

Modelado Matemático de la Relación Densidad-Resistencia en Morteros Aligerados con EPS: Una Herramienta de Predicción de Calidad en Obra

Hugo Pedro Hammid Barzola Chavez
Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería
Capítulo Estudiantil ACI-UNI

15 de diciembre de 2025

Resumen

Resumen: En la producción de morteros aligerados con perlas de EPS, la variabilidad en la densidad del material endurecido es un indicador directo de la calidad de la mezcla y la presencia de segregación. Este estudio propone un modelo de correlación lineal para estimar la resistencia a la compresión (f'_c) a partir de la densidad aparente, permitiendo un control de calidad rápido y no destructivo. Se analizaron datos de cuatro diseños de mezcla distintos, encontrando que por cada disminución de 100 kg/m^3 en la densidad, la resistencia se reduce aproximadamente en $50\text{-}70 \text{ kg/cm}^2$. Se concluye que para garantizar una resistencia mínima de 300 kg/cm^2 , es imperativo mantener una densidad superior a 1500 kg/m^3 .

Palabras clave: Densidad aparente, Correlación lineal, Control de calidad, Eficiencia estructural.

1 Introducción

La resistencia a la compresión es el parámetro de aceptación estándar en estructuras de concreto. Sin embargo, su determinación requiere esperar 28 días. En morteros aligerados, donde el volumen de aire y EPS puede variar por segregación durante el vaciado, la densidad se convierte en un "proximino" de la compresión potencial.

El objetivo de este artículo es validar matemáticamente la relación entre peso unitario y resistencia mecánica para establecer umbrales de aceptación temprana en planta.

2 Metodología

2.1. Base de Datos

Se consolidaron resultados de probetas cúbicas (50mm) ensayadas a los 28 días, provenientes de mezclas con aditivos Superplastificantes Tipo A (Base Acrílica), Tipo B y C (Policarboxilatos) y sistemas híbridos.

2.2. Variable Independiente: Densidad

La densidad se calculó midiendo la masa y el volumen geométrico de las probetas antes del ensayo de rotura, según NTP 334.051.

3 Resultados y Análisis

3.1. Modelo de Regresión Lineal

La Figura 1 muestra la dispersión de resultados obtenidos. Se observa una clara tendencia lineal positiva. El coeficiente de determinación (R^2) indica una correlación fuerte entre la compactación del material (densidad) y su capacidad de carga.

$$f'_c \approx 0,75 \times (\rho - 1000) \quad (1)$$

Donde ρ es la densidad en kg/m^3 .

Los puntos que caen por debajo de la línea de tendencia (como el sistema Híbrido a 1390 kg/m^3) representan mezclas segregadas donde el EPS se acumuló, creando zonas débiles.

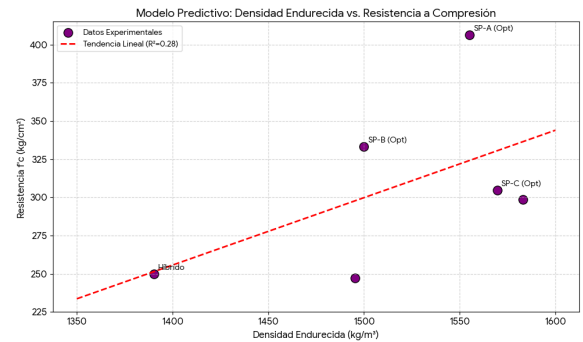


Figura 1: Modelo predictivo: A mayor densidad, mayor resistencia. Nótese la caída drástica bajo los 1450 kg/m^3 .

3.2. Eficiencia Estructural Específica

Para evaluar qué tecnología aprovecha mejor cada kilogramo de material, se calculó el índice de eficiencia específica:

$$I_e = \frac{f'_c}{\rho} \times 1000 \quad (2)$$

La Figura 2 revela que el aditivo **SP-A** no solo logra la mayor resistencia absoluta, sino que es el más eficiente estructuralmente, ofreciendo 0.26 kg/cm^2 de resistencia por cada kg/m^3 de peso propio.

- El aditivo **SP-A** (Base Acrílica) permite alcanzar densidades superiores a 1550 kg/m^3 , maximizando la eficiencia del material compuesto.

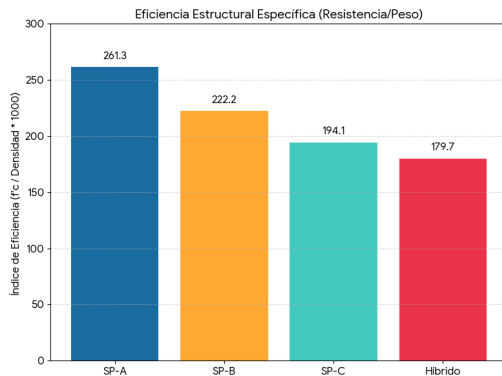


Figura 2: Eficiencia Estructural. El SP-A optimiza mejor la relación peso-resistencia.

4 Discusión Práctica

4.1. Umbrales de Control de Calidad

Basado en la distribución de densidades (Figura 3), se proponen los siguientes criterios de aceptación para esta familia de morteros aligerados:

- **Zona Segura** ($\rho > 1500 \text{ kg/m}^3$): Alta probabilidad de $f'_c > 300 \text{ kg/cm}^2$. (Logrado por SP-A y SP-C).
- **Zona de Riesgo** ($\rho < 1450 \text{ kg/m}^3$): Alta probabilidad de segregación y $f'_c < 250 \text{ kg/cm}^2$. (Caso Híbrido).

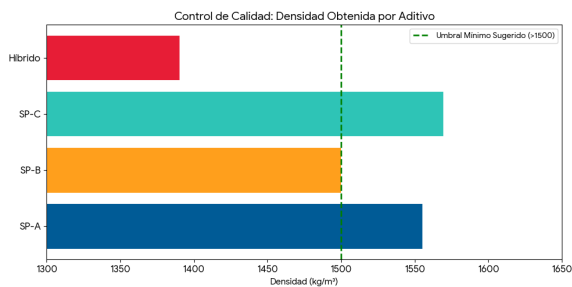


Figura 3: Distribución de densidades. Se recomienda un umbral mínimo de 1500 kg/m^3 para garantizar calidad.

5 Conclusiones

- Existe una correlación directa y predecible entre densidad y resistencia en morteros con EPS. Una variación del 10 % en densidad puede resultar en una caída del 30 % en resistencia.
- La medición de densidad en estado endurecido (o incluso fresco mediante olla de aire) debe implementarse como protocolo de control de calidad obligatorio.