

Sustitución de Películas de Conversión a Base de Cromo en Acero Galvanizado Mediante el Uso de Tierras Raras y Silanos: Evaluación Electroquímica de su Desempeño Anticorrosivo

Bastón, Candela¹, Deya, Cecilia^{1,2}, Banera, Mauro¹

1. Facultad de Ingeniería, UNLP, 1 y 47, CP 1900, La Plata, Argentina; 2. CIDEPINT, Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Pinturas (CICPBA-CONICET-UNLP) Av. 52 s/Nº entre 121 y 122. CP 1900, La Plata, Argentina.

* Dirección de correo electrónico: m.banera@cidepint.ing.unlp.edu.ar

Introducción

Las películas de conversión basadas en cromo hexavalente han sido ampliamente utilizadas en el acero galvanizado por su efectividad anticorrosiva, pero su toxicidad ha impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles. Este trabajo explora un sistema de recubrimiento libre de cromo basado en nitrato de cerio y un silano funcionalizado

Objetivo

Evaluar la eficacia de películas de Ce y silano en acero galvanizado (HDG) mediante técnicas electroquímicas y análisis superficial.

Experimental

Sustrato metálico

- ◆ Acero galvanizado comercial
- ◆ Probetas: 50x20x0,65 mm

Pre-tratamiento

- ◆ Limpieza electroquímica en solución 10% p/p NaOH, 20 s, 25°C
- ◆ Limpieza con acetona

Tratamiento

- ◆ $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ por reducción potencioestática. **Tiempo:** 5 min
- ◆ Solución: 5 g/L de $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$
- ◆ Postratamiento con [3-(2,3-epoxipropoxi)-propil]-triethoxisilano (20% v/v).
- ◆ Curado a 100 °C por 1 h.

Ensayos

- ◆ Polarización potenciodinámica
- ◆ Espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS)
- ◆ Voltamperometría cíclica (CV)
- ◆ SEM/EDS para morfología y composición

