



Efecto de la proporción ionómero/carbono en el funcionamiento eléctrico de monoceldas PEM con contenido ultra bajo de platino

Unidad de Desarrollo Científico

Rocío Andújar Lapeña

20 de abril de 2023

www.cnh2.es

20-21/04/2023



Centro Nacional del Hidrógeno

- **Centro Público de Investigación** creado a través de un Consorcio entre el Ministerio de Ciencia e Innovación al que está adscrito, y la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, al 50% cada uno.
- Está ubicado en Puertollano, Ciudad Real (Castilla-La Mancha).



Sede CNH2 en Puertollano

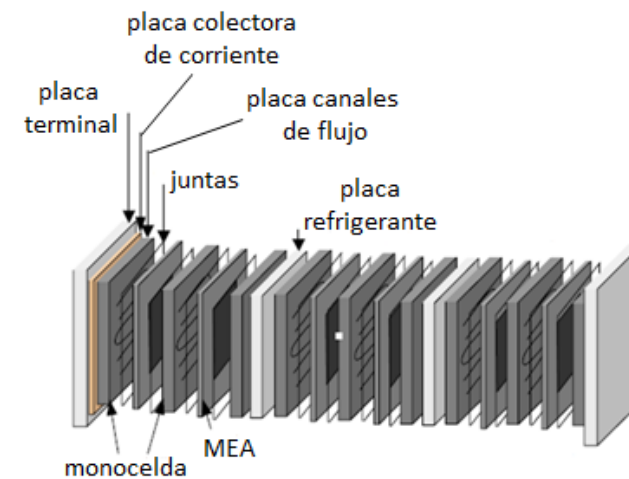
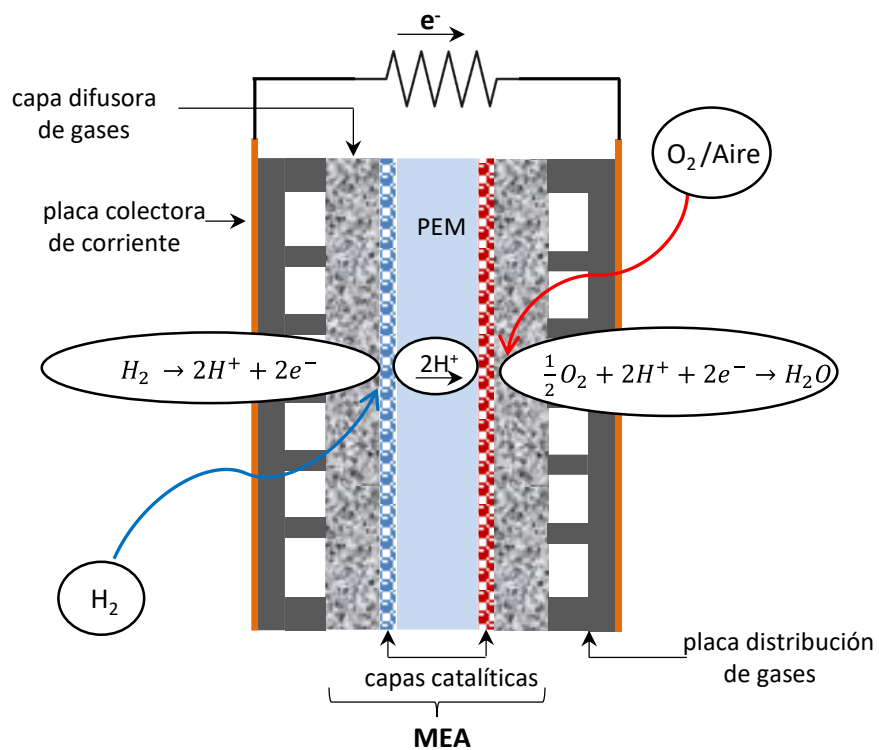


ÍNDICE

- 1. Introducción**
- 2. Parte experimental**
- 3. Resultados y discusión**
- 4. Conclusiones y agradecimientos**

1. Introducción

Pila de combustible PEM



1. Introducción

Retos:

- ✓ Estaciones para repostar H₂ a 700 bares.
- ✓ Almacenamiento de H₂ a bordo.
- ✓ Industria de reciclado.
- ✓ Coste y durabilidad PEMFC: componentes (membranas, catalizador).

