia a la compresión de la unidad de albañilería

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA						
MUESTRA	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA MÁXIMA (N)	$f'b$ (Kg/cm ²)	CLASE
1	120	235	28200	165000	59.66	
2	120	238	28560	252600	90.19	I
3	120	240	28800	173300	61.36	
$f'b$ PROMEDIO				=	70.40 kg/cm ²	
DESVIACION ESTANDAR ($\sigma-1$)				=	17.15 kg/cm ²	
COEFICIENTE DE VARIACION				=	24.36 %	
$f'b$ CARACTERISTICA				=	53.25 kg/cm ²	

Analizando los resultados se determinó que la resistencia característica ($f'b$) es de 53.25 kg/cm², según la Norma Técnica E.070, las unidades de albañilería de arcilla clasificaron como ladrillos Clase I, por los valores de resistencia que se obtuvieron. El coeficiente de variación se determinó con un valor de 24.36 %, dicho resultado es mayor al 20% máximo establecido por la normativa, por lo tanto se concluye que el ladrillo no es tan recomendable su uso en la albañilería.

3.5. Resultado del ensayo de compresión de pilas de albañilería

3.5.1. Resultado de la variación dimensional y succión de la unidad

Tabla 28

Dimensionamiento de unidades de albañilería

UNIDAD	LARGO(mm)			ANCHO(mm)			ALTURA(mm)			
1	235	235	234.8	235	120	120	84	85	85.5	85.5
2	234.9	235	234.8	234	120.1	119.9	85.8	86.2	86	86
3	239	241	240	239.5	119.5	120.5	89.5	88.2	88.3	90

Tabla 29

Calculo de la variación dimensional

CALCULO DE LA VARIACION DIMENCIONAL										
UNIDAD	LARGO(mm)			ANCHO(mm)			ALTO(mm)			
	PROM(mm)	FABRICA(mm)	VARIA (%)	PROM(mm)	FABRICA(mm)	VARIA (%)	PROM(mm)	FABRICA(mm)	VARIA (%)	
1	234.95	240	2.10	120	120	0.00	85	90	5.56	
2	234.675	240	2.22	120	120	0.00	86	90	4.44	
3	239.875	240	0.05	120	120	0.00	89	90	1.11	
PROM(%)			1.46	0.00			3.70			

El análisis del resultado nos da una dispersión máxima de 3.70 % (en el alto de las unidades), de acuerdo a la Norma Técnica E.070 la unidad es aceptable pues no sobrepasa la variabilidad máxima de 8% para ladrillos industriales clase I.

Tabla 30

Resultados de la succión de la unidad de albañilería

UNIDAD	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	ÁREA (mm ²)	PESO(gr)		SUCCIÓN
				SECO	HÚMEDO	
M1	120	234	28080	2634.4	2651.2	11.91
M2	117	234	27378	2666.2	2683.1	12.21
M3	119	233	27727	2732.1	2754.4	15.41
PROM. (gr/(200cm ² xmin))						13.18

El análisis del ensayo nos da como resultado una succión de 13.18 gr/(200 cm² x min) ; la Norma Tecnica establece el rango de 10-20 gr/(200 cm² x min), encontrándose dentro lo establecido por la norma. Luego de conocer la succión de las unidades de albañilería de arcilla, se regaron por media hora unas 15 horas antes de asentarlos; para disminuir la succión natural de la unidad; para cuando se asentó la superficie estuvo relativamente seca, permitiendo que succione el cemento del mortero y como el núcleo se encontraba saturado permitió que el agua cure el mortero.

La tabla que a continuación se presenta detalla el resultado del ensayo de compresión a las pilas de albañilería realizados en el laboratorio de Materiales Cerámicos de la Universidad Nacional de Trujillo.

Tabla 31

Resultados del ensayo de resistencia a pilas de albañilería - 14 días de edad

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS DE ALBAÑILERÍA - 14 DÍAS DE EDAD								
N° DE MUESTRAS	CÓDIGO	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	ALTURA (mm)	ÁREA (mm ²)	FUERZA (KN)	FACTOR DE CORRECCIÓN N	f'm (kg/cm ²)
1	P0	119	223	296	26537	134.4	0.69	56.11
2	P1	118	234	298	27612	154.4	0.69	64.61

Se obtuvo como resultado a los 14 días de edad una resistencia característica de 64.61 Kg/cm², con código P1 (2% de clara de huevo en mortero), seguido de la pila patrón (P0) con 56.11 Kg/cm².

Tabla 32

Resultados del ensayo de resistencia a pilas de albañilería - 28 días de edad

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS DE ALBAÑILERÍA - 28 DÍAS DE EDAD								
N° DE MUESTRAS	CÓDIGO	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	ALTURA (mm)	ÁREA (mm ²)	FUERZA (KN)	FACTOR DE CORRECCIÓN	f'm (kg/cm ²)
1	P0	119	223	296	26537	151.9	0.69	76.21
2	P1	118	234	298	27612	174.6	0.69	80.41

Se obtuvo como resultado a los 28 días de edad una resistencia característica de 76.21 Kg/cm², con código P1 (2% de clara de huevo en mortero), seguido de la pila patrón (P0) con 80.41 Kg/cm².

En las tablas siguientes se denominó “ α ” a la relación de resistencia f´m con respecto a la pila patrón y “D” representa a la dispersión de resultados, dichos resultados se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 33

Relación de resistencia y dispersión de resultados

RELACIÓN DE RESISTENCIA Y DISPERSIÓN DE RESULTADOS - 14 DÍAS DE EDAD			
PILAS	f m (kg/cm ²)	α	D %
P0: PATRON	56.11	100	--
P1: 2% CDH	64.61	115.1	15%

Tabla 34

Relación de resistencia y dispersión de resultados

RELACIÓN DE RESISTENCIA Y DISPERSIÓN DE RESULTADOS - 28 DÍAS DE EDAD			
PILAS	f m (kg/cm ²)	α	D %
P0: PATRON	76.21	100	---
P1: 2% CDH	80.41	105.5	5 %

En la tabla N° 33; se detallada un incremento de la resistencia a la compresión del 15%, por el uso del aditivo (clara de huevo) a 2% en el mortero usado para construir la pila de albañilería, ensayadas a los 14 días de edad.

En la tabla N° 34; se detallada un incremento de la resistencia a la compresión del 5%, por el uso del aditivo (clara de huevo) a 2% en el mortero usado para construir la pila de albañilería, ensayadas a los 28 días de edad.

Descripción de fallas observadas en el ensayo de resistencia a la compresión del mortero y de dos pilas constituida por tres ladrillos

Las fallas más representativas en los especímenes de morteros, tanto el patrón (E0) como donde se usó el 2% de clara de huevo (E1). Se produjo por tracción lateral, manifestada a través de grietas verticales y diagonales. Además se observó aplastamiento en la superior y central. A continuación se exponen los tipos de fallas tanto de la muestra patrón y la muestra donde tiene 2% de clara de huevo.



Figura 10. Especímenes de mortero patrón después de ensayo.

E0: Se visualiza una falla columnar, sufriendo aplastamiento el especimen tanto de la superior. (Figura 10).



Figura 11. Especímenes de mortero con 2% de clara de huevo.

E1: Se visualiza una falla diagonal, sufriendo lebe aplastamiento el especimen de mortero en la superior. (Figura 11).

Las fallas más representativas en las pilas tanto patrón (P0) como en la pila donde se hizo uso del aditivo (2% de clara de huevo) (P1), se produjo por tracción lateral, manifestada a través de grietas verticales en los ladrillos y morteros. Además se observó agrietamientos en el ladrillo superior. Por el contrario los ladrillos que sufrieron una menor acción de carga fueron las que se encontraron intermedios. A continuación se exponen los tipos de fallas de las dos pilas ensayadas a compresión.



Figura 12. Falla de la pila patrón(P0)

P0: Se visualiza una falla diagonal, sufriendo aplastamiento el ladrillo superior. (Figura 12).



Figura 13. Falla de la pila con 2% de CDH

P1: Se observa una falla columnar, intensificándose en la parte central, las unidades no sufren aplastamiento. (Figura 13).

3.6. Resultado del ensayo de sortividad a especímenes cubico de 50 mm por lado de mortero.

Tabla 35

Masa a diferentes intervalos de tiempo ensayadas a 28 días de edad.

