



MODELO DE CAMPO DE FASE DE HORMIGONES REFORZADOS CON CAUCHO: IMPLEMENTADO EN ABAQUS

Julián E. Jurado^{1*}; Matías Braun^{2,3}; Edgardo I. Villa¹; Claudio G. Rocco¹

¹ Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de La Plata, Calle 47 y 115 s/n, La Plata, 1900, Buenos Aires, Argentina.

² Laboratorio de Mecánica Experimental (LABMEX), INTEMA (UNMDP-CONICET), Avenida Colón 10850, Mar del Plata, 7600, Buenos Aires, Argentina.

³ ETSIAE, Universidad Politécnica de Madrid, Plaza Cardenal 3, Madrid, 28040, Madrid, España.

* E-mail: julian.jurado@ing.unlp.edu.ar



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

POLITÉCNICA



CONICET

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

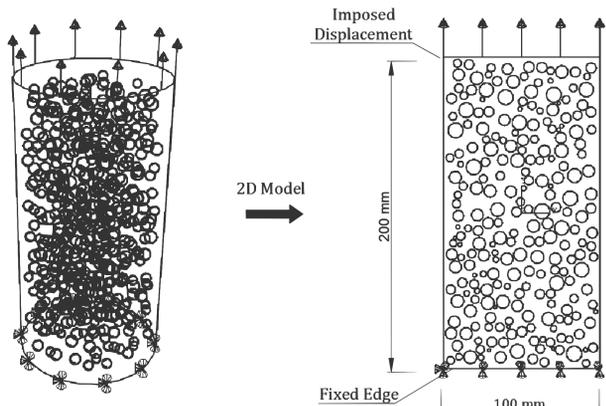
INTEMA

I. INTRODUCCIÓN

Cada año se desechan más de 1.500 millones de neumáticos, generando un importante impacto ambiental. Una solución sostenible es reemplazar parcialmente los agregados gruesos del hormigón por caucho reciclado, lo que reduce residuos y preserva recursos naturales. Este trabajo presenta un Modelo de Campo de Fase (MCF) bidimensional, implementado mediante una subrutina UELMAT en Abaqus, para analizar las propiedades mecánicas a mesoescala del hormigón con caucho. Se modelan explícitamente las fases de agregado, caucho, mortero e interfaces. Los resultados se validan con datos experimentales [1] y se comparan con un Modelo de Plasticidad con Daño del Hormigón (MPDH), evaluando la capacidad de ambos enfoques para reproducir el daño y la fractura.

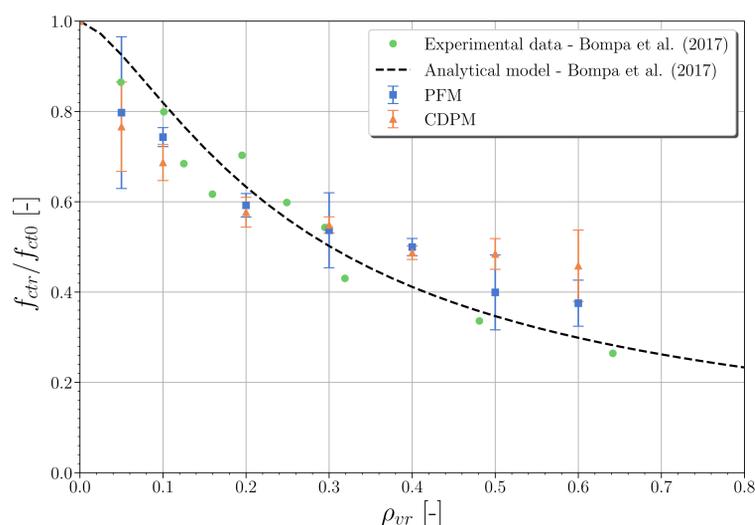
II. MODELO MESOSCÓPICO

- **Modelo numérico:** Se desarrolló un modelo mesoscópico 2D por elementos finitos donde se representan explícitamente el mortero, el caucho, el agregado y las interfaces. Las inclusiones se modelan como círculos con comportamiento elástico lineal.
- **Geometría y carga:** Probetas de $100 \times 200 \text{ mm}^2$, con tracción uniaxial y condiciones de deformación plana.
- **Enfoques comparados:** Se construyen dos modelos:
 - Modelo de Plasticidad con Daño del Hormigón (MPDH)
 - Modelo de Campo de Fase (MCF)



