

## **Concreto adicionado con Polímeros Súper Absorbentes (SAP): una revisión de características y campos de aplicación.**

### ***Concrete with Super Absorbent Polymers (SAP) as additive: a review of characteristics and fields of application.***

Ing. Rodrigo López Ruíz<sup>1</sup> \*Estudiante de posgrado en Maestría en Ciencias de la Ingeniería Acentuación: Construcción; M.C. Armando Nicolás Moreno Juárez<sup>1</sup>  
\*Catedrático de posgrado en Maestría en Ciencias de la Ingeniería Acentuación: Construcción; Marisol Murillo García<sup>2</sup> \*Estudiante de licenciatura en Arquitectura.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Ingeniería Civil. Carretera Torreón-Matamoros km 7.5. Ejido El Águila, C.P. 27087, Torreón, Coahuila, México. <sup>2</sup>Universidad Iberoamericana Torreón, Escuela de Arquitectura. Calzada Iberoamericana No. 2255, C.P. 27420, Torreón, Coahuila, México.

Correo electrónico: [rodrigo\\_ruiz@uadec.edu.mx](mailto:rodrigo_ruiz@uadec.edu.mx)

### **Resumen. –**

El uso de Polímeros Súper Absorbentes (SAP) como aditivo en mezclas de concreto se establece como una de las más recientes y menos conocidas alternativas para mejorar las cualidades en los campos de la durabilidad (resistencia al congelamiento, reducción de contracción autógena y auto reparación), reología y resistencia a la compresión.

El presente artículo de revisión bibliográfica compila los avances e investigaciones realizadas de incorporar SAP como aditivo para concreto, ofreciendo un panorama básico de referencia que relaciona procedimientos, ensayos y resultados, permitiendo establecer los beneficios, limitaciones y comparaciones entre las aplicaciones constructivas de un *Concreto SAP* contra los procedimientos históricamente establecidos.

**Palabras clave:** SAP; Concreto, Aditivos para Concreto, Concreto SAP, Auto reparación; Contracción autógena.

### **Abstract. -**

The use of Super Absorbent Polymers (SAP) as an admixture additive in concrete mixes is established as one of the newer and less known alternatives to improve qualities in the fields of durability (freeze-thaw resistance, reduction in autogenous shrinkage and self-healing), rheology and compressive strength.

This review article compiles the advances and research carried out on incorporating SAP as an additive for concrete, offering a basic reference that studies procedures, tests and results, in order to establish the benefits, limitations and comparisons between construction applications of a *SAP Concrete* against the historically established procedures.

**Keywords:** SAP; Concrete; Concrete Additives; SAP Concrete; Self-healing; Autogenous shrinkage.

## **Introducción. -**

El concreto se establece como el material mayormente utilizado a nivel mundial por la industria de la construcción y es el producto de la combinación de cemento Portland, agregados finos (arena), agregados gruesos (grava) y agua, que al solidificarse se convierte en una piedra artificial cuya finalidad primordial es conformar elementos estables y resistentes a esfuerzos de compresión en las estructuras constructivas (Sánchez, 1993).

La construcción es una industria de exigencia y progreso donde cada día se desafían nuevas condiciones mecánicas, geográficas y climáticas, requerimientos que demandan una adaptación de los procesos constructivos pero también una evolución en los comportamientos de los materiales de obra, por tanto el diseño de una mezcla de concreto está sujeta a las características específicas que debe satisfacer el producto, tales como: resistencia, trabajabilidad y durabilidad, por tal motivo la inclusión de aditivos químicos tiene como objetivo alterar las propiedades mencionadas, ya sea en estado fresco o endurecido y representa una manera de mejorar tanto la economía como calidad de los proyectos (Guyer, 2018).

Uno de los compuestos químicos más recientemente estudiados como potencial aditivo para concreto es el polímero súper absorbente, elemento que demuestra ser altamente benéfico cuando se incorpora a una mezcla de concreto.

La finalidad del presente artículo de revisión bibliográfica es presentar las definiciones y avances de las 5 principales ramas de aplicación del concreto adicionado con polímeros súper absorbentes: mitigación de contracciones químicas, resistencia al congelamiento, auto-reparación, reología y resistencia a la compresión.

## **Polímero Súper Absorbente (SAP) y su incorporación como aditivo para concreto. -**

Los polímeros súper absorbentes también conocidos como SAP son materiales con la capacidad de absorber una cantidad considerable de agua en comparación con su masa relativa. Su composición consta de monómeros iónicos los cuales les permiten retener volúmenes de agua de hasta 100 veces su propio peso seco mediante la expansión de su masa, comportamiento que logra mantener durante periodos extensos con una estructura física estable y resistente a condiciones de presión (Mignon y col., 2017).

Los polímeros súper absorbentes se sintetizan por dos sistemas: por suspensión inversa (Figura 1) y mediante procesos de co-polimerización a granel (Van



Vlierberghe y Mignon, 2021).