MASAS REFISTRADAS EN LOS DIFERENTES INTERVALOS DE TIEMPO - Masa (gr)												
M	PESO INICIAL	1min	5min	10min	20min	30min	1h	2h	3h	4h	5h	6h
M01	260.2	264.1	266.2	266.4	266.7	267.0	268.7	270.8	273.3	276.9	277.4	277.5
M02	264.0	269.0	271.0	271.3	271.8	272.1	273.9	274.4	275.2	278.9	279.2	279.3
M03	262.4	265.9	267.3	267.9	268.6	269.3	270.8	273.4	275.7	277.5	277.6	277.8
M11	270.0	271.5	271.9	272.0	272.2	272.7	273.6	274.3	275.4	276.8	277.1	277.2
M12	251.4	252.4	252.8	253.1	253.2	253.5	254.2	255.7	256.6	257.7	257.9	258.0
M13	258.2	259.3	260.0	260.3	260.4	261.3	262.1	263.5	264.8	266.4	266.6	266.8
M21	258.3	259.5	260.1	260.3	260.5	261.2	262.5	263.4	264.3	265.8	266.1	266.2
M22	254.7	255.8	256.3	256.5	256.7	257.2	259.0	261.8	262.9	263.5	263.7	263.8
M23	259.4	260.3	260.9	261.2	261.5	262.1	263.4	263.9	264.1	265.7	266.0	266.1
M31	258.6	259.7	260.1	260.2	260.3	261.3	262.7	263.0	263.6	264.0	264.4	264.5
M32	250.9	251.9	252.0	252.2	252.3	253.0	254.5	255.1	255.9	257.2	257.5	257.7
M33	256.3	257.8	258.2	258.3	258.5	259.1	260.2	260.5	261.0	261.8	262.1	262.2
M41	244.2	245.2	245.8	245.9	246.0	246.8	248.3	249.0	249.9	250.1	250.6	250.7
M42	237.4	238.5	239.0	239.1	239.2	239.7	240.7	240.9	241.2	242.5	242.8	242.9
M43	236.9	237.7	238.1	238.3	238.4	239.0	240.2	240.5	240.8	241.9	242.4	242.5
M51	255.5	256.6	256.9	257.0	257.1	257.7	258.1	258.6	258.9	259.2	259.4	259.5
M52	250.2	251.3	252.0	252.1	252.2	252.8	252.9	253.0	253.1	253.2	253.3	253.5
M53	252.9	253.9	254.0	254.1	254.2	254.9	255.0	255.4	256.0	256.5	256.6	256.7

Tabla 36

Masas netas en gr a diferentes intervalos de tiempo ensayadas a 28 días de edad.

Muestras	1min	5min	10min	20min	30min	1h	2h	3h	4h	5h	6h
M01	3.90	6.00	6.20	6.50	6.80	8.50	10.6	13.10	16.7	17.20	17.3
M02	5.00	7.10	7.30	7.80	8.10	9.90	10.4	11.20	14.9	15.20	15.3
M03	3.50	4.90	5.50	6.20	6.90	8.40	11.0	13.30	15.1	15.20	15.4
M11	1.50	1.90	2.00	2.20	2.70	3.60	4.30	5.40	6.80	7.10	7.20
M12	1.00	1.40	1.70	1.80	2.10	2.80	4.30	5.20	6.30	6.50	6.60
M13	1.10	1.80	2.10	2.20	3.10	3.90	5.30	6.60	8.20	8.40	8.60
M21	1.20	1.80	2.00	2.20	2.90	4.20	5.10	6.00	7.50	7.80	7.90
M22	1.10	1.60	1.80	2.00	2.50	4.30	7.10	8.20	8.80	9.00	9.10
M23	0.90	1.50	1.80	2.10	2.70	4.00	4.50	4.70	6.30	6.60	6.70
M31	1.10	1.50	1.60	1.70	2.70	4.10	4.40	5.00	5.40	5.80	5.90
M32	1.00	1.10	1.30	1.40	2.10	3.60	4.20	5.00	6.30	6.60	6.80
M33	1.50	1.90	2.00	2.20	2.80	3.90	4.20	4.70	5.50	5.80	5.90
M41	1.00	1.60	1.70	1.80	2.60	4.10	4.80	5.70	5.90	6.40	6.50
M42	1.10	1.60	1.70	1.80	2.30	3.30	3.50	3.80	5.10	5.40	5.50
M43	0.80	1.20	1.40	1.50	2.10	3.30	3.60	3.90	5.00	5.50	5.60
M51	1.10	1.40	1.50	1.60	2.20	2.60	3.10	3.40	3.70	3.90	4.00
M52	1.10	1.80	1.90	2.00	2.60	2.70	2.80	2.90	3.00	3.10	3.30
M53	1.00	1.10	1.20	1.30	2.00	2.10	2.50	3.10	3.60	3.70	3.80

Tabla 37

Resultado del ensayo de sortividad a muestra patrón.

$T^{0.5}$	AREA	PROMD. MASA (g)	SORTIVIDAD
0.00	2500	0	0.0×10^0
7.75	2500	4.13	1.653×10^{-3}
17.32	2500	6.00	2.4×10^{-3}
24.49	2500	6.33	2.533×10^{-3}
34.64	2500	6.83	2.733×10^{-3}
42.43	2500	7.27	2.907×10^{-3}
60.00	2500	8.93	3.573×10^{-3}
84.85	2500	10.67	4.267×10^{-3}
103.92	2500	12.53	5.013×10^{-3}
120.00	2500	15.57	6.227×10^{-3}
134.16	2500	15.87	6.347×10^{-3}
146.97	2500	16.00	6.4×10^{-3}

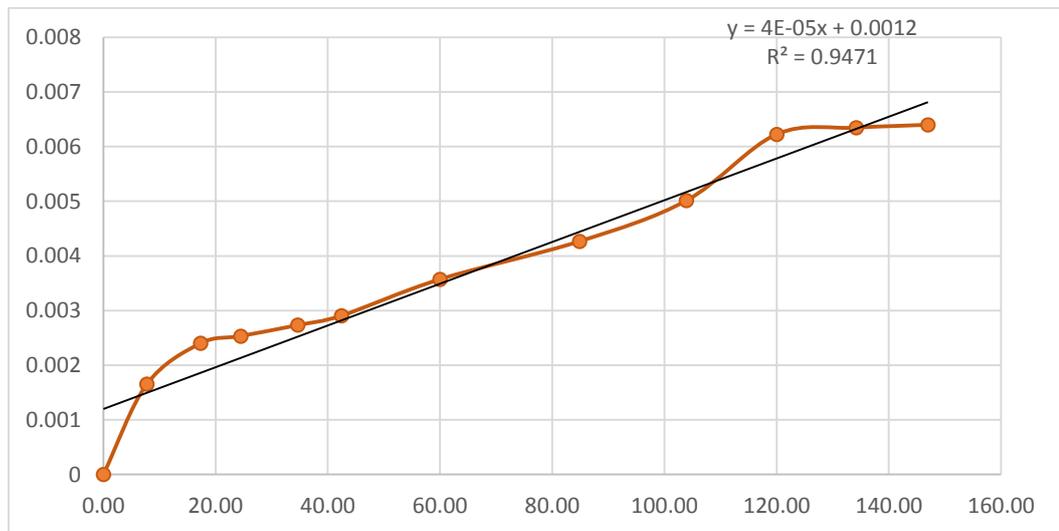


Figura 14. Resultado del ensayo de sortividad a muestra patrón

El ajuste de los datos por medio de una regresión lineal determinó que la pendiente de la línea tiene un valor de $4.0 \times 10^{-5} \text{ mm/s}^{1/2}$ con un coeficiente de correlación de 0.95, es decir, que por cada unidad de tiempo transcurrido (s) la sortividad se incrementa a una velocidad de $4.0 \times 10^{-5} \text{ mm/s}^{1/2}$, manteniendo una correlación muy alta positiva.

Tabla 38

Resultado del ensayo de sortividad a muestra 2% CDH.