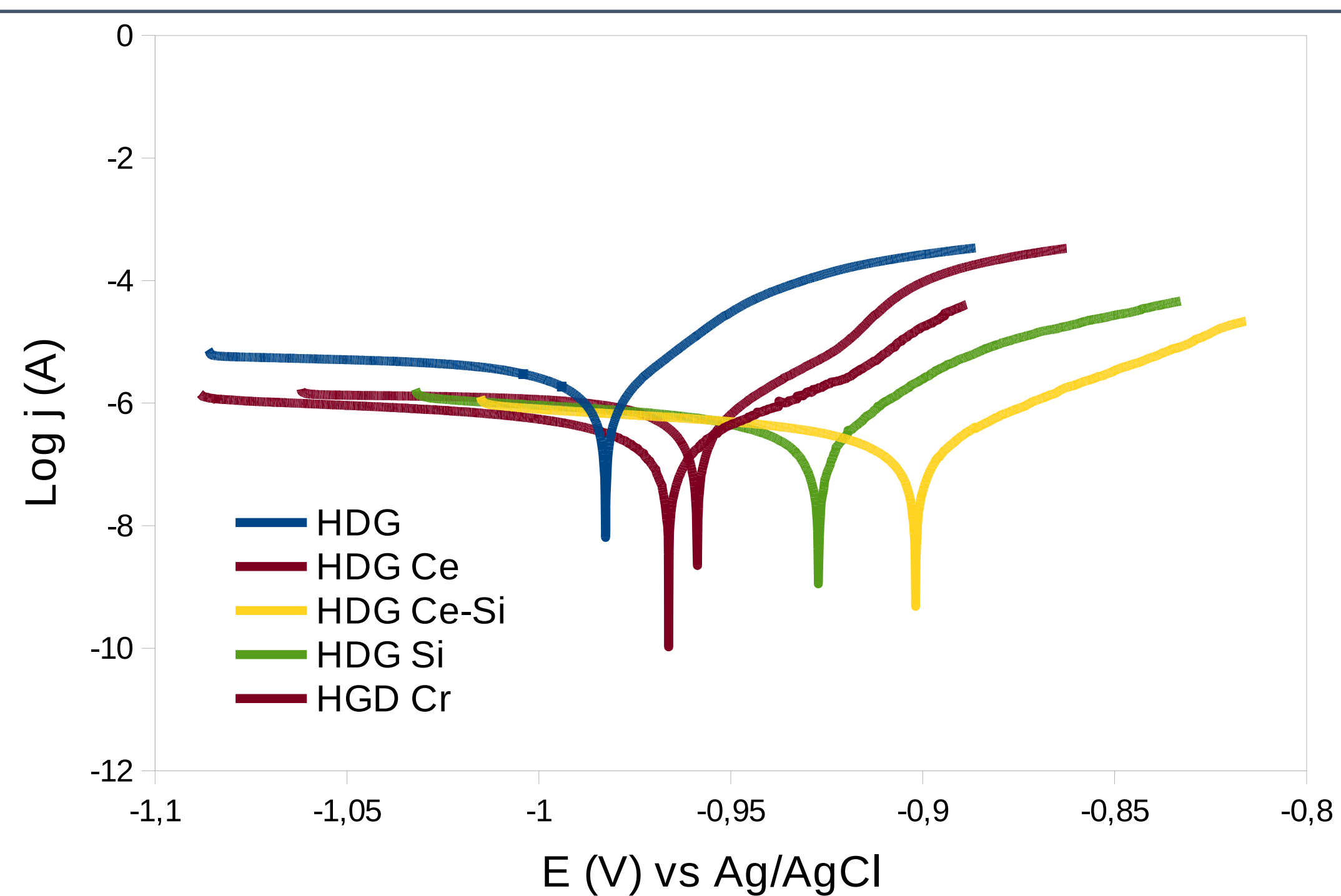


Figura 1. Curva de Polarización de las diferentes películas de conversión de HDG obtenidas en NaCl 0,05 M a 2 h de inmersión.

Muestra	i_{corr} (A)	E_{corr} (V)	EP %
HDG	4,71E-06	-0,982	
HDG-Cr	1,25E-06	-0,958	73,4
HDG+Ce	7,69E-07	0,966	83,7
HDG-Si	7,26E-07	0,927	84,6
HDG-Ce-Si	5,54E-07	0,902	88,2

Tabla 1. Valores de potencial y corriente de corrosión obtenidos a partir de las curvas de polarización.