Figura 1. Polímero Súper Absorbente (SAP) también conocido como *hidrogel*, generado a partir de polimerización por suspensión inversa.

Fuente: <https://www.news-medical.net/health/Self-Healing-Hydrogels.aspx>

El desarrollo continuo de SAP ha mejorado principalmente el sector sanitario y de agricultura, el último es el mayormente conocido por la industria ya que la inclusión

de esferas de hidrogel (SAP) en tierras de cultivo fomenta una extensión entre los periodos de irrigación, economizando gastos, reduciendo pérdidas por evaporación e instituyendo una agricultura más sustentable (Ostrand y col., 2020).

Los SAP fueron creados en los años 80 pero no es sino hasta los últimos 20 años cuando se ha comenzado a utilizar como aditivo, su composición les permite ser incorporados a una mezcla de concreto y quedar embebidos dentro del cuerpo interno del mismo, alterando su comportamiento y trabajabilidad pero dejando la vista superficial del concreto endurecido intacta.

Actualmente el mercado ofrece la adquisición de SAP en presentaciones esféricas y en polvo, un estudio dedicado a establecer una metodología de incorporación estándar determinó que el sistema en polvo requiere añadir las partículas SAP durante la combinación del cemento con los agregados en su estado seco, mientras que el SAP esférico debe ser pre-saturado antes de incorporarlo a la mezcla seca, ambos procedimientos crean sistemas de vacíos dentro del concreto endurecido aunque las dimensiones y distribuciones varían de acuerdo a las relación de las características específicas del SAP y el concreto diseñado (Tan y col., 2019).

### **SAP como agente mitigador de contracción autógena.-**

La contracción química también conocida como contracción autógena, es un cambio en la cantidad de reacciones que forman parte del proceso de hidratación del cemento, comportamiento químico de carácter exotérmico lo cual indica un consumo de agua y desprendimiento de calor que da lugar a la conformación de una de las 4 etapas químicas del clínker ( $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$  y  $C_4AF$ ), transformación que a edades tempranas consume el agua de diseño de la mezcla, resultando en una disminución y desigualdad en la cantidad de reacciones generadas en el concreto. Según las normas del American Concrete Institute (ACI, 2010) la contracción química es más propensa en mezclas con baja relación agua/cemento

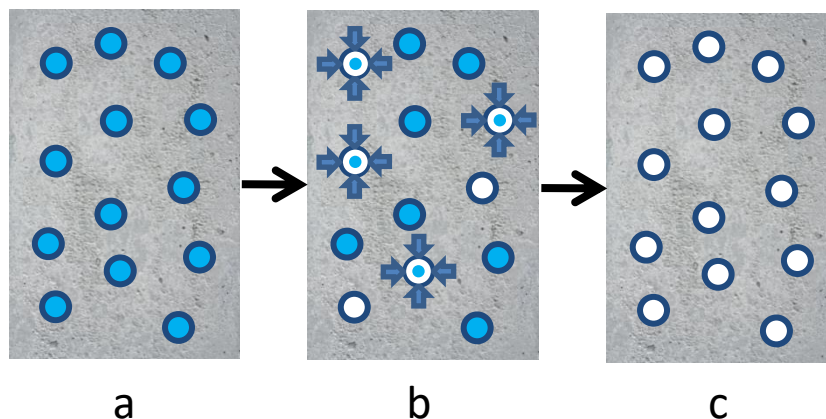
y establece una reducción volumétrica promedio de  $1.66 \text{ in}^3$  a  $1.94 \text{ in}^3$  por cada libra de concreto hidratado, retracción que conlleva a la formación de microfisuras que merman la resistencia y durabilidad del concreto.

Ahora bien, un curado interno del concreto representa la opción más efectiva para contrarrestar la contracción química, existen sistemas como la sobre-saturación de los agregados o el uso de fibras naturales pero la adición de polímeros súper absorbentes fomenta una humedad del material cementante interno más prolongada.

Es un proceso que debe iniciar desde el diseño de la mezcla de concreto, en donde independiente de la cantidad de agua calculada para obtener la resistencia a la compresión se cuantifica una dosis de agua adicional que será absorbida por las partículas de SAP (Mechtcherine, 2016).

Una vez incorporados los polímeros a la mezcla se crea dentro de la matriz de concreto un sistema de cápsulas de hidrogel saturadas que funcionarán como fuente de curado adicional (Figura 2 a), posteriormente el líquido se liberará cíclicamente bajo un mecanismo *demand-supply* (Wyrzykowski y col., 2011) conforme la matriz de concreto comience a experimentar contracciones volumétricas por ausencia de humedad (Figura 2 b).

El proceso finaliza en un periodo que abarca días o semanas y que garantiza una paulatina hidratación interna del cemento que mitigue la formación de microfisuras por contracción autógena y amplíe su vida útil, dejando una estructura de vacíos



dentro del elemento de concreto endurecido (Figura 2 c).