$T^{0.5}$	AREA	PROMD. MASA (g)	SORTIVIDAD (mm^3/mm^2)
0.00	2500	0	0.0×10^0
7.75	2500	1.20	4.8×10^{-4}
17.32	2500	1.70	6.8×10^{-4}
24.49	2500	1.93	7.7×10^{-4}
34.64	2500	2.07	8.3×10^{-4}
42.43	2500	2.63	1.05×10^{-3}
60.00	2500	3.43	1.37×10^{-3}
84.85	2500	4.63	1.85×10^{-3}
103.92	2500	5.73	2.29×10^{-3}
120.00	2500	7.10	2.84×10^{-3}
134.16	2500	7.33	2.93×10^{-3}
146.97	2500	7.47	2.99×10^{-3}

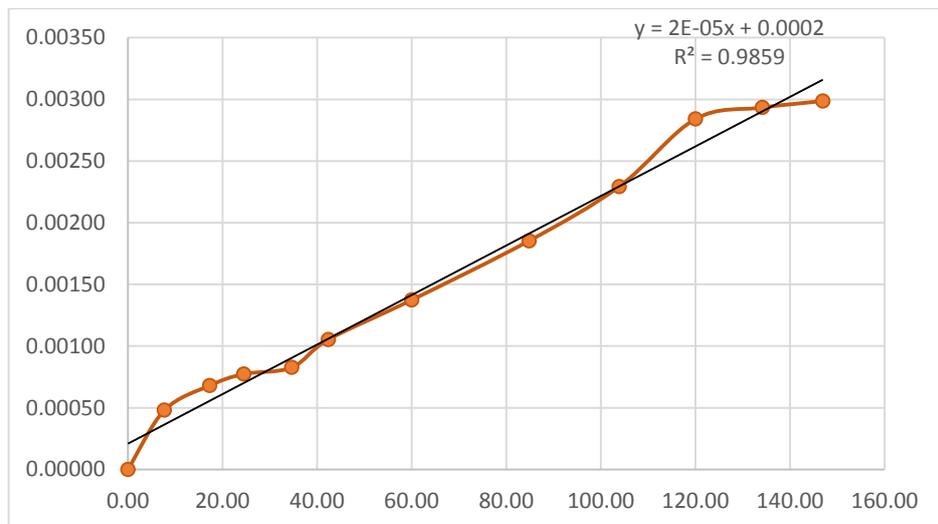


Figura 15. Resultado del ensayo de sortividad a muestra con 2% de CDH.

El ajuste de los datos por medio de una regresión lineal determinó que la pendiente de la línea tiene un valor de $2.0 \times 10^{-5} \text{ mm/s}^{1/2}$ con un coeficiente de correlación de 0.99, es decir, que por cada unidad de tiempo transcurrido (s) la sortividad se incrementa a una velocidad de $2.0 \times 10^{-5} \text{ mm/s}^{1/2}$, manteniendo una correlación muy alta positiva.

Tabla 39

Resultado del ensayo de sortividad a muestra con 3 % de CDH

$T^{0.5}$	AREA	PROMD. MASA (g)	SORTIVIDAD
0.00	2500	0	0.0×10^0
7.75	2500	1.07	4.267×10^{-4}
17.32	2500	1.63	6.533×10^{-4}
24.49	2500	1.87	7.467×10^{-4}
34.64	2500	2.10	8.4×10^{-4}
42.43	2500	2.70	1.08×10^{-3}
60.00	2500	4.17	1.667×10^{-3}
84.85	2500	5.57	2.227×10^{-3}
103.92	2500	6.30	2.52×10^{-3}
120.00	2500	7.53	3.013×10^{-3}
134.16	2500	7.80	3.12×10^{-3}
146.97	2500	7.90	3.16×10^{-3}

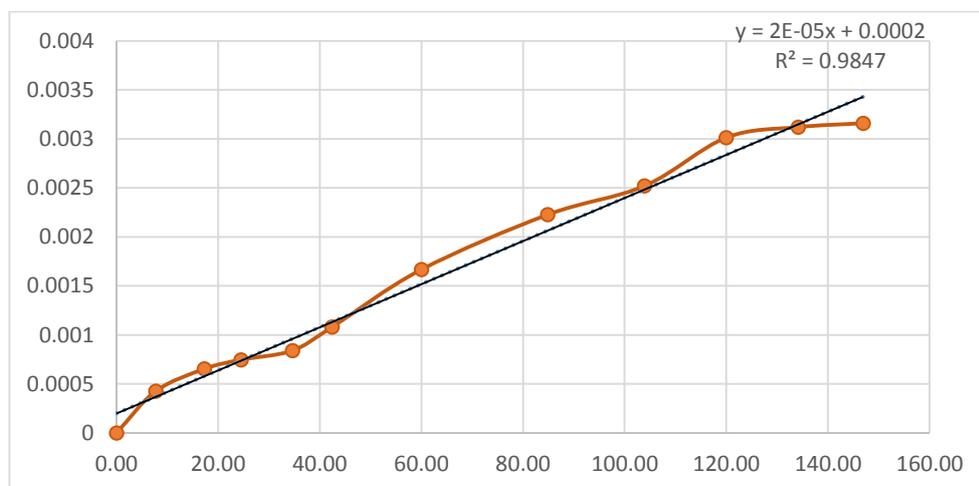


Figura 16. Resultado del ensayo de sortividad a muestra con 3% de CDH.

El ajuste de los datos por medio de una regresión lineal determinó que la pendiente de la línea tiene un valor de $2.0 \times 10^{-5} \text{ mm/s}^{1/2}$ con un coeficiente de correlación de 0.98, es decir, que por cada unidad de tiempo transcurrido (s) la sortividad se incrementa a una velocidad de $2.0 \times 10^{-5} \text{ mm/s}^{1/2}$, manteniendo una correlación muy alta positiva.

Tabla 40

Resultado del ensayo de sortividad a muestra con 5 % de CDH

$T^{0.5}$	AREA	PROMD. MASA (g)	SORTIVIDAD
0.00	2500	0	0.0×10^0
7.75	2500	1.20	4.8×10^{-4}
17.32	2500	1.50	6.0×10^{-4}
24.49	2500	1.63	6.533×10^{-4}
34.64	2500	1.77	7.067×10^{-4}
42.43	2500	2.53	1.013×10^{-3}
60.00	2500	3.87	1.547×10^{-3}
84.85	2500	4.27	1.707×10^{-3}
103.92	2500	4.90	1.96×10^{-3}
120.00	2500	5.73	2.293×10^{-3}
134.16	2500	6.07	2.427×10^{-3}
146.97	2500	6.20	2.48×10^{-3}

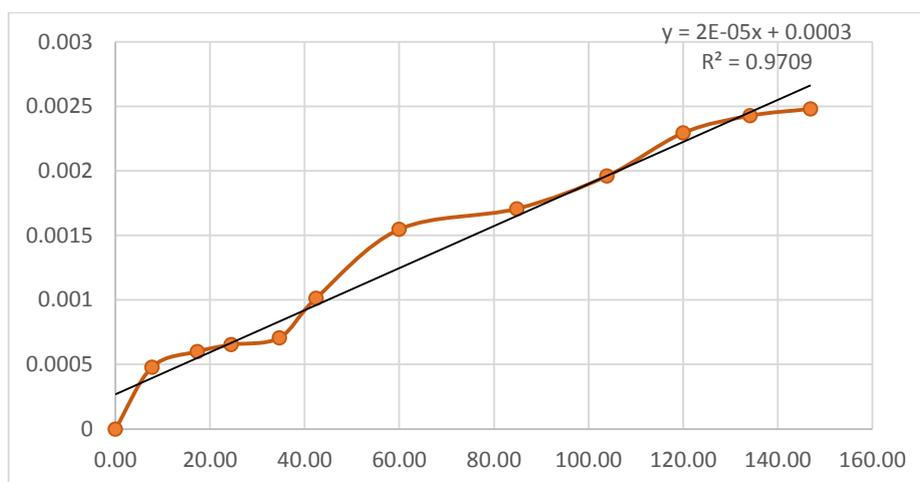


Figura 17. Resultado del ensayo de sortividad a muestra con 5% de CDH.

El ajuste de los datos por medio de una regresión lineal determinó que la pendiente de la línea tiene un valor de $2.0 \times 10^{-5} \text{ mm/s}^{1/2}$ con un coeficiente de correlación de 0.97, es decir, que por cada unidad de tiempo transcurrido (s) la sortividad se incrementa a una velocidad de $2.0 \times 10^{-5} \text{ mm/s}^{1/2}$, manteniendo una correlación muy alta positiva.

