



Programa de  
**HIDRÓGENO VERDE: PRODUCCIÓN Y USOS**

**1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR**

Hidrógeno verde: producción y usos

**2. CRÉDITOS**

4 créditos

**3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR**

- 1.- Conocer y comprender las posibilidades y alcances del hidrógeno molecular como combustible químico y electroquímico sustituyendo los actuales contaminantes de nuestra matriz energética, para dispositivos de pequeño y mediano porte.
- 2.- Estudiar y comparar las tecnologías de producción de hidrógeno clásica y moderna para su utilización en máquinas térmicas y electroquímicas. Adecuar según uso posterior: electrólisis del agua y reformado de combustibles livianos.
- 3.- Estudiar las formas de almacenamiento y transporte de hidrógeno para su uso estacionario (tanto doméstico como industrial) y su uso vehicular; hidruros metálicos, licuefacción y compresión.
- 4.- Estudiar los fenómenos electroquímicos que determinan la conversión eficiente de hidrógeno y otros combustibles en energía eléctrica. Celdas de combustible PEM

**4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA**

- Horas de clase (teórico): 20
- Horas de clase (práctico):
- Horas de clase (laboratorio):
- Horas de consulta: 4
- Horas de evaluación:2
  - Subtotal de horas presenciales:26
- Horas de estudio:30
- Horas de resolución de ejercicios/prácticos: 4
- Horas proyecto final/monografía:
  - Total de horas de dedicación del estudiante: 60



## 5. TEMARIO

- 1) Ciclo de hidrógeno. Tecnologías Power to X
  - a. Hidrógeno como vector energético
  - b. Integración del H<sub>2</sub> con las energías renovables – Tecnologías Power to X
  - c. Métodos de producción de H<sub>2</sub>
  - d. Almacenamiento
  - e. Usos: Pilas de combustible PEM
- 2) Producción electrolítica de hidrógeno. Electrolisis
  - a. Fundamentos de la electrólisis ( voltaje reversible, voltaje termoneutro, eficiencia)
  - b. Tipos de electrolisis
  - c. Electrólisis PEM
  - d. Dimensionamiento básico
- 3) Almacenamiento de hidrógeno
  - a. Formas de almacenamiento
  - b. Almacenamiento en hidruros metálicos
    - i. Caracterización electroquímica curvas EcT
    - ii. Caracterización en fase gaseosa curvas PcT
- 4) Celdas de combustible
  - a. Clasificación
  - b. Celdas de combustible PEM
    - i. Componentes
    - ii. Caracterización electroquímica
  - c. Ingeniería electroquímica aplicada
- 5) Análisis técnico económico

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Tema	Básica	Complementaria
1) Ciclo de hidrógeno. Tecnologías Power to X	1,2	
2) Producción electrolítica de hidrógeno. Electrolisis	3,4,5,6,7,8	
3) Almacenamiento de hidrógeno	3,4,6	
4) Celdas de combustible	8	11,12,13
5) Análisis tecno económico	9, 10	14,15

### 6.1 Básica

1. International Energy Agency (IEA), Hydrogen in Latin America, OECD, 2021. URL: [https://www.oecd-ilibrary.org/energy/hydrogen-in-latin-america\\_68467068-en](https://www.oecd-ilibrary.org/energy/hydrogen-in-latin-america_68467068-en). doi:doi:10.1787/68467068-en.
2. International Renewable Energy Agency (IRENA), Global hydrogen trade to meet the 1.5 °C climate goal: Part III – Green hydrogen supply cost and potential, 2022
3. “Electrocatalysis” edited by Jacek Lipkowski and Philip N. Ross, ISBN: 0471246735.
4. “Interfacial Electrochemistry: Theory, Experiment, and Applications,” edited by Andrzej Wieckowski, ISBN: 082476000X.
5. “Electrochemical Surface Science: Molecular Phenomena at Electrode Surfaces,” edited by Manuel P. Soriaga, ISBN: 0841215421.
6. “Solid-Liquid Electrochemical Interfaces,” edited by Gregory Jerkiewicz, Manuel P. Soriaga, Kohei Uosaki, and Andrzej Wieckowski, ISBN: 0841234809.
7. “Surface Electrochemistry: A Molecular Level Approach,” by John O'M. Bockris and Shahed U.M. Khan, ISBN: 0306443392
8. “A Comprehensive Treatise of Electrochemistry, Vol 2, (J. O´M. Bockris, B. R. Conway, E .B. Yeager & R. E. White, eds.) Plenum Press, New York London ISBN: 0-306-40503-2
9. IRENA, Geopolitics of the energy transformation: the hydrogen 850 factor, Technical Report, 2022.
10. MIEM, Hoja de ruta del hidrógeno verde en Uruguay, Technical Report, Montevideo, 2022. URL: [www.hidrogenoverde uy](http://www.hidrogenoverde uy)

