



### III Jornadas sobre Tecnología de Recubrimientos

Nuevas tendencias en materiales, superficies e interfaces

La Plata, 24 y 25 de abril de 2025.

## RESUMEN

### Mitigar la corrosión del acero de refuerzo pretratando las barras en soluciones ricas en iones fosfato

N. Labra<sup>(a)</sup>, M. A. Frontini<sup>(a)</sup>, M. Vázquez<sup>(a)</sup>, R. Proccacini<sup>(a)</sup>, M.B. Valcarce<sup>(a)\*</sup>

<sup>(a)</sup>*Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA), Universidad Nacional de Mar del Plata, CONICET, Argentina.*

\*Autor de correspondencia: [mvalca@fi.mdp.edu.ar](mailto:mvalca@fi.mdp.edu.ar)

La corrosión de los refuerzos de acero en las estructuras de hormigón armado es un problema frecuente, particularmente en regiones cercanas a la costa del mar (Marcos-Meson et al., 2018). El hormigón, al ser un material poroso, permite que los iones cloruro lleguen al acero, comprometan su pasividad y provoquen corrosión localizada. En este trabajo se busca desarrollar una película protectora sobre acero usando inmersiones en soluciones ricas en iones fosfato (Yohai et al., 2013, 2016a, 2016b).

Se prepararon electrodos cortando discos de acero de construcción que se incluyeron en tubos de cloruro de polivinilo (PVC) utilizando resina epoxi de curado rápido. El área geométrica expuesta resultó ser de 0,50 cm<sup>2</sup>. La composición del acero utilizada es: Mn 0,635 % m/m, C 0,299 % m/m, Si 0,258 % m/m, Cu % m/m y 0,245 % m/m de impurezas. La performance del acero se evaluó en una solución simuladora de poro (SSP) que representa un hormigón de buena calidad contaminado con iones cloruro. La composición de SSP fue KOH 0,08 mol/L, NaOH 0,02 mol/L y Ca(OH)<sub>2</sub> 0,001 mol/L y pH final 13. Para evaluar el efecto del ion cloruro se agregó 0,3 mol/L de NaCl (SSP-Cl). Se utilizó una celda convencional de tres electrodos, con electrodo auxiliar de Pt y referencia de Hg/HgO/ KOH 0.1 mol/L.

Se realizaron dos fosfatizados a potencial libre, sobre electrodos pulidos con lija hasta granulometría 1000: uno en medio ácido (pretratamiento A) y otro en medio básico (pretratamiento B). El pretratamiento A consistió en una inmersión de los cupones en una solución conteniendo



H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 0.2 mol/L, NaNO<sub>2</sub> 0,0025 mol/L, Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 0,08 mol/L y Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 0,04 mol/L (pH 2,3) (Ramanauskas et al., 2015). La inmersión se realizó a 55°C durante 10 minutos, y luego la superficie se enjuago con agua destilada. El pretratamiento B se realizó en una solución 0,3 mol L<sup>-1</sup> Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (pH 13). La inmersión se realizó a 25°C durante 24 h.

Luego las superficies pretratadas fueron expuestas 2 h a SSP-Cl y en esta misma solución se desarrollaron los ensayos electroquímicos. Las técnicas utilizadas para el análisis fueron ensayos de pérdida de peso durante 60 días, resistencia a la polarización, curvas de polarización anódicas e impedancia electroquímica. Los productos de corrosión y la película pasiva se evaluaron mediante espectroscopia Raman.

Luego del fosfatizado ácido (A) se observan valores de R<sub>p</sub> inferiores a 50 kΩ cm<sup>2</sup>, corrientes de pasividad altas y potenciales de picado bajos. A tiempos largos, se detectan pérdidas de peso elevadas, con porcentajes de inhibición inferiores al 5%. En contraste, cuando la película pasiva formada en medio básico (pretratamiento B) se expone al efecto de los iones cloruro, presenta valores de R<sub>p</sub> mayores a 100 kΩ cm<sup>2</sup>. La corriente de pasividad disminuye 3 órdenes de magnitud y el potencial de picado aumenta más de 500 mV hacia valores nobles. La impedancia total aumenta casi dos órdenes de magnitud. La pérdida de peso disminuye notablemente, tal que índice de inhibición presenta un valor cercano al 80%. Los espectros Raman de los productos de corrosión luego de 60 días de exposición no muestran evidencia de la participación de fosfatos.

Los resultados indican que el pretratamiento con iones fosfato en medio alcalino genera una capa pasiva compacta y resistente, cuya composición deberá ser estudiada en más detalle. Los resultados obtenidos en solución simulada de poro son prometedores. Se prevé avanzar en la investigación utilizando morteros y hormigón a fin de optimizar un tratamiento que permita proteger acero de refuerzo en hormigón expuesto a ambiente marino.

**Palabras claves:** corrosión, acero, hormigón, fosfato.

**Modalidad:** ORAL

## Referencias

- Marcos-Meson, V., Anders Solgaard, A. M., Fischer, G., Edvardsen, C. y Lund Skovhus, T. (2018). Corrosion resistance of steel fibre reinforced concrete - A literature review. *Cement and Concrete Research*, 103, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2017.05.016>
- Yohai, L., Schreiner, W., Vázquez, M. y Valcarce, M. B. (2016a). Phosphate ions as effective inhibitors for carbon steel in carbonated solutions contaminated with chloride ions. *Electrochimica Acta*, 202, 231-242. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2015.10.167>

Yohai, L., Valcarce, M. B. y Vázquez, M. (2016b). Testing phosphate ions as corrosion inhibitors for construction steel in mortars. *Electrochimica Acta*, 202, 316-324. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2015.12.124>

Yohai, L., Vázquez, M. y Valcarce, M. B. (2013). Phosphate ions as corrosion inhibitors for reinforcement steel in chloride-rich environments. *Electrochimica Acta*, 102, 88-96. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2013.03.180>

Ramanauskas, R., Girčienė, O., Gudavičiūtė, L. y Selskis, A. (2015). The interaction of phosphate coatings on a carbon steel surface with a sodium nitrite and silicate solution. *Applied Surface Science*, 327, 131-139. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2014.11.120>