Figura 2. Fases de desarrollo del polímero súper absorbente dentro del concreto  
 a) SAP como fuentes de reserva; b) Mecanismo *demand-supply*; c) Red de vacíos.  
 Fuente: Elaboración propia.

Como obra pionera del éxito de incorporar SAP al concreto se tiene la construcción de una filigrana de concreto con un espesor promedio de 20mm para el estadio de fútbol del club 1.FCK de la Bundesliga, en donde se determinó agregar un 0.4% de SAP con respecto al peso total del cemento en la mezcla (%bwc), resultando en un control notable de la contracción autógena, misma que disminuyó de 605  $\mu\text{m}$  a solo 72  $\mu\text{m}$  después de una semana (Mechtcherine, 2016).

Para obtener un comportamiento moderador de microfisuras por contracción química en el concreto se recomienda agregar una cantidad de partículas SAP equivalentes desde 0.3% a 0.6% bwc, Sin embargo, los estudios también establecen que agregar una cantidad mayor al 0.3% bwc conlleva a cambios en la trabajabilidad de la mezcla (Mignon y col., 2017).

### **Resistencia al congelamiento mediante incorporación de SAP al concreto.-**

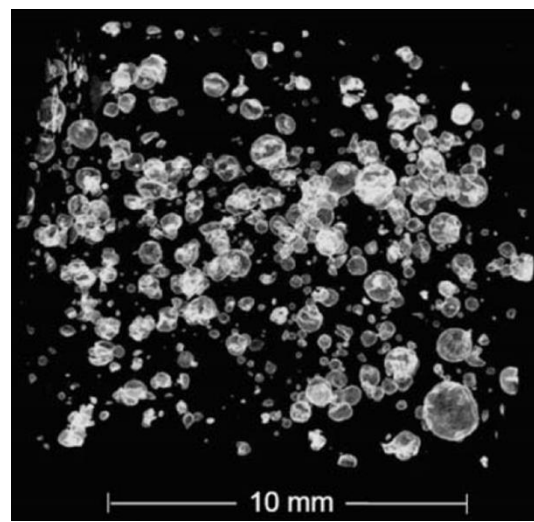


El concreto naturalmente presenta poros en su estructura, un sistema interconectado de conductos que afectan su durabilidad al otorgar una vía de acceso a posibles agentes nocivos externos, además de la susceptibilidad al desgaste por ciclos de hielo y deshielo, en donde el agua ingresa y se deposita dentro de los poros ejerciendo una presión interna al congelarse y expandir su volumen hasta un 9% más, un esfuerzo que después de varios ciclos es insostenible para el concreto, generando deterioro en forma de fisuras y desprendimiento (Páez y col., 2009).

En la práctica constructiva contemporánea usualmente se opta por utilizar aditivos inclusores de aire los cuales producen burbujas en el concreto fresco que posteriormente se vuelven vacíos dentro del concreto endurecido, logrando resistir los ciclos de hielo-deshielo al ofrecer poros con dimensiones más extensas que no se ven tan afectados por los cambios volumétricos y logran minimizar los daños generados por el congelamiento. Sin embargo, es un sistema que también ofrece limitaciones al ser extremadamente sensible a procesos de transporte y bombeo.

Problema que puede resolverse al optar por adición de SAP en concreto como método de control al congelamiento, ya que una vez que las partículas SAP expulsan el líquido previamente almacenado durante el proceso de hidratación y curado interno, dejan en la matriz de concreto una serie de macroporos mejor distribuidos y aún más estables que los generados por los inclusores de aire (Figura 3).

Además la estructura sólida de las partículas de SAP permite traslados, bombeos





y compactaciones intensas del concreto en su estado fresco, sin el riesgo de perder volumen de vacíos (Mechtcherine, 2016).

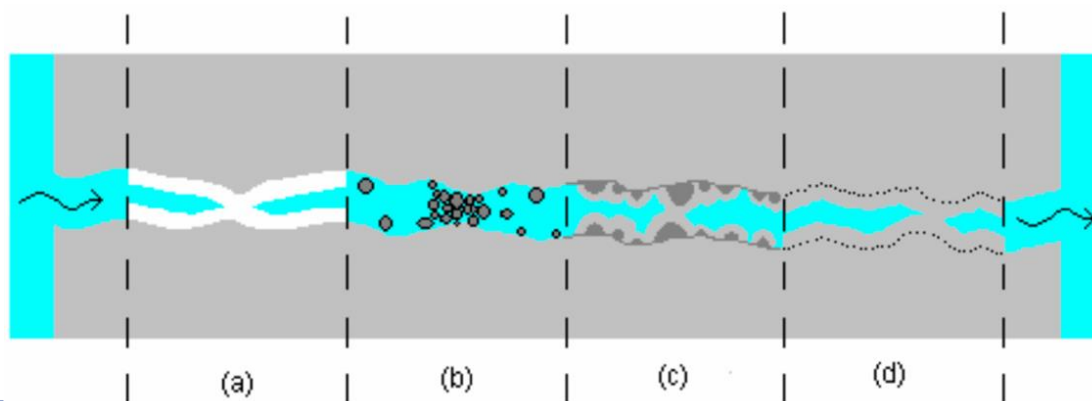
Figura 3. Imagen tomada por medios computarizados de la distribución de vacíos por SAP en una pasta de cemento endurecido.

