

PROPIEDADES DEL MORTERO EMPACADO EN SECO PARA PEGA DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA

*Ing. Alejandro Navas Carro, MSc.
Ing. Eliécer Arias Barrantes*

Resumen

En esta investigación se evaluaron las propiedades más relevantes de siete de los morteros empacados en seco más conocidos en el país, utilizados para la pega de bloques de concreto. Los resultados obtenidos se compararon con la normativa internacional. Dentro de los morteros seleccionados se encuentran tres morteros Tipo M, dos Tipo S y dos Tipo N de diferentes proveedores. Se realizaron ensayos de compresión de morteros a tres lotes de producción con los siete morteros seleccionados para evaluar su resistencia a los 7, 14 y 28 días. Además se midieron otras propiedades como densidad en estado fresco, contenido de aire, retención de agua y consistencia. Las pruebas se realizaron de acuerdo con las normas de la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM).

Se encontró que cinco de los siete morteros muestreados cumplieron con la resistencia mínima requerida a los 28 días según la norma ASTM C270, asimismo, cinco morteros cumplieron con el mínimo de 75% de retención de agua. Con respecto al contenido de aire, todos los morteros se mantuvieron por debajo de los máximos establecidos por la norma ASTM C231.

Aporte

Se busca investigar las principales propiedades de los morteros empacados en seco para pega de bloques de mampostería que se pueden encontrar en Costa Rica: densidad, consistencia, plasticidad, retención de agua y resistencia a la compresión. El conocimiento de estos parámetros es necesario para identificar cuál mortero presenta las mejores características desde el punto de vista de trabajabilidad y resistencia y verificar si son adecuados para uso en construcción.

Palabras clave: mortero; empacado en seco; ensayos; compresión

Abstract

This research evaluated the most important properties of seven of the most popular packaged mortars in the country, used to join concrete blocks. The results obtained are compared to international norms. The selected mortars consist of three of Type M, two of Type S and two of Type N, obtained from different suppliers. Mortar compression tests were carried out on three production lots of the seven selected mortars to evaluate their resistance at the ages of 7, 14 and 28 days. Other measured properties included fresh density, air content, water retention and consistency. The tests were performed based on the specifications of the American Society for Testing and Materials (ASTM).

The results showed that five of the seven tested mortars developed the minimum required resistance at the age of 28 days according to ASTM C270. Five mortars achieved the minimum of 75% of water retentivity established in that specification. All mortars complied with the maximum air content levels established by ASTM C270.

Key words: masonry; mortar

Recibido: 24 de Febrero 2015 **Aprobado:** 20 de Abril 2015



1. INTRODUCCIÓN

La construcción en mampostería es uno de los métodos constructivos más utilizados en el país, esto debido a la facilidad constructiva y económica que este método presenta, pero el aumento de las construcciones hace que sea necesario optimizar su rendimiento y esto ha impulsado la creación de nuevas opciones constructivas y la mejora de materiales. El mortero empacado en seco es una de ellas, ya que permite simplificar su proceso de fabricación, disminuir su desperdicio y tiempo de mezclado, y asegurar niveles de calidad en el producto final, además cada material que lo compone ha sido probado y debe cumplir con los requerimientos mínimos de calidad.

En el país existe poca información que permita comparar entre los diferentes tipos de mortero empacado en seco que se pueden encontrar en el mercado y determinar cuál presenta mejores propiedades para un determinado caso. Hasta la fecha existen pocas investigaciones que identifiquen las propiedades del mortero para pega de bloques. El mortero para pega de bloques, a diferencia del mortero para repello, si contribuye en el desempeño de una determinada estructura, dado que forma parte de elementos que permiten transmitir cargas y para que esta transferencia se realice de forma correcta, es importante garantizar ciertos parámetros como adherencia, resistencia y durabilidad.

A pesar de que el tema de mampostería ha sido estudiado en años anteriores mediante proyectos de graduación (Carballo, 2004; Cascante, 2001; Navas, 1999; Delgado, 2007), el conocimiento acerca del comportamiento de los morteros empacados en seco para pega de bloques es escaso y no permite establecer una comparación entre los diferentes productos.

El proyecto realizado por Delgado en el año 2007 se encuentra entre los más relevantes en cuanto al tema de morteros para pega de bloques. En este proyecto se analizan las propiedades del mortero para pega de bloques, según las proporciones establecidas en el Código Sísmico de Costa Rica 2002, las cuales se mantienen en su versión del 2010, utilizando tanto arenas de tajo como de río. El objetivo principal de este artículo es evaluar las propiedades del mortero empacado

en seco para pega de bloques utilizado en Costa Rica, mediante pruebas de laboratorio según la normativa de la ASTM.

2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL ESTUDIO

Evaluar las propiedades de los morteros empacados en seco para pega de bloques utilizados en Costa Rica, mediante pruebas de laboratorio, de acuerdo con las normas ASTM.