Nafion → Sustitución por ionómeros más económicos

Pt → PMG-óxidos

→ Métodos de deposición capa catalítica. Carga: 0.3-0.5 mg_{Pt}/cm²

1. Introducción



Hyundai Nexo [Ref.:
Hyundai]



Mirai Luxury [Ref.: Toyota]

- ✓ Elevada autonomía (~600 km)
- ✓ Rápido repostaje (~5 min)
- ✓ Cero emisiones
- ✓ Silencioso

- Hyundai (Nexo) 73450 €, 120 kW, 1.1 kg H₂/100 km, 666 km.
- Toyota (Mirai) 75600€, 128 kW, 0.89 Kg H₂/100 km, 650 km.



1. Introducción



Tren de hidrógeno Coradia iLint [Ref.:Alstom]



Autobús de hidrógeno de Caetano
[Ref.: movilidadelectrica.es]



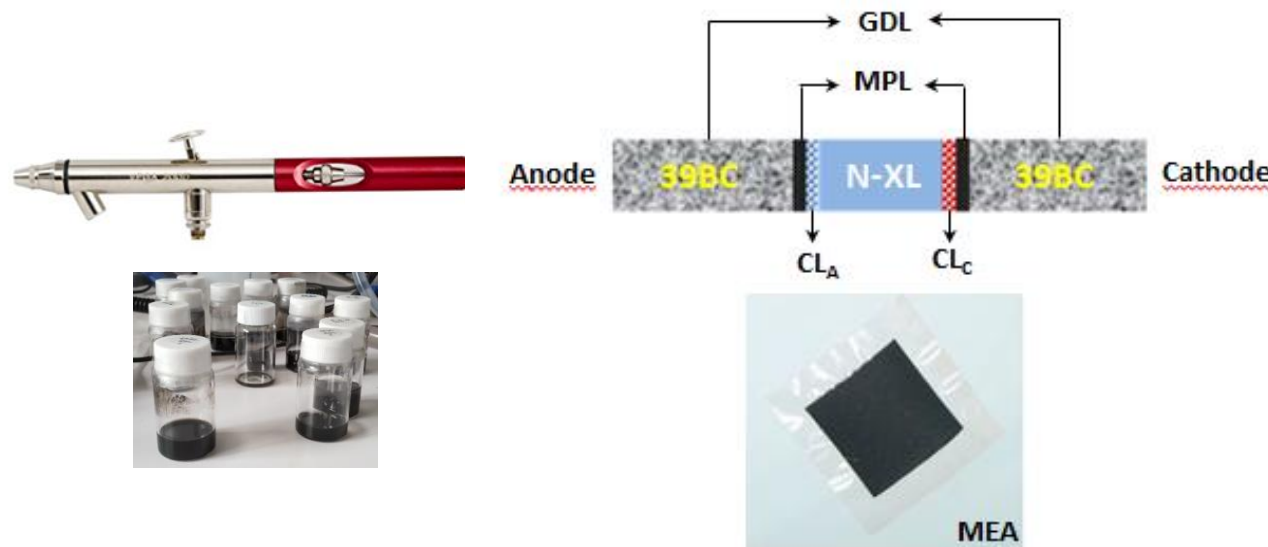
Camión de hidrógeno de Hyundai.
[Ref.: Hyundai]



Carretilla elevadora.
[Ref.: Toyoya Forklifts]

2. Parte experimental

- Fabricación de conjuntos membrana electrodos (MEAs):