Fuente: (Mechtcherine, 2016).

Prueba de su eficacia se demuestra en un estudio realizado en Bélgica cuyo objetivo fue valorar la durabilidad al congelamiento de cubos de mortero convencional de 15cm por lado diseñados con una adición de SAP en rango de 0.26% a 0.39% bwc, donde se determinó que después de someterlos a 28 ciclos de hielo-deshielo la pérdida promedio de material a causa del desprendimiento fue menor a  $2\text{g/dm}^2$  (Craeye y col., 2018). Además, respetando los valores de incorporación anteriormente mencionados, una investigación elaboró probetas de mortero con baja relación agua/cemento y una adición de partículas SAP de 0.3% bwc, en el cual posterior a ensayar las muestras a 300 ciclos de congelamiento se calcularon pérdidas de material menores al 5% (Tan y col., 2019).

### Concreto adicionado SAP como promotor de una reparación autógena.-

La reparación autógena es una característica común en las mezclas cementantes y se refiere a la capacidad del concreto a resanar fisuras de manera autónoma mediante 4 modelos principales de reparación (Mignon y col., 2017), acentuando la importancia de la presencia de cuerpos de agua o humedad para su



conformación:

Figura 4. Sistemas de reparación autógena en el concreto; a) Carbonatación; b) Sedimentación de partículas; c) Hidratación continua; d) Expansión.

Fuente: (Ter Heide, 2005).

Carbonatación (Figura 4 a).- La carbonatación se produce cuando ingresa  $\text{CO}_2$  por medio de cuerpos líquidos a través de los poros del concreto, sufriendo una pérdida repentina de pH (Chávez-Ulloa y col., 2013). Proceso que conlleva a reacciones químicas de carbonato de calcio que producen cristales blanquecinos que inadvertidamente reparan la fisura. La carbonatación se considera nociva para los concretos armados. Sin embargo, en un concreto adicionado con fibras naturales y sin presencia de acero de refuerzo resulta ideal para promover una reparación autógena.

Sedimentación de partículas (Figura 4 b).- Las fisuras por desprendimiento aún conservan el material resquebrajado dentro de los poros y paredes de la matriz de concreto, ahora bien cuando la fisura se satura por presencia de cuerpos de agua se puede dar el caso de un reacomodo del material, en donde el flujo líquido reordena las partículas libres de concreto, trabando y sellando la fisura.

Hidratación continua (Figura 4 c).- En concretos con baja relación agua/cemento es esperado no haber saturado todos los agentes cementantes, por consiguiente cuando en un concreto de alta resistencia una fisura entra en contacto con agua vuelven a ocurrir reacciones de hidratación que generan nuevos cristales que resanan la fisura.

Por expansión (Figura 4 d).- La matriz de concreto puede llegar a sufrir un hinchamiento como reacción al contacto con sulfatos presentes en el agua, cuando este intercambio químico ocurre de manera controlada dentro de una

figura el incremento volumétrico ocupará eficazmente el espacio disponible por la misma.

A pesar del conocimiento general de la propiedad autorreparable del concreto, fomentar las condiciones de reparación autógena controlada y competente es una tarea complicada. Una investigación reciente ensayó cubos y cilindros de concreto en proporciones convencionales, a los que se les indujo una fisura expuesta a simulaciones de ciclos de “humedad-secado” (Figura 5 a) así como de saturación continua (Figura 5 b).

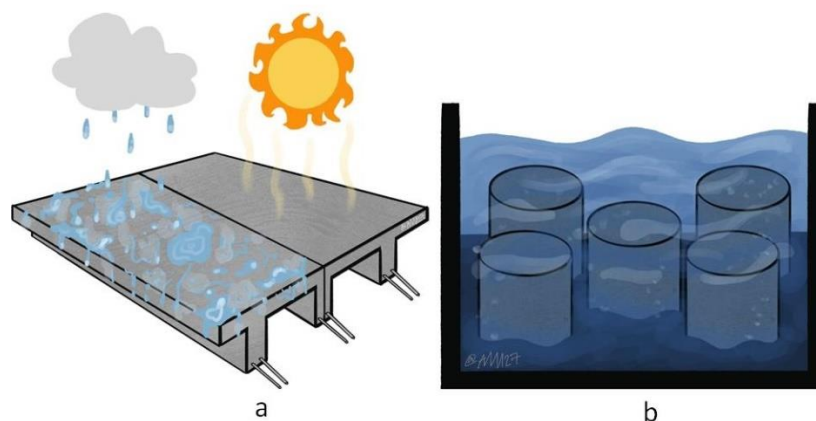


Figura 5. a) Ciclos de humedad-secado sufridos por el concreto resultado de la exposición a la intemperie; b) Curado de especímenes de concreto en pila de laboratorio.