2.1 Objetivos específicos

- Comparar diferentes propiedades físicas del mortero empacado en seco, como su densidad, consistencia y plasticidad.
- Medir la resistencia a la compresión de cubos de mortero a los 7, 14 y 28 días para generar curvas de desarrollo de resistencia aplicables a morteros empacados en seco para pega de bloques.
- Medir el porcentaje de retención de agua del mortero empacados en seco para pega de bloques.
- Realizar un análisis descriptivo y comparativo de los morteros con los resultados obtenidos.

2.2 Alcance

- Se realizaron las siguientes pruebas para cada tipo y marca de mortero analizado, siguiendo las especificaciones de las normas ASTM correspondientes.
 1. Resistencia a compresión, ASTM C109.
 2. Porcentaje de retención de agua, ASTM C1506.
 3. Contenido de aire, ASTM C231.
 4. Densidad en estado húmedo ASTM C138.
 5. Medición de flujo, ASTM C1437.
- Para los morteros empacados en seco se seleccionaron cinco proveedores diferentes, de los cuales se evaluaron siete morteros diferentes, Tipo M, S y N, el detalle de los morteros se muestra en la siguiente lista.

1. Tipo M
 - Pegamix (Holcim)
 - Pegablock Tipo M (Intaco)
 - Impermix Tipo M (Impersa)
2. Tipo S
 - Pegablock Tipo S (Intaco)
 - Pega Bloques (Pedregal)
3. Tipo N
 - SANSON mortero (Cemex)
 - Pegablock Tipo N (Intaco)

- Para las curvas de desarrollo de resistencia, se realizó la falla de cubos 50 mm de lado, a edades de 7, 14, 28 y días.
- De los tipos de mortero seleccionados se obtuvieron muestras de cinco sacos por lote, esto se determinó según la Norma UNE 66-030-84 del Instituto Español de Normalización.
- No se realizaron pruebas a morteros para pega de bloques elaborados en obra mediante la combinación de arena, cemento y agua, a pesar de esto, existen estudios anteriores que pueden ser consultados.

3. PROPIEDADES DEL MORTERO

3.1 Trabajabilidad

La trabajabilidad de un mortero es muy importante ya que debe facilitar las tareas de mezclado y puesto en obra sin segregación. Un indicador importante de la trabajabilidad es la consistencia y según este parámetro, se puede clasificar en tres tipos: seca, plástica y fluida (Muñoz, 1998). Además de la trabajabilidad inicial, es importante que este mantenga su estado plástico durante el tiempo que tarde la colocación de las unidades de mampostería.

El contenido de aire en la mezcla permite un aumento en la trabajabilidad ya que los vacíos son llenados por burbujas de aire que facilitan el roce entre las partículas; sin embargo, mucho aire en la mezcla podría afectar otras propiedades como durabilidad y resistencia, por eso existe un límite máximo para este valor.

3.2 Resistencia a la compresión del mortero

Es la capacidad que posee el mortero en su estado endurecido para resistir fuerzas de compresión. La norma ASTM C270 clasifica los morteros según su resistencia a los 28 días en M, S, N y O. En nuestro país se podría establecer una equivalencia entre estos morteros y los indicados por el Código Sísmico de Costa Rica 2010: A, B y C, donde la sigla A correspondería a un mortero Tipo M, B a un mortero Tipo S y C a un mortero Tipo N. Asimismo, la resistencia a la compresión para el mortero Tipo A debe ser de 175 kg/cm², el Tipo B de 126 kg/cm² y el Tipo C de 53 kg/cm².

3.3 Retención de agua

Es la capacidad que posee un mortero de retener el agua cuando entra en contacto con agentes externos como el viento, sol, temperatura, entre otros; o cuando entra en contacto con otra superficie, por ejemplo, con los bloques de mampostería. Esta propiedad es importante debido a que una pérdida acelerada de humedad podría ocasionar una pérdida de trabajabilidad en el mortero, lo que dificultaría el proceso constructivo. Asimismo, se podría presentar contracción en el mortero, lo que a su vez llevaría a un potencial agrietamiento o desprendimiento de las unidades de la mampostería.

4. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Se realizó una investigación en los comercios locales y se determinaron cinco marcas que poseen mayor cobertura en el mercado nacional, hay dos de ellas que producen las tres categorías de calidad (M, S, N), mientras que las restantes tres ofrecen productos en alguna de las tres categorías. No todos los productos fueron elegidos, pero se consideraron los de mayor importancia para los objetivos de este estudio.

Con el fin de mostrar los diferentes resultados obtenidos, los nombres de los productos fueron cambiados por una numeración consecutiva para cada tipo de mortero (M, S y N), de esta forma se cuenta con el mortero 1, 2 y 3 Tipo M, el mortero 1 y 2 Tipo S y el mortero 1 y 2 Tipo N. Cabe

aclarar que no existe relación entre la numeración y el fabricante, esto quiere decir por ejemplo, que el Mortero 2 Tipo M, Mortero 2 Tipo S y Mortero 2 Tipo N, no pertenecen al mismo fabricante.

