



# Evaluación técnica de la eficacia de productos curadores como opción al curado húmedo del concreto

*Technical evaluation of the effectiveness of curing products as an option to wet curing of concrete*

**José David Sandoval González**

Estudiante de Ingeniería Civil.  
Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica  
[josedavid.sandoval@hotmail.com](mailto:josedavid.sandoval@hotmail.com)

**Ing. Einer Rodríguez Rojas, MAP, MIng.**

Docente de Ingeniería Civil.  
Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.  
[einer.rodriguez@ucr.ac.cr](mailto:einer.rodriguez@ucr.ac.cr)

**Ing. Flor de María Muñoz Umaña, MIng.**

Docente catedrática de Ingeniería Civil.  
Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.  
[flor.munoz@ucr.ac.cr](mailto:flor.munoz@ucr.ac.cr)

Fecha de recepción: 19 de abril 2021 / Fecha de aprobación: 20 de enero 2022

## Índices y Bases de Datos:



## Políticas de Uso:



Revista Métodos y Materiales por LanammeUCR se distribuye bajo: Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. ISSN electrónico: 2215-4558

# Evaluación técnica de la eficacia de productos curadores como opción al curado húmedo del concreto

*Technical evaluation of the effectiveness of curing products as an option to wet curing of concrete*

**José David Sandoval González**

Estudiante de Ingeniería Civil.  
Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica  
[josedavid.sandoval@hotmail.com](mailto:josedavid.sandoval@hotmail.com)

**Ing. Einer Rodríguez Rojas, MAP, MIng.**

Docente de Ingeniería Civil.  
Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.  
[einer.rodriguez@ucr.ac.cr](mailto:einer.rodriguez@ucr.ac.cr)

**Ing. Flor de María Muñoz Umaña, MIng.**

Docente catedrática de Ingeniería Civil.  
Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.  
[flor.munoz@ucr.ac.cr](mailto:flor.munoz@ucr.ac.cr)

Fecha de recepción: 19 de abril 2021 / Fecha de aprobación: 20 de enero 2022

## RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo determinar los efectos del uso de productos curadores en el concreto hidráulico mediante condiciones de laboratorio. No obstante que investigaciones y especificaciones técnicas de los productos curadores indican mejoras en el curado del concreto, su utilización y posibles ventajas deben ser experimentalmente verificadas para las condiciones y tipos de concretos fabricados en Costa Rica. Se utilizan tres tipos de productos curadores, el primero corresponde a un producto curador transparente a base de silicatos que no produce membrana (C1), el segundo es un producto curador formador de membrana a base de resinas (C2) y el tercero es un producto curador formador de película a base de solución coloidal (C3). Por medio de ensayos de laboratorio se determina la resistencia a la compresión, módulo de ruptura y cambio de longitud (expansión o contracción) del concreto para diferentes condiciones de curado. En general, los resultados indican que los productos curadores, a cualquier edad de aplicación, no disminuyen la contracción o expansión del concreto. Para que los curadores logren una efectividad adecuada en el desarrollo de la resistencia a la contracción y a la flexión en el concreto, se debe curar con agua por un mínimo de tres días previo a la aplicación del producto. Los resultados sugieren mejores resultados al aplicar el producto curador a los 7 días luego de mantener los especímenes en el cuarto húmedo.

**Palabras clave:** concreto, curado, productos curadores, resistencia, contracción

## ABSTRACT

*This research aims to determine the effects of the use of curing products in hydraulic concrete through laboratory conditions. Although research and technical specifications of curing products indicate improvements in concrete curing, their use and possible advantages must be experimentally verified for the conditions and types of concrete manufactured in Costa Rica. Three types of curing products are used, the first corresponds to a transparent silicate-based curing product that does not produce membrane (C1), the second is a resin-based membrane-forming curing product (C2) and the third is a product Colloidal solution based film-forming curing agent (C3). Through laboratory tests, the compressive strength, modulus of rupture and change in length (expansion or contraction) of concrete are determined for different curing conditions. In general, the results indicate that curing products, at any age of application, do not reduce the expansion or contraction of concrete. For curatives to be adequately effective in developing resistance to shrinkage and flexure in concrete, it must be cured with water for a minimum of three days prior to application of the product. The results suggest better results when applying the curing product 7 days after keeping the specimens in the wet room.*

**Key words:** concrete, curing, curing products, strength, contraction

## INTRODUCCIÓN

Son muchas las ventajas que ofrece el concreto como material de construcción, más aún con el avance de la tecnología y el uso de aditivos que posibilita obtener concretos de muy altas resistencias y de excelente desempeño. El concreto es un material que exige una serie de cuidados durante su fabricación, colocación, fraguado y maduración. El proceso constructivo utilizando concreto no culmina al colocarlo en el sitio, pues este material por sus componentes aumenta resistencia a través del tiempo y requiere de cuidados especiales.