Fuente: Elaboración propia.

Se obtuvieron valores significativos en periodos de 7 y 42 días, resultando en indicadores que demuestran que mediante la reparación autógena un concreto expuesto a ciclos de humedad-secado puede reparar completamente fisuras con anchos de hasta 0.10 mm en 7 días y 0.25 mm a los 42 días, mientras que un concreto saturado constantemente (condición difícil de conseguir fuera de

laboratorio) puede reparar fisuras de 0.16 mm y 0.32 mm a los 7 y 42 días respectivamente (Roig-Flores y Serna, 2020).

Por tanto, el uso de polímeros súper absorbentes en mezclas de concreto pretende mejorar el campo de la reparación autógena ya que cuando se añade SAP “inteligente” a la mezcla, que además de crear los macroporos cuenta con polímeros que respondan a cambios de pH u otra serie de estímulos como temperatura, presión o luz, es cuando se obtiene un concreto altamente auto-reparable (Mignon y col., 2017).

El concepto establece que una vez que el concreto endurecido padezca una fisura a lo largo de su vida útil, la exposición física obligue a las partículas de SAP residuales dentro del elemento de concreto a reactivarse a causa uno de los estímulos previamente mencionados (Figura 6), iniciando de tal manera el proceso de reparación autógena.

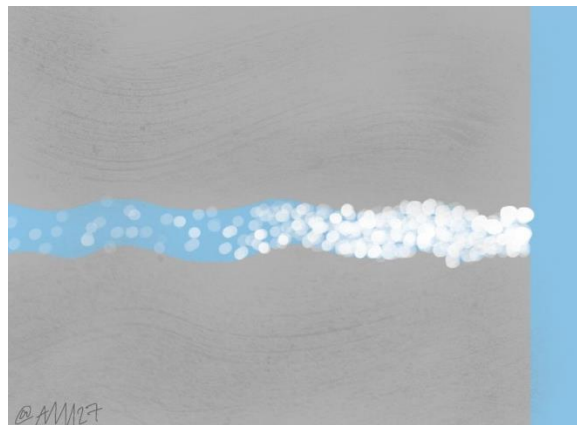


Figura 6. a) Reactivación de partículas residuales SAP a estímulos dentro de una fisura expuesta en concreto.

Fuente: Elaboración propia.

El procedimiento de reparación autónoma en concreto adicionado con SAP ante daños por fisuras consiste en 3 etapas: en primer lugar en caso de que un

elemento de concreto sufra una fisura en un lugar muy interno o inalcanzable (Figura 7a) la serie de vacíos conducirá la falla hasta la superficie expuesta a la intemperie (Figura 7b) asegurando la entrada de humedad indispensable para ejercer una reparación autóloga, además la nueva incorporación de cuerpos líquidos de agua obligará a los polímeros súper absorbentes a expandirse (Figura 7c) sellando temporalmente la fisura dentro de un ambiente similar al de una saturación prolongada (contraria a las condiciones de ciclos humedad-secado), permitiendo reparar fisuras de mayor dimensión (Lee y col., 2010).

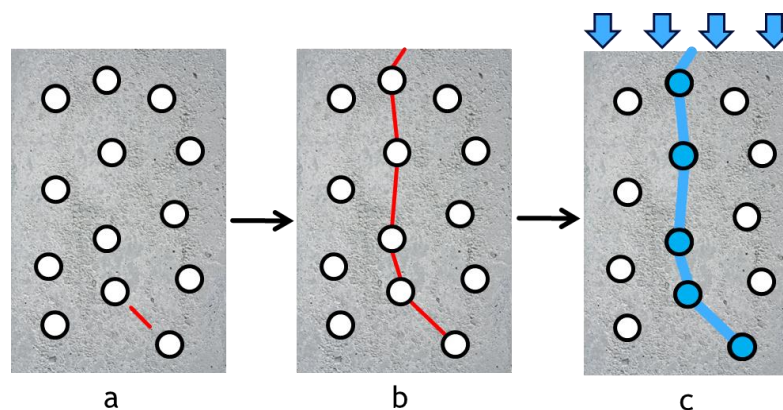


Figura 7. Comportamiento de reparación autóloga en un concreto adicionado con Polímeros Súper Absorbentes (SAP). a) Fisura (rojo) inaccesible; b) Comunicación hacia la superficie exterior; c) Ingreso de humedad, sellado provisional y fomento de auto-reparación.

Fuente: Elaboración propia.

Los estudios concuerdan en que dependiendo de las condiciones del diseño de la mezcla de concreto y la composición del polímero “inteligente” utilizado, un concreto adicionado con SAP en proporción de 1% bwc puede auto-reparar fisuras con espesores de 5  $\mu$ m hasta 0.3mm (Mignon y col., 2017).