En la Figura 1 se presenta la metodología empleada que permitió llevar a cabo esta investigación, en esta se presentan las etapas para el desarrollo del proyecto, los diferentes ensayos realizados a las muestras, así como el orden del avance que se siguió.

4.1 Resistencia a la compresión del mortero (ASTM C109)

Esta prueba se realiza sobre el mortero endurecido y consiste en mezclar el material con la cantidad de agua necesaria para obtener un flujo de $110 \% \pm 5 \%$, moldear especímenes con forma de cubo, de cinco centímetros de lado y mantenerlos en curación hasta la fecha de falla requerida. Los especímenes que se utilizaron para esta prueba se pueden observar en la Figura 2, así como el montaje en la máquina de compresión.

4.2 Retención de agua (ASTM C1506)

Esta prueba se realiza sobre mortero fresco, por lo que es necesario medir el flujo con el mortero recién preparado. Se moldea un espécimen y se le aplica una succión de siete kilo pascales durante un minuto, se mide el flujo después de aplicar la succión y se determina su capacidad de retener el agua, como la razón del flujo final entre el inicial. En la Figura 3 puede observarse el equipo utilizado y una de las muestras preparadas.

4.3 Contenido de aire y densidad en estado húmedo (ASTM C231 y ASTM C138)

La prueba establecida en la norma ASTM C231 determina el porcentaje de aire que posee un mortero en estado fresco. El equipo utilizado permite conocer el contenido de aire de la mezcla y posteriormente se puede aplicar un método para calcular el contenido de aire, mediante el cual se iguala un volumen de aire conocido a una

presión conocida en una cámara sellada, con el volumen desconocido de aire de la mezcla. Es preferible que sea aplicado en agregados densos, dado que incluye la cantidad de aire de los agregados. Una fotografía del equipo utilizado se muestra en la Figura 4.

Para calcular la densidad en estado húmedo se utilizó la norma ASTM C138. En esta se realiza un proceso de consolidación de la mezcla, posteriormente se nivela y se pesa. Al conocer el peso y el volumen de la muestra es posible obtener la densidad en estado húmedo.

5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Resistencia a la compresión del mortero

A continuación se presentan los resultados de resistencia a compresión de los morteros. Como se indicó anteriormente, se realizaron pruebas a los 7, 14 y 28 días de edad con el fin de graficar curvas de desarrollo de resistencia.

Las curvas de desarrollo de resistencia son útiles pues permiten establecer proyecciones de la resistencia de cada tipo de mortero en el tiempo. La producción industrializada generalmente utiliza aditivos para mejorar las propiedades de trabajabilidad, como la retención de agua y plasticidad, lo que a su vez puede afectar el desarrollo de la resistencia, en comparación con morteros tradicionales. Las proyecciones permiten aproximar la resistencia del mortero a los 28 días, por lo que se pueden aplicar medidas correctivas en casos en que se prevea que el mortero no cumplirá con esta resistencia mínima.

Morteros Tipo M o clase A, según nomenclatura del CSCR 2010

Los morteros Tipo M descritos en la norma ASTM C270 deben desarrollar una resistencia mínima a la compresión a los 28 días de $17,2 \text{ MPa}$ (aproximadamente 175 kg/cm^2). Estos morteros se especifican en el CSCR 2010 y se identifican como morteros clase A, que son los de mayor resistencia y están destinados para uso estructural.