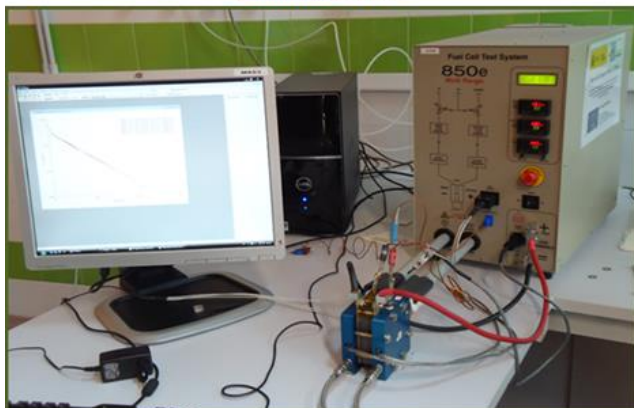
MEA	Nafion/C (%)	Ánodo-Cátodo ($\text{mg}_{\text{Pt}}\text{cm}^{-2}$)
6000	0	0.02
6020	20	
6030	30	
6040	40	
6050	50	

- Tinta catalítica: [60 wt% Pt/C (HiSPEC 9100) + Dsln. Nafion 5%wt% + EtOH 96 % v/v].
- Membrana: Nafion XL (27.5 μm)
- Capa difusora de gases: Papel de carbón 39BC, área 5 cm^2
- Aerógrafo: VEGA2000

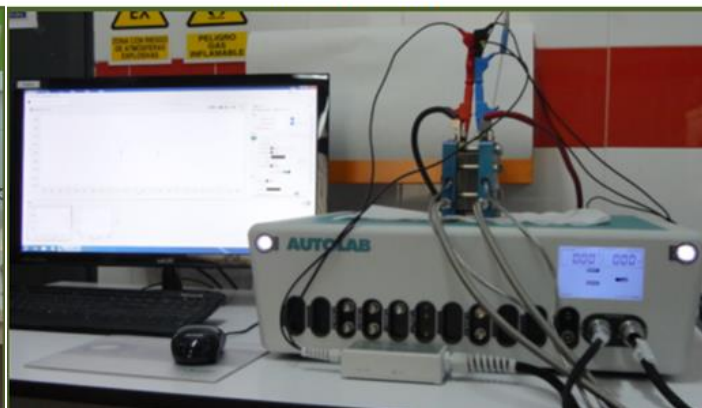
2. Parte experimental

- ❑ Caracterización eléctrica y morfológica:

Scribner 850e



PGSTAT 302N



SEM-EDS JEOL 6010PLUS/LA 20kV



Medidas Electroquímicas

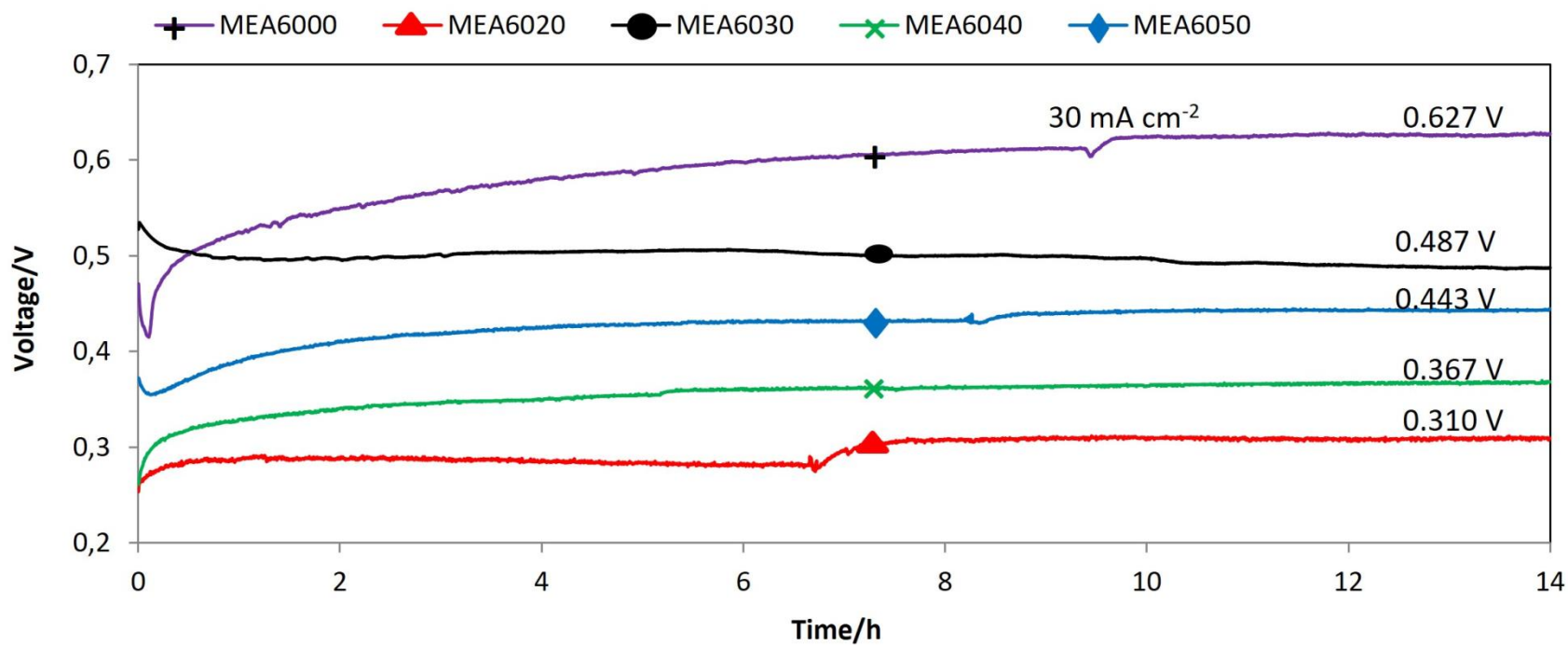
- Estación de ensayos Scribner 850e
70 °C , modo H₂ (0.05)/Air (0.1) Nlmin⁻¹, RH 100%, presión ambiente y 2 bar manométrico.
- Potenciostato-Galvanostato PGSTAT302N : modo galvanostático (0.5 A), amplitud 10mA, 0.1-10.000 Hz

Medidas SEM (JEOL 6010PLUS/LA)

- Voltaje de Aceleración 15kV en electrones secundarios (SE) y retrodispersados (BE)