### Reología.-

La reología es la ciencia que estudia el flujo de los materiales, una característica que principalmente se ha desarrollado para mejorar el bombeo del concreto fresco. Se ha demostrado que la adición de SAP disminuye la cantidad de agua “libre” que circula dentro de la mezcla, aumentando su viscosidad y fluencia (Cusson y col., 2012).

Sin embargo, es necesario generar más investigaciones en cuanto al tema, debido a que aún no se determina con exactitud el grado de intervención de la composición química de los SAP, sus valores de absorción y expulsión, además del comportamiento del agua dentro de la mezcla y la conformación de sustancias finas con la fluidez del concreto fresco (Mechtcherine y col., 2021).

#### **Comportamiento mecánico a compresión del concreto adicionado con SAP.-**

La capacidad de un concreto a resistir esfuerzos de compresión representa la característica primordial del material y aunque existe una diversa gama de elementos responsables para su desarrollo es reciente el conocimiento que establece a la adición de SAP como factor de incremento de resistencia en comparación con un concreto estándar.

De forma contradictoria una macro-porosidad interna como la generada por la inclusión de SAP no merma la resistencia del concreto ya que el lento desprendimiento de agua por parte de los polímeros saturados promueve una prolongada hidratación, de manera que no significa que la simple adición de SAP aumente la resistencia a compresión, más bien induce un periodo más extenso de curado interno, lo que equilibra condiciones de humedad y temperatura dentro de la matriz de concreto, resultando en una ganancia prolongada o inclusive tardía (Figura 8 *Línea 0.7% SAP*) de resistencia a la compresión (Al-Nasra y Daoud, 2017).



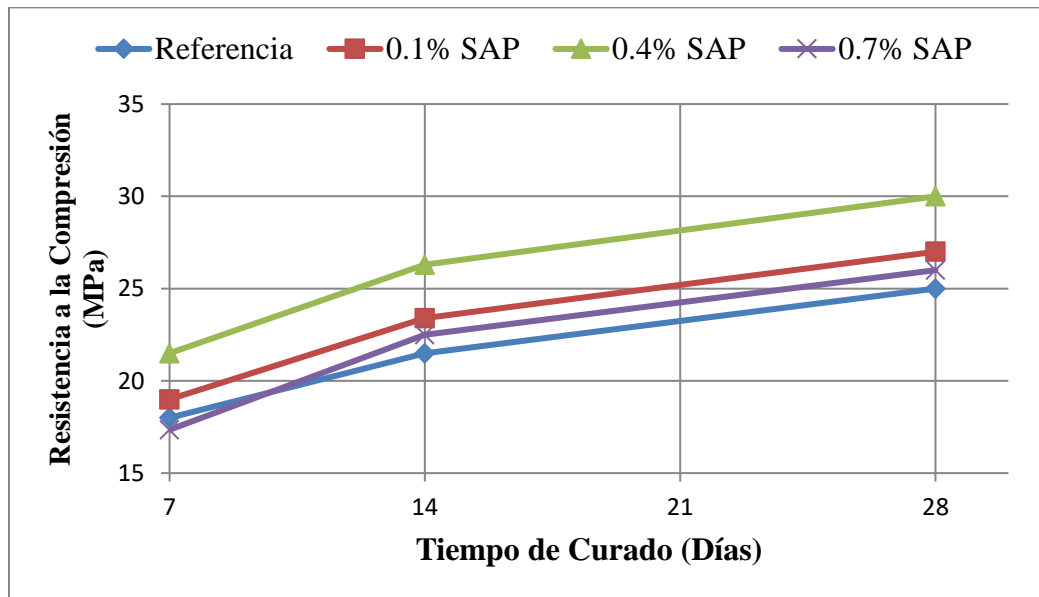


Figura 8. Resistencia a la compresión de muestras de mortero adicionadas con diferentes proporciones de polímeros súper absorbentes.

Fuente: Elaboración propia en base a Abdulrazzaq y Jasmin, 2017.

Un estudio comparativo determinó los comportamientos a la compresión de cubos de mortero de 15cm por lado, adicionados con súper-plastificante y dosificaciones de SAP en proporciones de 0.1%, 0.4% y 0.7% bwc contra una mezcla simple de referencia. Las muestras fueron curadas de forma estándar y ensayadas por compresión uniaxial en máquina universal a los 7, 14 y 28 días (Figura 8), obteniendo valores que indican que si se espera diseñar un concreto adicionado con SAP que no tome como prioridad la mitigación de contracción e incremento de durabilidad, sino absolutamente buscar un aumento en resistencia a la compresión se debe optar por una incorporación de 0.4% bwc de partículas SAP, cantidad que representa un 20% de incremento a la resistencia por compresión en comparación a la mezcla de mortero simple de referencia (Abdulrazzaq y Jasmin, 2017).