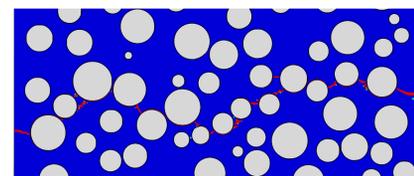
III. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DIRECTA

La figura muestra la resistencia a tracción en función de la relación volumétrica de caucho, comparando resultados numéricos, experimentales y analíticos. La resistencia fue normalizada respecto al hormigón sin caucho. Se observa una disminución de hasta el 40% en los primeros 20% de reemplazo. Los resultados del MCF se ajustan mejor a los datos experimentales y a la predicción analítica que los obtenidos con el MPDH.

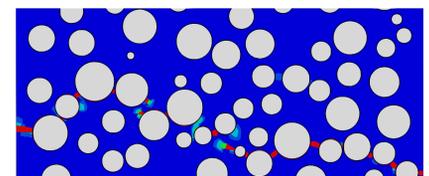


IV. SENSIBILIDAD AL TAMAÑO DE LA MALLA

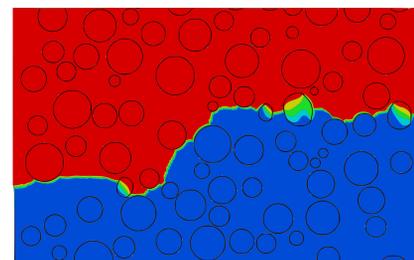
Las figuras siguientes muestran los patrones de grietas obtenidos para el MPDH y el MCF.



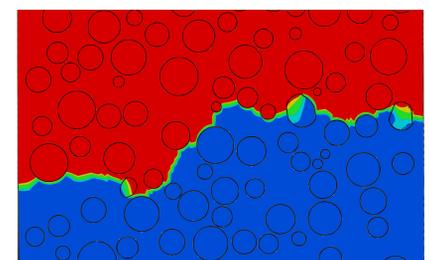
(a) MPDH (0.3mm)



(b) MPDH (1.0mm)



(c) MCF (0.3mm)



(d) MCF (1.0mm)

Tabla 1. Tiempo de la CPU, en segundos, para distintos tamaños de malla.

Modelo Numérico	Tamaño de malla [mm]			
	0.3	0.5	0.7	1.0
MCF	11894	10360	4251	3492
MPDH	20813	11853	5565	3950

Tabla 2. Resistencia a tracción normalizada ($f_{ctr}/f_{ctr,0.3mm}$) para distintos tamaños de malla.

Modelo Numérico	Tamaño de malla [mm]			
	0.3	0.5	0.7	1.0
MCF	1.000	1.003	1.006	1.004
MPDH	1.000	1.000	1.004	1.035

V. CONCLUSIONES

Se propuso un modelo 2D mesoscópico para simular la tracción directa en hormigón con caucho, validado con datos experimentales y analíticos. El MCF mostró un mejor ajuste a la curva analítica y a los valores medios experimentales. El análisis de sensibilidad al tamaño de malla indicó que el MCF presenta una menor dependencia de la malla y un menor costo computacional. Los valores de resistencia a tracción no presentaron variaciones significativas frente a cambios en el tamaño de malla en ninguno de los modelos. El modelo propuesto demuestra potencial para el diseño de hormigones con caucho.

VI. REFERENCIAS

- [1] D. Bompa, A. Elghazouli, B. Xu, P. Stafford, A. Ruiz-Teran, Experimental assessment and constitutive modelling of rubberised concrete materials, Construction and Building Materials 137 (2017).