Estudios sobre el curado del concreto presentan evidencia sobre diversas metodologías. La aplicación de un producto para el curado aumenta el contenido de humedad del concreto y permite una mayor hidratación del cemento (Wang, Cable, & Ge, 2006). Investigación respecto a superficies de pavimento han intentado relacionar la aplicación de productos curadores y su relación con el ambiente de trabajo de las estructuras. (Ye, Shon, & Zollinger, 2010). Para concreto prefabricado, estudios evalúan la eficacia del curado de concreto utilizando metodologías como vapor o carbonatación. (Rostami, Shao, & Boyd, 2012). En el año 2018 se desarrolla una investigación para determinar la resistencia a la compresión del concreto al ser curado con compuestos líquidos formadores de membrana, según el estudio, los tratamientos de curado al perder su efecto sugieren valores de resistencia en el concreto similares sin importar el método empleado. (Corrales, 2018). Investigaciones relacionadas con productos curadores concluyen que durante la construcción, la resistencia del concreto se controla mediante la elección de materias primas que aseguren un adecuado diseño de mezcla y adopción de procedimientos de curado (Liang, Quan, & Han, 2019).

No obstante que investigaciones y especificaciones técnicas de los productos curadores indican mejoras en el curado del concreto, su utilización y posibles ventajas deben ser experimentalmente verificadas para las condiciones y tipos de concretos fabricados en Costa Rica.

La construcción es una actividad que se caracteriza por requerir una cantidad elevada de capital económico, un deficiente uso de los recursos materiales o calidad final del producto puede incidir en el éxito o fracaso de un proyecto. Para el campo académico y profesional, la información permite desarrollar recomendaciones experimentalmente válidas al utilizar este tipo de productos para mejorar procesos o resultados. La investigación amplía la literatura al utilizar un procedimiento estandarizado (ASTM C157/ C157M-17,2017) y modificarlo a la variable de estudio (productos curadores).

## OBJETIVOS

El objetivo consiste en evaluar a partir de ensayos de laboratorio el comportamiento en las resistencias a compresión simple, módulo de ruptura y la contracción o expansión de un concreto hidráulico cuando el curado se realiza por medio de productos curadores. Para lograrlo se obtienen parámetros físicos y mecánicos de los materiales que constituyen la mezcla de concreto, así como sus características en estado fresco y endurecido. Se realiza finalmente una correlación y validación estadística de los resultados.

## CONTRACCIONES DEL CONCRETO HIDRAÚLICO

El concreto es un material que sufre contracciones tanto en su estado fresco como endurecido. Al hidratarse las partículas de cemento inicia el proceso de fraguado, según la ASTM C125-18ª,2020. corresponde con: “El proceso, debido a reacciones químicas, que ocurre después de la adición del agua de mezcla, eso resulta en un gradual desarrollo de la rigidez de la mezcla cementicia”. La misma norma define el tiempo de fragua como: “El tiempo transcurrido desde la adición del agua de diseño con la pasta de cemento hasta que la mezcla alcanza un grado específico de rigidez medido por un procedimiento específico”. El cambio del volumen del concreto empieza justo después del colado (colocación). En su estado fresco (plástico) el concreto sufre generalmente dos tipos de contracciones, la autógena y la plástica. La contracción autógena es la reducción macroscópica del volumen de la pasta de cemento, mortero o concreto, causada por la hidratación del cemento. (PCA, 2004). La contracción plástica resulta de la rápida evaporación de la humedad de la superficie, superando la tasa de sangrado (PCA, 2004). En su estado endurecido, el concreto sufre contracciones por secado, se expande ligeramente con el aumento de humedad y se contrae con la pérdida de la misma. (PCA, 2004)

## CURADO DEL CONCRETO HIDRAÚLICO

El curado es el nombre con el que se denomina a todo proceso utilizado para promover la hidratación del cemento, lo que conlleva al desarrollo de la resistencia del mismo (Neville, 2010). La duración y el tipo de curado pueden afectar la tasa y la cantidad final de contracción por secado.

## MATERIALES, EQUIPO E INSTALACIONES EXPERIMENTALES

Se utilizó infraestructura y equipo proporcionado por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (Lanamme UCR). El equipo utilizado es comprobado para verificar su idoneidad y que no constituya una variable al realizar la investigación. El material grueso corresponde con agregados con un máximo nominal de 12,5 mm a 4,75 mm según la ASTM C33/C33M-18, el agregado fino se ajusta también a ésta especificación, ambos agregados son de procedencia de río. El cemento es del tipo MM/C (C-P)-28 (Cemento hidráulico modificado mixto conteniendo una cantidad de caliza (C) y de ceniza volante (P) entre el 36% y el 55% en masa, y de clase de resistencia 28). Se utilizan tres tipos de productos curadores, el primero corresponde a un producto curador transparente a base de silicatos que no produce membrada (C1), el segundo es un producto curador formador de membrana a base de resinas (C2) y el tercero es un producto curador formador de película a base de solución coloidal (C3).

## METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Se realizaron ensayos de laboratorio para determinar la idoneidad de los agregados, cemento y mezcla de concreto en su estado fresco y endurecido. Para los agregados, su respectivo muestreo y reducción se realiza con base a las normas ASTM D75/D75M-14 y ASTM C702/C702M-18. Para su caracterización se realizaron tres réplicas según corresponda para las normas de ensayos ASTM C40/C40M-16, ASTM C117-17, ASTM C136/C136M-14, ASTM C127-15, ASTM C128-15 y ASTM C29/C29-17a. Para el cemento se obtienen muestras representativas en base a la norma ASTM C183/C183M-16 y se caracteriza mediante la ejecución de ocho réplicas para cada uno de los siguientes procedimientos: ASTM C187-16, ASTM C191-18a, ASTM C188-17, ASTM C430-17, ASTM C1437-15 y ASTM C109-16a. Las mezclas de concreto se diseñan según el procedimiento ACI 211.1-91 para un rango de asentamiento (ASTM C143/C143M-15a) entre 75 mm a 100 mm, relación a/c (agua / cemento) de 0,58 y una resistencia a la compresión mínima de 21 MPa. El moldeado de los especímenes se ejecuta según lo descrito en la norma ASTM C192/C192M-18 para cilindros de concreto (150 mm x 300 mm) y vigas estandarizadas (150 mm x 150 mm x 500 mm). Para cada uno de las 11 batidas de concreto en su estado fresco se registró la temperatura según norma ASTM C1064/C1064-17, así como el contenido de aire según la norma ASTM C231/231M-17a. Con respecto al concreto en su estado

endurecido, para determinar la resistencia a la compresión se utilizó la norma ASTM C39/C39M-18 y el procedimiento ASTM C78/C78M-18 para obtener su correspondiente módulo de ruptura. Respecto a los especímenes para el control de contracción, se fabricaron vigas (75 mm x 75 mm x 250 mm) según lo establece la norma ASTM C157/C157M-17, para los especímenes que corresponden a la condición de curado en cuarto húmedo se siguió estrictamente lo especificado en esta norma; para aquellas que utilizaron productos curadores, se modifica el procedimiento para ajustarse a la investigación. La aplicación de los productos curadores se realiza utilizando una bomba de baja presión y rodillos luego de remover los especímenes de los moldes o del cuarto húmedo según el caso de estudio. La tabla 1 muestra las condiciones de curado y la cantidad de especímenes de prueba.

## VALIDEZ DEL MÉTODO

La confiabilidad de los resultados de la caracterización de los materiales se logra por medio de la repetibilidad de los ensayos y la aplicación de estadística descriptiva.

Para el concreto endurecido se utilizó un análisis estadístico descriptivo de los resultados de la resistencia a la compresión, flexión y cambios de longitud del concreto. La normalidad de los resultados se comprueba por medio de estadística inferencial al aplicar análisis de varianza de un solo factor con un nivel de confianza del 95 %, con el fin de determinar si los promedios de las pruebas tienen diferencias significativas. Por medio del Método de Tukey para comparaciones múltiples se determinó cuáles promedios son significativamente similares con un nivel de confianza del 95 %.

## ANÁLISIS Y RESULTADOS

### Propiedades Físicas de los materiales utilizados

La caracterización de los agregados por medio de ensayos de laboratorio indica valores de densidad relativa acordes con agregados de peso normal (2,4 a 2,8) y de procedencia natural. (Tabla 2).

El agregado fino no contiene contaminación orgánica y su granulometría se ajusta a los límites establecidos en la ASTM C33/C33M-18, de igual forma el agregado grueso se ajusta a la misma especificación para un tamaño máximo nominal en el rango de 12,5 mm a 4,75 mm. (Sandoval, 2019).

