






Categoría: Congreso Científico de la Fundación Salud, Ciencia y Tecnología 2023

REVISIÓN SISTEMÁTICA

Superplasticizing admixtures to control the heat of hydration of conventional concrete in urban buildings

Aditivos superplastificantes para el control del calor de hidratación de un concreto convencional en edificaciones urbanas

Luisvar Erlin Barco Cordova¹ , Elvia Del Carpio Alarcon¹ , Arquimedes Vargas-Luque² , William Franko Peña Renteria² , Gerson Jonatan Donayre Loayza² 

¹Universidad Privada del Norte. Perú.

²Universidad Nacional de Moquegua. Perú.

Citar como: Barco Cordova LE, Del Carpio Alarcon E, Vargas-Luque A, Peña Renteria WF, Donayre Loayza GJ. Aditivos superplastificantes para el control del calor de hidratación de un concreto convencional en edificaciones urbanas. Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias 2023; 2:474. <https://doi.org/10.56294/sctconf2023474>

Recibido: 08-06-2023

Revisado: 07-08-2023

Aceptado: 09-10-2023

Publicado: 10-10-2023

ABSTRACT

A systematic review was carried out on the influence of superplasticizing admixtures for the control of the hydration heat of conventional concrete, focused on decision making in construction processes of urban buildings during the period 2012-2022, through the identification of research papers published in high impact indexed journals such as Scopus, ScienceDirect, Tylor & Francis, Ebsco and Proquest. The study was carried out by applying certain search parameters that allowed the analysis of a total of 10 026 publications, which were organized according to their distribution by year of publication, country of origin, area of knowledge and type of publication. In this way, a bibliometric analysis was carried out, obtaining that, with 615 publications, China is the Asian country with the highest number of records during the period indicated, with the year 2021 being the period with the highest number of publications, 236 articles published. The area of knowledge with the highest number of bibliographic contributions was Engineering, with 44 % of the contributions. Once the information was organized through the necessary figures and tables, a bibliographic analysis was carried out taking into account some examples as contributions in the bibliography of some authors in each of the aspects studied, with the purpose of knowing their position on the proposed topic, concluding that: Through the use of superplasticizing admixtures it is possible to control the hydration heat of the concrete mix, reduce the amount of cement per m³, as well as, speed up the construction process on site.

Keywords: Superplasticizing Admixture; Conventional Concrete; Heat of Hydration; Compressive Strength; Workability.

RESUMEN

Se realizó una revisión sistemática sobre la influencia de los Aditivos Superplastificantes para el

control del calor de hidratación de un concreto convencional, enfocada a la toma de decisiones en procesos constructivos de edificaciones urbanas durante el periodo 2012-2022, a través de la identificación de trabajos de investigación publicados en revistas indexadas de alto impacto como Scopus, ScienceDirect, Tylor & Francis, Ebsco y Proquest. El estudio se realizó aplicando ciertos parámetros de búsqueda que permitieron analizar un total de 10026 publicaciones, las cuales fueron organizadas según su distribución por año de publicación, país de origen, área de conocimiento y tipo de publicación. De esta forma, se realizó un análisis desde la bibliométrica obteniendo que, con 615 publicaciones, China es el país asiático con mayor número de registros durante el periodo señalado, siendo el año 2021 el periodo con el mayor número de publicaciones, 236 artículos publicados. El área de conocimiento a través de la cual se alcanzó el mayor registro de aportes bibliográficos fue Ingeniería con el 44 % de los aportes. Una vez organizada la información a través de las figuras y tablas necesarias, se realizó un análisis bibliográfico tomando en cuenta algunos ejemplos como aportes en la bibliografía de algunos autores en cada uno de los aspectos estudiados, con la finalidad de conocer su posición sobre el tema propuesto, concluyendo que: Mediante la utilización de los aditivos superplastificantes se logra controlar el calor de hidratación de la mezcla de concreto, reducir la cantidad de cemento por m³, así como, agilizar el proceso constructivo en obra.

Palabras clave: Aditivo Superplastificante; Concreto Convencional; Calor de Hidratación; Resistencia a la Compresión; Trabajabilidad.

INTRODUCCIÓN

El concreto representa uno de los materiales más usados en el mundo por unidad de volumen, nos hace pensar desde un punto de vista estructural y económico en el material más idóneo en la construcción de rascacielos.⁽¹⁾

El concreto no solo depende de los materiales comunes que conforman el medio aglomerante libre de metales pesados, sulfatos y cloruros,⁽²⁾ sino del uso de aditivos para mejorar sus propiedades, físicas como mecánicas.⁽³⁾ El propósito de usar aditivos es para mejorar las propiedades del concreto fresco o fraguado, se relacionan con el asentamiento, reducción del agua, mayores resistencias a edades tempranas o reducción del peso específico.⁽⁴⁾

Un aditivo superplastificante puede ser denominado como un reductor de agua de alto rango que se encuentra en la categoría “Tipo F” (NTP 334,088 y ASTM C 494) que, al añadirlo a una mezcla de concreto, aumenta considerablemente la trabajabilidad y la resistencia característica a la compresión.⁽⁴⁾

Los aditivos superplastificantes se utilizan comúnmente para mejorar las propiedades de hormigones y morteros, tanto en estado fresco como durante el endurecimiento.⁽⁵⁾

El aditivo superplastificante aumenta la trabajabilidad del concreto, generando una mezcla con una adecuada relación viscosidad/ fluidez.⁽⁶⁾ La función de este aditivo es aumentar la fluidez de la mezcla, controlando el calor de hidratación del concreto.⁽⁷⁾

El calor de hidratación puede ser definido como el resultado de la reacción química exotérmica entre el cemento y el agua.⁽⁸⁾ Se trata de un parámetro importante en el proceso de fraguado y endurecimiento del concreto.⁽⁹⁾

Una alta temperatura del concreto es producto de la hidratación de una mayor cantidad de cemento, conduciendo a una mayor temperatura del hormigón y una mayor diferencia de temperatura entre la superficie media y la exterior.⁽¹⁰⁾