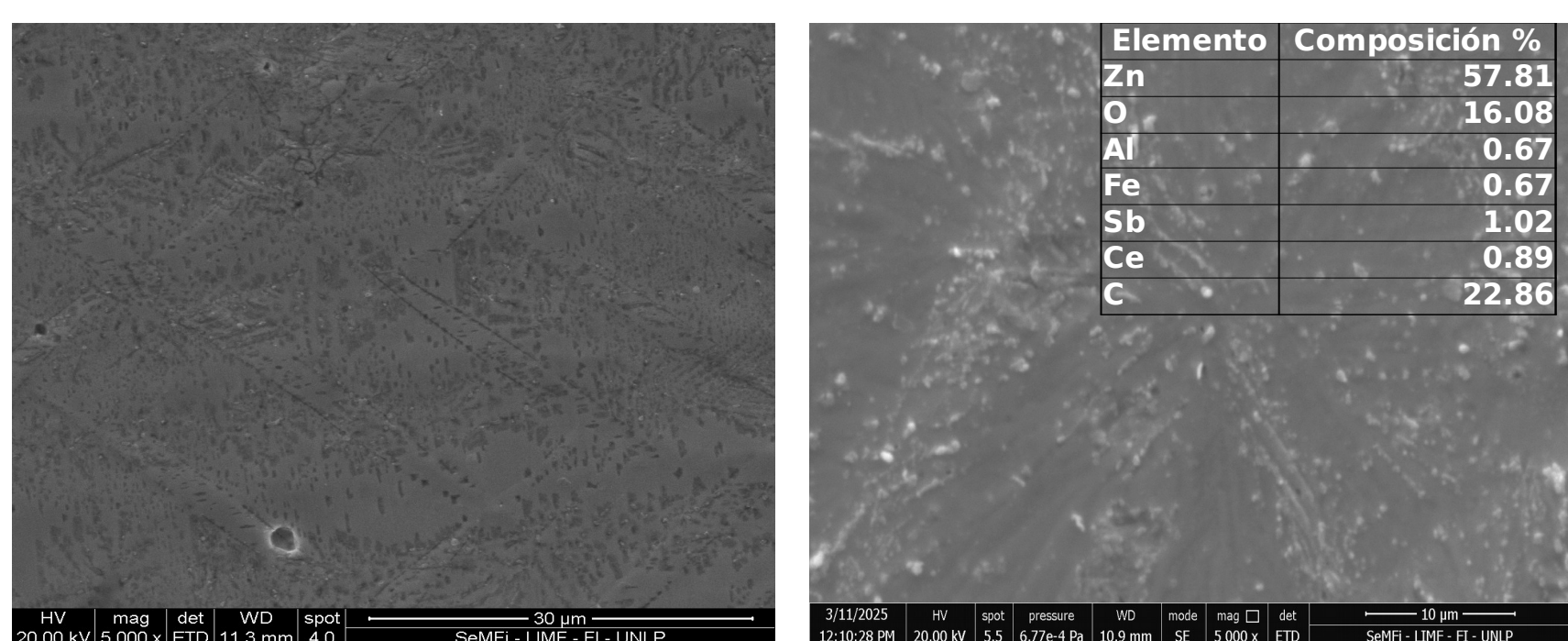


Figura 5. Imágenes SEM. Izq.: HDG sin tratamiento. Dcha.: HDG + recubrimiento de Cerio-Silano. Recuadro: Análisis EDS.