**Tabla 1. Cantidad de especímenes de prueba por tipo de curado en función de la edad**

N°	Condición de las muestras	Especímenes resistencia compresión			Especímenes módulo ruptura			Especímenes contracción			
		Edad (días)									
		3	7	28	3	7	28	1	3	7	28
1	Curado en cámara húmeda (CH)	3	3	4	2	2	3	4			
2	Sin curado (SC)	3	3	4	2	2	3	4			
3	Aplicando C1 al extraer del molde (C1/D)	3	3	4	2	2	3	4			
4	Aplicando C1 a 3 días luego de curado húmedo (C1/3)	3	3	4	2	2	3	4			
5	Aplicando C1 a 7 días luego de curado húmedo (C1/7)	3	3	4	2	2	3	4			
6	Aplicando C2 al extraer del molde (C2/D)	3	3	4	2	2	3	4			
7	Aplicando C2 a 3 días luego de curado húmedo (C2/3)	3	3	4	2	2	3	4			
8	Aplicando C2 a 7 días luego de curado húmedo (C2/7)	3	3	4	2	2	3	4			
9	Aplicando C3 al extraer del molde (C3/D)	3	3	4	2	2	3	4			
10	Aplicando C3 a 3 días luego de curado húmedo (C3/3)	3	3	4	2	2	3	4			
11	Aplicando C3 a 7 días luego de curado húmedo (C3/7)	3	3	4	2	2	3	4			
Total		33	33	44	22	22	33	44			

Producto curador 1 (C1): Producto curador transparente a base de silicatos que no produce membrana.

Producto curador 2 (C2): Producto curador formador de membrana a base de resinas.

Producto curador 3 (C3): Producto curador formador de película a base de solución coloidal.

**Tabla 2. Resultados promedio de las propiedades físicas de los agregados**

Tipo de agregado	-	$G_{BS}$	Absorción (%)	$\delta_b$ suelto (kg/m <sup>3</sup> )	$\delta_b$ varillado (kg/m <sup>3</sup> )
Fino	Promedio	2,61	3,47	1540	1650
	Desv	0,007	0,016	7,05	7,05
Grueso	Promedio	2,64	2,00	1370	1500
	Desv	0,002	0,024	4,33	2.16
D <sub>BS</sub> : Densidad bruta seca					
G <sub>BS</sub> : Gravedad específica bruta seca					
$\delta_b$ : Densidad masiva seca					
Desv: desviación estándar					

El cemento tipo MM/C (C-P)-28 cumple con parámetros de aceptación indicados en la norma INTE C147:2018 (Cemento hidráulico. Requisitos). Las muestras para el ensayo ASTM C191-18a indican un resultado promedio de tiempo de fragua inicial de 97 min y un tiempo de fragua final de 190 min. La resistencia a la compresión por medio de la norma ASTM C109-16a indica un valor de 23,2 MPa para una edad de 7 días y 34,0 MPa para una edad de 28 días.

Los resultados experimentales máximos y mínimos del concreto en su estado fresco para todas las coladas indican valores aceptables de un concreto convencional para los parámetros de asentamiento, temperatura del concreto y porcentajes de aire. (Tabla 3).

El desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, su módulo de ruptura y cambios de longitud en función de su edad (días) desde el moldeo y en combinación con el tipo de curado se muestran en la Tabla 4, la Figura 1, Figura 2 y Figura 3.

**Tabla 3. Resultados máximos y mínimos de las propiedades físicas del concreto fresco y condiciones ambientales**

Parámetro	Valor mínimo	Valor máximo
Asentamiento (mm)	75	100
Temperatura del concreto (°C)	23,8	26,5
Porcentaje de aire (%)	1,6	2,0
Temperatura ambiental (°C)	23,8	26,5
Humedad relativa (%)	60,8	66,5

**Tabla 4. Resultados de parámetros de resistencia a la compresión, módulo de ruptura y cambio de longitud en función de la edad y tipo de curado**