Estudiar el calor de hidratación del concreto, nos permite abordar las incógnitas generadas en el campo de temperatura para garantizar el curado de la muestra a temperaturas constantemente bajas;⁽¹¹⁾ y así reducir el riesgo de fisuración y agrietamiento potencial del concreto.⁽¹²⁾ En concreto liviano, se examina con la ayuda de un calorímetro de taza de café para averiguar la hidratación del concreto y el

tiempo de fraguado.⁽⁹⁾

Desde esta perspectiva, la importancia de conocer la normatividad que regula los aditivos superplastificantes más usados para el control del calor de hidratación del concreto contribuye a mejorar la calidad de fraguado y la resistencia característica a la compresión ($f'c$); y de esta manera, incrementar la vida útil de las edificaciones.⁽⁶⁾

MÉTODOS

La revisión de literatura sobre el control del calor de hidratación de un concreto convencional a través de aditivos superplastificantes, se llevó a cabo siguiendo el procedimiento práctico de la declaración PRISMA para revisiones sistemáticas.⁽¹³⁾ La pregunta de investigación establecida para conducir el proceso metodológico fue: ¿Cuáles son los aditivos superplastificantes más utilizados en función al control del calor de hidratación del concreto para edificaciones urbanas entre los años 2012-2022?

Los criterios de inclusión fueron: artículos científicos publicados en bases de datos científicas indexadas, en idioma inglés o español, entre los años 2012 y 2022, que describieran un enfoque y/o estrategia relacionada al control del calor de hidratación del concreto convencional mediante la adición de aditivos superplastificantes. Los criterios de exclusión fueron: artículos científicos de revisión teórica, no tener un diseño experimental o cuasi experimental; no estar asociado con el tema de estudio.

Las bases de datos en las que se realizaron las búsquedas fueron: Scopus, ScienceDirect, Tylor & Francis, Ebsco y Proquest. La estrategia de búsqueda fue: (superplasticizer additive) AND (conventional concrete OR "Concrete 210 kg/cm²" OR hydration heat OR compressive strength OR workability).

Posteriormente, se excluyeron los artículos que no cumplían con los requisitos de inclusión, quedándonos con un total de 70 artículos científicos.

Tabla 1. Muestra del diseño metodológico propuesto para la investigación

	Art	Aditivo	Influye en el control
Fase 1	Recolección de datos	La recolección de datos se realizó mediante la herramienta de Búsqueda en las páginas web de Scopus, ScienceDirect, Tylor & Francis, Ebsco y Proquest, donde se identificaron un total de 10 026 documentos publicados.	Trabajos publicados cuyas variables de estudio están relacionadas con los Aditivos Superplastificantes y su efecto en el control del calor de hidratación del concreto. Trabajos de investigación publicados durante el período 2012-2022. Sin distinción de país de origen. Sin distinción de área de conocimiento. Sin distinción de tipo de publicación.
Fase 2	Construcción del material de análisis	Se organiza la información identificada en la fase anterior. La clasificación se realizará mediante figuras y tablas en base a los datos proporcionados por Scopus, ScienceDirect, Tylor & Francis, Ebsco y Proquest.	Co-ocurrencia de palabras. Año de publicación. País de origen de la publicación. Área de conocimiento. Tipo de publicación
Fase 3	Redacción de las Conclusiones y Documento Final	Tras el análisis realizado en la fase anterior, se redactan las conclusiones y se elabora el documento final.	

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados del análisis bibliométrico propuesto, así como el desarrollo de la revisión bibliográfica de algunos ejemplos para determinar la posición de diferentes autores sobre el tema referenciado los aditivos superplastificantes más utilizados en función al control del calor de hidratación del concreto para edificaciones urbanas.

Co-ocurrencia de palabras

La figura 1 muestra la relación entre las palabras clave utilizadas en los documentos identificados a través del desarrollo de la fase 1 del diseño metodológico, así como la frecuencia con la que fueron utilizadas.

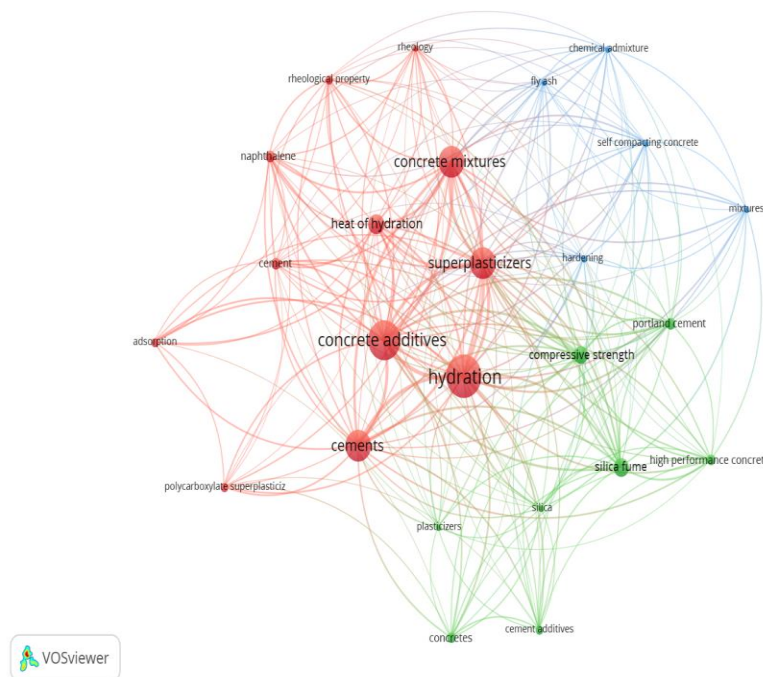


Figura 1. Co- Ocurrencia de palabras
Datos proporcionados por Scopus

También muestra cómo la producción de trabajos de investigación identificados a través de la fase 1 del Diseño Metodológico se caracteriza por el marcado predominio de trabajos enfocados no solo en Aditivos para el Concreto, como se evidencia en el grupo de publicaciones identificadas con el color rojo, sino también por la palabra Aditivos para Cemento, siendo el más predominante el Humo de Sílice como palabra clave principal entre los trabajos de investigación marcados en verde. Dentro de las palabras clave relacionadas con Aditivos para el Concreto, se encontró que los Aditivos Superplastificantes, Calor de Hidratación, Mezclas de Concreto, son las variables estudiadas dentro del tema en mención, mientras que, para Aditivos para Cemento, proyectos de investigación enfocados en Hormigón de alto rendimiento, Aditivos Plastificantes, Humo de Sílice, Fuerza de Compresión se han ejecutado. Lo anterior permite constatar la pertinencia de la información recolectada en las base de datos Scopus, ScienceDirect, Tylor & Francis, Ebsco y Proquest para el desarrollo de este análisis bibliométrico y confirma cómo ambas variables anteriormente mencionadas están directamente relacionadas con el estudio de los aditivos superplastificantes, abarcando aspectos significativos como el control del calor de hidratación desde la mezcla de concreto hasta el análisis de las propiedades reológicas y de absorción.

