

Efecto del curado y el agregado fino para obtener resistencias de proyecto a edades tempranas en morteros fabricados con un cemento de albañilería

VEGA-BLANCO, Emmanuel*†, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo, ZÚÑIGA-GUTIERREZ, Martín, BARRAGÁN-TRINIDAD, Raziél

Unidad Académica de Ingeniería, Av. Lázaro Cárdenas s/n, Ciudad Universitaria Sur, Chilpancingo, Gro.

Recibido Agosto 7, 2014; Aceptado Febrero 2, 2015

Resumen

El curado es la promoción de humedad y un control de la temperatura en morteros o concretos de mezclas que contengan cemento portland o cemento de albañilería, durante las etapas iniciales de la edad de garantía (edades de 3 y 7 días), tiene un impacto muy relevante para alcanzar la resistencia a las edades de ensaye especificadas. El mortero compuesto de arena, cemento y agua, es el material de construcción que colocado recibe menos hidratación o no se le da la importancia correspondiente para obtener mejores valores de resistencia y durabilidad. En este trabajo hemos efectuado un muestreo a los bancos de arenas de la región Acapulco, seleccionando aleatoriamente una marca de cemento de albañilería y un tipo de agua. Se planeó un experimento en laboratorio controlando los factores más importantes para determinar directamente en ensayos de mortero hidráulico cual banco de arena, condición de curado y a edad temprana tiene un mejor desempeño en la resistencia, con la posibilidad de tener costos menores. El análisis ha permitido llevar a cabo recomendaciones más efectivas a los usuarios, mejorando la calidad de las obras construidas, y una reducción importante en los costos.

Curado, Mortero, Resistencia, Modelo Factorial.

Abstract

Curing is to promote moisture and temperature control in mortar or concrete mixtures containing portland cement or masonry cement, during the initial stages of age assurance (ages of 3 and 7 days), has a very impact to achieve significant resistance specified ages tested. The mortar made of sand, cement and water, is the building material placed receives less hydration or is not given the corresponding importance for better values for strength and durability. In this work we have carried out a sampling of the sandbanks of the Acapulco region, randomly selecting a brand of masonry cement and water type. An experiment in laboratory controlling the most important factors to determine directly hydraulic mortar tests which sandbar, curing condition early age and has a better performance in resistance, with the possibility of lower costs planned. The analysis allowed to carry out more effective recommendations to users, improving the quality of the constructed works, and a significant reduction in costs.

Curado, Mortar, Resistance Factor Model.

Citación VEGA-BLANCO, Emmanuel, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo, ZÚÑIGA-GUTIERREZ, Martín, BARRAGÁN-TRINIDAD, Raziél. Efecto del curado y el agregado fino para obtener resistencias de proyecto a edades tempranas en morteros fabricados con un cemento de albañilería. Foro de Estudios sobre Guerrero. Mayo 2014 – Abril 2015, 1-2:208-212

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: manue_vega@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El curado es la promoción de humedad y un control de la temperatura en morteros o concretos, mezclas que contengan cemento, específicamente a edades tempranas (1, 3 y 7 días), de manera que éste pueda desarrollar las propiedades para las cuales fue diseñada la mezcla. El curado al mortero se inicia cuando desaparece el brillo superficial del agua y la hidratación debe de suministrarse de manera inmediata durante las primeras 72 horas, que es el momento más crítico de una mezcla de mortero.

El cemento para albañilería también llamado mortero, es una mezcla de ingredientes minerales, en el cual también se encuentran presentes los ingredientes del cemento pórtland. Esta mezcla se diseña y muele finamente en la planta productora de tal manera que sea de alta calidad y uniformidad. Es un producto diseñado para diversos trabajos de construcción, ofrece una mayor resistencia con respecto a la cal, una mayor estabilidad química que evita manchas de salitre, brinda una gran uniformidad de color y mayor adhesividad y resistencia a la compresión; cumple ampliamente con todas las especificaciones de calidad establecidas en la Norma Mexicana (NMX-C-021-2010).