Tabla 41

Resultado del ensayo de sortividad a muestra con 7 % de CDH

$T^{0.5}$	AREA	PROMD. MASA (g)	SORTIVIDAD
0.00	2500	0	0.0×10^0
7.75	2500	0.97	3.867×10^{-4}
17.32	2500	1.47	5.867×10^{-4}
24.49	2500	1.60	6.4×10^{-4}
34.64	2500	1.70	6.8×10^{-4}
42.43	2500	2.33	9.33×10^{-4}
60.00	2500	3.57	1.427×10^{-3}
84.85	2500	3.97	1.587×10^{-3}
103.92	2500	4.47	1.787×10^{-3}
120.00	2500	5.33	2.133×10^{-3}
134.16	2500	5.77	2.307×10^{-3}
146.97	2500	5.87	2.347×10^{-3}

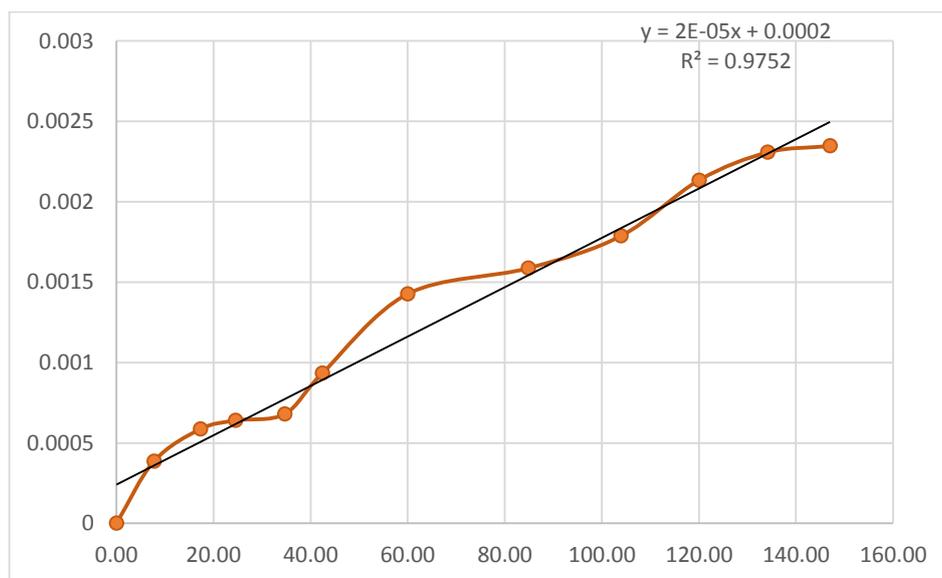


Figura 18. Resultado del ensayo de sortividad a muestra con 7 % de CDH.

El ajuste de los datos por medio de una regresión lineal determinó que la pendiente de la línea tiene un valor de $2.0 \times 10^{-5} \text{ mm/s}^{1/2}$ con un coeficiente de correlación de 0.98, es decir, que por cada unidad de tiempo transcurrido (s) la sortividad se incrementa a una velocidad de $2.0 \times 10^{-5} \text{ mm/s}^{1/2}$, manteniendo una correlación muy alta positiva.

Tabla 42

Resultado del ensayo de sortividad a muestra con 9 % de CDH

$T^{0.5}$	AREA	PROMD. MASA (g)	SORTIVIDAD
0.00	2500	0	0.0×10^0
7.75	2500	1.07	4.267×10^{-4}
17.32	2500	1.43	5.733×10^{-4}
24.49	2500	1.53	6.133×10^{-4}
34.64	2500	1.63	6.533×10^{-4}
42.43	2500	2.27	9.067×10^{-4}
60.00	2500	2.47	9.867×10^{-4}
84.85	2500	2.80	1.12×10^{-3}
103.92	2500	3.13	1.253×10^{-3}
120.00	2500	3.43	1.373×10^{-3}
134.16	2500	3.57	1.427×10^{-3}
146.97	2500	3.70	1.48×10^{-3}

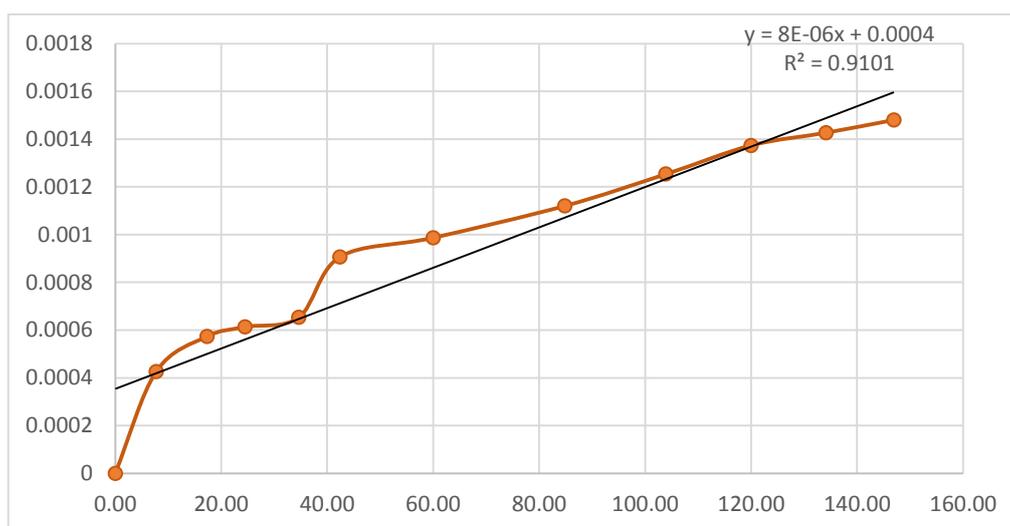


Figura 19. Resultado del ensayo de sortividad a muestra con 9 % de CDH.

El ajuste de los datos por medio de una regresión lineal determinó que la pendiente de la línea tiene un valor de $8.0 \times 10^{-6} \text{ mm/s}^{1/2}$ con un coeficiente de correlación de 0.91, es decir, que por cada unidad de tiempo transcurrido (s) la sortividad se incrementa a una velocidad de $8.0 \times 10^{-6} \text{ mm/s}^{1/2}$, manteniendo una correlación muy alta positiva.

Tabla 43

Resumen del ensayo de sortividad

RESUMEN DE SORTIVIDAD	
% DE CDH	PROMEDIO
0	3.671×10^{-3}
2	1.508×10^{-3}
3	1.621×10^{-3}
5	1.322×10^{-3}
7	1.234×10^{-3}
9	9.011×10^{-4}

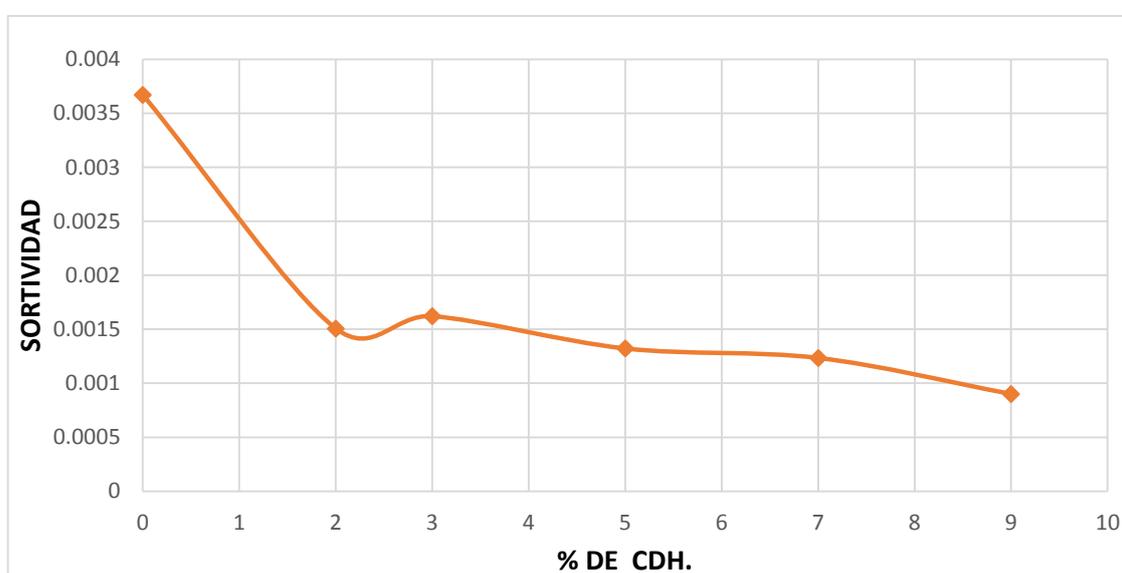


Figura 20. Resultado del ensayo de sortividad: relación entre % de CDH y la absorción capilar (mm^3/mm^2)

Se visualiza en la figura 30 que el 9% de clara de huevo usada como aditivo en el mortero, genero la menor capilaridad, con una absorción de $9.011 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{mm}^2$

IV. DISCUSIÓN

No se registran investigaciones recientes acerca del uso de la clara de huevo en la construcción de edificaciones, específicamente usado como aditivo en morteros de cemento, cal y arena; por lo que la intención del presente trabajo fue evaluar la efectividad en la resistencia a la compresión de morteros usados en albañilería, para edificaciones de muros portantes según lo indica la Norma Técnica de Edificaciones E- 070 de Albañilería, por la dosificación de mortero utilizada.