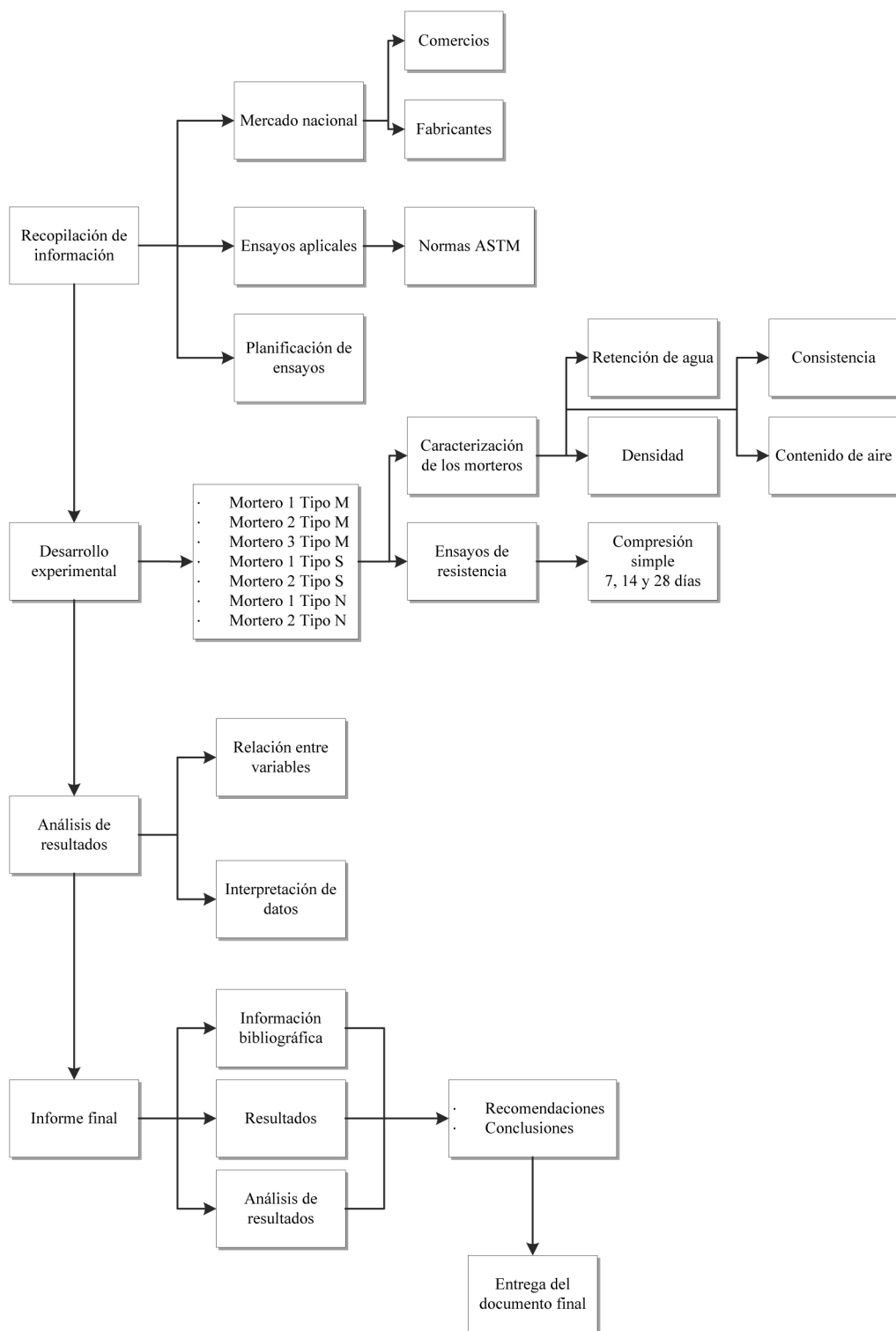


Figura 1. Esquema metodológico utilizado para realizar la investigación.

En las figuras 5, 6 y 7 se pueden observar las curvas de desarrollo de resistencia para los diferentes lotes analizados para el Mortero 1 Tipo M, el Mortero 2 Tipo M y el Mortero 3 Tipo M.

Este primer caso muestra que el conjunto de datos que poseen las resistencias más altas se encuentran en el lote 1; el lote 2 posee las resistencias más bajas y el lote 3 se situó con valores muy cercanos a la media. Asimismo se observa que todos los lotes cumplen con la resistencia mínima requerida a los 28 días desde los 7 días de edad.

La Figura 6 muestra que todos los lotes del Mortero 2 Tipo M cumplen con la resistencia mínima establecida por la ASTM C270.

La Figura 7 muestra que ningún lote del Mortero 3 Tipo M cumple con la resistencia mínima establecida por la ASTM C270.

Morteros Tipo S o clase B, según nomenclatura del CSCR 2010

Los morteros Tipo S descritos en la norma ASTM C270 deben poseer una resistencia mínima a la compresión a los 28 días de 12,4 MPa, aproximadamente 126 kg/cm². Estos morteros se especifican en el CSCR 2010 como morteros clase B y su uso también es estructural. En las figuras 8 y 9 se pueden observar las curvas de resistencia generadas para los morteros Tipo S.

Se observa en la Figura 8 que el Mortero 1 Tipo S alcanzó y superó la resistencia mínima establecida por la norma a la edad de 28 días en todos los lotes analizados.

En este caso, el mortero no cumplió con los requisitos de la norma, pues todos los lotes estudiados presentaron resistencias inferiores al mínimo de 12,4 MPa a los 28 días de edad.

Morteros Tipo N o clase C, según nomenclatura del CSCR 2010

Los morteros Tipo N descritos en la norma ASTM C270 deben poseer una resistencia mínima a la compresión a los 28 días de 5,2 MPa (aproximadamente 53 kg/cm²). Estos morteros se especifican en el CSCR 2010 como morteros clase C, son los de menor resistencia y a partir del

CSCR 2010 estos morteros no son permitidos para uso estructural. En las figuras 10 y 11 se pueden observar las curvas de resistencia generadas para los morteros Tipo N.