Se denomina mortero a la mezcla de un conglomerante hidráulico con arena y agua para unir tabiques, ladrillos, rocas, tender firmes y plantillas, trabajos de mampostería, acabados, zarpeados, recubrimientos exteriores e interiores de muros, su fabricación debe ser con materiales que cumplan requisitos de calidad. La mezcla de mortero debe tener plasticidad, adherencia, trabajabilidad y resistencia a la compresión. La arena se entiende toda partícula o grano de piedra desde la más fina (a excepción del polvo), con tamaño nominal de partícula desde 4.75 hasta 0.075 mm (Material que pasa a través de la malla del No. 4 y que se retiene en la malla No. 200).

Debe cumplir ciertos requisitos y consistir en partículas limpias, duras, compactas y durables, libres de sustancias químicas, capas de arcilla y otros materiales finos que puedan afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento.

La calidad del agua también desempeña un papel importante: las impurezas del agua pueden interferir en el fraguado del mortero, pueden causar manchas en la superficie y afectan significativamente la resistencia. El agua para el mezclado no deberá contener sustancias orgánicas ni constituyentes inorgánicas en cantidades excesivas.

El agua que se utilice para el mezclado del mortero sea para beber (consumo humano). Existen aguas que no son para consumo humano pero que se pueden utilizar para el mezclado del mortero, pero deben de tener un pH de 6.0 a 8.0 o posiblemente hasta de 9.0.

En la actualidad el curado del mortero no ha tenido la importancia requerida y en la práctica constructiva no se lleva a cabo. Se ha observado en gran número de construcciones que el curado no se aplica en el 95% de los casos, la mayoría del mortero colocado se deja a la intemperie sin protección por cambios de temperatura, velocidad del aire, humedad ambiental, entre otros factores que lo afectan.

Verificar el efecto del curado en especímenes de mortero para alcanzar resistencias a edad temprana, con la finalidad de establecer criterios que permitan asegurar su calidad y en particular a morteros fabricados con arena de los bancos de la región Acapulco y cemento de albañilería Cruz Azul.

Materiales y métodos

El presente estudio tiene dos metas, por un lado determinar el efecto de las arenas de los bancos de la región Acapulco en el mortero y por otro verificar el efecto del curado en el mortero a edad temprana de 7 días.

Se realizó un control de los factores en el experimento, como cemento de albañilería, agua, resistencia de diseño y edad de los especímenes. Para esto se fabricaron cubos colados en moldes de cavidades cúbicas de 5X5X5 cm. por lado, con las arenas de los diferentes bancos, aplicando curado y no curado. Para el mezclado del mortero se utilizó agua purificada. Se seleccionó aleatoriamente un cemento de albañilería de las cinco que comúnmente venden los distribuidores de la región de estudio, siendo elegida la marca Cruz Azul. Los bancos de arena, utilizados fueron Papagayo, el Quemado y la Venta. Para fabricar la mezcla se utilizó una dosificación 1:4 (1 parte de cemento, con 4 partes de arena), calibrada en laboratorio de acuerdo con las proporciones más utilizadas en campo y se le agregó el agua hasta obtener una fluidez dentro del rango de 108 a 114%. Otro factor controlado fue la edad del mortero, para ejecutar los ensayos a la edad de 7 días. Los materiales para la elaboración de mortero cumplen las especificaciones de la normas mexicanas (NMX) y los reglamentos de construcción vigentes, así como, los procedimientos de ensaye se efectuaron siguiendo los lineamientos indicados en las normas y reglamentos mencionados, bajo condiciones de laboratorio y la ejecución de los trabajos en un tiempo muy corto con equipos calibrados.

Los factores estudiados son banco de arena (Papagayo, el Quemado y la Venta) y curado (sin curado y con curado). La variable respuesta es resistencia a compresión del mortero medida de acuerdo con las Normas Mexicanas (NMX-C- 061, 083, 155,159).

El análisis se realizó con los programas estadísticos Statistical Product and Service Solutions (SPSS), v 18.0 y JMP.

Resultados

El análisis de los resultados más relevantes de los ensayos de laboratorio en especímenes de mortero se muestra a continuación. La resistencia máxima promedio que logra el mortero con respecto a cada banco de materiales. Se observa que el banco Quemado tiene valores mayores de resistencia seguido de la Venta y por último Papagayo, fig. 1.