Al concluir el presente trabajo de investigación se puede confirmar que la clara de huevo utilizada como aditivo en un 2% en mortero de cemento portland tipo I, cal hidráulica, arena gruesa y por su versatilidad de sus propiedades genera resistencia a la compresión; tal como lo detalla la tabla 19. Así también en la investigación de Sánchez (2010), evaluó varios aditivos naturales, dentro de ellas la clara de huevo en donde el 5% de esta le proporciona mayor resistencia a la compresión en morteros de barro usado en el refaccionamiento de construcciones históricas.

Cabe señalar que el uso de la clara de huevo unida a la cal, mejora la adherencia del mortero y la unidad, las propiedades de conglomerar partículas y la retentividad por parte de la cal da un comportamiento físico que mejora la adherencia entre los constituyentes del muro de albañilería (mortero-unidad), así lo señala el trabajo de investigación de Alvarado (2008), en donde determino la eficacia de tres técnicas citadas, en la adherencia mortero-ladrillo de concreto, sometidas a la prueba de compresión diagonal en muretes de albañilería; resultando la más conveniente la tercera técnica.

Los resultados obtenidos con respecto a la resistencia a la compresión de especímenes de mortero, superaron a las del diseño, atribuyéndose esta condición a que los materiales usados en el mortero se encuentran en una mejora continua.

V. CONCLUSIONES

1. Se determinó el ensayo de resistencia a compresión de especímenes cúbicos de mortero (patrón y con 2, 3, 5, 7 y 9% de clara de huevo) ensayadas a edades de 14 y 28 días. Ver tabla 26.
2. El 2 % de clara de huevo (aditivo), genero la mayor resistencia a compresión (395.1 kg/cm²), ensayada a los 28 días de edad; en comparación al mortero patrón (297.44 kg/cm²).
3. El ladrillo se clasifico como solido industrial clase I según la Norma Técnica de Edificaciones E.070; con $f'b = 53.25$ kg/cm², no resultando apto para el uso de muros portantes.
4. La mayor resistencia a compresión de la pila ($f'm$), lo proporciono la pila donde se usó aditivo (2% clara de huevo), alcanzando un 80.41 kg/cm², seguido de la pila patrón con 76.21 kg/cm².
5. Se determinó el ensayo de sortividad de especímenes cúbicos de mortero (patrón y con 2, 3, 5, 7 y 9% de clara de huevo) ensayadas a edades de 14 y 28 días. Ver tabla 35.
6. La menor capilaridad lo proporciono el 9% de clara de huevo con 9.011×10^{-4} mm³/mm² de absorción de agua; usado como aditivo en el mortero para albañilería; cabe resaltar que el porcentaje más óptimo a utilizar es el 2%, porque genera mayor resistencia y disminuye la capilaridad.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda para posteriores investigaciones realizar ensayos utilizando los cementos más usados en el medio y con agregados gruesos que oscilen su módulo de finesa según como lo estipula la Norma Técnica de Edificaciones E.070 Albañilería; para determinar nuevas resistencias a la compresión con diferentes dosificaciones para morteros y concretos; puesto que los resultados obtenidos en la presente investigación superaron su resistencia de diseño.
2. La clara de huevo posee una versatilidad en sus propiedades, por lo que se propone como línea de futuras investigaciones el uso para disminuir el salitre, en concretos usados en estructuras que estén en contacto con el agua (reservorios, cisternas de agua, canales, piscinas) y para el refaccionamiento de estructuras históricas. Con estas líneas de investigación se tendría un amplio abanico de aplicaciones para ser usados en nuestro medio.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOI, E. y KITABATAKE, N. Structure and functionality of egg proteins. En S. Damodaran y A. Paraf (Eds.), Food proteins and their functionality. New York and Basel, Switzerland: Marcel Dekker, 1997. 325-340 pp.

DUQUE, Gonzalo y ESCOBAR, Carlos. Geomecánica [En línea]. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2016 [Fecha de consulta: 11 de Junio del 2017]. Capítulo 6. Capilaridad. Propiedades hidráulicas de los suelos. Disponible en: <http://galeón.com/geomecánica>

ENDRES, Joseph. Soy protein products. Characteristics, nutritional aspects, and utilization. AOAC Press. Champaign USA, 2001. 10-14 pp. ISBN: 1893997278.

ESPINOSA Ismael. Historia Secreta de Santiago de Chile, Editorial a costa del autor. Chile, 1985

GALLEGOS, Héctor y CASABONNE, Carlos. Unidad de la albañilería y Propiedades de albañilería simple. Albañilería estructural. Tercera Edición. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005. 75 -165, 199 – 259 pp.

GARCIA Casco, Antonio. Tema 4: Morteros de Construcción y Restauración. Material de enseñanza. [En línea]. Granada: Universidad de Granada, Facultad de Ciencias, 2007, [Fecha de consulta: 29 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://www.ugr.es/~agcasco/personal/restauracion/teoria/TEMA04.htm>

INACAL, NTP 334.003, CEMENTOS: Procedimiento para la obtención de pastas y morteros de consistencia plástica por mezcla mecánica. 3ra. ed. Lima, 2008.

INACAL, NTP 334.009, CEMENTOS: Cementos Portland. Requisitos. 5ta. ed. Lima, 2013.

INACAL, NTP 334.140, Especificación normalizada para cal viva, cal hidratada y piedra caliza para usos ambientales. Requisitos. Lima, 2014.

INACAL, NTP 339. 088, CONCRETO: Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento portland. Requisitos. Lima, 2014.

INACAL, NTP 400.011, AGREGADOS: Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones. Lima, 2013.

INACAL. NTP 334.051, CEMENTOS: Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado. 5^{ta}. ed. Lima, 2013.

INSTITUTO de Estudios del Huevo (IEH). Propiedades del huevo. Material de enseñanza [en línea]. Madrid, 2010, [Fecha de consulta: 26 de mayo del 2017].

Disponible en: <http://institutohuevo.com/>

JIMÉNEZ López, L. Humedades en la construcción. Ediciones CEAC.2005.

MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E. 070 Albañilería. Lima, 2006. 296 pp.

MORANTE Portocarrero, Alvarado. Mejora de la adherencia mortero – ladrillo de concreto. Tesis. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Ingeniería, 2008. 25 pp.

ORGANIZACIÓN de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO [Mensaje en un blog]. Roma Italia: Egg Facts, 2013. [Fecha de consulta: 26 de mayo del 2017].

Disponible en: <http://www.fao.org/home/es/>

RUPA, P. y MINE. Egg proteins. Nutraceutical. Proteins and Peptides in Health and Disease. CRC Press, 2005. 445-459 pp.

SALAMANCA Correa, Rodrigo. La tecnología de los morteros. Bogotá - Colombia: Universidad Militar Nueva Granada. 2001 (pp. 41 - 48).

SAN BARTOLOMÉ Ramos, Ángel. Construcciones de Albañilería – Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural. Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú, 1994. 105 pp. ISBN 84-8390-965-0

SÁNCHEZ Puerta, Karina. Propuesta de aditivos naturales y microfibras de papel para reparar fisuras en muros de monumentos históricos de tierra. Tesis. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Ingeniería, 2010. 67 pp.

ERZAGHI Kart y PECK Ralph. Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica. Editorial El Ateneo. España, 1969.
ISBN: 8470210203.

ANEXOS

ANEXOS N° 01 FICHAS DE LABORATORIO

- Ficha técnica para el ensayo de resistencia a la compresión de mortero.