Adicionalmente se indica que el proceso de integración del SAP obtiene un papel importante a la hora de alterar el comportamiento a compresión, un ensayo

experimental en especímenes de morteros con incorporación de SAP determinó un incremento adicional de resistencia a la compresión a los 28 días en rangos de 10% hasta 50% cuando se añade SAP en polvo y de -26% hasta 6% en SAP pre-saturado (Tan y col., 2019).

### **Conclusiones.-**

La revisión aporta un esquema general de los avances y comportamientos de un concreto adicionado con polímeros súper absorbentes, demostrando que su aplicación como aditivo de concreto permite:

- a).- La adición de partículas SAP en proporción de 0.3% a 0.6% bwc a la mezcla de concreto, como medida efectiva de curado interno contra las micro-fisuras generadas por la contracción autógena.
- b).- La formación de macroporos contra los ciclos de congelamiento (hielo-deshielo) mediante la adición de SAP al concreto en valores mayores a 0.2% y menores a 0.4% bwc, como sistema de control más estable y versátil que el generado por los aditivos inclusores de aire.
- c).- La incorporación de 1% bwc de SAP en el concreto como agente promotor de reparación autógena a través de saturaciones prolongadas similares a las de un curado de laboratorio, permitiendo auto-reparar fisuras con espesores hasta 20% mayores que los reparados por un concreto convencional sometido a ciclos de humedad-secado (fisuras de 5 $\mu$ m a 0.3mm).
- d).- Una alternativa para un bombeo más fluido y con menos pérdidas en el concreto fresco.
- e).- La adición de SAP al concreto como fuente de aumento en la resistencia a la compresión, resaltando la importancia del porcentaje (%bwc) y proceso de inclusión a la mezcla, obteniendo incrementos que varían entre 10%, 20% y 50% en comparación con un concreto convencional.

No obstante es necesario hacer énfasis que el porcentaje de SAP añadido  $\%bwc$  es el índice que controla los diferentes comportamientos, ya que no es posible obtener todas las ventajas dentro de un mismo concreto, para obtener el resultado más efectivo se debe priorizar las necesidades de la obra a la hora de diseñar la mezcla. Además es una corriente de estudio de reciente creación por lo que se invita a seguir generando nueva investigación que profundice y abra nuevos caminos de aplicación.

**Tabla de conclusiones de revisión bibliográfica.-**

Tema	Características	Resultados	Referencias
Resistencia al congelamiento.	Concreto sin SAP y con aditivo inductor de aire.	Buena resistencia a ciclos de congelamiento pero limita las posibilidades de bombeo y compactación, al crear burbujas endebles a movimientos intensos.	(Mechtcherine, 2016)
	Concreto adicionado con SAP.	Crea una matriz de macro-poros dentro del concreto mejor distribuida que la del inductor de aire, con una estructura de SAP sólida versátil para bombeos o inclusive "shotcrete".	
	Cubos de mortero de 15cm por lado adicionados con SAP de 0.26% a 0.39% bwc.	Cuantificación de pérdida por desgaste y desprendimiento equivalente a 2g/dm <sup>2</sup> después de 28 ciclos	(Craeye y col., 2018)

		de hielo-deshielo.	
	Probetas de mortero con baja relación a/c incorporando un 0.3% bwc de SAP.	Pérdidas de material por desprendimiento menor al 5% después de 300 ciclos de congelamiento.	(Tan y col., 2019)
Reducción de contracción autógena.	Adición de 0.3% a 0.6% de SAP bwc.	Comportamiento mitigador de contracción autógena favorable.	(Mechtcherine, 2016).
	Estudio de aplicación: filigrana de concreto para estadio de fútbol con una adición de SAP de 0.4% bwc.	Reducción de contracción autógena de 605 $\mu\text{m}$ a 72 $\mu\text{m}$ después de 7 días.	
	Adición máxima de 0.3% de SAP bwc.	Límite que otorga la mejor forma de reducir la contracción química, valores mayores de SAP bwc representan cambios en trabajabilidad.	(Mignon y col., 2017)
Resistencia a la compresión.	Adición de 0.4% de partículas SAP bwc.	Incremento en resistencia a la compresión de un 20% en comparación con una mezcla estándar.	(Abdulrazzaq y Jasmin, 2017)
	Incorporación de SAP en polvo a una mezcla de mortero-concreto.	Resistencia a la compresión a los 28 días de 10% a 50% contra una mezcla convencional.	(Tan y col., 2019)
	Incorporación de SAP en esfera (pre-	Comportamiento a compresión a los 28	