Se observa que ambos morteros presentaron resistencias superiores que la mínima establecida por la norma a los 28 días, e incluso cumplieron con este requisito desde los 7 días de edad.

Desarrollo de resistencia

El resumen de los porcentajes de resistencia se pueden observar en el Tabla 1. Estos fueron calculados utilizando como referencia la resistencia final adquirida por cada mortero a la edad de 28 días (100 %), que es la edad usual que se especifica para el control de la resistencia en este tipo de materiales (mortero, concreto, etc.). Con esto se obtiene que los morteros empacados en seco para pega de bloques analizados alcanzaron en promedio el 73 % de su resistencia final a los 7 días y un 85 % de su resistencia final a los 14 días, con un 100 % de la resistencia a los 28 días.

Comparación entre la resistencia alcanzada y la requerida según la ASTM C270

En la Tabla 2 se muestra el resumen de las resistencias obtenidas en los morteros como un porcentaje de las resistencias mínimas establecidas a los 28 días según la norma ASTM C270-07.

Se puede observar que cuatro de los siete morteros analizados alcanzan la resistencia requerida a los 28 días de edad desde los 7 días, cinco de los siete morteros llegaron a la resistencia requerida desde los 14 días y dos de los morteros analizados no alcanzaron la resistencia mínima especificada por la norma a los 28 días.

5.2 Retención de agua

En la Figura 12 puede observarse el resumen de los promedios obtenidos en las pruebas de retención de agua realizadas a los diferentes morteros, esta prueba se le realizó a los tres lotes analizados y a los siete morteros.

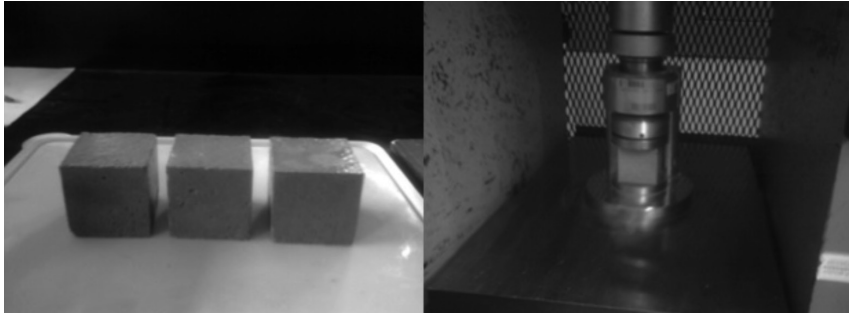


Figura 2. Cubos elaborados y montaje en la máquina para falla a compresión.



Figura 3. Espécimen para la prueba de retención de agua y equipo utilizado.



Figura 4. Equipo utilizado para medir el porcentaje de aire en el mortero.

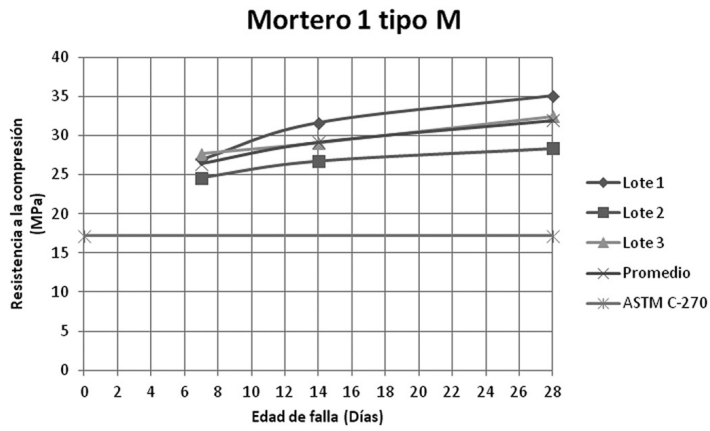


Figura 5. Curva de desarrollo de resistencia para el Mortero 1 Tipo M.

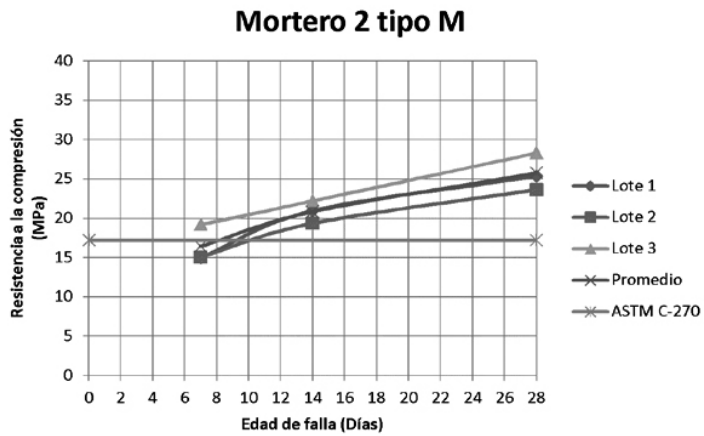


Figura 6. Curva de desarrollo de resistencia para el Mortero 2 Tipo M.