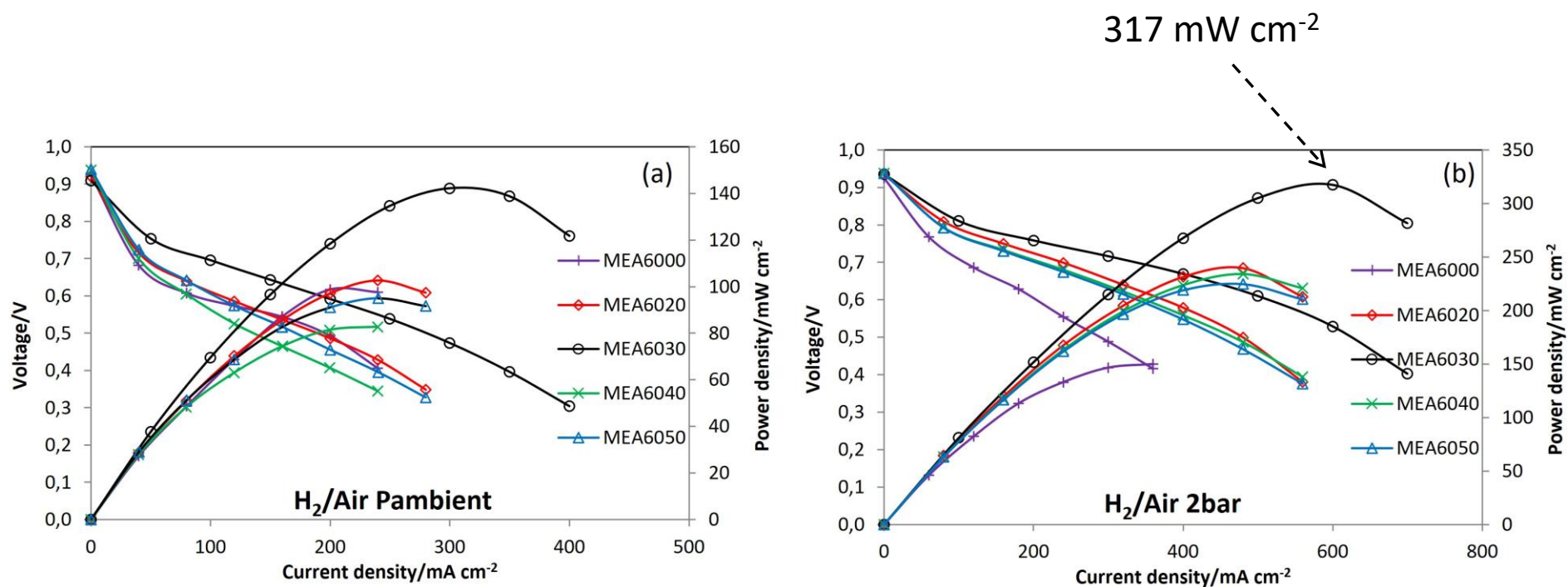
2. Resultados y discusión

- Acondicionamiento eléctrico de MEAs CC (200 mA cm⁻², 70 °C, presión ambiente)