Distribución de la producción científica por año de publicación.

La figura 2 muestra cómo se distribuye la producción científica según el año de publicación, teniendo en cuenta el período de 2012 a 2022.

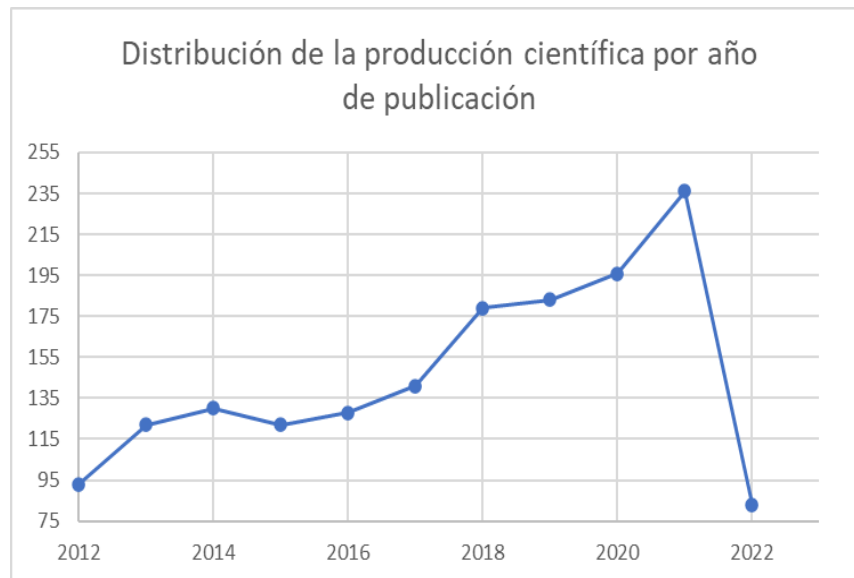


Figura 2. Distribución de la producción científica por año de publicación lustración 3

Fuente: datos proporcionados por Scopus

Se destaca que en el año 2021 se registró 236 publicaciones, siendo la cantidad más alta dentro del periodo analizado. De este último, destaca el artículo titulado “Efectos de la fineza y contenido de la escoria de fósforo sobre la hidratación del cemento, la permeabilidad, la estructura porosa y la dimensión fractal del concreto”,⁽¹⁴⁾ cuyo objetivo es relatar la utilización de escoria de fósforo (PHS) para reemplazar las cenizas volantes en la construcción de proyectos hidráulicos en China. En este estudio, se discutió la influencia de la finura y el contenido de PHS en la hidratación del cemento, la resistencia mecánica, la permeabilidad, así como la estructura porosa y la dimensión fractal (Ds) del hormigón. Los resultados indican que la adición de PHS retarda la hidratación del cemento y por lo tanto disminuye el calor de hidratación dentro de los tres días.

Para el 2020 también se registraron 196 publicaciones, entre las que destaca el artículo titulado “Evaluación del calor de hidratación, evolución de la temperatura y riesgo de fisuración térmica en hormigones de alta resistencia a edades tempranas”.⁽¹⁰⁾ El cual afirma que, a mayor cantidad de cemento se produce una mayor temperatura del hormigón y una mayor diferencia de calor entre la superficie media y la exterior. En consecuencia, la tensión de tracción debida al gradiente térmico se desarrollará más, lo que aumentará el potencial de fisuración. De esta forma, es posible entender que el calor de hidratación aumenta de manera proporcional a la cantidad de cemento.

En el 2020 se presentó de la misma manera el artículo “Determinación de la cantidad óptima de aditivo superplastificante para hormigón autocompactante”,⁽⁶⁾ quien afirma que el hormigón autocompactante modifica su trabajabilidad con pequeñas cantidades de aditivo superplastificante y requiere de una gran cantidad de pruebas para monitorear su trabajabilidad. Concluye que, para determinar la cantidad adecuada de aditivo para una sola mezcla, fue necesario analizar la evolución del consumo eléctrico de una hormigonera durante la adición de pequeñas cantidades de aditivo al hormigón. Los resultados fueron comparados, tanto con la caracterización de la trabajabilidad típica del hormigón autocompactante como con los resultados del punto de saturación determinados por el método del cono de Marsh. Finalmente,

se obtuvo una buena correlación entre los resultados de las pruebas tradicionales y el “Método de la Hormigonera” propuesto.

Control del calor de hidratación del concreto

Controlar y disminuir el calor de hidratación del hormigón en masa, nos ayuda a reducir las grietas y fisuras; aumentando la durabilidad y rendimiento estructural.⁽¹⁵⁾ Se reconoce que las grietas pueden debilitar el rendimiento y la durabilidad del hormigón e incluso poner en peligro la integridad de la estructura que está sometida a vibraciones ambientales y a los efectos del proceso constructivo, mano de obra no calificada, la densidad de los muros, y los materiales.^(16,17)

El incremento de temperatura durante el periodo de fraguado del concreto es producto de la hidratación de la pasta de cemento,⁽¹⁵⁾ generando esfuerzos de tracción y compresión en el elemento estructural que más adelante se convertirían en fisuras.⁽⁸⁾ Según ⁽⁷⁾ afirman “El tiempo de fraguado generalmente se describe como un proceso de percolación en la formación de productos de hidratación para conectar las partículas aisladas o débilmente unidas”. Para ⁽¹⁸⁾ después del fraguado inicial, hay tres tipos principales de deformación por contracción del hormigón: el primero es la contracción por secado, que es producida por la evaporación del exceso de agua dentro del hormigón hacia el exterior, y la deformación por contracción en seco del hormigón; la segunda es la contracción autógena del hormigón, que es originada por la reacción de hidratación de los materiales cementosos que consumen parte de agua, y cuanto menor es la proporción de ligante de agua, mayor es la contracción autógena; el tercero es la contracción por enfriamiento como consecuencia de la reacción de hidratación del material adhesivo.