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE TRUJILLO
FACULTAD DE
INGENIERÍA

Departamento de
Ingeniería de Materiales
Laboratorio de Materiales
Cerámicos

Solicitante/ DNI :
Fecha de recepción:
Tema de Investigación:
MUESTRA
Espécimen:
Dimensiones:
Aplicación de Norma:
Nº de Especímenes:
Edad del Espécimen:
Parámetros :

Equipo: Compresión ELE Serie T automático, error de +/- 0.5%

Modo	Unidades	Velocidad de carga (KN/se)
Mode 1 Compresión	SI	0.09

I- Resistencia a la compresión en testigos cúbicos, bajo norma ASTM C 109

Nº de espécimen	Torre Nº	Dimensiones (mm)		Tiempo de Curado	Carga máxima (KN)	Resistc. a la compresión (Kg/cm 2)
		Lado	Area			
Nº 1						
Nº 2						
Nº 3						
Nº 4						
Nº 5						
Nº 6						
Nº 7						
Nº 8						
Nº 9						
Nº 10						
Nº 11						
Nº 12						
Nº 13						
Nº 14						
Nº 15						
Nº 16						
Nº 17						
Nº 18						

- **Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de mortero.**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Materiales Cerámicos

Solicitante/ DNI : Balvina Flor de María Pereda Guevara / 41341916

Fecha de recepción: Noviembre del 2017

Tema de Investigación: Efecto de la clara de huevo en la resistencia a la compresión y capilaridad del mortero de cemento, arena y cal – Trujillo 2017

MUESTRA

Especímen: Cubos de morteros de Grout Cementicio

Dimensiones: 5 cm. de largo x 5 cm. de ancho x 5 de altura

Aplicación de Norma: Resistencia a la compresión en testigos cubos, bajo norma ASTM C 109

Nº de Especímenes: 18

Edad del Especímen: 14, 28 días

✓ **Parámetros :**

Equipo: Compresión ELE Serie T automático, error de +/- 0.5%

Modo	Unidades	Velocidad de carga (KN/seg)
Mode 1 Compresión	SI	0.090

Ingeniero Analista del Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509



Trujillo, 04 de diciembre del 2017

- Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de mortero a 14 y 28 días de edad.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Materiales Cerámicos

I- Resistencia a la compresión en testigos cúbicos, bajo norma ASTM C 109

Nº de espécimen	Torre Nº	Tiempo de Curado	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
Nº 1	0A	14	75	306
Nº 2	0B	14	67	275
Nº 3	0C	14	61	249
Nº 4	1A	14	83	337
Nº 5	1B	14	81	328
Nº 6	1C	14	82	335
Nº 7	2A	14	41	165
Nº 8	2B	14	88	360
Nº 9	2C	14	68	278
Nº 10	3A	14	57	232
Nº 11	3B	14	41	169
Nº 12	3C	14	65	265
Nº 13	4A	14	59	240
Nº 14	4B	14	57	231
Nº 15	4C	14	29	117
Nº 16	5A	14	30	122
Nº 17	5B	14	47	191
Nº 18	5C	14	27	111

Nº de espécimen	Torre Nº	Tiempo de Curado	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
Nº 1	0A	28	90	368
Nº 2	0B	28	81	330
Nº 3	0C	28	73	299
Nº 4	1A	28	99	405
Nº 5	1B	28	97	394
Nº 6	1C	28	99	403
Nº 7	2A	28	49	199
Nº 8	2B	28	106	432
Nº 9	2C	28	82	333
Nº 10	3A	28	68	279
Nº 11	3B	28	50	203
Nº 12	3C	28	78	318
Nº 13	4A	28	71	288
Nº 14	4B	28	68	278
Nº 15	4C	28	34	140
Nº 16	5A	28	36	146
Nº 17	5B	28	56	229
Nº 18	5C	28	33	133

Ingeniero Analista del Laboratorio:

Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 04 de diciembre del 2017



- Resultados del ensayo de compresión a la unidad de albañilería y pilas.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Materiales Cerámicos

Solicitante/ DNI : Balvina Flor de María Pereda Guevara / 41341916

Fecha de recepción: Noviembre del 2017

Tema de Investigación: Efecto de la clara de huevo en la resistencia a la compresión y capilaridad del mortero de cemento, arena y cal – Trujillo 2017

MUESTRA

Espécimen: Ladrillo King Kong 18 HUECOS 9 X 13 X 24 cm

Aplicación de Norma: Las principales Normas Técnicas vigentes que rigen la calidad de los ladrillos son:

- UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ladrillo hueco cerámico para techos y entresijos aligerados. NTP 331.040.
- Norma técnica de Edificaciones E 0.70 Albañilería

Nº de Especímenes: 3 ladrillos, 3 pilas

Edad del Especímen: 14, 28 días

✓ **Parámetros :**

Compresión ELE Serie T automático, error de +/- 0.5%

Modo	Unidades	Velocidad de carga (KN/seg)
Mode 1 Compresión	SI	14,8

Ingeniero Analista del Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES

Trujillo, 04 de diciembre del 2017



- Resultados del ensayo de compresión de la unidad de albañilería y pilas, ensayadas a 14 y 28 días de edad.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Materiales Cerámicos

Resistencia a la Compresión fm, Pilas

N° de muestras	Código	Curado (días)	Dimensiones (cm)			Posición de la muestra a ensayar
			Largo	Ancho	Altura	
1	Pilas-1	14.0	23.4	11.8	29.8	horizontal
2	Pilas-0	14.0	22.3	11.9	29.6	horizontal
1	Pilas-1	28.0	23.4	11.8	29.8	horizontal
2	Pilas-0	28.0	22.3	11.9	29.6	horizontal

N° de muestras	Código	Curado (días)	Fuerza (KN)	Rc (N/mm ²)	Rc (Kg/cm ²)
1	Pilas-1	14.0	154.5	6.440	65.3
2	Pilas-0	14.0	134.4	5.603	56.8
1	Pilas-1	28.0	174.6	7.277	81.1
2	Pilas-0	28.0	151.9	6.331	76.9

Resistencia a la Compresión por cada unidad

N° de muestras	Código	Dimensiones (mm)			Sección Bruta (cm ²)	Resistencia a compresión	
		Largo	Ancho	Altura		Fuerza (KN)	Rc (Kg/cm ²)
1	M1	238	120	87	28520	165.00	60
2	M2					252.60	90
3	M3					173.30	61
						0.00	0

Ingeniero Analista del Laboratorio:

Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP. 123509

Trujillo, 04 de diciembre del 2017



- Ficha técnica para el ensayo de sortividad(capilaridad)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DE SORTIVIDAD (ABSORSIÓN CAPILAR)

ASTM C 1585

MUESTRA	P. INICIAL	1min	5min	10min	20min	30min	1h	2h	3h	4h	5h	6h
M01												
M02												
M03												
M11												
M12												
M13												
M21												
M22												
M23												
M31												
M32												
M33												
M41												
M42												
M43												
M51												
M52												
M53												

OBS:

M0= PATRON

M1= 2% CDH.

M2= 3% CDH.

M3= 5% CDH.

M4= 7% CDH.

M5= 9% CDH.

- Resultados del ensayo de Sortividad (absorción capilar), en especímenes cúbicos de mortero, ensayadas a 28 días de edad.

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS ENSAYO DE SORTIVIDAD (ABSORSIÓN CAPILAR) ASTM C 1585												
MUESTRA	P. INICIAL	1min	5min	10min	20min	30min	1h	2h	3h	4h	5h	6h
M01	260.2	264.1	266.2	266.4	266.7	267.0	268.7	270.8	273.3	276.9	277.4	277.5
M02	264.0	269.0	271.1	271.3	271.8	272.1	273.9	274.4	275.2	278.9	279.2	279.3
M03	262.4	265.9	267.3	267.9	268.6	269.3	270.8	273.4	275.7	277.5	277.6	277.8
M11	270.0	271.5	271.9	272.0	272.2	272.7	273.6	274.3	275.4	276.8	277.1	277.2
M12	251.4	252.4	252.8	253.1	253.2	253.5	254.2	255.7	256.6	257.7	257.9	258.0
M13	258.2	259.3	260.0	260.3	260.4	261.3	262.1	263.5	264.8	266.4	266.6	266.8
M21	258.3	259.5	260.1	260.3	260.5	261.2	262.5	263.4	264.3	265.8	266.1	266.2
M22	254.7	255.8	256.3	256.5	256.7	257.2	259.0	261.8	262.9	263.5	263.7	263.8
M23	259.4	260.3	260.9	261.2	261.5	262.1	263.4	263.9	264.1	265.7	266.0	266.1
M31	258.6	259.7	260.1	260.2	260.3	261.3	262.7	263.0	263.6	264.0	264.4	264.5
M32	250.9	251.9	252.0	252.2	252.3	253.0	254.5	255.1	255.9	257.2	257.5	257.7
M33	256.3	257.8	258.2	258.3	258.5	259.1	260.2	260.5	261.0	261.8	262.1	262.2
M41	244.2	245.2	245.8	245.9	246.0	246.8	248.3	249.0	249.9	250.1	250.6	250.7
M42	237.4	238.5	239.0	239.1	239.2	239.7	240.7	240.9	241.2	242.5	242.8	242.9
M43	236.9	237.7	238.1	238.3	238.4	239.0	240.2	240.5	240.8	241.9	242.4	242.5
M51	255.5	256.6	256.9	257.0	257.1	257.7	258.1	258.6	258.9	259.2	259.4	259.5
M52	250.2	251.3	252.0	252.1	252.2	252.8	252.9	253.0	253.1	253.2	253.3	253.5
M53	252.9	253.9	254.0	254.1	254.2	254.9	255.0	255.4	256.0	256.5	256.6	256.7

ANEXOS N° 02

FOTOGRAFÍAS



Figura 32.
Materiales para realizar la
mezcla de mortero



Figura 33.
Mezcla con una
fluidéz plástica de orden 113%



Figura 34.
Muestras a diferente
porcentaje de clara de huevo



Figura 35.
Muestras en proceso
de fraguado.