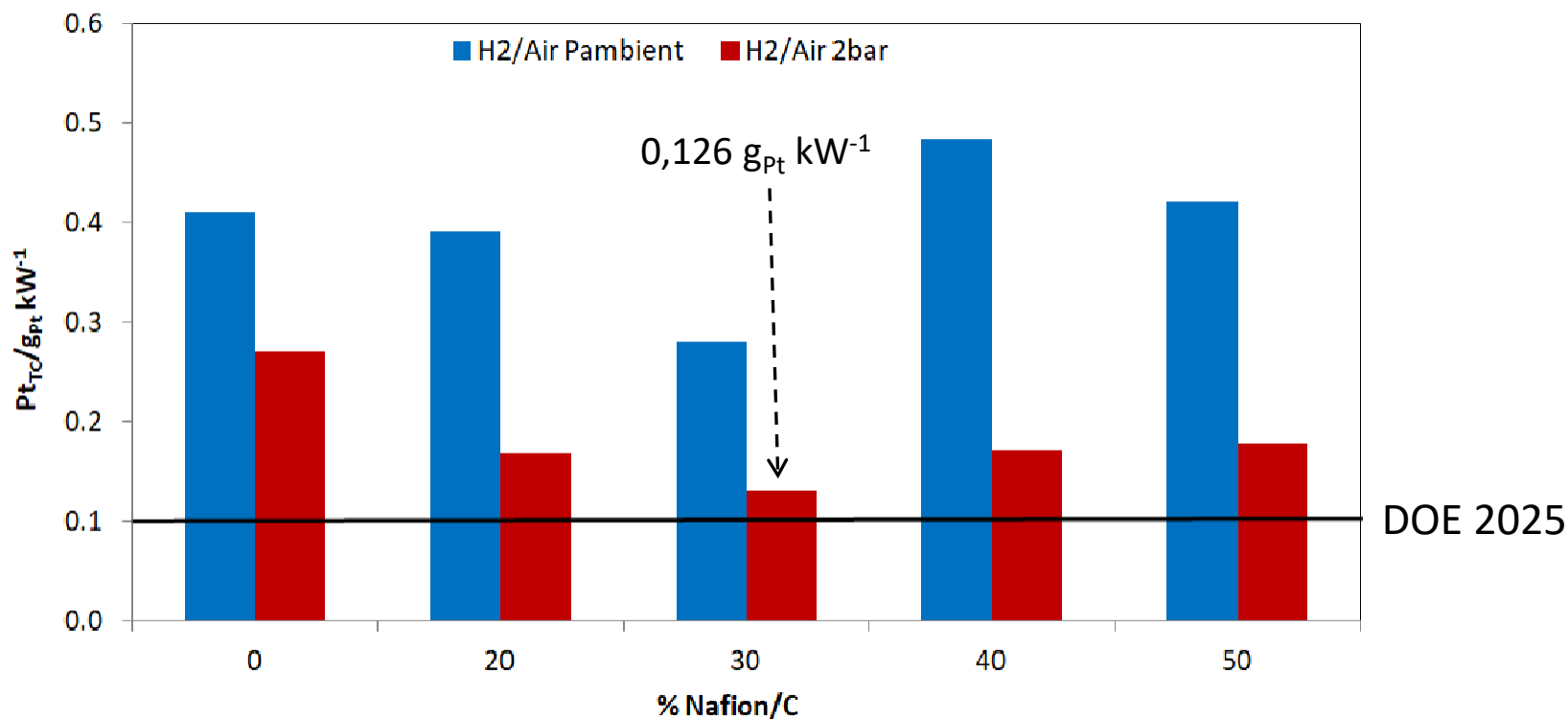
3. Resultados y discusión

- Curvas de polarización H₂/aire a (a) presión ambiente y (b) 2 bar manométrico



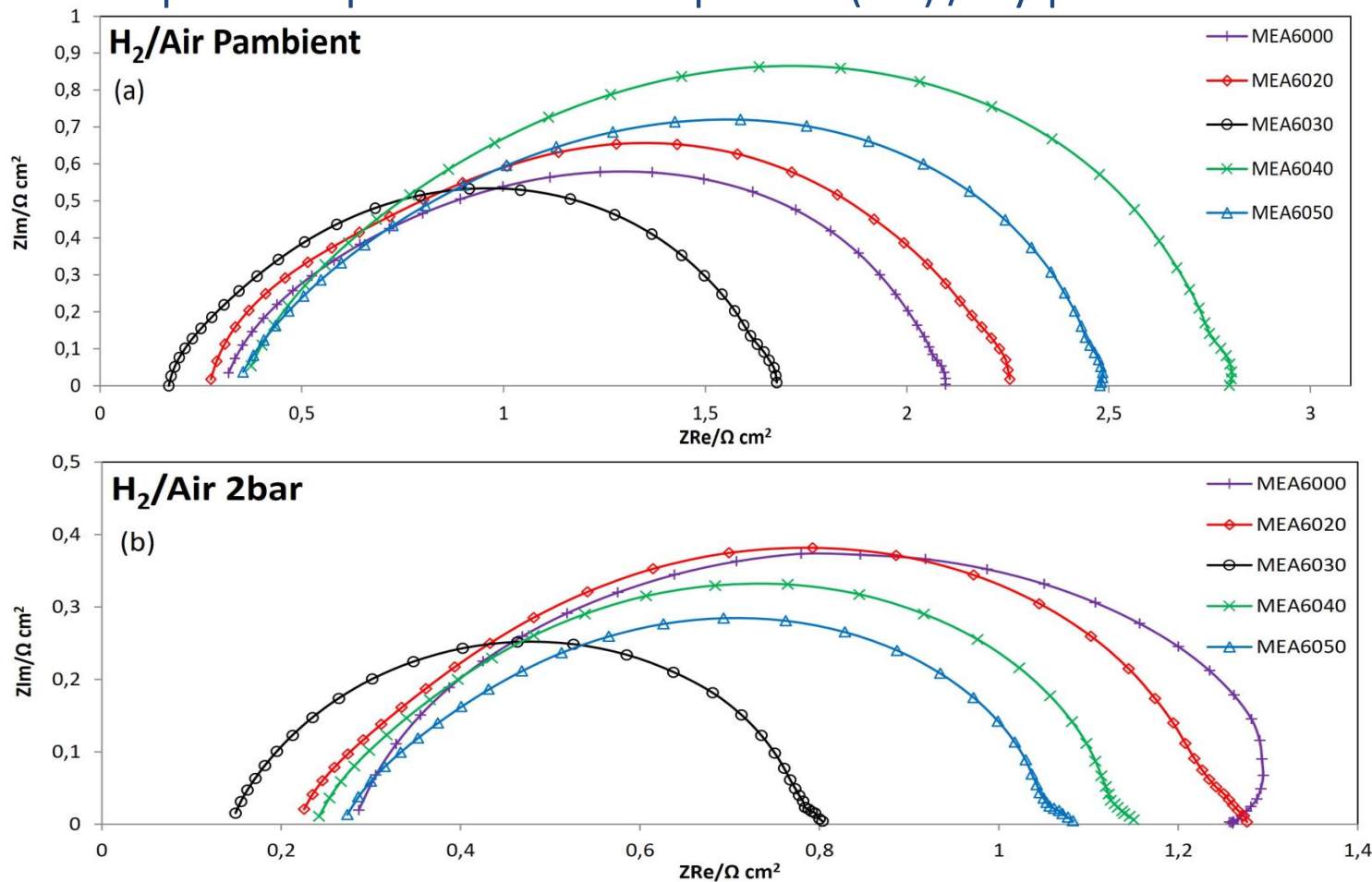
3. Resultados y discusión

- Uso del Pt/MEA 30% Nafion/Carbono $0.126 \text{ g}_{\text{Pt}} \text{ kW}^{-1}$