TC	Edad (días)	Resistencia compresión (MPa)		Módulo ruptura (MPa)		Cambio longitud (%)		TC	Edad (días)	Resistencia compresión (MPa)		Módulo ruptura (MPa)		Cambio longitud (%)	
		Prom	Desv	Prom	Desv	Prom	Desv			Prom	Desv	Prom	Desv	Prom	Desv
-	-	Prom	Desv	Prom	Desv	Prom	Desv	-	-	Prom	Desv	Prom	Desv	Prom	Desv
CH	3	14,3	0,23	2,4	0,1	-	-	C2/D	3	15,0	0,20	2,1	0,1	-	-
	4	-	-	-	-	0,0016	0,0006		4	-	-	-	-	-0,0207	0,0039
	7	20,1	1,00	2,8	0,0	0,0054	0,0008		7	20,4	0,60	2,4	0,1	-0,0255	0,0036
	14	-	-	-	-	0,0028	0,0006		14	-	-	-	-	-0,0404	0,0099
	28	32,0	1,03	4,0	0,1	-0,0034	0,0014		28	28,1	1,56	3,6	0,1	-0,0579	0,0121
SC	3	12,1	0,74	2,2	0,0	-	-	C2/3	3	15,7	0,23	2,3	0,0	-	-
	4	-	-	-	-	-0,0262	0,0218		4	-	-	-	-	0,0010	0,0008
	7	18,0	0,49	2,7	0,2	-0,0324	0,0004		7	22,6	2,18	3,1	0,1	-0,0022	0,0020
	14	-	-	-	-	-0,0557	0,0310		14	-	-	-	-	-0,0193	0,0054
	28	25,9	0,84	3,5	0,0	-0,0680	0,0166		28	34,9	0,71	3,3	0,1	-0,0356	0,0055
C1/D	3	14,1	0,67	2,2	0,0	-	-	C2/7	3	13,1	0,04	2,2	0,0	-	-
	4	-	-	-	-	-0,0140	0,0011		4	-	-	-	-	0,0023	0,0008
	7	19,3	1,04	2,9	0,1	-0,0263	0,0029		7	18,5	0,33	2,4	0,0	0,0068	0,0047
	14	-	-	-	-	-0,0455	0,0043		14	-	-	-	-	-0,0225	0,0121
	28	27,1	1,36	3,2	0,1	-0,0596	0,0081		28	32,9	0,47	3,1	0,1	-0,0520	0,0112
C1/3	3	14,7	1,35	2,4	0,1	-	-	C3/D	3	15,7	0,36	2,2	0,0	-	-
	4	-	-	-	-	-0,0111	0,0045		4	-	-	-	-	-0,0125	0,0021
	7	23,3	1,00	2,7	0,0	-0,0240	0,0028		7	21,0	1,45	2,5	0,1	-0,0212	0,0014
	14	-	-	-	-	-0,0440	0,0048		14	-	-	-	-	-0,0364	0,0026
	28	32,5	2,90	4,0	0,1	-0,0631	0,0032		28	31,2	0,88	3,3	0,1	-0,0540	0,0052
C1/7	3	15,2	0,14	2,1	0,1	-	-	C3/3	3	17,1	0,15	2,3	0,2	-	-
	4	-	-	-	-	0,0063	0,0062		4	-	-	-	-	-0,0146	0,0059
	7	21,3	1,28	3,1	0,1	-0,0068	0,0006		7	25,7	0,63	2,9	0,1	-0,0264	0,0064
	14	-	-	-	-	-0,0372	0,0021		14	-	-	-	-	-0,0357	0,0044
	28	33,6	3,19	3,8	0,1	-0,0618	0,0029		28	37,3	1,96	3,5	0,2	-0,0528	0,0012
-	-	-	-	-	-	-	-	C3/7	3	15,9	0,37	2,3	0,0	-	-
	-	-	-	-	-	-	-		4	-	-	-	-	0,0176	0,0079
	-	-	-	-	-	-	-		7	23,3	1,47	2,8	0,0	0,0288	0,0011
	-	-	-	-	-	-	-		14	-	-	-	-	-0,0114	0,0093
	-	-	-	-	-	-	-		28	39,3	1,31	3,6	0,2	-0,0352	0,0110