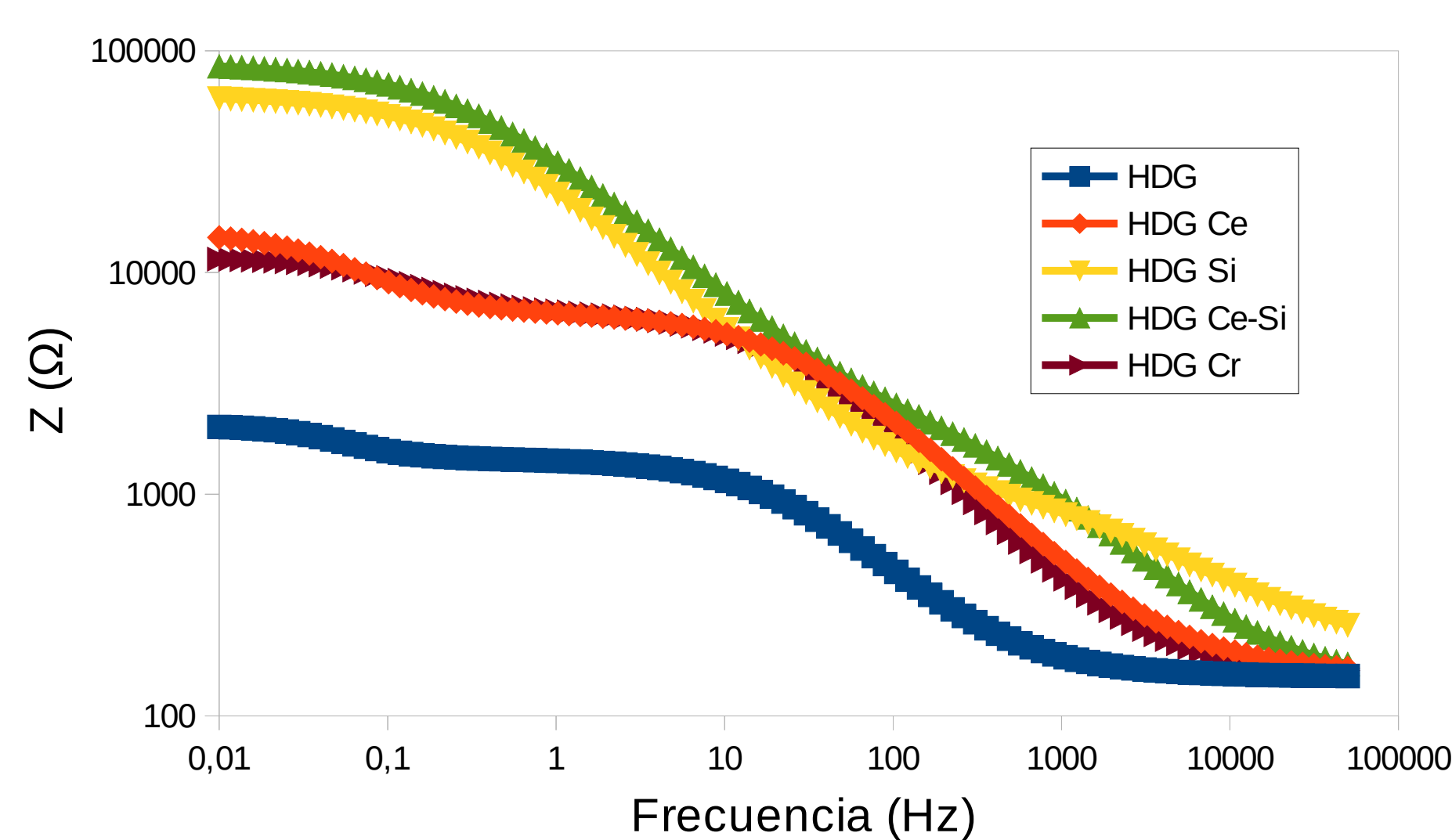


Figura 2. Diagrama de Bode de HDG con y sin películas de conversión de HDG obtenidas en NaCl 0,05 M

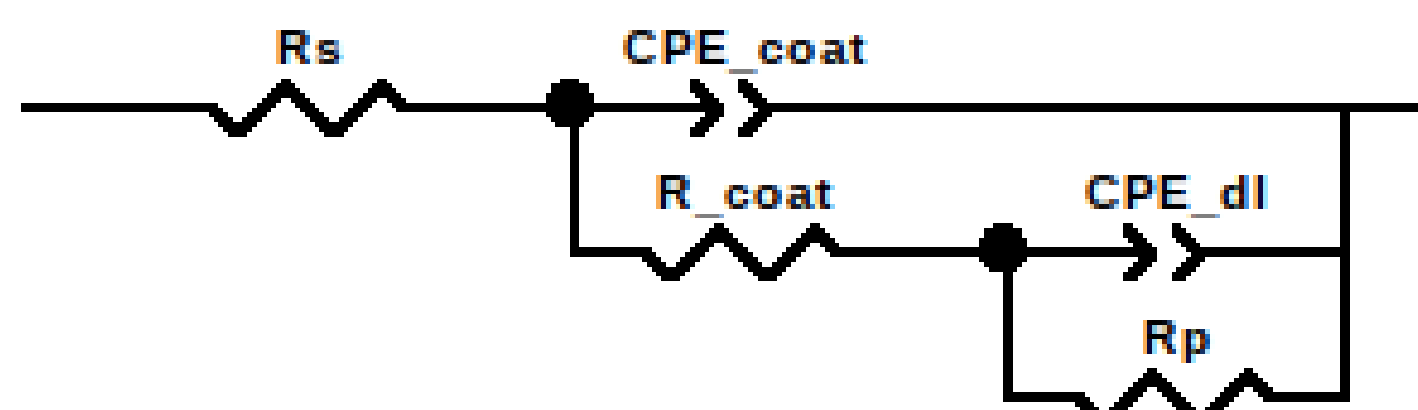


Figura 3. Circuito equivalente empleado para los ajustes de EIS.

Muestra	$R_s(\Omega)$	$CPE1(S^{-1}s^n)$	$n1$	$R1(\Omega)$	$CPE2(S^{-1}s^n)$	$n2$	$R2(\Omega)$
HDG	191,3	1,62E-05	0,78	1,31E+03	5,79E-03	0,92	5,80E+02
HDG-Ce	176,2	2,75E-05	0,66	2,68E+03	3,81E-03	0,89	8,58E+03
HDG-Si	174,8	2,37E-06	0,66	9,78E+02	7,26E-06	0,74	6,20E+04
HDG-Ce-Si	140,2	1,32E-06	0,71	1,18E+03	5,88E-06	0,66	8,26E+04
HDG-Cr	154,5	3,12E-06	0,78	6,57E+03	2,73E-04	0,88	4,94E+03

Tabla 2. Parámetros obtenidos de los ajuste de los datos de EIS

Muestra	i_p (A)	Q (C/cm ²)	FCR
HDG	1,21E-03	2,68E-03	—
HDG Ce	4,28E-05	6,43E-05	0,9760
HDG Si	8,88E-06	4,25E-07	0,9998
Hdg Cr	5,10E-05	7,37E-05	0,9725
HDG Ce-Si	---	---	1,0000

Tabla 4. Parámetros obtenidos de los ensayos de voltamperometría cíclica.

