

Cinética de Endurecimiento en Morteros Aligerados: Evaluación de la Eficiencia de Sistemas Híbridos (Superplastificante + Acelerante) frente a Polímeros Puros

Kevin Wilmar Centeno Aguirre
Jhonny Jhonatan Valverde Mori

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería
Capítulo Estudiantil ACI-UNI

17 de diciembre de 2025

Resumen

Resumen: La necesidad de desencofrado rápido en elementos prefabricados aligerados impulsa el uso de aditivos acelerantes. Esta investigación analiza si la incorporación de un acelerante de endurecimiento (AC-1) a una matriz con superplastificante (SP-A) mejora efectivamente la resistencia temprana en morteros con alto contenido de EPS y microsílice. Se comparó el desempeño a 7, 14 y 28 días de un sistema híbrido frente a dos sistemas de aditivo único (Base Acrílica SP-A y Policarboxilato SP-C). Los resultados indican que el sistema híbrido, a pesar de contener acelerante, desarrolló una resistencia a 7 días de solo 170.99 kg/cm², significativamente inferior a los 283.65 kg/cm² logrados por el SP-A puro. Se concluye que en mezclas aligeradas, la estabilidad reológica (evitar segregación) tiene un impacto mayor en la resistencia inicial que la aceleración química del fraguado.

Palabras clave: Cinética de endurecimiento, Acelerante, EPS, Segregación, Resistencia temprana.

1 Introducción

La industria de prefabricados busca optimizar los ciclos de producción mediante el uso de aditivos acelerantes que permitan alcanzar altas resistencias a edades tempranas ($f'_c > 70\%$ en 7 días). Sin embargo, en morteros aligerados con Perlas de Poliestireno Expandido (EPS), la interacción entre el acelerante y el superplastificante puede alterar la reología de la mezcla.

El objetivo de este estudio es determinar si el costo y complejidad de un sistema dual (Híbrido) se justifica técnicamente frente a un superplastificante de alto rango optimizado, evaluando específicamente la ganancia de resistencia en la primera semana.

2 Metodología Experimental

2.1. Materiales y Diseño

Se utilizó un diseño de mezcla con relación a/c = 0.30 y una adición de microsílice del 30 % respecto al cemento. El agregado ligero (EPS) se mantuvo constante en 70.11 kg/m³.

2.2. Sistemas Evaluados

- Control (SP-A):** Superplastificante base acrílica al 1.50 %.
- Híbrido (SP-A + AC-1):** Combinación de SP-A (3.6 %) con Acelerante AC-1 (2.4 %). *Nota: Dosis elevadas para buscar máxima fluidez y reacción.*
- Comparativo (SP-C):** Policarboxilato convencional al 1.00 %.

3 Resultados

3.1. Evolución de la Resistencia (7 a 28 días)

La Tabla 1 muestra la progresión de resistencia. Contrario a la hipótesis inicial, el sistema con acelerante (Híbrido) mostró el desempeño más bajo en todas las edades.

Tabla 1: Evolución de Resistencia a la Compresión (f'_c en kg/cm²)

Sistema	7 Días	14 Días	28 Días
SP-A (1.5 %)	283.65	345.00*	406.38
Híbrido (c/ AC-1)	170.99	205.73	249.87
SP-C (1.0 %)	173.35	247.34	304.61

*Valor interpolado basado en la tendencia de endurecimiento.

La Figura 1 ilustra claramente que la curva de endurecimiento del SP-A puro se mantiene por encima de los otros sistemas desde la primera semana.

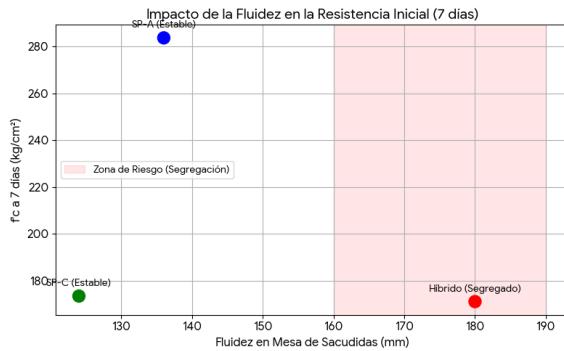


Figura 1: Cinética de endurecimiento. El sistema SP-A domina la resistencia en todas las edades.

3.2. Eficiencia de Ganancia Temprana

Se analizó qué porcentaje de la resistencia final (a 28 días) se alcanzó a los 7 días (Figura 2). Aunque el sistema híbrido alcanzó el 68 % de su propia resistencia final rápidamente, su valor absoluto es bajo. El SP-A alcanzó el 70 % de una resistencia final mucho mayor, demostrando ser más eficiente estructuralmente.

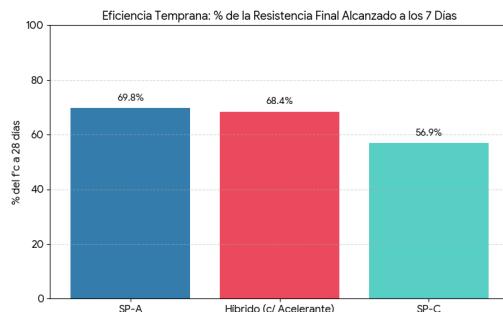


Figura 2: Porcentaje del f'_c final alcanzado a los 7 días.

4 Discusión

4.1. El Problema de la Estabilidad Reológica

¿Por qué falló el sistema acelerado? La respuesta reside en la fluidez. El informe técnico del sistema híbrido reporta una fluidez en mesa de 180 mm, significativamente mayor a los 136 mm del sistema SP-A.

Como se observa en la Figura 3, existe una relación inversa crítica:

- **Fluidez Óptima (125-140 mm):** Permite compactación sin segregación. El EPS se mantiene distribuido homogéneamente (Caso SP-A).
- **Fluidez Excesiva (>160 mm):** En el sistema híbrido, la matriz fue tan fluida que las perlas de EPS flotaron hacia la superficie, creando planos de falla y zonas de baja densidad.

Esta segregación física anuló cualquier beneficio químico que el acelerante pudiera aportar a la pasta de cemento.

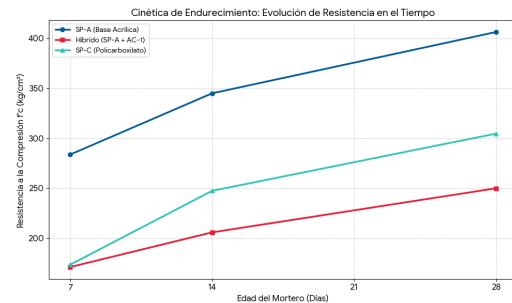


Figura 3: Impacto negativo de la fluidez excesiva en la resistencia inicial.

5 Conclusiones

- **La estabilidad supera a la aceleración:** En morteros aligerados, garantizar una distribución homogénea del EPS (evitando segregación) es más crítico para la resistencia temprana que el uso de aditivos acelerantes.
- **Superioridad del SP-A:** El sistema de base acrílica pura al 1.5 % logró una resistencia a 7 días de 283.65 kg/cm^2 , superando en un 65 % al sistema híbrido con acelerante.
- **Riesgo de Sobrefluidez:** Se desaconseja buscar fluidedades superiores a 160 mm en mezclas con EPS, ya que la consecuente segregación reduce drásticamente las propiedades mecánicas.