Figura 36.
Desencofrado de
de especímenes

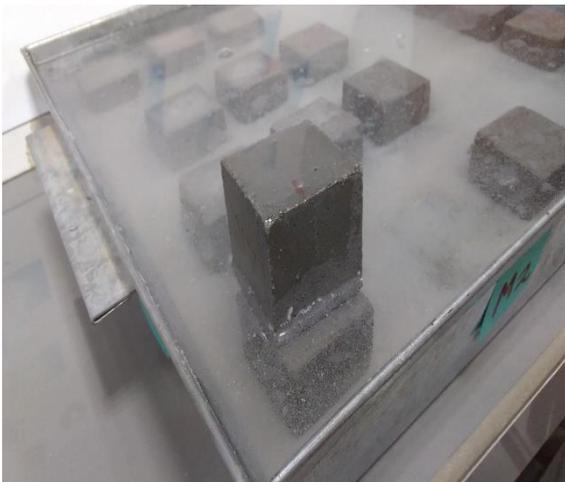


Figura 37.
Muestras en proceso
de curado con cal



Figura 38.
Ensayo de resistencia
a la compresión
de mortero cúbico.



Figura 39.
Especímenes patrón
después de ensayo.



Figura 40.
Especímenes con el 2 %
de clara de huevo
después de ensayo.



Figura 41.
Especímenes
para ensayo de
sortividad.



Figura 42.
Ensayo de
Sortividad.



Figura 43.
Pesado de
especímenes
con nueva masa.



Figura 44.
Capeado de
unidad de albañilería.



Figura 45.
Ensayo de compresión a la
unidad de albañilería.



Figura 46.
Falla de la
unidad de albañilería.



Figura 47.
Capeado de Pila de
albañilería.



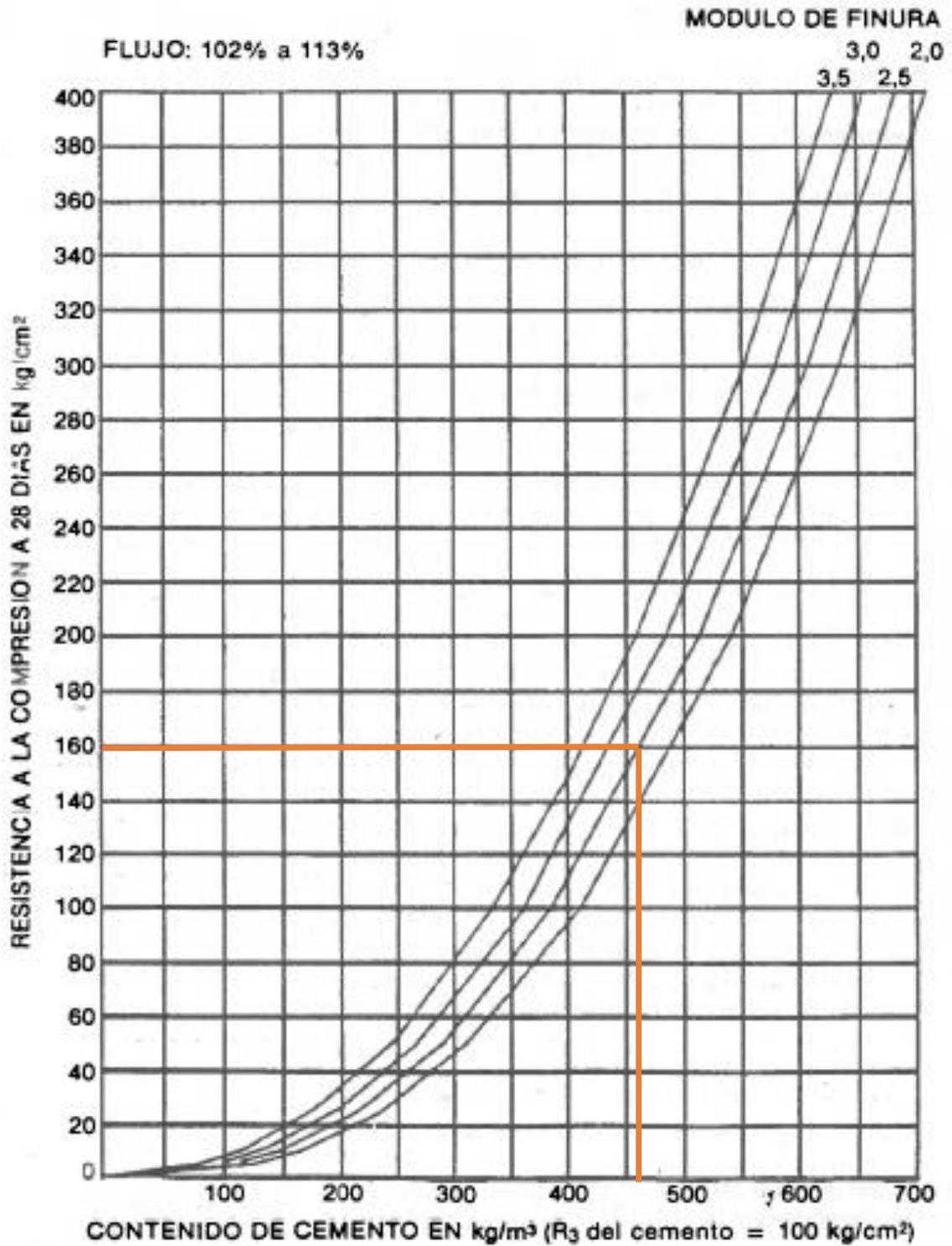
Figura 48.
Ensayo de compresión a Pila de
albañilería.



Figura 49.
Falla columnar en Pila de
albañilería.