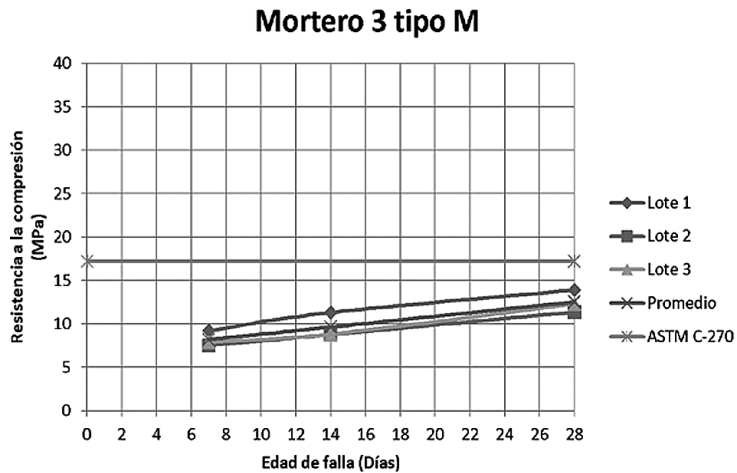


Figura 7. Curva de desarrollo de resistencia para el Mortero 3 Tipo M.

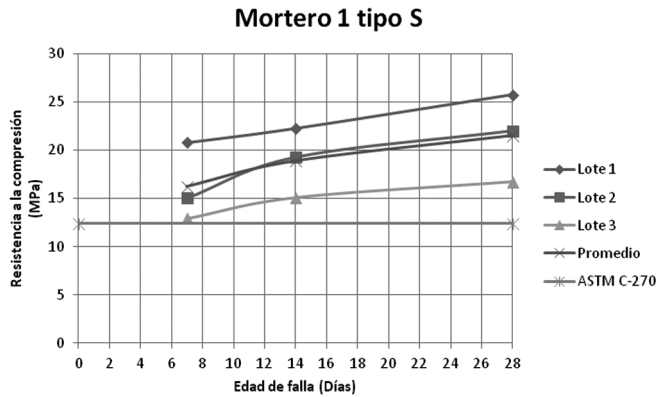


Figura 8. Curva de desarrollo de resistencia para el Mortero 1 Tipo S.

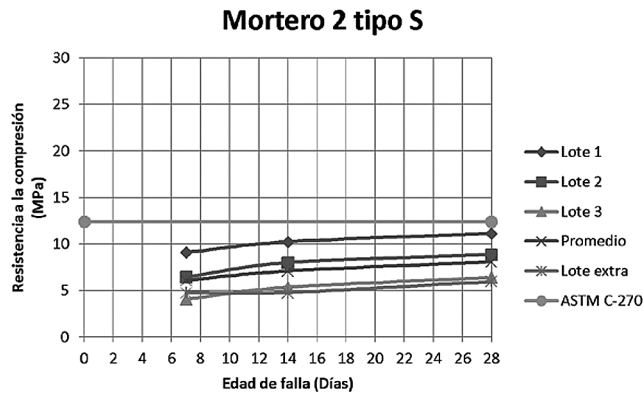


Figura 9. Curva de desarrollo de resistencia para el Mortero 2 Tipo S.

Como se aprecia, dos morteros presentaron porcentajes de retención de agua inferiores al 75 %, este valor es el mínimo permitido por la ASTM C270. Para el Mortero 2 Tipo M se obtuvo un valor promedio del 48% con un coeficiente de variación del 24 %, para el Mortero 3 Tipo M se obtuvo un valor promedio del 72 % con un coeficiente de variación del 16 %, los restantes materiales presentaron porcentajes de retención que superan el 75 % con coeficientes de variación desde el 6 % hasta 11%. En la mayoría de los morteros analizados se cumple con el parámetro de retención de agua con coeficientes de variación aceptables y solo en el Mortero 2 Tipo M se da una diferencia

importante entre el valor obtenido y el valor estipulado por la norma.

5.3 Contenido de Aire

En el Tabla 3 puede observarse el contenido de aire promedio para los morteros analizados. Para los morteros Tipo M el porcentaje de aire más alto se dio en el mortero 1 con un 7,4%, para este tipo de mortero el límite máximo de contenido de aire es del 12%, según la ASTM C270. Para los morteros Tipo S el contenido de aire máximo lo registró el mortero 2, con un 8,3%, para este tipo de morteros el límite máximo también es

Tabla 1. Desarrollo de resistencia del mortero empacado en seco a los 7,14 y 28 días de curado.