Una de las alternativas para reducir el calor de hidratación del concreto a edades tempranas, es el uso de las cenizas volantes (FA)⁽¹⁷⁾ que ayudan a prevenir o minimizar la evolución de grietas,⁽¹⁵⁾ logrando una trabajabilidad y resistencia a la compresión y adherencia satisfactorias del hormigón,⁽¹⁹⁾ además, requieren una menor cantidad de superplastificante (SP) para obtener una mezcla de concreto viable.⁽²⁰⁾ Es posible producir hormigón de alto rendimiento (UHPC) con una resistencia a la compresión de 150 MPa, mediante un reemplazo del 30 % de cenizas volantes (FA) o del 50 % de escoria de alto horno granulada molida (GGBFS).⁽²¹⁾ Para ⁽²²⁾ obtener una mejor resistencia del concreto autocompactante (SCC), implica fijar la relación agua-conglomerante, cambiar la dosis de superplastificante (SP) e incorporar tanto alcofino como humo de sílice al 10 %.

Las propiedades del concreto dependen de la calidad y propiedades de los agregados, la relación a/c, la uniformidad de compresión de la mezcla.⁽²³⁾ siendo el tamaño, cantidad y distribución de partículas un factor clave para obtener una resistencia a la compresión considerablemente alta usando cantidades más bajas tanto de nanosílice (nSi) como de microsílice (mSi) y, por lo tanto, de aditivo superplastificante (SP).⁽²⁴⁾

Según ⁽²⁵⁾ otra forma de controlar el calor de hidratación del hormigón, es mediante el uso de una mezcla de concreto de baja temperatura, el método de preenfriamiento y el método de enfriamiento por tubería, siendo este último el más apropiado para estructuras de concreto largas y anchas horizontalmente, pero no es adecuado para estructuras delgadas como muros macizos y pilares,⁽¹⁵⁾ además, ayuda a reducir la contracción por enfriamiento del concreto en masa.⁽¹⁸⁾

Un factor importante para predecir la tensión de temperatura y el gradiente de la estructura de hormigón durante el vaciado de concreto, es el viento atmosférico,⁽²⁶⁾ la incorporación de aire, trabajabilidad, capacidad impermeable e inmutabilidad.⁽²⁷⁾ Además del viento atmosférico y las propiedades tecnológicas, la estación de invierno juega un rol importante en el fraguado de la mezcla de concreto, por lo que es necesario usar un aditivo nanomodificado para evitar el riesgo de segregación de la mezcla.⁽²⁸⁾

Del análisis anterior, una alternativa para reducir el calor de hidratación es la adición de material puzolánico y aditivos químicos (retardantes y superplastificantes) en la mezcla de concreto.⁽²⁹⁾

Los aditivos superplastificantes se han convertido en un insumo indispensable en el proceso de preparación del hormigón, logrando retrasar el tiempo de fraguado y aumentando la resistencia final de la mezcla con una reducción de agua hasta un 40 %.⁽³⁰⁾ (véase Tabla 2)

Tabla 2. Aditivos superplastificantes más utilizados en función al control del calor de hidratación del concreto		
Tipo de aditivo	Nombre comercial	Art.
Éter policarboxílico	“MasterGlenium® ACE 450 BASF”	“Determinación de la cantidad óptima de aditivo superplastificante para hormigón autocompactante” ⁽⁶⁾
Superplastificante de Policarboxilato (PCE)	Superplastificantes poliméricos PCE4, PCE22 y PCE25	“Efectos de los superplastificantes de policarboxilato sobre la fluidez y la hidratación temprana en el sistema de cemento de sulfoaluminato” ⁽³⁰⁾
Compuesto a base de resinas de naftaleno	PSP NLS	“Evaluación del comportamiento de la resistencia a compresión del concreto con la aplicación del aditivo superplastificante PSP NLS, para edades mayores que 28 días” ⁽⁴⁾
Sulfonato de polinaftaleno.	---	“Efectos del superplastificante en el desarrollo de hidratación, consistencia y resistencia del relleno de pasta cementada” ⁽³³⁾
Superplastificante de policarboxilato (PCE)	---	“Un estudio TEM sobre la cristalización muy temprana de C-S-H en presencia de superplastificantes de policarboxilato: Transformación a partir de C-S-H inicial glóbulos a nanoplano” ⁽³¹⁾
Superplastificante de policarboxilato (PCE)	---	“Propiedades reológicas y mecánicas de lechadas a base de cemento microfino mezclado con ceniza volante microfina, nanosilice coloidal y superplastificante” ⁽³⁴⁾
Superplastificante ASTM C-494 tipo A&F	Darex Super 20	“Propiedades físicas y mecánicas del concreto autocompactante que contiene superplastificante y metacaolín” ⁽³⁵⁾
Superplastificantes (PCE)	---	“Efecto del superplastificante tipo PCE en el comportamiento a edades tempranas del hormigón de ultra altas prestaciones (UHPC)” ⁽⁷⁾
Superplastificante de policarboxilato (PCE)	---	“Efecto del éter de hidroxipropilmetilcelulosa sobre la reología de pasta de cemento plastificada por superplastificante de policarboxilato” ⁽³²⁾
Reductor de agua de alto rango.	EUCON 1037	“Influencia del aditivo eucon 1037 en la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ - Cajamarca” ⁽³⁾
Éter Policarboxilato (PCE) y sulfonato naftaleno formaldehído (SNF)	---	“Influencia del fósforo del fosfoyeso en la inicial hidratación del cemento portland en presencia de superplastificantes” ⁽⁵⁾