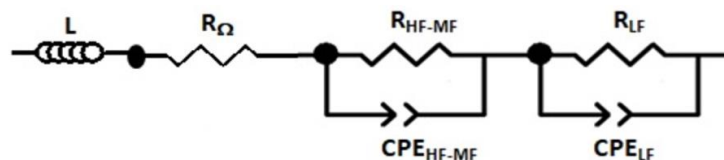
3. Resultados y discusión

□ Espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) / Nyquist



3. Resultados y discusión

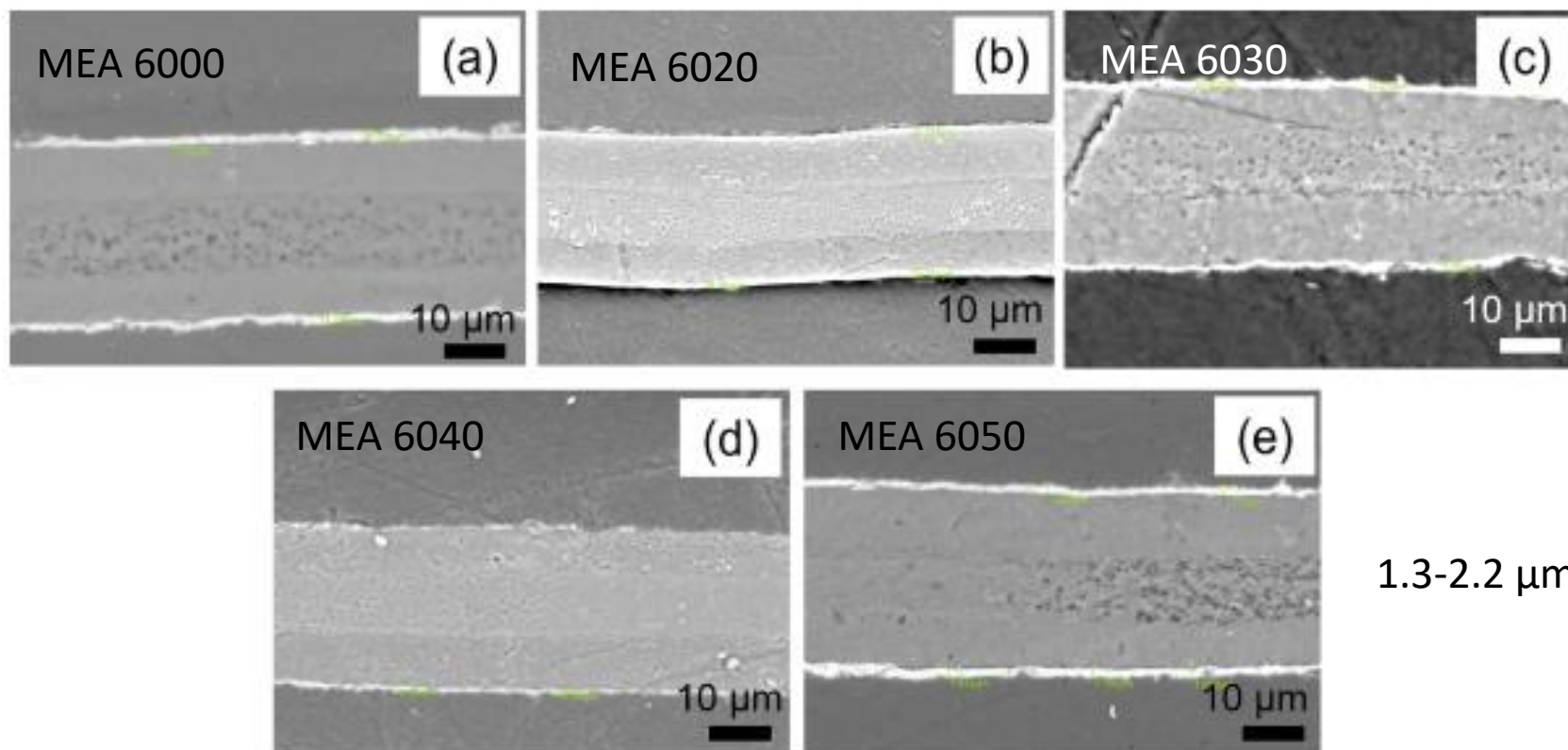
□ Programa EIS Spectrum Analyser/Circuitos equivalentes