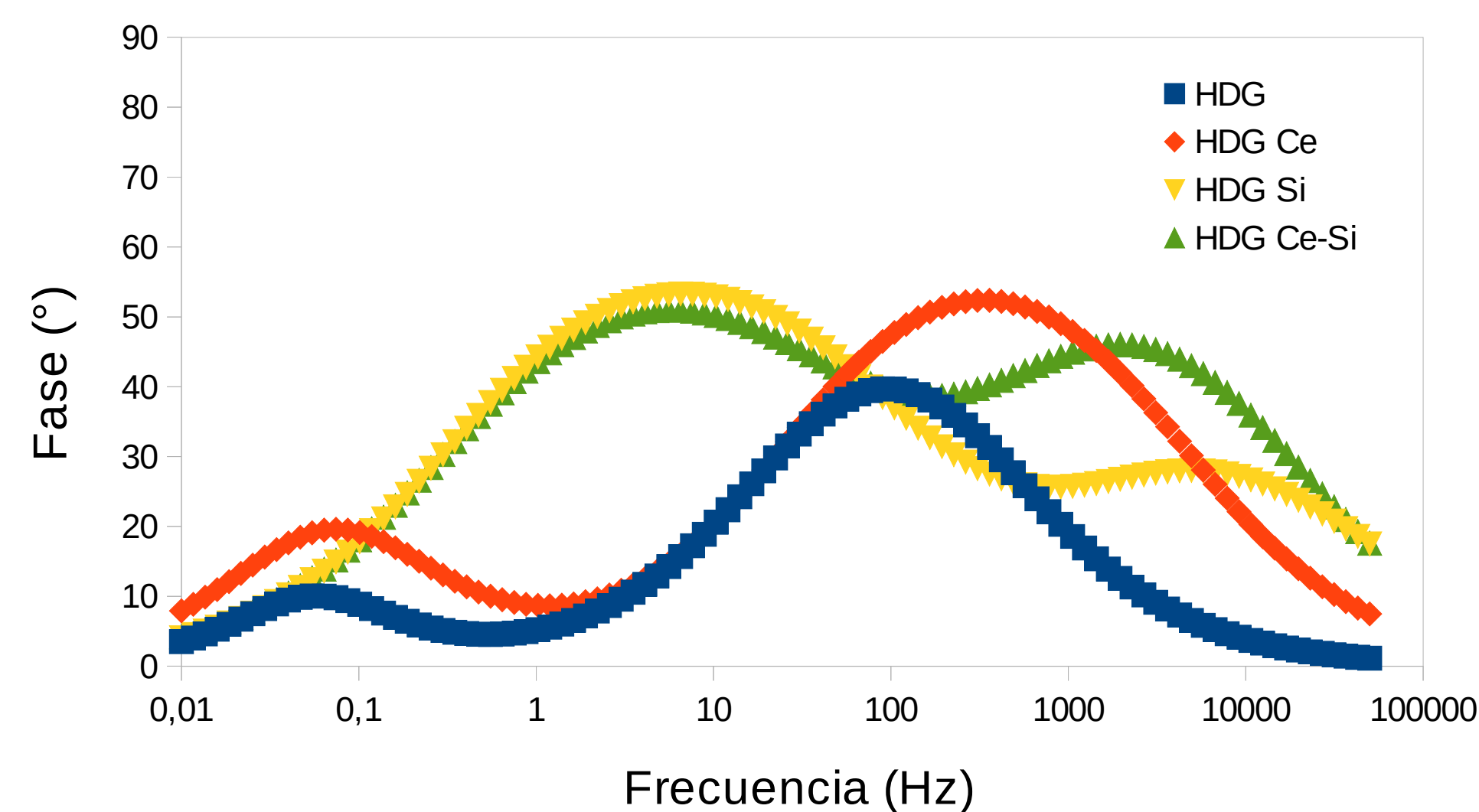


Figura 4. Voltagramas cíclicos obtenidos para las muestras de HDG con y sin recubrimientos de conversión.