Uno de los aditivos superplastificantes más demandados, es el tipo policarboxilato (PCE) que está compuesto de aditivos comunes como el silicato tricálcico (C3S) y silicato dicálcico (C2S).⁽³¹⁾ El PCE es utilizado para retrasar el tiempo de fraguado, disminuir la resistencia en la hidratación temprana y

aumentar la resistencia en un período posterior,⁽³⁰⁾ además, incrementa la viscosidad plástica y el límite elástico de la pasta de cemento.⁽³²⁾

Otro de los aditivos más utilizados por las empresas de concreto premezclado, es el aditivo superplastificante PSP NLS de resinas de naftaleno y libre de cloruros, que tiene como propósito aumentar la trabajabilidad y la resistencia del concreto a edades tempranas, reduciendo el agua de mezclado.⁽⁴⁾

No existe una herramienta específica para determinar la cantidad óptima de aditivo superplastificante (SPA) para una mezcla de concreto. La carencia de SPA en el hormigón implica una insuficiente fluidez, alta porosidad y permeabilidad en la mezcla, originando serios problemas de durabilidad en las estructuras; así como, mayor consumo energético para su correcto vibrado, si es necesario. Una cantidad excesiva de SPA supondrá un aumento del coste sin mejorar las propiedades del hormigón, dejando de ser eficiente por encima del punto de saturación determinado por el ensayo del cono de Marsh.⁽⁶⁾

Los aditivos superplastificantes más utilizados en función al control del calor de hidratación son los del tipo Éter, tanto Policarboxílico como Policarboxilato (PCE), asimismo, los Sulfonatos de Polinaftaleno y compuesto a base de resinas de Naftaleno Formaldehído (SNF), y finalmente los superplastificants ASTM C-494 tipo A&F y reductores de agua de alto rango. Estos ayudan a controlar el calor de hidratación de la mezcla de concreto, reducir la cantidad de cemento por metro cúbico, así como, agilizar el proceso constructivo en obra.

Identificadas las ventajas de los aditivos superplastificantes, es posible idear formas de cambiar la percepción negativa frente a un tema específico, a través de ajustes provenientes de un análisis técnico sobre la información recolectada gracias al sistema de retroalimentación propuesto.⁽³⁰⁾

CONCLUSIONES

Al medir la calidad de hallazgos como los que se muestran en la tabla 2, donde los aditivos superplastificantes más utilizados en función al control del calor de hidratación del concreto para edificaciones urbanas entre los años 2012-2022 son los del tipo Éter, tanto Policarboxílico como Policarboxilato (PCE), asimismo, los Sulfonatos de Polinaftaleno y compuesto a base de resinas de Naftaleno Formaldehído (SNF), y finalmente los superplastificants ASTM C-494 tipo A&F y reductores de agua de alto rango. Muchos son los aspectos que se tienen en cuenta a la hora de evaluar la calidad de los artículos, entre los que destaca la importancia de los aditivos superplastificantes, una de las variables más evaluadas en el desarrollo del análisis bibliométrico.

La evaluación recolectada nos permite identificar dentro del campo de la tecnología del concreto, los parámetros que pueden constituir una ventaja para reducir la presencia de grietas y fisuras durante el proceso constructivo de las edificaciones urbanas, y que se aplican de manera correcta para potencializar todos los componentes previstos dentro de la aplicación de aditivos superplastificantes a la mezcla de concreto. Los aditivos pueden variar tanto directamente en el lugar, como de los criterios que se asuman en el proceso constructivo.

La bibliografía analizada nos permite conocer que, una de las formas de controlar el calor de hidratación es mediante la aplicación de aditivos superplastificantes a las mezclas de concreto. Esto sin duda constituye un importante aporte para la toma de decisiones por parte de los ingenieros civiles, ya que la evaluación realizada contiene altos estándares de calidad. Se demuestra entonces, gracias al análisis de los diferentes artículos científicos citados en esta investigación, el importante aporte que hacen los países extranjeros sobre el campo de los aditivos superplastificantes y la toma de decisiones durante el proceso constructivo de edificaciones urbanas, con el propósito de incrementar la vida útil de las construcciones civiles en el tiempo.

REFERENCIAS

1. Mohan y K. M. Mini, «Strength and durability studies of SCC incorporating silica fume and ultra fine GGBS», *Constr. Build. Mater.*, vol. 171, pp. 919-928, may 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.03.186.
2. P. Svintsov, E. L. Shchesnyak, V. V. Galishnikova, R. S. Fediuk, y N. A. Stashevskaya, «Effect of nano-modified additives on properties of concrete mixtures during winter season», *Constr. Build. Mater.*, vol. 237, p. 117527, mar. 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.117527.
3. Vargas-Luque, F. D. Carpio-Delgado, C. Villa-Alagón, R. Medina-Cacéres, y N. Vargas-Luque, «Aplicación de la vibración ambiental y la vulnerabilidad física de la ciudad de Moquegua», *Sincretismo*, vol. 1, n.o 2, Art. n.o 2, dic. 2020, Accedido: 18 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://revistas.unam.edu.pe/index.php/sincretismo/article/view/24>
4. Akpınar Ö, Güler M, Yanar N. Predictores del Nivel de Actividad Física, Fatiga Física y Mental Autoinformada en Estudiantes de Ciencias del Deporte. *Apuntes Universitarios* 2023;13:1-10. <https://doi.org/10.17162/au.v13i4.1493>.
5. Arellano JF, Pineda EA, Ponce ML, Zarco A, Aburto IA, Arellano DU. Academic stress in first year students in the career of Medical Surgeon of the Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. *UNAM*, 2022. *Seminars in Medical Writing and Education* 2023;2:37-37. <https://doi.org/10.56294/mw202337>.
6. Asencios-Trujillo L, Asencios-Trujillo L, Rosa-Longobardi CL, Gallegos-Espinoza D, Piñas-Rivera L. Level of caregiver overload in patients diagnosed with stroke in a specialized hospital institution in Metropolitan Lima. *Health Leadership and Quality of Life* 2023;2:25-25. <https://doi.org/10.56294/hl202325>.
7. Aspajo JM, García LET. Cambios en los factores asociados al ingreso a la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana en el contexto de la postpandemia del COVID-19. *Apuntes Universitarios* 2023;13:52-64. <https://doi.org/10.17162/au.v13i4.1404>.
8. Auza-Santiviáñez JC, Díaz JAC, Cruz OAV, Robles-Nina SM, Escalante CS, Huanca BA. Bibliometric Analysis of the Worldwide Scholarly Output on Artificial Intelligence in Scopus. *Gamification and Augmented Reality* 2023;1:11-11. <https://doi.org/10.56294/gr202311>.
9. Aveiro-Róbaló TR, Pérez-Del-Vallín V. Gamification for well-being: applications for health and fitness. *Gamification and Augmented Reality* 2023;1:16-16. <https://doi.org/10.56294/gr202316>.
10. H. Nagaratnam, M. E. Rahman, A. K. Mirasa, M. A. Mannan, y S. O. Lame, «Workability and heat of hydration of self-compacting concrete incorporating agro-industrial waste», *J. Clean. Prod.*, vol. 112, n.o 1, pp. 882-894, ene. 2016.
11. Ma et al., «Effect of hydroxypropyl-methyl cellulose ether on rheology of cement paste plasticized by polycarboxylate superplasticizer», *Constr. Build. Mater.*, vol. 160, pp. 341-350, ene. 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.11.010.
12. Yalçınkaya y H. Yazıcı, «Effects of ambient temperature and relative humidity on early-age shrinkage of UHPC with high-volume mineral admixtures», *Constr. Build. Mater.*, vol. 144, pp. 252-259, jul. 2017, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.03.198.