TC: tiempo de curado

Prom: Promedio

Desv: desviación estándar



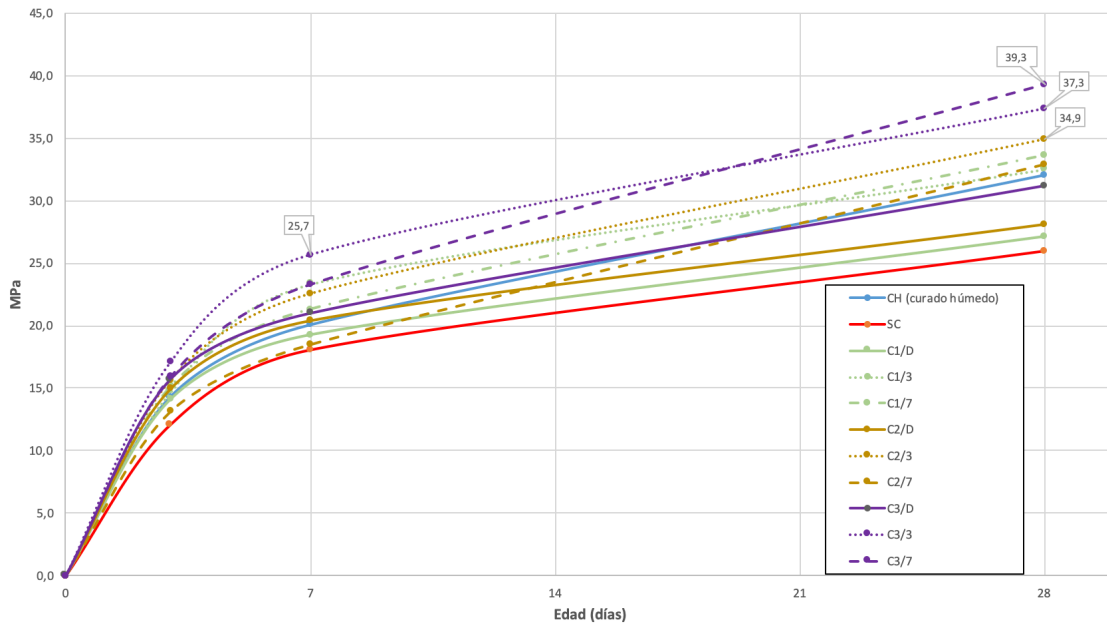


Figura 1. Resistencia a la compresión en función de la edad y tipo de curado

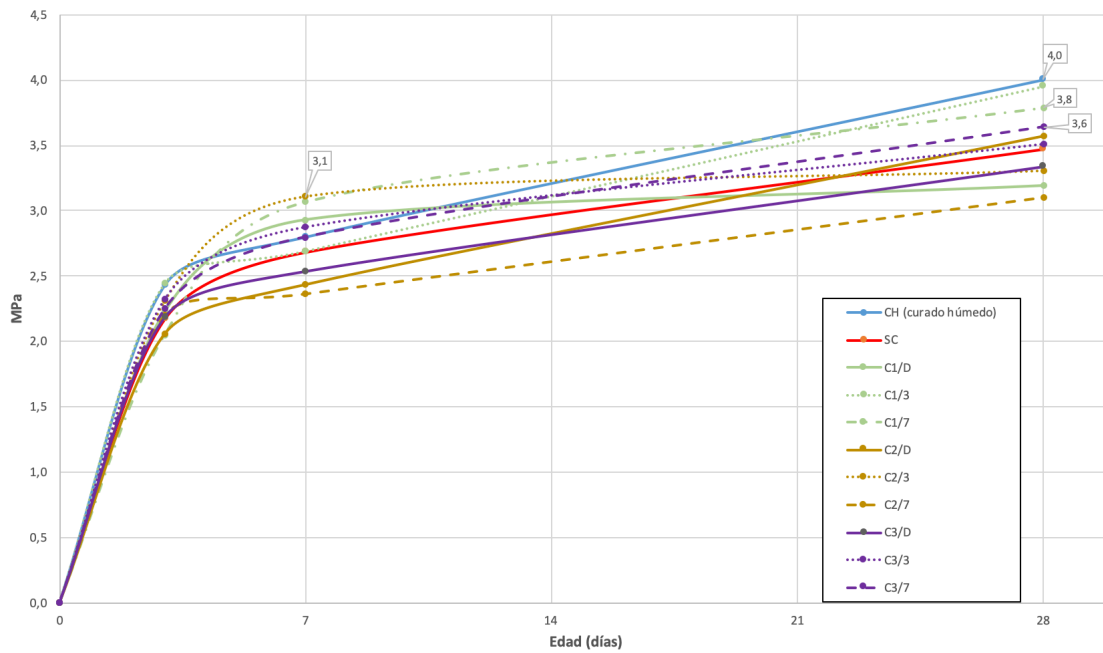


Figura 2. Módulo de ruptura en función de la edad y tipo de curado

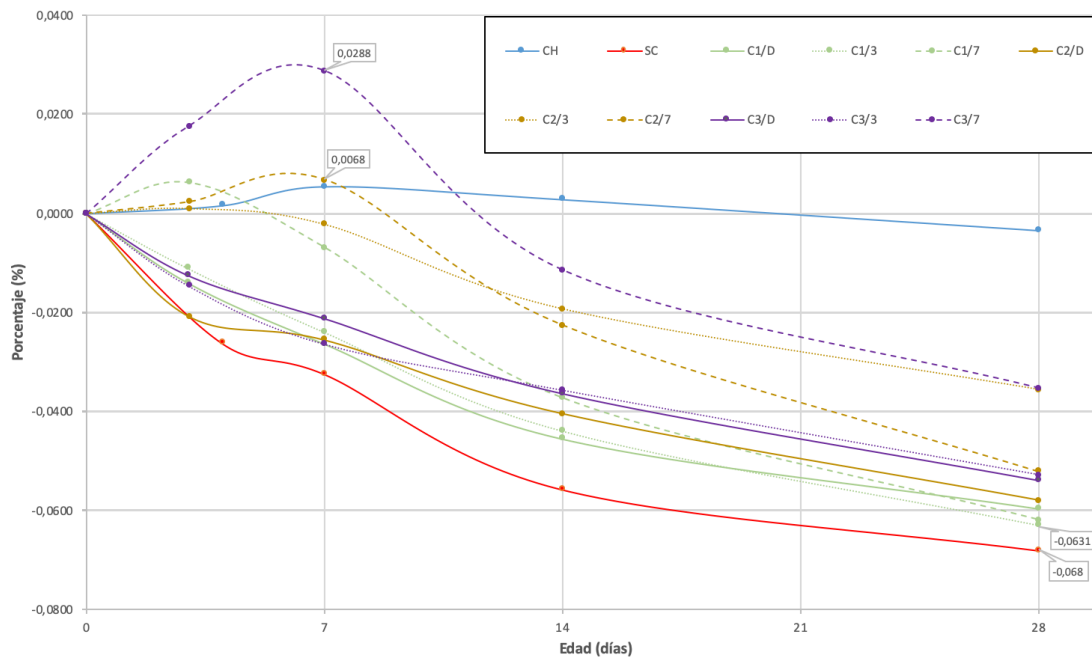


Figura 3. Cambio de longitud del concreto en función de la edad y tipo de curado

La prueba de Kolmogórov-Smirnov con un nivel de significancia de 0,05 indica que los resultados de resistencia a la compresión, módulo de ruptura y cambios de longitud del concreto siguen una distribución normal. La prueba ANOVA de un factor para un grado de confianza de un 95% muestra que al menos una de las poblaciones difiere de las demás en cuanto a sus valores promedio. (Sandoval, 2019).

El método de Tukey para un nivel de confianza del 95% aplicado para la resistencia a la compresión para la edad de 28 días, evidencia similitud en los valores promedio del producto curador C2/3 y el producto curador C1/7. También existe similitud entre el producto curador C2/7 y el producto curador C1/3. El mismo método aplicado al módulo de ruptura para una edad de 28 días presenta una similitud entre el curado en húmedo (CH) y el producto curador (C1/3), similitud entre los especímenes no curados (NC) y el grupo formado por los productos curadores (C1/7, C3/3 y C3/7), además de similitud entre el grupo de (C2/D, C3/D, C2/3, C2/7 y C1/D). Con respecto a los especímenes de concreto para determinar el cambio de longitud se evidencia similitud en las medias formadas por los grupos (C3/7 y C2/3), grupo (C2/7, C3/3, C3/D, C2/D) y el grupo formado por (C1/D, C1/7, C1/3) y NC.