En la comparación de resistencias obtenidas en el mortero con respecto a cada banco de materiales, en condiciones de sin curado y curado, se observa que el efecto del curado para los bancos Quemado y la Venta, tiene mejor comportamiento que el Papagayo, los especímenes de mortero al no ser curados alcanzan bajas resistencias, fig. 2.

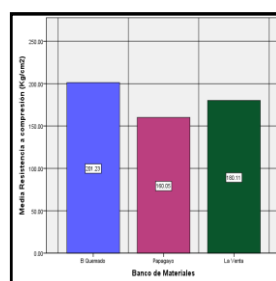


Fig. 1 Promedio de resistencia a 7 días por banco.

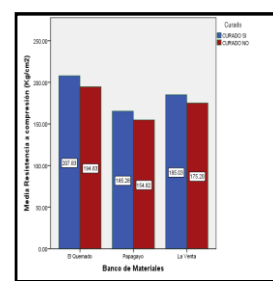


Fig. 2 Resistencia por banco a 7 días bajo condiciones de curado

La resistencia del mortero elaborado con arena de cada banco, considerando condiciones de curado, mantiene una tendencia similar, es decir que la ausencia de curado en el mortero con respecto al que recibe curado, genera resistencias inferiores que este último. La mayor dispersión en morteros es con curado y menor variabilidad en resistencias de mortero sin curado. La mayor dispersión es en el mortero elaborado con arena del banco *el Quemado*, seguido de *la Venta* y *el Papagayo*, fig. 3.

El mortero elaborado con arena del banco Papagayo tiene el menor valor promedio de resistencia con curado de 157.84 kg/cm², la Venta de 180.54kg/cm² y el Quemado de 214.39 kg/cm², en el mortero sin curar también Papagayo presenta el valor mínimo promedio de resistencia de 152.31 kg/cm², la Venta de 173.54kg/cm² y el Quemado de 198.41 kg/cm².

Para conocer el efecto de los factores (banco de arena y curado) en la resistencia del mortero se ajustó un modelo factorial en dos factores completamente el azar (2F CA), E-1.

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \alpha_j + \tau\alpha_{ij} + \varepsilon_{ijk}; i = 1, 2, 3, j = 1, 2. k = 1, \dots, 4 \quad (1)$$

En el modelo ajustado los dos factores son significativos, Tabla 1. El valor de R², indica que los factores incluidos en el modelo (banco y Curado), influyen en un 94.4% de la varianza de la variable respuesta resistencia del mortero elaborado con materiales de la región Acapulco.

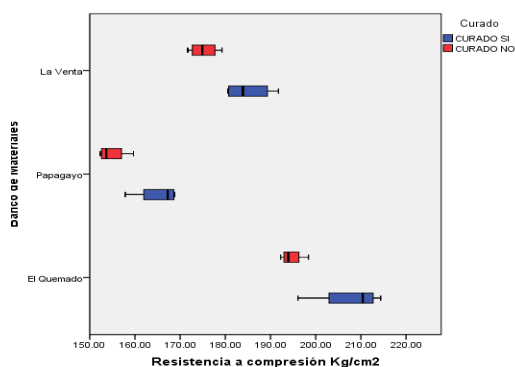


Figura 3 Resistencia por banco a 7 días bajo condiciones de curado y no curado

Para el factor banco de arena se observa que existe evidencia con un $\alpha=.05$ que indica que las medias de la resistencia del mortero elaborado con la arena de los diferentes bancos no son iguales. Los tres bancos de arena, producen promedios diferentes de resistencia del mortero.

El factor curado es significativo, existe evidencia con un $\alpha=.05$, que indican que se obtienen resistencias medias significativamente diferentes.

Existe evidencia con un $\alpha=.05$ que indica que no hay interacción entre los factores banco de arena y curado. Los bancos de arena muestreados generan un comportamiento con la misma tendencia en la resistencia del mortero en cada método de curado.