13. Collar PGV, Duarte MLM, Rios S, Comelli PCV. Evaluación de la alimentación, composición corporal y rendimiento deportivo en jugadores profesionales de un club de primera división del fútbol paraguayo. Revista científica ciencias de la salud - ISSN: 2664-2891 2023;5:1-7. <https://doi.org/10.53732/rccsalud/2023.e5107>.

14. Comelli PCV, Galeano C. Lectura, interpretación y uso del etiquetado nutricional en la decisión de compra de adultos de un barrio de Asunción. Revista científica ciencias de la salud - ISSN: 2664-2891 2023;5:01-8. <https://doi.org/10.53732/rccsalud/2023.e5106>.

15. Nagrockienė, G. Girskas, y G. Skripkiūnas, «Properties of concrete modified with mineral additives», Constr. Build. Mater., vol. 135, pp. 37-42, mar. 2017, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.12.215.

16. do C. Holanda, H. Schmidt, y V. A. Quarcioni, «Influence of phosphorus from phosphogypsum on the initial hydration of Portland cement in the presence of superplasticizers», Cem. Concr. Compos., vol. 83, pp. 384-393, oct. 2017, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2017.07.029.

17. Soto, A. Fernández, y J. Morales, «Evaluación del comportamiento de la resistencia a compresión del concreto con la aplicación del aditivo superplastificante PSP NLS, para edades mayores que 28 días.», Rev. Ing. UC, vol. 23, n.o 2, pp. 197-203, 2016.

18. Urrútia y X. Bonfill, «Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis», Med. Clínica, vol. 135, n.o 11, pp. 507-511, oct. 2010, doi: 10.1016/j.medcli.2010.01.015.

19. Galeano R, Antúnez K, Chamorro ON, Recalde D, López R, Kallsen J, et al. Efectos adversos a las vacunas contra la COVID-19 en Paraguay en el 2021. Revista científica ciencias de la salud - ISSN: 2664-2891 2023;5:1-6. <https://doi.org/10.53732/rccsalud/2023.e5102>.

20. Gonzalez-Argote D, Gonzalez-Argote J, Machuca-Contreras F. Blockchain in the health sector: a systematic literature review of success cases. Gamification and Augmented Reality 2023;1:6-6. <https://doi.org/10.56294/gr20236>.

21. Gonzalez-Argote J. A Bibliometric Analysis of the Studies in Modeling and Simulation: Insights from Scopus. Gamification and Augmented Reality 2023;1:5-5. <https://doi.org/10.56294/gr20235>.

22. Gonzalez-Argote J. Analyzing the Trends and Impact of Health Policy Research: A Bibliometric Study. Health Leadership and Quality of Life 2023;2:28-28. <https://doi.org/10.56294/hl202328>.

23. Gül MD, Costu B. Investigating the difficulty level of multimodal representations used by science teachers of gifted students. Apuntes Universitarios 2023;13:65-87. <https://doi.org/10.17162/au.v13i4.1473>.

24. Tian, X. Kong, Y. Cui, Q. Wang, y D. Wang, «Effects of polycarboxylate superplasticizers on fluidity and early hydration in sulfoaluminate cement system», Constr. Build. Mater., vol. 228, p. 116711, dic. 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.116711.

25. Horta GAH, García ZG, Paredes A de P. Ethics in the professional practice of imaging specialists. *Seminars in Medical Writing and Education* 2023;2:39-39. <https://doi.org/10.56294/mw202339>.

26. a. Sainz-Aja et al., «Determination of the optimum amount of superplasticizer additive for self-compacting concrete», *Appl. Sci. Switz.*, vol. 10, n.o 9, 01 2020, doi: 10.3390/app10093096.

27. Bernal, E. Reyes, J. Massana, N. León, y E. Sánchez, «Fresh and mechanical behavior of a self-compacting concrete with additions of nano-silica, silica fume and ternary mixtures», *Constr. Build. Mater.*, vol. 160, pp. 196-210, ene. 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.11.048.

28. I. Naveros, R. M. Vasquez, y Y. D. Lima, «Contaminación por metales pesados (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, y Pb) en sedimentos superficiales del estuario Boca del Río, Ilo, Moquegua, Perú 2021», *Sincretismo*, vol. 2, n.o 1, Art. n.o 1, jul. 2021, Accedido: 18 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://revistas.unam.edu.pe/index.php/sincretismo/article/view/26>

29. Z. Schiavon, P. M. Borges, S. R. da Silva, y J. J. de O. Andrade, «Analysis of mechanical and microstructural properties of high performance concretes containing nanosilica and silica fume», *Matér. Rio Jan.*, vol. 26, n.o 4, p. e13104, 2021, doi: 10.1590/s1517-707620210004.1304.