## CONCLUSIONES

Con el producto curador no generador de membrana a base de silicatos (C1), se obtienen las resistencias más bajas a la compresión y mayor contracción al aplicar el curador al desmoldar el espécimen. Sin embargo, al ser aplicado a los 7 días luego de mantener los especímenes en el cuarto húmedo se obtiene el mejor resultado del módulo de ruptura (4,0 MPa) a los 28 días de edad.

El producto curador elaborado a partir de partículas de parafina (C3) es el que genera la mayor efectividad al desarrollo de la resistencia a la compresión y reducción de contracción para la edad de 28 días. Al aplicar el producto curador a los 7 días luego de mantener los especímenes en el cuarto húmedo se obtiene la mayor resistencia a la compresión (39,3 MPa) y la menor contracción del concreto (-0,0352). Una resistencia a la compresión ligeramente menor (37,3 MPa) a los 28 días de edad se obtiene al aplicar el mismo producto curador a los 3 días luego de mantenerlos en el cuarto húmedo.

En general, los curadores, a cualquier edad de aplicación del producto, no disminuyen la retracción del concreto; inmediatamente al extraer el concreto de la cámara húmeda este sufre cambios de volumen abruptos.

Para que los curadores logren una efectividad adecuada en el desarrollo de la resistencia a la contracción y a la flexión en el concreto, se debe curar con agua por un mínimo de tres días previo a la aplicación del producto. Los resultados sugieren mejores resultados al aplicar el producto curador a los 7 días luego de mantener los especímenes en el cuarto húmedo.