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	7544,378 ^a	5	1508,876	60,784	,000
Intersección	781608,352	1	781608,352	31486,492	,000
banco	6783,844	2	3391,922	136,641	,000
curado	747,720	1	747,720	30,121	,000
banco * curado	12,814	2	6,407	,258	,775
Error	446,825	18	24,824		
Total	789599,555	24			
Total corregida	7991,203	23			

a. R cuadrado = ,944 (R cuadrado corregida = ,929)

Tabla 1 Tabla de análisis de varianza del modelo de 2F CA

En las comparaciones múltiples para el factor banco de arena de este modelo, muestran que la resistencia más alta del mortero es el que se fabricó con arena el Quemado, seguida de la venta y por último el Papagayo, tabla 2.

LSMeans Differences Tukey HSD		
Alpha= 0.050 Q= 2.55216		
Level		Least Sq Mean
El Quemado	A	201.22875
La Venta	B	180.11000
Papagayo	C	160.05125
Levels not connected by same letter are significantly different		

Tabla 2 Clasificación de la resistencia del mortero por banco de arena

En las comparaciones múltiples para el factor curado del mortero, muestran que la resistencia más alta del mortero es el que se le dio curado, tabla 3.

LSMeans Differences Tukey HSD		
Alpha= 0.050 Q= 2.10092		
Level		Least Sq Mean
CURADO SI	A	186.04500
CURADO NO	B	174.88167
Levels not connected by same letter are significantly different		

Tabla 3 Clasificación de la resistencia del mortero por curado

Las comparaciones múltiples de la interacción banco*curado se advierten 6 subgrupos significativamente diferentes, notándose que la resistencia mayor del mortero es el fabricado con arena del banco Quemado y con curado, subgrupo A. La menor resistencia se observa en el subgrupo E, de la combinación Papagayo con curado y Papagayo sin curado, tabla 4.

LSMeans Differences Tukey HSD		
Alpha= 0.050 Q= 3.17803		
Level		Least Sq Mean
El Quemado,CURADO SI	A	207.82750
El Quemado,CURADO NO	B	194.63000
La Venta,CURADO SI	B C	185.02500
La Venta,CURADO NO	C D	175.19500
Papagayo,CURADO SI	D E	165.28250
Papagayo,CURADO NO	E	154.82000
Levels not connected by same letter are significantly different		

Tabla 4 Comparaciones múltiples de la interacción banco*curado

Discusión y conclusiones

La resistencia a compresión de los morteros tiene relación con las propiedades que presenta cada banco de arena. Para este estudio el banco Quemado es el que logró los mayores valores de resistencia y el banco Papagayo las menores. La Norma Técnica Complementaria sobre mampostería (NTC 2004), clasifica a los morteros de albañilería como tipo I (125 kg/cm²), tipo II (75 kg/cm²) y tipo III (40 kg/cm²), que de acuerdo a los resultados analizados a la edad temprana de 7 días todas la combinaciones banco*curado cumplen con la resistencia de mortero tipo I.

La edad de garantía en morteros es de 28 días, como se muestra que la resistencia a 7 días cumple ampliamente como mortero tipo I. Se recomienda hacer un ajuste a la dosificación de materiales componentes, específicamente al cemento de albañilería que es el representa el mayor costo en una mezcla.

La mejor combinación de factores banco y edad que se obtuvo es la combinación Quemado con curado. Conviene insistir que la garantía para obtener la resistencia especificada es cuando se promueve el curado del mortero especialmente a edad temprana. Se pueden obtener resistencias en mortero sin curar pero se ve afectada en gran medida la durabilidad.

Referencias

Vivar, F. (2009). Modelación del comportamiento de la resistencia del mortero: considerando condiciones de curado. Tesis de Licenciatura, Unidad Académica de Ingeniería

Norma mexicana NMX-C-021-ONNCCE-2010, Industria de la construcción - Cemento para albañilería (mortero) – Especificaciones y métodos de ensayo.

Norma mexicana NMX-C-061-ONNCCE-2010, Industria de la construcción – Cemento – Determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos.

Norma mexicana NMX-C-085-ONNCCE-2010, Industria de la construcción – Cementos hidráulicos – Determinación estándar para el mezclado de pastas y morteros de cementantes hidráulicos.

GDF-RCDF (2004), Normas Técnicas Complementaria para diseño y construcción de estructuras de mampostería; Tomo I, Gaceta Oficial del DF, México.