Parámetros del circuito equivalente

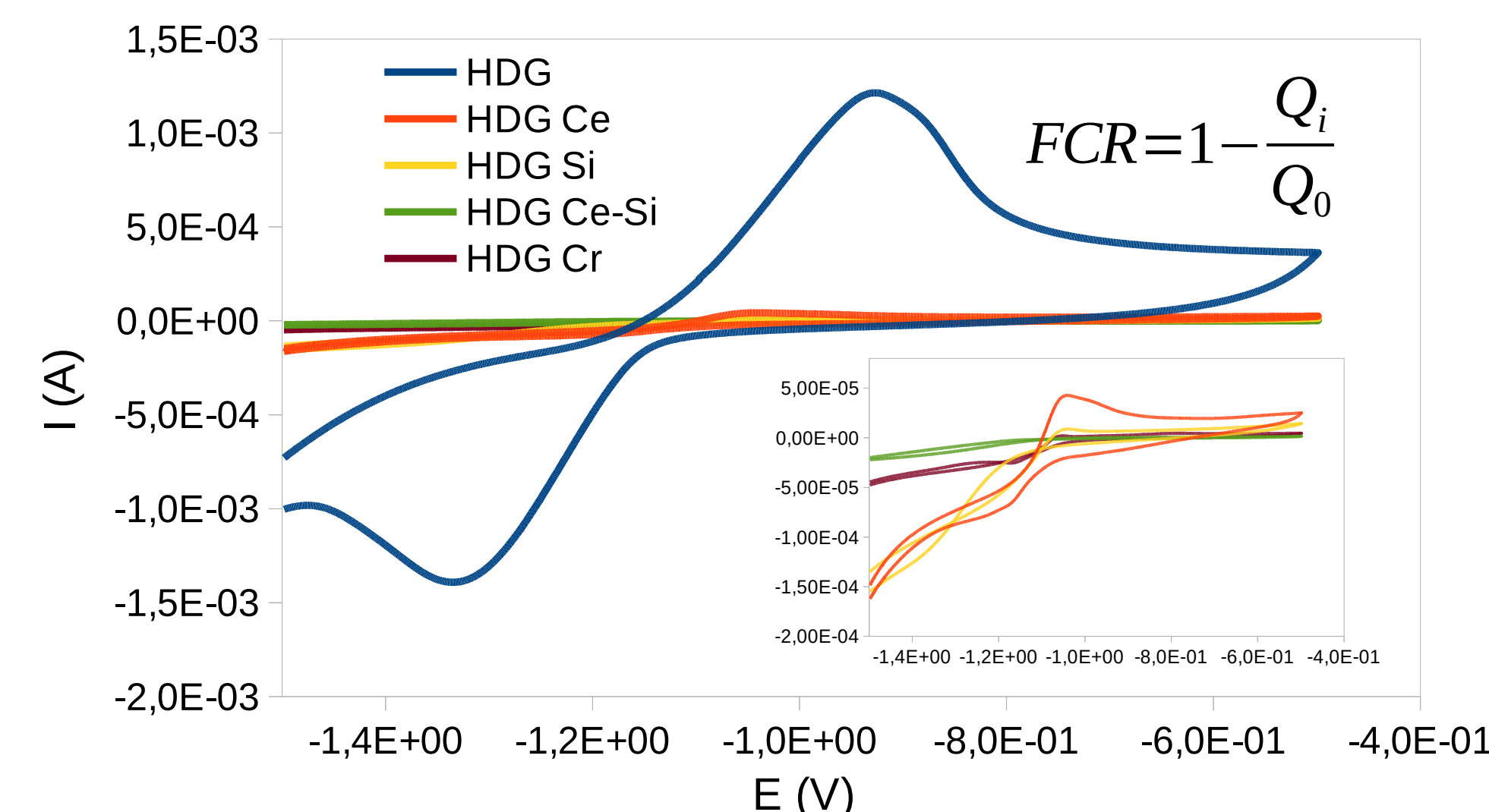


Figura 4. Voltagramas cíclicos obtenidos para las muestras de HDG con y sin recubrimientos de conversión.

Resultados

Conclusiones

- ◆ Sinergia Ce-Si: La combinación mejora la homogeneidad y resistencia del recubrimiento.
- ◆ Protección comparable al Cr(VI): Eficacia anticorrosiva cercana a tratamientos tradicionales, con menor toxicidad.
- ◆ Mecanismo: Barrera física (silano) + pasivación (CeO_2).

Referencias

- Montemor, M. F. (2014). Functional and smart coatings for corrosion protection: A review of recent advances. Surface and Coatings Technology, 258, 17-37
- Zheludkevich, M. L., Tedim, J., & Ferreira, M. G. S. (2015). Smart coatings for corrosion protection of metallic materials. In Intelligent Coatings for Corrosion Control (pp. 3-28). Butterworth-Heinemann
- Figueira, R. B., Silva, C. J. R., & Pereira, E. V. (2015). Organic-inorganic hybrid sol-gel coatings for metal corrosion protection: A review of recent progress. Journal of Coatings Technology and Research, 12(1), 1-35.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CICPBA), al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y a la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Argentina, por el apoyo económico brindado para la realización del presente trabajo.