## REFERENCIAS

- American Concrete Institute. (2002). *ACI 211.1-91 Práctica estándar para seleccionar el proporcionamiento de concreto de peso normal, pesado y masivo*.
- American Society for Testing and Materials. (2014). *ASTM C136/C136M-14. Método de prueba estándar para el análisis por mallas para el agregado fino y grueso*.
- American Society for Testing and Materials. (2014). *ASTM D75/D75M-14. Práctica estándar para el muestreo de agregados*.
- American Society for Testing and Materials. (2015). *ASTM C127-15. Método de prueba estándar para determinar la densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado grueso*.
- American Society for Testing and Materials. (2015). *ASTM C128-15. Método de prueba estándar para determinar la densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado fino*.
- American Society for Testing and Materials. (2015). *ASTM C143/C143M-15a. Método de prueba estándar para determinar el asentamiento de concreto de cemento hidráulico*.
- American Society for Testing and Materials. (2015). *ASTM C1437-15. Método de prueba estándar para determinar el flujo del mortero de cemento hidráulico*.
- American Society for Testing and Materials. (2016). *ASTM C109-16a. Método de prueba estándar para determinar el esfuerzo a la compresión de mortero de cemento hidráulico*.
- American Society for Testing and Materials. (2016). *ASTM C183/C183M-16. Práctica estándar para el muestreo y cantidad de ensayos de cemento hidráulico*.
- American Society for Testing and Materials. (2016). *ASTM C187-16. Método de prueba estándar para determinar la cantidad de agua para consistencia normal de cemento hidráulico*.
- American Society for Testing and Materials. (2016). *ASTM C40/C40M-16. Método de prueba estándar para determinar impurezas orgánicas en agregado fino para concreto*. ASTM Internacional.
- American Society for Testing and Materials. (2017). *ASTM C1064/C1064-17. Método de prueba estándar para determinar la temperatura del concreto de cemento hidráulico en estado fresco*.
- American Society for Testing and Materials. (2017). *ASTM C117-17. Método de prueba estándar para materiales más finos que 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) en Agregados minerales por lavado*.
- American Society for Testing and Materials. (2017). *ASTM C157/C157M-17. Método de prueba estándar para determinar cambios de longitud en el mortero y concreto de cemento hidráulico*.
- American Society for Testing and Materials. (2017). *ASTM C188-17. Método de prueba estándar para determinar la densidad del cemento hidráulico*.
- American Society for Testing and Materials. (2017). *ASTM C231/231M-17a. Método de prueba estándar para determinar el contenido de aire de concreto fresco con el método de presión*.
- American Society for Testing and Materials. (2017). *ASTM C29/C29-17a. Método de prueba estándar para determinar la densidad masiva ("Peso unitario") y vacíos en agregados*.
- American Society for Testing and Materials. (2017). *ASTM C430-17. Método de prueba estándar para determinar la finura del cemento hidráulico por medio de la malla de 45- $\mu\text{m}$  (No. 325)*.
- American Society for Testing and Materials. (2018). *ASTM C125-18a. Terminología estándar relacionada a concreto y agregados para concreto*.
- American Society for Testing and Materials. (2018). *ASTM C191-18a. Método de prueba estándar para determinar el tiempo de fragua para el cemento hidráulico por medio de la aguja de Vicat*.
- American Society for Testing and Materials. (2018). *ASTM C192/C192M-18. Práctica estándar para elaborar y curar especímenes de concreto en el laboratorio*.
- American Society for Testing and Materials. (2018). *ASTM C33/C33M-18. Especificaciones estándar para agregados para concreto*.
- American Society for Testing and Materials. (2018). *ASTM C39/C39M-18. Método de prueba estándar para determinar la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto*.
- American Society for Testing and Materials. (2018). *ASTM C702/C702M-18. Práctica estándar para reducir muestras de agregados a tamaño de ensayo*.
- American Society for Testing and Materials. (2018). *ASTM C78/C78M-18. Método de prueba estándar para determinar la resistencia a flexión del concreto*.
- Corrales, R. (2018). *Efecto del tipo de curado en la resistencia a la compresión, el cambio de longitud y retención de agua de un concreto hidráulico*. Proyecto Final de Graduación para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José.
- Instituto de normas técnicas de Costa Rica. (2018). *INTE C147:2018. Cemento hidráulico. Requisitos*.
- Liang, J., Quan, Z., & Han, D. (2019). Development and Application of Water-Saving and Moisture-Retaining Membrane Made from Controllable High Polymer Materials for Concrete Curing. *Journal of Performance of Constructed Facilities (American Society of Civil Engineering)*. doi:10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0001261

- Neville, A. (2010). *Concrete Technology* (Segunda Edición ed.). Inglaterra: Pearson Education Limited.
- PCA. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. México: Portland Cement Association.
- Rostami, V., Shao, Y., & Boyd, A. (2012). Carbonation Curing versus Steam Curing for Precast Concrete Production. *Journal of Materials in Civil Engineering (American Society of Civil Engineering)*. doi:10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000462.
- Sandoval, J. (2019). *Evaluación técnica de la eficacia de curadores como opción al curado húmedo*. Proyecto Final de Graduación para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.
- Wang, k., Cable, J., & Ge, Z. (2006). Evaluation of Pavement Curing Effectiveness and Curing Effects on Concrete Properties. *Journal of Materials in Civil Engineering (American Society of Civil Engineering)*, 377-389. doi:10.1061/(ASCE)0899-1561(2006)18:3(377)
- Ye, D., Shon, C.-S. M., & Zollinger, D. (2010). New Performance-Based Approach to Ensure Quality Curing. *Journal of Materials in Civil Engineering*.