MEA	Gas mode Pressure	R_{Ω} (Ω cm ²)	R_{HF-MF} (Ω cm ²)	$F_{MAX (HF-MF)}$ (Hz)	R_{LF} (Ω cm ²)	$F_{MAX LF}$ (Hz)	R_T (Ω cm ²)
MEA 6000	H ₂ /Air Pambient	0.25	0.73	1452	1.13	244	2.11
	H ₂ /Air 2 bar	0.24	0.33	5997	0.72	686	1.29
MEA6020	H ₂ /Air Pambient	0.23	0.35	1676	1.67	122	2.25
	H ₂ /Air 2 bar	0.22	0.29	744	0.74	137	1.25
MEA6030	H ₂ /Air Pambient	0.14	0.21	1369	1.32	128	1.67
	H ₂ /Air 2 bar	0.12	0.16	429	0.51	136	0.79
MEA 6030	H ₂ /Air Pambient	0.27	1.04	914	1.50	205	2.81
	H ₂ /Air 2 bar	0.20	0.19	3264	0.75	285	1.14
MEA6040	H ₂ /Air Pambient	0.26	0.65	1743	1.59	198	2.50
	H ₂ /Air 2 bar	0.24	0.15	3509	0.67	246	1.06
MEA 6050	H ₂ /O ₂ Pambient	0.28	0.58	1473	0.86	431	1.72
	H ₂ /O ₂ 2 bar	0.21	0.23	2620	0.40	395	0.84

3. Resultados y discusión

- Microscopía electrónica de barrido/espesores de las capas catalíticas



4. Conclusiones

- Se estudiaron cinco MEA con carga ultrabaja de platino y distinta composición de Nafion.
- El MEA con un 30 % en peso de Nafion/C, medido en H₂/Aire a 2 bares de presión manométrica, alcanzó una potencia pico de 317 mW cm⁻² y un uso de platino de 0,126 gPt kW⁻¹.

5. Agradecimientos

- Este trabajo ha sido realizado en el Proyecto Coordinado “Intelligent Decarbonized and Low Emissions Power Generation” (IDEAL) (PID2019108592RBC44/AEI/10.13039/501100011033) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España (MICIN) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).



Gracias por su atención

email: rocio.andujar@cnh2.es