Porcentaje de la resistencia final (28 días)			
Material	7 días	14 días	28 días
Mortero 1 Tipo M	83 %	91 %	100 %
Mortero 2 Tipo M	64 %	81 %	100 %
Mortero 3 Tipo M	66 %	77 %	100 %
Mortero 1 Tipo S	76 %	88 %	100 %
Mortero 2 Tipo S	75 %	88 %	100 %
Mortero 1 Tipo N	74 %	85 %	100 %
Mortero 2 Tipo N	76 %	87 %	100 %
Pormedio	73 %	85 %	100 %

Tabla 2. Comparación de la resistencia a diferentes edades según la norma ASTM C270.

Porcentaje de la resistencia según la norma ASTM C270			
Material	7 días	14 días	28 días
Mortero 1 Tipo M	154 %	170 %	186 %
Mortero 2 Tipo M	96 %	121 %	150 %
Mortero 3 Tipo M ⁽¹⁾	48 %	56 %	73 %
Mortero 1 Tipo S	131 %	153 %	174 %
Mortero 2 Tipo S ⁽¹⁾	49 %	57 %	66 %
Mortero 1 Tipo N	119 %	136 %	160 %
Mortero 2 Tipo N	212 %	241 %	160 %

(1) Estos morteros no cumplen con la resistencia mínima especificada a 28 días, según la norma ASTM C270 y el CSCR 2010.

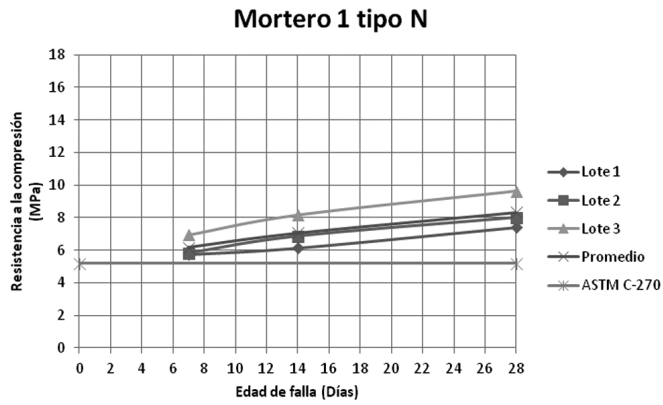


Figura 10. Curva de desarrollo de resistencia para el Mortero 1 Tipo N.

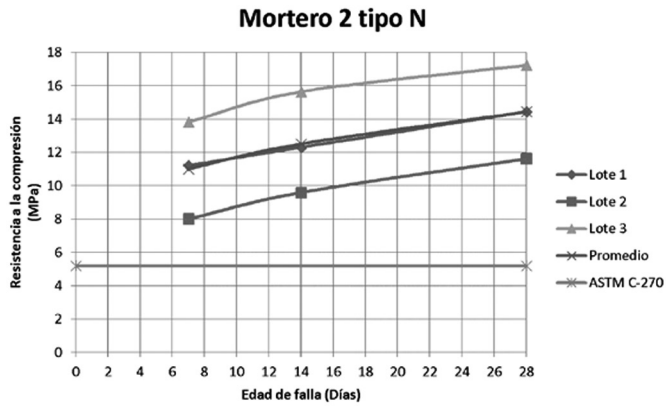


Figura 11. Curva de desarrollo de resistencia para el Mortero 2 Tipo N.

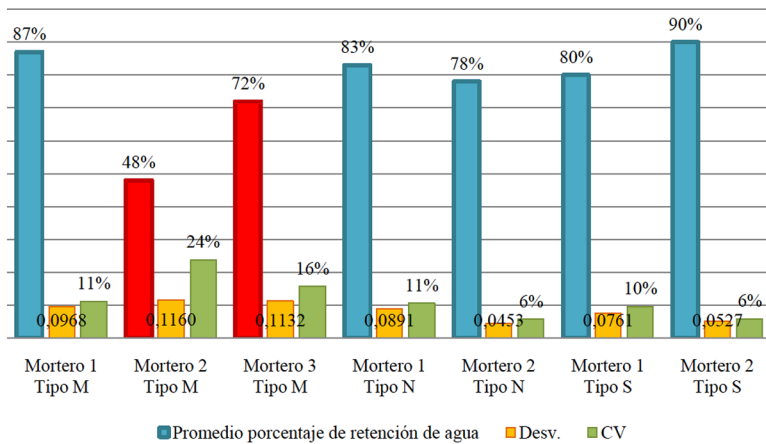


Figura 12. Promedio de retención de agua, desviación estándar y coeficiente de variación para cada mortero.

Tabla 3. Contenido de aire promedio en los morteros analizados.

Material	Promedio contenido de aire	Desv.	CV
Mortero 1 Tipo M	7,4 %	0,0124	16,78 %
Mortero 2 Tipo M	4,2 %	0,0028	6,73 %
Mortero 3 Tipo M	7,1 %	0,0014	1,99 %
Mortero 1 Tipo S	7,5 %	0,0212	28,28 %
Mortero 2 Tipo S	8,3 %	0,0000	0,00 %
Mortero 1 Tipo N	9,5 %	0,0212	22,33 %
Mortero 2 Tipo N	8,0 %	0,0000	0,00 %

Tabla 4. Densidad de los morteros analizados.