	saturado) a una mezcla de mortero-concreto.	días equivalente desde -26% hasta 6% contra una mezcla sin adición de SAP.	
Reparación Autógena.	Mezcla convencional sin adición de SAP curada en ciclos de humedad-secado.	Capacidad de auto-reparar fisuras con espesores de 0.10 mm a los 7 días y de 0.25 mm a los 42 días.	(Roig-Flores y Serna, 2020)
	Mezcla convencional sin adición de SAP curada bajo una saturación constante.	Auto-reparación de fisuras con espesores de 0.16 mm y 0.32 mm a los 7 y 42 días respectivamente.	
	Mezcla adicionada con polímero súper absorbente en proporción de 1% bwc.	Sellado instantáneo de fisura, promoviendo una saturación similar a la de laboratorio, con capacidad de reparar fisuras con espesores de 5 µm hasta 0.3mm.	(Mignon y col., 2017)
Reología.	Estudio del comportamiento del concreto adicionado con SAP como agente reductor de pérdidas y mejoramiento de bombeo en su estado fresco.	Disminución del “agua libre” dentro de la mezcla de concreto promoviendo una mayor viscosidad y fluidez.	(Cusson y col., 2012)
		Es necesario generar más investigación de los niveles de influencia del SAP, el cemento y el diseño de la mezcla con respecto a su reología en	(Mechtcherine y col., 2021)

		estado fresco.	
--	--	----------------	--

### **Bibliografía**

- Abdulrazzaq Abbas, W., & Jasmin, M. (2017). Fresh and Hardened Properties of Superabsorbent Polymer Concrete. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 6(10).
- ACI Committee 231. (2010). ACI PRC-231-10 Report on Early-Age Cracking: Causes, Measurement and Mitigation (Reapproved 2020). Obtenido de [https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=23110&Format=DOWNLOAD&Language=English&Units=US\\_AND\\_METRIC](https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=23110&Format=DOWNLOAD&Language=English&Units=US_AND_METRIC)
- Al-Nasra, M., & Daoud, M. (2013). Investigating the Use of Super Absorbent Polymer in Plain Concrete. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering (IJETAEE)*, 3(8), 598-603.
- Chávez-Ulloa, E., Pérez López, T., Reyes Trujeque, J., & Corvo Pérez, F. (2013). Deterioro de estructuras de concreto por carbonatación en medio ambiente marino tropical y cámara de carbonatación acelerada. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia*, 36(2), 104-113.
- Craeye, B., Cockaerts, G., & Kara De Maeijer, P. (2018). Improving Freeze–Thaw Resistance of Concrete Road Infrastructure by Means of Superabsorbent Polymers. *Infrastructures*, 3(1), 4.



- Cusson, D., Mechtcherine, V., & Lura, P. (2012). Application of Super Absorbent Polymers (SAP) in Concrete Construction. *Application of Super Absorbent Polymers (SAP) in Concrete Construction: State-of-the-Art Report Prepared by Technical Committee 225-SAP*, 137-148.
- Guyer, P. J. (2018). *An Introduction to Chemical Admixtures for Concrete*. Independently published.
- Lee, H. X., Wong, H. S., & Buenfeld, N. (2010). The potential of superabsorbent polymer for self-sealing cracks in concrete. *Advances in Applied Ceramics*, 109(5), 296-302.
- Mechtcherine, V. (2016). Use of superabsorbent polymers (SAP) as concrete additive. *RILEM TECHNICAL LETTERS*, 10, 81-87.
- Mechtcherine, V., Wyrzykowski, M., Schröfl, C., Snoeck, D., Lura, P., De Belie, N., . . . Igarashi, S.-I. (2021). Application of super absorbent polymers (SAP) in concrete. *Materials and Structures*, 54, 80.
- Mignon, A., Snoeck, D., Dubruel, P., Van Vlierberghe, S., & De Beile, N. (2017). Crack Mitigation in Concrete: Superabsorbent Polymers as Key to Success? *Materials*, 10(3), 237.
- Ostrand, M. S., DeSutter, T. M., Daigh, A. L., Limb, R. F., & Steele, D. D. (2020). Superabsorbent polymer characteristics, properties, and applications. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 3(1), e20074.
- Páez Moreno, D., Leal Moreno, V., & Restrepo Burgos, M. (2009). Influencia de los ciclos hielo–deshielo en la resistencia del concreto (caso Tunja). *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 95-110.
- Roig-Flores, M., & Serna, P. (2020). Concrete Early-Age Crack Closing by Autogenous Healing. *Sustainability*, 12(11), 4476.
- Sanchez de Guzmán, D. (1993). *Tecnología del concreto y del mortero* (Primera ed.). Bogotá: Bhandar Editores.
- Tan, Y., Chen, H., Wang, Z., Xue, C., & He, R. (2019). Performances of Cement Mortar Incorporating Superabsorbent Polymer (SAP) Using Different Dosing Methods. *Materials*, 12(10), 1619.
- Ter Heide, N. (2005). *Crack Healing in Hydratic Concrete*. Delft University of Technology. Delft: Delft University of Technology.

Van Vlierberghe, S., & Mignon, A. (2021). *Superabsorbent Polymers: Chemical Design, Processing and Applications* (Primera ed.). Berlín, Boston: De Gruyter STEM.

Wyrzykowski, M., Lura, P., Pesavento, F., & Garwin, D. (2011). Modeling of internal curing in maturing mortar. *Cement and Concrete Research*, 41(12), 1349-1356.