30. J. Zhang, H. Deng, A. Taheri, J. Deng, y B. Ke, «Effects of Superplasticizer on the Hydration, Consistency, and Strength Development of Cemented Paste Backfill», *Minerals*, vol. 8, n.o 9, p. 381, sep. 2018, doi: 10.3390/min8090381.

31. Jarolin DM, Samudio M, Torres E, Jarolin M, Taboada V, Sánchez L. Características clínico-epidemiológicas de pacientes fallecidos por COVID-19 en un hospital de referencia en Paraguay entre enero de 2021 a julio de 2022. *Revista científica ciencias de la salud - ISSN: 2664-2891* 2023;5:1-6. <https://doi.org/10.53732/rccsalud/2023.e5101>.

32. Wang, F. Guo, Y. Lin, H. Yang, y S. W. Tang, «Comparison between the effects of phosphorous slag and fly ash on the C-S-H structure, long-term hydration heat and volume deformation of cement-based materials», *Constr. Build. Mater.*, vol. 250, p. 118807, jul. 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.118807.

33. Wang, F. Guo, Y. Lin, H. Yang, y S. W. Tang, «Comparison between the effects of phosphorous slag and fly ash on the C-S-H structure, long-term hydration heat and volume deformation of cement-based materials», *Constr. Build. Mater.*, vol. 250, p. 118807, jul. 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.118807.

34. Wang, H. Q. Yang, S. H. Zhou, E. Chen, y S. W. Tang, «Mechanical properties, long-term hydration heat, shrinkage behavior and crack resistance of dam concrete designed with low heat Portland (LHP) cement and fly ash», *Constr. Build. Mater.*, vol. 187, pp. 1073-1091, oct. 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.08.056.

35. L. Wang, R. Luo, W. Zhang, M. Jin, y S. Tang, «Effects of fineness and content of phosphorus slag on cement hydration, permeability, pore structure and fractal dimension of concrete», *Fractals*, vol. 29, n.o 02, p. 2140004, mar. 2021, doi: 10.1142/S0218348X21400041.

36. Leon E, Rodriguez C, Martínez MDC, Ron M. Hearing injuries due to atmospheric pressure changes in air and water survival training instructors. *Health Leadership and Quality of Life* 2023;2:39-39. <https://doi.org/10.56294/hl202339>.

37. Lichtensztein M, Benavides M, Galdona C, Canova-Barrios CJ. Knowledge of students of the Faculty of Health Sciences about Music Therapy. *Seminars in Medical Writing and Education* 2023;2:35-35. <https://doi.org/10.56294/mw202335>.

38. Lobato KJT, Pita DLR, Ruiz GEZ, Claudio BAM. The impact of job performance and performance on workers in northern Lima. *Health Leadership and Quality of Life* 2023;2:30-30. <https://doi.org/10.56294/hl202330>.

39. Ismail, A. Noruzman, M. Bhutta, T. Yusuf, y I. Ogiri, «Effect of vinyl acetate effluent in reducing heat of hydration of concrete», *KSCE J. Civ. Eng.*, vol. 20, n.o 1, pp. 145-151, ene. 2016.

40. M. Schönlein y J. Plank, «A TEM study on the very early crystallization of C-S-H in the presence of polycarboxylate superplasticizers: Transformation from initial C-S-H globules to nanofoils», *Cem. Concr. Res.*, vol. 106, pp. 33-39, abr. 2018, doi: 10.1016/j.cemconres.2018.01.017.

41. M. Zhang, H. Xiao, M. Wang, M. M. Nadakatti, y P. Chen, «Temperature Effect of Concrete Hydration Heat under Atmospheric Wind Based on Fluid-Solid Coupling», *KSCE J. Civ. Eng.*, pp. 1-11, dic. 2021, doi: 10.1007/s12205-021-2271-3.

42. Milián YF. Diseño de curso de superación de postgrado sobre Nefrología Neonatal. *Community and Interculturality in Dialogue* 2023;3:85-85. <https://doi.org/10.56294/cid202385>.

43. Milián YF. Proyección social de la Farmacología desde la educación médica. *Community and Interculturality in Dialogue* 2023;3:84-84. <https://doi.org/10.56294/cid202384>.

44. K. Sangay Quiliche, «Influencia del aditivo eucon 1037 en la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c=350$ kg/cm² - Cajamarca», *Univ. Nac. Cajamarca*, 2017, Accedido: 18 de junio de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1006>

45. Li, Q. L. Yu, y H. J. H. Brouwers, «Effect of PCE-type superplasticizer on early-age behaviour of ultra-high performance concrete (UHPC)», *Constr. Build. Mater.*, vol. 153, pp. 740-750, oct. 2017, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.07.145.

46. R. de Matos, R. Junckes, E. Graeff, y L. R. Prudêncio Jr, «Effectiveness of fly ash in reducing the hydration heat release of mass concrete», *J. Build. Eng.*, vol. 28, p. 101063, mar. 2020, doi: 10.1016/j.job.2019.101063.

47. Pacheco ML, Sánchez OL. Affected Mexico human papillomavirus vaccine: a proposal for collective health care. *Community and Interculturality in Dialogue* 2023;3:99-99. <https://doi.org/10.56294/cid202399>.

48. Pérez-Hernández G, Téllez NR, C JJR, S LGL, L OG. Use of videos as a method of learning in social service projects. *Community and Interculturality in Dialogue* 2023;3:100-100. <https://doi.org/10.56294/cid2023100>.

49. Prieto YN, Sánchez GAR, García AP. The discipline of Medical Psychology in the ethical-humanistic education of medical students. *Seminars in Medical Writing and Education* 2023;2:42-42. <https://doi.org/10.56294/mw202342>.