## 6.2 Complementaria

11. “Fuel Cell Systems Explained”, by James Larminie & Andrew Dicks, J. Wiley & Sons, ISBN 0- 471-49026-1.
12. “Industrial Electrochemistry - Second Edition by D. Pletcher & F.C. Walsh ISBN: 0412304104
13. “Fuel Cell Handbook” by National Energy Technology Laboratory U.S. Department of Energy Office, University Press of the Pacific, ISBN 1-4102-960-7, 2000
14. F. I. Gallardo, A. Monforti Ferrario, M. Lamagna, E. Bocci, 875 D. Astiaso Garcia, T. E. Baeza-Jeria, A Techno-Economic Analysis of solar hydrogen production by electrolysis in the north of Chile and the case of exportation from Atacama Desert to Japan, International Journal of Hydrogen Energy 46 (2021) 13709–28. doi:doi:10.1016/J.IJHYDENE.2020.07.050. 880
15. G. Correa, F. Volpe, P. Marocco, P. Muñoz, T. Falagüerra, M. Santarelli, Evaluation of leveled cost of hydrogen produced by wind electrolysis: Argentine and Italian production scenarios, Journal of Energy Storage 52 (2022) 105014. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/885pii/S2352152X22010180>. doi:doi:10.1016/J.EST.2022.105014.

## 7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS



**7.1 Conocimientos Previos Exigidos:**

- Conocimientos de electroquímica básica.

**7.2 Conocimientos Previos Recomendados:**

- Conocimientos sobre fenómenos de transferencia de calor y masa, cinética aplicada al diseño de reactores.

## **ANEXO A**

**Para todas las Carreras**

### **A1) INSTITUTO**

Instituto de Ingeniería Química

### **A2) CRONOGRAMA TENTATIVO**

Semana 1	Tema Ciclo de Hidrógeno (4 hs de clase)
Semana 2	Tema Electrolisis ( 4 hs de clase).
Semana 3	Tema Almacenamiento de hidrogeno (4 hs de clase)
Semana 4	Tema Celdas de combustible (4hs de clase)
Semana 5	Tema Análisis tecnoeconomico (4hs de clase)

### **A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN**

El curso se dictará de forma presencial.

Aprobación del curso: Asistencia al 80% de las clases teóricas. Cumplida esa condición se debe rendir un examen.

Aprobación del examen: Se debe obtener un porcentaje mayor al 60%. Los estudiantes dispondrán de tres períodos para rendir el examen en los períodos ordinarios de Facultad de Ingeniería. Validez del curso: 8 meses.

### **A4) CALIDAD DE LIBRE**

No se admite.

### **A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR**

Cupos mínimos: no

Cupos máximos: no



## **ANEXO B para la carrera INGENIERÍA QUÍMICA**

### **B1) ÁREA DE FORMACIÓN**

#### **Plan 2000**

Área 1909                    Específicas de Ingeniería Química  
Sub-Área 4721            Ingeniería de Procesos Químicos y Biológicos

#### **Plan 2021**

Área Q1                    Específicas de Ingeniería Química  
Área Q2                    Sub-Área Q22

### **B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS**

Curso: Curso aprobado de Físicoquímica 104

Examen: Curso aprobado de "H2 verde: producción y usos".