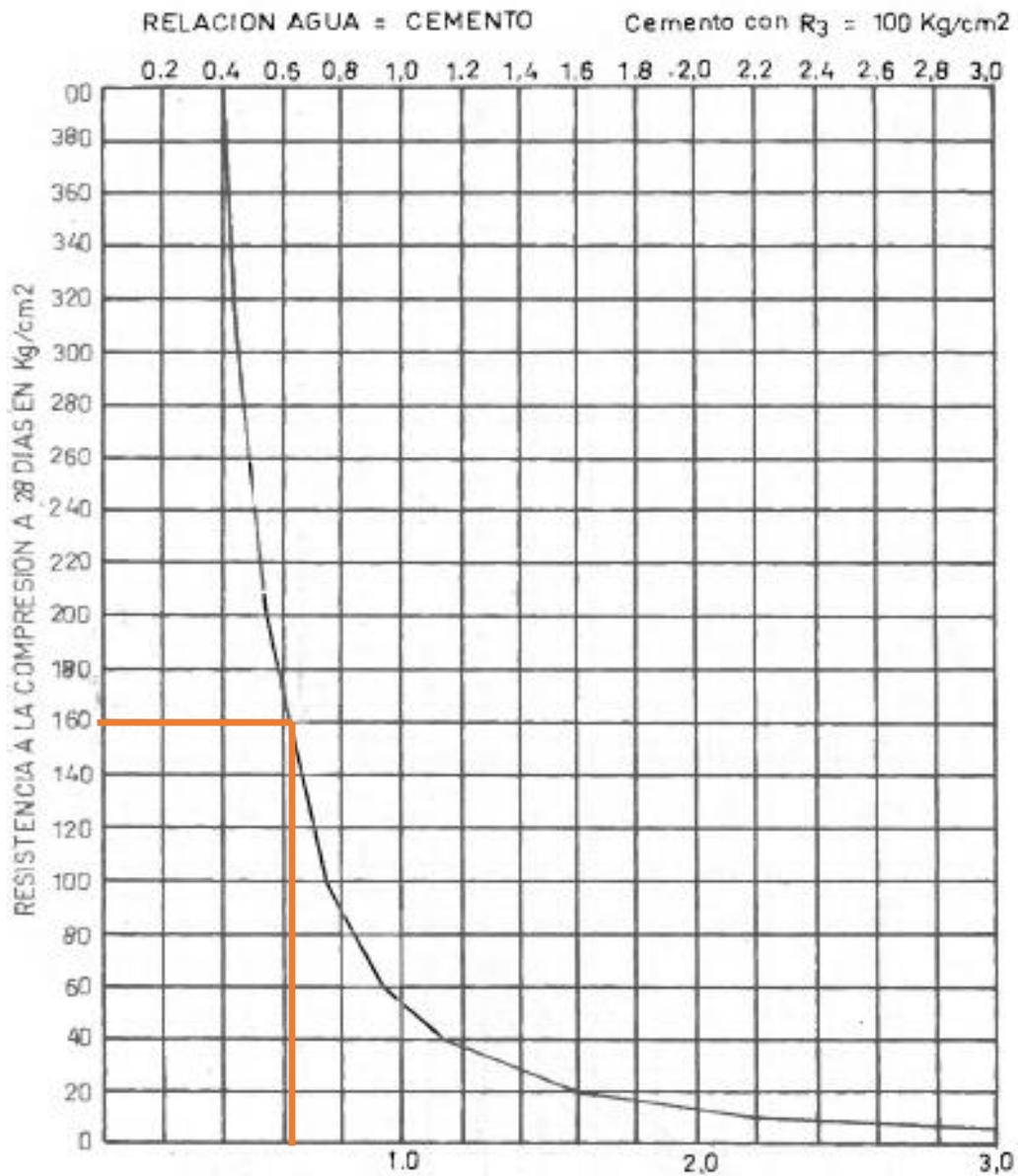
ANEXOS N° 03
CUADROS

Cuadro 49. Se determinó la cantidad en peso de cemento = 455 gr.



Fuente: Investigación realizada por el Ingeniero Rodrigo Salamanca en el Laboratorio de Ensayos e Investigaciones de la Universidad Nacional de Bogotá.

Cuadro 50. Se determinó la relación agua cemento = 0.69



$$A/C = 6.58 R_{28}^{-0.47} \quad R_{28} = 55.1 (A/C)^{-2.13}$$

GRAFICA No.12. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CEMENTO

Fuente: Investigación realizada por el Ingeniero Rodrigo Salamanca en el Laboratorio de Ensayos e Investigaciones de la Universidad Nacional de Bogotá.

ANEXO N° 4
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Montembo Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 988 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 9000



Q-CC-F-04
Versión 03

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150
Pacasmayo, 15 de Agosto del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CP&AA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO3	%	2.8	Máximo 3.0
Pérdida por ignición	%	3.1	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.08	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CP&AA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	8	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3650	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.08	NO ESPECÍFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3 días	MPa (Kg/cm ²)	26.5 (271)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7 días	MPa (Kg/cm ²)	34.3 (350)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28 días (*)	MPa (Kg/cm ²)	39.3 (400)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	138	Mínimo 45
Fraguado Final	min	281	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despedido durante el periodo del 01-07-2017 al 31-07-2017.
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Junio 2017.
(*) Requisito opcional.

Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por :

Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.



FICHA TÉCNICA "CAL DE OBRA"

DESCRIPCIÓN:

Como elemento usado en la construcción se obtiene mediante la descomposición de las rocas calizas a altas temperaturas añadiéndole agua. Se utiliza principalmente para el pintado de paredes y fachadas en exteriores debido a su alta blancura.

Estabilización de arcillas, vías, terraplenes, patios, vías férreas, puentes. Suelos inestables y expansivos.

Cal hidráulica puzolánica que se utiliza para preparación de morteros mejora la trabajabilidad, aumenta la plasticidad de la masa Incrementa la inercia térmica mejora la hidratación de los cementos

CARACTERÍSTICAS:

Aspecto : Polvo.
Color : Blanco
Olor : Inodoro.

PRECAUCIONES:

Almacenar en lugares libre de humedad. Es tóxico por ingestión.
Mantener fuera del alcance de los niños.

PRESENTACIÓN:

Saco x 17 kg

LOS DATOS CONTENIDOS EN ESTA INFORMACIÓN ESTAN BASADOS EN NUESTROS CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIA TÉCNICA. ESTA NO PRESUPONE NINGUNA GARANTÍA, SON NUESTROS CLIENTES QUIENES DEBERAN HACER PRUEBAS PREVIAS ANTES DE APLICARLOS PARA USO PROPIO ASIMISMO ESTAMOS A SU DISPOSICIÓN PARA ATENDERLOS CON NUESTRO ASESOR TÉCNICO.

QUIMICA MARTELL SAC – Calle Santa Ana Mz. E. 51B – Chacra Cerro
Comas – Lima – Perú
Tel. 714-1840 / 714-1841 / 537-4306
www.martell@sac.com.pe



Cerámicos Lambayeque

www.ceramicoslambayeque.com.pe

Chiclayo, 18 de octubre del 2017.

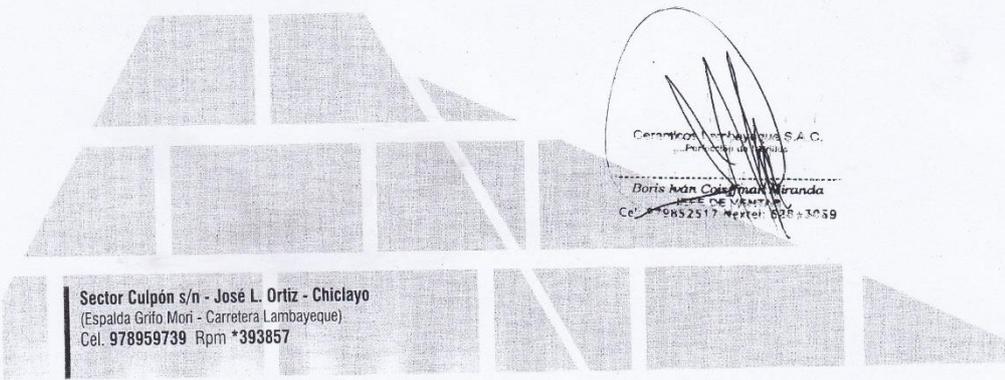
CERTIFICADO DE CALIDAD y/o GARANTIA

CERAMICOS LAMBAYEQUE SAC, certifica que el producto cumple con las normas técnicas N° 331.017 de construcción a nivel nacional

PRODUCTO:	Ladrillos Industriales Cerámicos Lambayeque	CUALIDADES	<p>Geometría y acabado perfecto. Buen comportamiento Termo acústico.</p> <p>Gran resistencia a la compresión.</p> <p>Respuesta antisísmica.</p> <p>Resistencia a las sales. Seguro al contacto por rozamiento.</p>
FABRICANTE:	CERAMICOS LAMBAYEQUE SAC		
CARACTERISTICAS:	<p>Materia Prima: Arcillas, tierra negra, amarilla, arenilla, caolín, etc. Formado a Maquina Control de Calidad en Formado y Quemado con: Pajilla, guano, estiércol, cáscara de café, aserrín, etc.</p>		

TIPO DE LADRILLO	ANCHO	LARGO	ALTO	PESO	RENDIMIENTO	RESISTENCIA
KING KONG ESTANDAR	12 cms.	24 cms.	9 cms.	2.80 Kg.	s - 40 / c - 72	110 Kg. / cm2.

CERTIFICADO A NOMBRE DE: EL CONSTRUCTOR EIRL.



Cerámicos Lambayeque S.A.C.
Perfección de Ladrillo

Doris Juan Cosma Meranda
Doris Juan Cosma Meranda
C.E. 9852517 - Hextel 888 + 3059

Sector Culpón s/n - José L. Ortiz - Chiclayo
(Espalda Grifo Mori - Carretera Lambayeque)
Cel. 978959739 Rpm *393857