Material	Promedio densidad kg/m³	Desv.	CV
Mortero 1 Tipo M	2045	65	3,20 %
Mortero 2 Tipo M	2157	4	0,20 %
Mortero 3 Tipo M	2029	2	0,10 %
Mortero 1 Tipo S	2113	22	1,00 %
Mortero 2 Tipo S	2027	10	0,50 %
Mortero 1 Tipo N	1993	21	1,10 %
Mortero 2 Tipo N	1949	98	5,00 %

12%. Para los morteros Tipo N el contenido de aire máximo registrado fue de 9,5% mientras que para este mortero el límite máximo es del 14%.

5.4 Densidad en estado fresco

La densidad del mortero en estado fresco para los morteros analizados se puede observar en el Tabla 4: en general este valor es muy uniforme y se obtuvieron valores que van desde los 1949 kg/m³, hasta los 2157 kg/m³, en el Mortero 2 Tipo N y el Mortero 2 Tipo M respectivamente. El promedio general para los morteros empacados en seco analizados es de 2045 kg/m³ con un coeficiente de variación de 3,88%.

6. CONCLUSIONES

La resistencia a la compresión es la variable de mayor peso a la hora de calificar la calidad del mortero. Se pudo verificar que cinco de los siete morteros analizados cumplieron con la resistencia mínima requerida a los 28 días, mientras que los morteros 3 Tipo M y 2 Tipo S solo alcanzaron el 73% y 66% respectivamente, de la resistencia mínima a los 28 días.

Cinco de los siete morteros analizados obtuvieron valores superiores al 75% en la variable de retención de agua, que es el mínimo establecido por la ASTM C270. El Mortero 2 Tipo M fue el que obtuvo el menor valor con porcentajes de retención cercanos al 50%, este mortero podría presentar problemas, en condiciones de poca humedad ambiental y altas temperaturas ya que pierde mucha agua. En proyectos anteriores, específicamente el de “Verificación de las proporciones para morteros de pega indicadas en el Código Sísmico de Costa Rica 2002” (Delgado, 2007), se ha determinado que problemas en la retención de agua se deben principalmente a problemas con el agregado utilizado.

El Mortero 1 Tipo S se plantea como una solución interesante para elaborar mampostería clase A y obtener mejor relación costo beneficio, siempre y cuando existan ensayos para cada proyecto que respalden esto.

7. RECOMENDACIONES

Se realizan las siguientes recomendaciones en cuanto a futuras investigaciones relacionadas con morteros empacados en seco en el país.

- Realizar un estudio de la resistencia de los morteros empacados en seco a edades mayores de 28 días para complementar los resultados aquí expuestos.
- Evaluar las propiedades de los morteros empacados en seco realizados en obra mediante el uso de métodos tradicionales de mezclado.
- Someter los morteros empacados en seco a un proceso de certificación para garantizar sus propiedades así como su calidad.

BIBLIOGRAFÍA

- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2005). C 109-05: Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or 50-mm Cube Specimens). Pennsylvania: ASTM International
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2014). C 138-14: Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete. Pennsylvania: ASTM International.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2001). C 1437-01: Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar. Pennsylvania: ASTM International.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2003). C 1506-03: Standard Test Method for Water Retention of Hydraulic Cement-Based Mortars and Plasters [versión electrónica]. Pennsylvania: ASTM International
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2004). C 231-04: Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method. Pennsylvania: ASTM International
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2007). C 270-07: Standard

- Specification for Mortar for Unit Masonry. Pennsylvania: ASTM International.
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. (2002). Código Sísmico de Costa Rica 2002. San José: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. (2010). Código Sísmico de Costa Rica 2010. San José: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Carballo, G. (2004). Propiedades mecánicas de la mampostería con bloques sólidos de arcilla. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Cascante, L. (2001). Propiedades mecánicas de la mampostería de bloques rellenos de concreto de 20x12x40. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Delgado, M. (2007). Verificación de las proporciones para morteros de pega indicadas en el Código Sísmico de Costa Rica 2002. Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica
- Instituto Español de Normalización. (1984). UNE 66-030-84: reglas y tablas de muestreo para la inspección por variables de los porcentajes de unidades defectuosas. IRANOR.
- Muñoz, F. (1998). Componentes Principales de las Mezclas de Concreto. San José: Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Navas Carro, A. (1999). Propiedades Mecánicas de la mampostería de concreto. Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

SOBRE LOS AUTORES

Ing. Eliécer Arias Barrantes, Unidad de Gestión Municipal del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica. E-mail: eliecer.arias@ucr.ac.cr

Ing. Alejandro Navas Carro, MSc., Coordinador del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica. E-mail: alejandro.navas@ucr.ac.cr