50. Quintana-Honores M, Corvalán P, Girona-Gurán J. Family integration and skin-to-skin contact with the newborn favors the recovery of the hospitalized patient: experiences of its implementation in an Obstetric Critical Care Unit. *Health Leadership and Quality of Life* 2023;2:33-33. <https://doi.org/10.56294/hl202333>.

51. Rodríguez RD, Heredia RH, Imbert IC, Orphee RO. Historical analysis of the formation of professional skills in the Bachelor's degree in Nursing. *Health Leadership and Quality of Life* 2023;2:41-41. <https://doi.org/10.56294/hl202341>.

52. Romero-Carazas R. Prompt lawyer: a challenge in the face of the integration of artificial intelligence and law. *Gamification and Augmented Reality* 2023;1:7-7. <https://doi.org/10.56294/gr20237>.

53. M. Laskar y S. Talukdar, «Preparation and tests for workability, compressive and bond strength of ultra-fine slag based geopolymer as concrete repairing agent», *Constr. Build. Mater.*, vol. 154, pp. 176-190, nov. 2017, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.07.187.

54. Shahidan et al., «Physical and mechanical properties of self-compacting concrete containing superplasticizer and metakaolin», *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 271, p. 012004, nov. 2017, doi: 10.1088/1757-899X/271/1/012004.

55. Vandanapu y K. Muthumani, «Heat of Hydration and Alkali- Silicate Reaction in Oil Palm Shell Structural Lightweight Concrete», *Silicon*, vol. 12, n.o 5, pp. 1043-1049, may 2020, doi: 10.1007/s12633-019-00202-9.

56. Zhang, W.-G. Qiao, P.-C. Chen, y K. Xi, «Rheological and mechanical properties of microfine-cement-based grouts mixed with microfine fly ash, colloidal nanosilica and superplasticizer», *Constr. Build. Mater.*, vol. 212, pp. 10-18, jul. 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.03.314.

57. Şanal A, Ozen G. Analysis of Physical Performance Parameters According to Playing Positions of Amputee Football Players. *Apuntes Universitarios* 2023;13:41-51. <https://doi.org/10.17162/au.v13i4.1463>.

58. Sotnikova Y, Nazarova G, Churkin A, Baliasnyi V. The essence and peculiarities of the implementation of the concept of flexicurity in Ukraine. *Apuntes Universitarios* 2023;13:88-98. <https://doi.org/10.17162/au.v13i4.1490>.

59. Soto HSB. Of the virtual as a promotor of interpretations in the acting of the contemporary subject. *Community and Interculturality in Dialogue* 2023;3:102-102. <https://doi.org/10.56294/cid2024102>.

60. T. A. Do, T. T. Hoang, T. Bui-Tien, H. V. Hoang, T. D. Do, y P. A. Nguyen, «Evaluation of heat of hydration, temperature evolution and thermal cracking risk in high-strength concrete at early ages», *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 21, p. 100658, oct. 2020, doi: 10.1016/j.csite.2020.100658.

61. Shi, N. Deng, D. Pan, y S. Wang, «Hydration Heat of Nonshrinkage Concrete in Large-Diameter CFST Arch Ribs Cured at Low Temperatures», *Hindawi Advances in Civil Engineering*. Accedido: 4 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://edsp.bibliotecaupn.elogim.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=9&sid=ff69a9b9-93c3-4782-8ba6-e1c07fc16203%40redis>

62. Seo, S.-S. Kim, y C.-K. Lim, «Experimental Study on Hydration Heat Control of Mass Concrete by Vertical Pipe Cooling Method», *J. Asian Archit. Build. Eng.*, vol. 14, n.o 3, pp. 657-662, sep. 2015, doi: 10.3130/jaabe.14.657.

63. Tablada RH. The evolution from the diagnosis of death to encephalic death. *Seminars in Medical Writing and Education* 2023;2:41-41. <https://doi.org/10.56294/mw202341>.

64. Vargas V, Cuellar MÁ, Fresco M del P, Arrom C, Suhurt CMA, Suhurt MAA. Privación de libertad, riesgo suicida y depresión en mujeres de una penitenciaría. *Revista científica ciencias de la salud - ISSN: 2664-2891* 2023;5:01-7. <https://doi.org/10.53732/rccsalud/2023.e5104>.

65. Wang, M. Shi, X. Wang, X. Wang, M. Shi, y X. Wang, «Application of hydration heat inhibitor in crack control of mass concrete of tunnel side wall», *E3S Web Conf.*, vol. 283, n.o 1, ene. 2021.

66. Barabanschikov, S. Belyaeva, I. Arkhipov, M. Antonova, A. Shkol'nikova, y K. Lebedeva, «Influence of superplasticizers on the concrete mix properties», *Mag. Civ. Eng.*, vol. 74, n.o 6, pp. 140-146, 2017, doi: 10.18720/MCE.74.11.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

FUENTE DE FINANCIACIÓN

Este trabajo de investigación no tiene fuentes de financiación.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Luisvar Erlin Barco Cordova, Elvia Del Carpio Alarcon, Arquimedes Vargas-Luque, William Franko Peña Rentería, Gerson Jonatan Donayre Loayza.

Investigación: Luisvar Erlin Barco Cordova, Elvia Del Carpio Alarcon, Arquimedes Vargas-Luque, William Franko Peña Rentería, Gerson Jonatan Donayre Loayza.

Curación de datos: Luisvar Erlin Barco Cordova, Elvia Del Carpio Alarcon, Arquimedes Vargas-Luque, William Franko Peña Rentería, Gerson Jonatan Donayre Loayza.

Metodología: Luisvar Erlin Barco Cordova, Elvia Del Carpio Alarcon, Arquimedes Vargas-Luque, William Franko Peña Rentería, Gerson Jonatan Donayre Loayza.

Redacción - borrador original: Luisvar Erlin Barco Cordova, Elvia Del Carpio Alarcon, Arquimedes Vargas-Luque, William Franko Peña Rentería, Gerson Jonatan Donayre Loayza.

Redacción - revisión y edición: Luisvar Erlin Barco Cordova, Elvia Del Carpio Alarcon, Arquimedes Vargas-Luque, William Franko Peña Rentería, Gerson Jonatan Donayre Loayza.